

ACOMPANHAMENTO DA CONSTRUÇÃO DO PARQUE EÓLICO DO PISCO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil

Ramo de Infraestruturas

PAULO RICARDO SENGO E SILVA

1090190

Orientador: Eng.º Tiago Domingues

Supervisor: Eng.º Luís Alves

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em
Engenharia Civil — Ramo de Infraestruturas

OUTUBRO 2015

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL.....	III
AGRADECIMENTOS	V
RESUMO.....	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE DE TEXTO	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE QUADROS	XXIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 APRESENTAÇÃO DO ESTÁGIO.....	5
3 A ENERGIA EÓLICA	13
4 PARQUE EÓLICO DO PISCO.....	37
5 ACOMPANHAMENTO DA OBRA	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS	127

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, um agradecimento à minha família por me proporcionar a oportunidade de frequentar e concluir um curso superior, e por todo o apoio e incentivo ao longo do mesmo.

Ao meu orientador no ISEP, Eng.º Tiago Domingues, e ao meu supervisor na empresa, Eng.º Luís Alves, por todo o apoio prestado ao longo do tempo de estágio e de desenvolvimento deste relatório.

Um agradecimento especial ao Sr. Emídio Castro pela orientação, conhecimentos transmitidos, boa disposição e dedicação ao longo do período de estágio.

À restante equipa da Electrolinhas pelo acolhimento.

À Eng.ª Ana Gonçalves Dias por todo o apoio ao longo do tempo de estágio.

Aos Eng.ºs Carlos Brito, Pedro Araújo, Nuno Valente, Fábio Almeida, José Coelho, Marcelo Magalhães e Diogo Ribeiro pela presença e incentivo constante.

RESUMO

Dadas as condições actuais do mercado de trabalho, o conhecimento empírico é cada vez mais um factor distintivo na carteira de habilitações de um engenheiro recém-graduado. Desta forma, a possibilidade de realização de um estágio em ambiente empresarial ganha toda uma nova dimensão no panorama académico, apresentando-se como uma excelente oportunidade de obtenção de experiência e conhecimento de causa num momento imediatamente anterior à saída da universidade e à entrada no mundo profissional.

Neste âmbito, apresenta-se o presente relatório, referente ao estágio desenvolvido sob alçada da empresa Electrolinhas S. A. durante a construção do Parque Eólico do Pisco. Este estágio enquadra-se no 2º Ano do Mestrado em Engenharia Civil – ramo de Infraestruturas, do departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Ao longo de 6 meses, de Fevereiro a Julho de 2015, foi possível acompanhar o desenrolar da obra de construção de um parque eólico, da perspectiva da fiscalização. Este estágio tem especial interesse dado tratar-se de uma obra de grande dimensão, com diversas particularidades ao nível do planeamento e da execução, descritas ao longo dos próximos capítulos.

PALAVRAS-CHAVE: Estágio; Parque Eólico; Infraestruturas; Aerogeradores

ABSTRACT

Given the current conditions of the job market, empirical knowledge is becoming an increasingly distinctive factor in the skill set of a recent-graduate engineer. Thus, the possibility of developing an internship in a business environment gains a whole new dimension in the academic scene, presenting itself as a superb opportunity to obtain valuable experience immediately before entering the professional world.

In this context, referring to the internship developed under purview of the company Electrolinhas S. A., is presented the following document report. This internship is part of the 2nd year of the Masters in Civil Engineering – Infrastructures branch, of Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Over the course of 6 months, from February to July 2015, it was possible to follow the progress of the construction of a wind park, from the perspective of the inspection team. This internship is of particular interest, due to it being a large undertaking, with several peculiarities in planning and implementation, described over the next chapters.

KEYWORDS: Internship; Wind Park; Infrastructures; Wind Turbine Generators

ÍNDICE DE TEXTO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	ENQUADRAMENTO.....	1
1.2	ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	2
2	APRESENTAÇÃO DO ESTÁGIO.....	5
2.1	EMPRESA DE ACOLHIMENTO	5
2.2	OBRA ACOMPANHADA.....	8
3	A ENERGIA EÓLICA	13
3.1	INTRODUÇÃO.....	13
3.2	NO MUNDO.....	14
3.2.1	PRINCIPAIS MERCADOS MUNDIAIS.....	16
3.3	EM PORTUGAL	18
3.3.1	O INÍCIO	18
3.3.2	A EVOLUÇÃO E O CRESCIMENTO DO SECTOR.....	20
3.3.3	A ACTUALIDADE	23
3.3.4	O FUTURO.....	28
3.4	ASPECTOS GERAIS DO PROJECTO DE UM PARQUE EÓLICO.....	29
3.4.1	UM AEROGERADOR	30
3.4.2	PROSPECÇÃO.....	31
3.4.3	PROJECTO	32
3.4.4	LICENCIAMENTO.....	33
3.4.5	EXECUÇÃO	34
3.4.6	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.....	35

4	PARQUE EÓLICO DO PISCO.....	37
4.1	INTRODUÇÃO	37
4.2	PROSPECÇÃO	41
4.3	PROJECTO	43
4.4	LICENCIAMENTO	52
4.5	EXECUÇÃO.....	52
4.6	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	55
4.7	CONSIDERAÇÕES GERAIS	55
5	ACOMPANHAMENTO DA OBRA.....	57
5.1	INTRODUÇÃO	57
5.2	OBRA CIVIL	59
5.2.1	MOVIMENTO DE TERRAS	59
5.2.2	FUNDAÇÕES	73
5.2.3	ACESSOS E PLATAFORMAS.....	92
5.2.4	VALAS DE CABOS.....	96
5.2.5	EDIFÍCIO DE CONTROLO E SUBESTAÇÃO.....	101
5.2.6	ACESSOS EXTERIORES	112
5.3	MONTAGEM DE AEROGERADORES	114
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
	ANEXOS	127

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - ÁREAS DE ACTUAÇÃO DA ELECTROLINHAS S.A. (FONTE: HTTP://WWW.ELECTROLINHAS.PT/)	6
FIGURA 2.2 - ORGANIGRAMA GERAL DA EMPRESA (FONTE: HTTP://WWW.ELECTROLINHAS.PT/)	7
FIGURA 2.3 - EQUIPA DA ELECTROLINHAS AFECTA À OBRA DO PARQUE EÓLICO DO PISCO	8
FIGURA 2.4 - LOCALIZAÇÃO DOS NÚCLEOS DO PARQUE EÓLICO DO PISCO	9
FIGURA 2.5 - VISTA DA SERRA DO PISCO.....	10
FIGURA 2.6 - VISTA DE SÃO GENS	10
FIGURA 3.1 - CAPACIDADE TOTAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA INSTALADA DE 1997 A 2014 (FONTE: GWEC)	14
FIGURA 3.2 - CAPACIDADE INSTALADA POR ANO ENTRE 1997 E 2014 (FONTE: GWEC)	15
FIGURA 3.3 - EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA E PREVISÃO ATÉ 2020 (FONTE: WWEA).....	16
FIGURA 3.4 - CONSTRUÇÃO DO PARQUE EÓLICO DO CABEÇO DO CARVALHO, 1986 (FONTE: VISTADASERRA.BLOGSPOT.COM)	19
FIGURA 3.5 - PARQUE EÓLICO DO CABEÇO DO CARVALHO, 1986 (FONTE: VISTADASERRA.BLOGSPOT.COM)	19
FIGURA 3.6 - EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA EM PORTUGAL ENTRE 2000 E 2008 (FONTE: DGEG)	22
FIGURA 3.7 - EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA EM PARQUES EÓLICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL ENTRE 1995 E 2013 (FONTE: APREN)	23
FIGURA 3.8 - LOCALIZAÇÃO DOS PARQUES EÓLICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL (FONTE: INEGI).....	24
FIGURA 3.9 - PRODUÇÃO ORIGINÁRIA DE FONTES RENOVÁVEIS (FONTE: DGEG)	26
FIGURA 3.10 – PESO DAS DIFERENTES FONTES NO ABASTECIMENTO DE ELECTRICIDADE EM PORTUGAL CONTINENTAL – JANEIRO A MAIO DE 2015 (FONTE: APREN)	27
FIGURA 3.11 - ESQUEMA GERAL DE UM PARQUE EÓLICO.....	29

FIGURA 3.12 - ESQUEMA GERAL DE UM AEROGERADOR (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO DO PARQUE EÓLICO DO PISCO)	31
FIGURA 4.1 - LOCALIZAÇÃO DOS AEROGERADORES 1 A 8, TORRE DE MEDIÇÃO E SUBESTAÇÃO NO NÚCLEO DO PISCO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	38
FIGURA 4.2 - LOCALIZAÇÃO DOS AEROGERADORES 9 A 25, TORRE DE MEDIÇÃO E POSTO DE CORTE NO NÚCLEO DE S. GENS (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	39
FIGURA 4.3 - LOCALIZAÇÃO DO BYPASS EM CARAPITO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	40
FIGURA 4.4 - PLANTA DE ACESSOS - NÚCLEO DO PISCO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	44
FIGURA 4.5 - PLANTA DE ACESSOS - NÚCLEO DE S. GENS (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO).....	45
FIGURA 4.6 - ESQUEMA TIPO DE UMA PLATAFORMA DE FINAL DE VIA (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	47
FIGURA 4.7 - ESQUEMA TIPO DE UMA PLATAFORMA INTERMÉDIA DE VIA (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	48
FIGURA 4.8 - ACESSO AO NÚCLEO DO PISCO, A AZUL E BYPASS EM CARAPITO, A VERDE (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	49
FIGURA 4.9 - TORRE DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA.....	51
FIGURA 4.10 - PLANEAMENTO DA OBRA CIVIL DO PARQUE EÓLICO DO PISCO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	53
FIGURA 5.1 - ESTRUTURA INTERVENIENTE NA OBRA DO PARQUE EÓLICO DO PISCO	58
FIGURA 5.2 - DECAPAGEM A6, S. GENS (09.02.2015).....	60
FIGURA 5.3 - DECAPAGEM A6, S. GENS (09.02.2015).....	60
FIGURA 5.4 - DECAPAGEM A9, S. GENS (11.02.2015).....	60
FIGURA 5.5 - DECAPAGEM A9, S. GENS (11.02.2015).....	60
FIGURA 5.6 - DECAPAGEM A10, S. GENS (17.02.2015).....	60
FIGURA 5.7 - DESMATAÇÃO E DECAPAGEM TORRE MET., S. GENS (17.02.2015)	60
FIGURA 5.8 - DESMATAÇÃO E DECAPAGEM A6, PISCO (10.03.2015).....	61
FIGURA 5.9 - ESCAVAÇÃO COM MARTELO AG21, S. GENS (09.02.2015).....	63

FIGURA 5.10 - ESCAVAÇÃO COM MARTELO A6, S. GENS (10.02.2015)	63
FIGURA 5.11 - ESCAVAÇÃO COM BALDE AG17, S. GENS (11.02.2015).....	63
FIGURA 5.12 - ESCAVAÇÃO COM RIPER AG20, S. GENS (13.02.2015).....	63
FIGURA 5.13 - ESCAVAÇÃO AG19/P19, S. GENS (16.02.2015)	63
FIGURA 5.14 - ESCAVAÇÃO COM BALDE AG1, PISCO (16.02.2015).....	63
FIGURA 5.15 - ESCAVAÇÃO COM MARTELO P6, PISCO (19.02.2015).....	64
FIGURA 5.16 - ESCAVAÇÃO COM BALDE AG5, PISCO (27.02.2015).....	64
FIGURA 5.17 - FURAÇÃO PARA PEGA DE FOGO AG1, PISCO (10.02.2015)	65
FIGURA 5.18 - FURAÇÃO PARA PEGA DE FOGO SUBESTAÇÃO, PISCO (11.02.2015).....	65
FIGURA 5.19 - CARREGAMENTO DE EXPLOSIVOS SUBESTAÇÃO, PISCO (12.02.2015)	65
FIGURA 5.20 - CARGA EXPLOSIVA GEMULIT, PISCO (12.02.2015)	65
FIGURA 5.21 - CARREGAMENTO DE EXPLOSIVOS AG1, PISCO (12.02.2015)	65
FIGURA 5.22 - MACIÇO DESMONTADO AG2, PISCO (12.02.2015)	65
FIGURA 5.23 - TAQUEAMENTO DE PEDRA A6, S. GENS (06.02.2015).....	66
FIGURA 5.24 - TAQUEAMENTO DE PEDRA AG3, PISCO (10.02.2015).....	66
FIGURA 5.25 - BRITAGEM DE PEDRA, S. GENS (04.03.2015).....	66
FIGURA 5.26 - BRITAGEM DE PEDRA, PISCO (17.03.2015).....	66
FIGURA 5.27 - LOCAL DE DEPÓSITO, S. GENS (27.02.2015)	67
FIGURA 5.28 - EXECUÇÃO DE ATERRO P13, S. GENS (18.03.2015).....	68
FIGURA 5.29 - ATERRO A1, S. GENS (18.03.2015)	68
FIGURA 5.30 - EXECUÇÃO DE ATERRO A1, S. GENS (25.03.2015)	68
FIGURA 5.31 - EXECUÇÃO DE ATERRO P3, PISCO (19.03.2015).....	68
FIGURA 5.32 - ATERRO A2, PISCO (20.03.2015)	69
FIGURA 5.33 - COMPACTAÇÃO DE ATERRO A2, PISCO (01.04.2015)	69
FIGURA 5.34 - EXECUÇÃO DE ATERRO EXPERIMENTAL, S. GENS (17.03.2015).....	70
FIGURA 5.35 - EXECUÇÃO DE ATERRO EXPERIMENTAL, S. GENS (17.03.2015).....	70
FIGURA 5.36 - ESPALHAMENTO DE ÁGUA EM ATERRO, S. GENS (17.03.2015)	70

FIGURA 5.37 - ATERRO EXPERIMENTAL, S. GENS (17.03.2015)	70
FIGURA 5.38 - ENSAIO DE CARGA EM PLACA NO ATERRO EXPERIMENTAL, S. GENS (17.03.2015).....	71
FIGURA 5.39 - LEVANTAMENTO ARQUEOLÓGICO A10, S. GENS (16.03.2015)	72
FIGURA 5.40 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO SUBESTAÇÃO, PISCO (03.03.2015)	73
FIGURA 5.41 - FUNDO DE ESCAVAÇÃO E IMPLANTAÇÃO PARA BETÃO DE LIMPEZA DA FUNDAÇÃO AG23, S. GENS (11.02.2015)	74
FIGURA 5.42 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA AG21, S. GENS (02.03.2015)	75
FIGURA 5.43 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA AG19, S. GENS (04.03.2015)	75
FIGURA 5.44 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA CICLÓPICO AG22, S. GENS (16.02.2015).....	76
FIGURA 5.45 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA CICLÓPICO AG22, S. GENS (16.02.2015).....	76
FIGURA 5.46 - PERNOS PARA SISTEMA DE FIXAÇÃO, S. GENS (09.02.2015)	77
FIGURA 5.47 - ANÉIS DE ANCORAGEM, S. GENS (09.02.2015)	77
FIGURA 5.48 - SISTEMA DE NIVELAMENTO AG9, S. GENS (09.02.2015)	77
FIGURA 5.49 - MONTAGEM DO 1º ANEL DE ANCORAGEM AG9, S. GENS (09.02.2015).....	77
FIGURA 5.50 - NIVELAMENTO DO 1º ANEL DE ANCORAGEM AG22, S. GENS (17.02.2015).....	77
FIGURA 5.51 - NIVELAMENTO DO 1º ANEL DE ANCORAGEM AG22, S. GENS (17.02.2015).....	77
FIGURA 5.52 - MONTAGEM DE PERNOS NO SISTEMA DE FIXAÇÃO AG23, S. GENS (27.02.2015).....	78
FIGURA 5.53 - MONTAGEM DO 2º ANEL DE ANCORAGEM AG21, S. GENS (03.03.2015)	78
FIGURA 5.54 - MONTAGEM DE PERNOS NO SISTEMA DE FIXAÇÃO AG19, S. GENS (05.03.2015).....	78
FIGURA 5.55 - SISTEMA DE FIXAÇÃO AG1, PISCO (18.03.2015).....	78
FIGURA 5.56 - ARMADURAS PARA MONTAGEM AG10, S. GENS (09.02.2015).....	79
FIGURA 5.57 - ARMADURAS PARA MONTAGEM AG10, S. GENS (09.02.2015).....	79
FIGURA 5.58 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG20, S. GENS (27.03.2015).....	79
FIGURA 5.59 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG22, S. GENS (18.02.2015).....	79
FIGURA 5.60 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG24, S. GENS (24.02.2015).....	79
FIGURA 5.61 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG24, S. GENS (26.02.2015).....	79
FIGURA 5.62 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG10, S. GENS (09.02.2015).....	80

FIGURA 5.63 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG10, S. GENS (10.02.2015)	80
FIGURA 5.64 - NEGATIVOS PARA ENTRADA/SAÍDA DE CABOS AG10, S. GENS (19.02.2015)	80
FIGURA 5.65 - ASPECTO FINAL DA ARMADURA DE FUNDAÇÃO AG16, S. GENS (24.03.2015)	80
FIGURA 5.66 - VARÃO CONFORME EM 1º PLANO, VARÃO MAL DOBRADO ATRÁS, S. GENS (16.02.2015)....	81
FIGURA 5.67 - MONTAGEM DA COFRAGEM AG10, S. GENS (10.02.2015)	82
FIGURA 5.68 - MONTAGEM COFRAGEM AG9, S. GENS (17.02.2015)	82
FIGURA 5.69 - NIVELAMENTO DO 3º ANEL DE ANCORAGEM AG9, S. GENS (17.02.2015)	82
FIGURA 5.70 - MONTAGEM DA COFRAGEM AG25, S. GENS (25.02.2015)	82
FIGURA 5.71 - COFRAGEM DO PEDESTAL AG10, S. GENS (19.02.2015)	82
FIGURA 5.72 - COFRAGEM AG10, S. GENS (16.02.2015)	82
FIGURA 5.73 - BETONAGEM AG2, PISCO (25.03.2015)	84
FIGURA 5.74 - BETONAGEM AG10, S. GENS (20.02.2015)	84
FIGURA 5.75 - BETONAGEM AG10, S. GENS (20.02.2015)	84
FIGURA 5.76 - ENSAIO DE SLUMP AG10, S. GENS (20.02.2015)	84
FIGURA 5.77 - PROVETES PARA ENSAIOS À COMPRESSÃO AG23, S. GENS (03.03.2015)	84
FIGURA 5.78 - VERIFICAÇÃO DOS PERNOS AG9, S. GENS (24.02.2015)	84
FIGURA 5.79 - BETONAGEM DO PEDESTAL AG10, S. GENS (20.02.2015)	85
FIGURA 5.80 - BETONAGEM AG22, S. GENS (24.02.2015)	85
FIGURA 5.81 - VERIFICAÇÃO DA TEMPERATURA DO BETÃO AG10, S. GENS (20.02.2015)	86
FIGURA 5.82 - APLICAÇÃO DE ANTI-SOL AG10, S. GENS (20.02.2015)	86
FIGURA 5.83 - COLOCAÇÃO DE COBERTURA AG10, S. GENS (20.02.2015)	86
FIGURA 5.84 - PROTECÇÃO DA FUNDAÇÃO AG25, S. GENS (27.02.2015)	86
FIGURA 5.85 - ASPECTO FINAL DE UMA FUNDAÇÃO, S. GENS (23.02.2015)	87
FIGURA 5.86 - ASPECTO FINAL DE UMA FUNDAÇÃO - PEDESTAL, S. GENS (20.03.2015)	87
FIGURA 5.87 - INSPECÇÃO DO ESTADO DO BETÃO AG21, S. GENS (24.03.2015)	88
FIGURA 5.88 - INSPECÇÃO DO ESTADO DO BETÃO AG21, S. GENS (24.03.2015)	88
FIGURA 5.89 - APLICAÇÃO DE RESINA EPÓXI PARA LIGAÇÃO DE BETÕES AG4, PISCO (21.04.2015)	88

FIGURA 5.90 - BETONAGEM AG4, PISCO (21.04.2015)	88
FIGURA 5.91 - EXECUÇÃO DA REDE DE TERRAS AG19, S. GENS (17.03.2015)	89
FIGURA 5.92 - EXECUÇÃO DA REDE DE TERRAS AG10, S. GENS (16.03.2015)	89
FIGURA 5.93 - EXECUÇÃO DA REDE DE TERRAS AG19, S. GENS (17.03.2015)	89
FIGURA 5.94 - EXECUÇÃO DA REDE DE TERRAS AG22, S. GENS (05.03.2015)	89
FIGURA 5.95 - IMPERMEABILIZAÇÃO DA FUNDAÇÃO AG14, S. GENS (21.04.2015).....	90
FIGURA 5.96 - ATERRO DA FUNDAÇÃO AG18, S. GENS (27.04.2015).....	90
FIGURA 5.97 - ATERRO DA FUNDAÇÃO AG1, PISCO (23.04.2015)	90
FIGURA 5.98 - EXECUÇÃO DO NIVELAMENTO NO PEDESTAL AG9, S. GENS (16.04.2015).....	90
FIGURA 5.99 - EXECUÇÃO DO NIVELAMENTO NO PEDESTAL AG25, S. GENS (29.04.2015).....	91
FIGURA 5.100 - COFRAGEM PARA APLICAÇÃO DO GROUT AG9, S. GENS (17.04.2015).....	91
FIGURA 5.101 - BETONAGEM COM GROUT AG9, S. GENS (17.04.2015)	91
FIGURA 5.102 - BETONAGEM COM GROUT AG9, S. GENS (17.04.2015)	91
FIGURA 5.103 - PROTECÇÃO DO PEDESTAL PARA CURA AG2, PISCO (28.04.2015).....	91
FIGURA 5.104 - ASPECTO FINAL DO PEDESTAL AG25, S. GENS (18.05.2015).....	91
FIGURA 5.105 - MÁ GRADAÇÃO DO MATERIAL USADO EM ATERRO, PISCO (15.04.2015).....	93
FIGURA 5.106 - ASPECTO DOS ACESSOS SEM ABGE A2, PISCO (27.03.2015)	95
FIGURA 5.107 - COMPACTAÇÃO DO ATERRO P12, S. GENS (19.05.2015).....	95
FIGURA 5.108 - ASPECTO DOS ACESSOS SEM ABGE A1, S. GENS (21.05.2015)	95
FIGURA 5.109 - PAVIMENTAÇÃO COM ABGE P12, S. GENS (22.05.2015).....	95
FIGURA 5.110 - PAVIMENTAÇÃO COM ABGE P10, S. GENS (17.04.2015).....	95
FIGURA 5.111 - ENSAIO DE CARGA EM PLACA A1, PISCO (17.04.2015).....	95
FIGURA 5.112 - EXECUÇÃO DE PH A1, S. GENS (13.04.2015)	96
FIGURA 5.113 - PLATAFORMA CONCLUÍDA P24, S. GENS (27.04.2015).....	96
FIGURA 5.114 - CORTE TIPO DE VALA DE CABOS (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	97
FIGURA 5.115 - ABERTURA DE VALAS PARA CABOS A6, S. GENS (26.05.2015).....	98
FIGURA 5.116 - ABERTURA DE VALAS PARA CABOS A1, S. GENS (09.06.2015).....	98

FIGURA 5.117 - ABERTURA DE VALAS PARA CABOS A2, PISCO (19.06.2015).....	98
FIGURA 5.118 - COLOCAÇÃO DE CABOS EM VALA A6, S. GENS (23.06.2015).....	98
FIGURA 5.119 - COLOCAÇÃO DE CABOS EM VALA A10, S. GENS (09.07.2015).....	99
FIGURA 5.120 - UNIÃO DE CABOS MT, S. GENS (14.07.2015).....	99
FIGURA 5.121 - ATERRO DA VALA DE CABOS AG18, S. GENS (06.07.2015).....	100
FIGURA 5.122 - ATERRO DA VALA DE CABOS A2, PISCO (14.07.2015).....	100
FIGURA 5.123 - SINALIZAÇÃO DA VALA DE CABOS, S. GENS (24.06.2015).....	100
FIGURA 5.124 - MONTAGEM DE ARMADURAS DAS FUNDAÇÕES SUBESTAÇÃO, PISCO (20.03.2015).....	102
FIGURA 5.125 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA NAS FUNDAÇÕES SUBESTAÇÃO, PISCO (27.03.2015)	102
FIGURA 5.126 - COFRAGEM DE FUNDAÇÕES, PISCO (01.04.2015).....	103
FIGURA 5.127 - BETONAGEM DE FUNDAÇÕES SUBESTAÇÃO, PISCO (02.04.2015).....	103
FIGURA 5.128 - COFRAGEM DOS PILARES SUBESTAÇÃO, PISCO (08.04.2015).....	104
FIGURA 5.129 – MONTAGEM DA REDE DE TERRAS E IMPERMEABILIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES, PISCO (15.04.2015).....	104
FIGURA 5.130 - ATERRO DAS FUNDAÇÕES SUBESTAÇÃO, PISCO (17.04.2015).....	104
FIGURA 5.131 - FUNDAÇÕES ATERRADAS SUBESTAÇÃO, PISCO (21.04.2015).....	104
FIGURA 5.132 - COFRAGEM DA VALA DE ENTRADA DE CABOS SUBESTAÇÃO, PISCO (23.04.2015).....	105
FIGURA 5.133 - BETONAGEM DO FUNDO DA VALA SUBESTAÇÃO, PISCO (24.04.2015).....	105
FIGURA 5.134 - COFRAGEM DA LAJE DE ESTEIRA SUBESTAÇÃO, PISCO (18.05.2015).....	106
FIGURA 5.135 - BETONAGEM DA LAJE DE ESTEIRA SUBESTAÇÃO, PISCO (19.05.2015).....	106
FIGURA 5.136 - PILAR MAL BETONADO SUBESTAÇÃO, PISCO (19.05.2015).....	106
FIGURA 5.137 - COFRAGEM DAS VIGAS E LAJES DA COBERTURA SUBESTAÇÃO, PISCO (25.05.2015).....	107
FIGURA 5.138 - MONTAGEM DAS LAJES DE COBERTURA SUBESTAÇÃO, PISCO (27.05.2015).....	107
FIGURA 5.139 - BETONAGEM DAS LAJES DE COBERTURA SUBESTAÇÃO, PISCO (28.05.2015).....	108
FIGURA 5.140 - EXECUÇÃO DAS PAREDES INTERIORES SUBESTAÇÃO, PISCO (09.06.2015).....	108
FIGURA 5.141 – ACABAMENTO DE PAREDES SUBESTAÇÃO, PISCO (16.06.2015).....	108

FIGURA 5.142 - ASSENTAMENTO DO PAVIMENTO SUBESTAÇÃO, PISCO (18.06.20015)	108
FIGURA 5.143 - EXECUÇÃO DE PAREDES EXTERIORES SUBESTAÇÃO, PISCO (18.06.2015)	108
FIGURA 5.144 - REGULARIZAÇÃO DA COBERTURA SUBESTAÇÃO, PISCO (03.07.2015)	108
FIGURA 5.145 - COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO SUBESTAÇÃO, PISCO (08.07.2015)	109
FIGURA 5.146 - EXECUÇÃO DA ALVENARIA EXTERIOR SUBESTAÇÃO. PISCO (24.07.2015)	109
FIGURA 5.147 - EXECUÇÃO DE MACIÇOS NO P. EXTERIOR SUBESTAÇÃO, PISCO (18.05.2015).....	110
FIGURA 5.148 - BETONAGEM DE MACIÇOS NO P. EXTERIOR SUBESTAÇÃO, PISCO (20.05.2015)	110
FIGURA 5.149 - COLOCAÇÃO DE CALEIRAS PARA CABOS SUBESTAÇÃO, PISCO (21.05.2015).....	110
FIGURA 5.150 - TRABALHOS NO PARQUE EXTERIOR SUBESTAÇÃO, PISCO (26.05.2015)	110
FIGURA 5.151 - MONTAGEM DE PERFIS METÁLICOS SUBESTAÇÃO, PISCO (09.06.2015)	110
FIGURA 5.152 - MONTAGEM DE PERFIS METÁLICOS SUBESTAÇÃO, PISCO (16.06.2015).....	110
FIGURA 5.153 - CARRIS E MACIÇO DE TRACÇÃO PARA O POSICIONAMENTO DE TRANSFORMADORES SUBESTAÇÃO, PISCO (16.06.2015).....	111
FIGURA 5.154 - TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA (TR) SUBESTAÇÃO, PISCO (17.06.2015)	111
FIGURA 5.155 – ESPALHAMENTO DE GRAVILHA SUBESTAÇÃO, PISCO (25.06.2015)	111
FIGURA 5.156 - EXECUÇÃO DE LIGAÇÕES SUBESTAÇÃO, PISCO (16.07.2015)	111
FIGURA 5.157 - EDIFÍCIO DE COMANDO SUBESTAÇÃO, PISCO (18.07.2015).....	112
FIGURA 5.158 - PARQUE EXTERIOR SUBESTAÇÃO, PISCO (18.07.2015)	112
FIGURA 5.159 - TRABALHOS DE ALARGAMENTO NA VARIANTE, PISCO (20.05.2015).....	113
FIGURA 5.160 - ALARGAMENTO NA VARIANTE, PISCO (20.05.2015)	113
FIGURA 5.161 - DESMONTE DE ROCHA, PISCO (20.05.2015)	113
FIGURA 5.162 - PAVIMENTAÇÃO DO ALARGAMENTO COM ABGE, PISCO (22.05.2015)	113
FIGURA 5.163 - EXECUÇÃO DE DRENAGEM TRANSVERSAL, PISCO (25.05.2015).....	113
FIGURA 5.164 - ESCAVAÇÃO PARA ALARGAMENTO, PISCO (27.05.2015)	113
FIGURA 5.165 - COMPACTAÇÃO DO ATERRO, PISCO (01.06.2015)	114
FIGURA 5.166 - ALARGAMENTO NO INTRADORSO DE UMA CURVA APERTADA, PISCO (03.06.2015)	114
FIGURA 5.167 - PROVA EM VAZIO, PISCO (09.06.2015).....	115

FIGURA 5.168 - PROVA EM VAZIO, PISCO (09.06.2015)	115
FIGURA 5.169 - PONTO A SER INTERVENCIONADO, PISCO (09.06.2015)	115
FIGURA 5.170 - PONTO A SER INTERVENCIONADO, PISCO (09.06.2015)	115
FIGURA 5.171 - TRANSPORTE DE UM TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (27.04.2015).....	116
FIGURA 5.172 - TRANSPORTE DA NACELLE, S. GENS (27.04.2015)	116
FIGURA 5.173 - DESCARGA DE UM TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (28.04.2015)	116
FIGURA 5.174 - TRAMOS DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (29.04.2015)	116
FIGURA 5.175 - NACELLE, S. GENS (29.04.2015).....	116
FIGURA 5.176 - SET DE PÁS (56M), S. GENS (14.05.2015)	116
FIGURA 5.177 - HUB, S. GENS (18.05.2015)	117
FIGURA 5.178 - TRANSPORTE DE PÁ (56M), S. GENS (09.06.2015)	117
FIGURA 5.179 - LEVANTAMENTO DO 1º TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (20.05.2015)	118
FIGURA 5.180 - POSICIONAMENTO DO 1º TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (20.05.2015) ...	118
FIGURA 5.181 - LEVANTAMENTO DO 3º TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (04.06.2015)	118
FIGURA 5.182 - MONTAGEM DO 3º TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S GENS (04.06.2015)	118
FIGURA 5.183 - DIMENSÕES DA GRUA LTM 11200-9.1, EM MILÍMETROS (FONTE: HTTP://WWW.LIEBHERR.COM/)	119
FIGURA 5.184 - MONTAGEM DA GRUA PRINCIPAL, S. GENS (15.05.2015)	120
FIGURA 5.185 - SUBIDA DA NACELLE, S. GENS (01.06.2015)	120
FIGURA 5.186 - SUBIDA DA NACELLE, S. GENS (01.06.2015)	120
FIGURA 5.187 - MONTAGEM DO ROTOR, S. GENS (29.05.2015)	120
FIGURA 5.188 - MONTAGEM DAS PÁS, S. GENS (02.06.2015)	121
FIGURA 5.189 - MONTAGEM DAS PÁS, S. GENS (02.06.2015).....	121
FIGURA 5.190 - MONTAGEM DAS PÁS, S. GENS (27.05.2015).....	121
FIGURA 5.191 - MONTAGEM DAS PÁS, S. GENS (20.05.2015).....	121

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 3.1 - CAPACIDADE TOTAL / INSTALADA ANUALMENTE NOS 15 PAÍSES COM MAIOR PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA – 2011 A 2014 (FONTE: WWEA)	17
QUADRO 3.2 - CARACTERIZAÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA - 2001 A 2008 (FONTE: DGEG)	22
QUADRO 3.3 - CARACTERIZAÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA - 2006 A MARÇO DE 2015 (FONTE: DGEG)	25
QUADRO 4.1 - RESUMO DA INFORMAÇÃO RELATIVA AO PARQUE EÓLICO DO PISCO	41
QUADRO 4.2 - COTAS E COORDENADAS DOS AEROGERADORES E PLATAFORMAS, NÚCLEO DO PISCO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO).....	42
QUADRO 4.3 - COTAS E COORDENADAS DOS AEROGERADORES E PLATAFORMAS, NÚCLEO DE S. GENS (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO).....	43
QUADRO 5.1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS SAPATAS DE FUNDAÇÃO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)	75
QUADRO 5.2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA GRUA PARA A MONTAGEM FINAL (FONTE: HTTP://WWW.LIEBHERR.COM/)	119

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Serve o presente relatório para apresentação do estágio desenvolvido no âmbito da unidade curricular de DIPRE – Dissertação/Projecto/Estágio, do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil.

Sendo desenvolvido no seguimento das actividades lectivas regulares ao longo do percurso académico, o estágio, ainda que sendo de natureza curricular, presenteia-se como uma oportunidade de integração antecipada no mundo pós-universitário. Com isto em mente, este período ganha uma nova dimensão para além da aplicação prática de conhecimentos adquiridos durante o curso – a adaptação a uma nova realidade, bem como o desenvolvimento de competências socioprofissionais e transversais que serão, no futuro, certamente uma mais-valia tanto em contexto profissional como pessoal.

O estágio em questão constou no acompanhamento da construção de um parque eólico – Parque Eólico do Pisco – da perspectiva da fiscalização. Desta forma, a componente de obra teve um peso significativo ao longo de todo o estágio, possibilitando uma envolvimento com o produto final de um conjunto de projectos de engenharia, a qual seria impossível num ambiente apenas de gabinete. É de notar que a posição da fiscalização pressupõe a capacidade de compreensão e interpretação de um grande volume de informação técnica, de avaliação de metodologias de execução ao nível dos riscos e resultados finais vs. esperados e ainda, por vezes, de coordenação de trabalhos de diferentes subempreitadas.

No âmbito da Engenharia Civil foi possível relembrar, desenvolver e aprimorar conhecimentos ao nível do planeamento e gestão de recursos de uma empreitada, promover o pensamento crítico e a capacidade de avaliação das soluções projectadas face ao que é efectivamente posto em prática em obra bem como a aquisição de conhecimentos relativos aos métodos de execução das mesmas.

Neste documento são apresentadas todas as informações relevantes relativas ao projecto do parque eólico, regulamentação aplicável, descrição detalhada dos vários momentos da obra e ainda, em jeito de conclusão, alguns princípios gerais que possam ajudar ao sucesso de projectos semelhantes no futuro.

1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Neste capítulo introdutório é feito o enquadramento geral do estágio desenvolvido e são enunciados os assuntos abordados e a respectiva organização no relatório.

Seguidamente, no Capítulo 2, é descrita a empresa de acolhimento e o seu papel na obra, bem como a obra em si, de forma geral.

No Capítulo 3 é feito um apanhado geral do papel actual da energia eólica em Portugal e no mundo, sendo também apresentados os aspectos gerais de um projecto desta envergadura.

O projecto do parque eólico cuja construção foi acompanhada é extensivamente descrito no Capítulo 4, na sua componente de licenciamento e de execução, sendo também enunciadas e enquadradas todas as entidades responsáveis pela conclusão do mesmo.

O Capítulo 5 é dedicado exclusivamente ao acompanhamento da obra propriamente dito, sendo descritos e ilustrados os diferentes trabalhos de construção civil, os ensaios realizados no âmbito do controlo de qualidade e os trabalhos de montagem de aerogeradores.

Em último lugar, no Capítulo 6, são feitas as considerações finais relativamente ao trabalho desenvolvido, incluindo um balanço relativamente aos objectivos propostos para o estágio, avaliando o seu cumprimento.

2 APRESENTAÇÃO DO ESTÁGIO

2.1 EMPRESA DE ACOLHIMENTO

A empresa sob a alçada da qual foi realizado o estágio, Electrolinhas S.A., encontra-se em actividade desde 1989, estabelecendo-se nas áreas de projecto, coordenação de obras e fiscalização em qualidade, ambiente e segurança.

Tratando-se de uma empresa ligada maioritariamente à energia, na área de projecto, centra-se nas linhas de transporte de energia em muito alta tensão e linhas de distribuição de energia em média e alta tensão. Desenvolve também projectos noutras áreas de actividade, nomeadamente: infraestruturas eléctricas de utilização; infraestruturas de telecomunicações; ar condicionado, aquecimento e ventilação; engenharia civil; segurança electrónica e videovigilância; coordenação de segurança em fase de projecto (ver Figura 2.1).

Fruto de um vasto portefólio de obras realizadas, a experiência obtida ao longo dos anos de actividade serve como garantia da qualidade dos serviços prestados na área de supervisão e fiscalização. Nestes serviços incluem-se: coordenação global na fase de construção; fiscalização de qualidade em engenharia civil; coordenação de segurança em obra; acompanhamento ambiental.

A Electrolinhas disponibiliza ainda um conjunto de serviços de consultoria, destinados a ajudar os clientes em determinada fase dos seus projectos. São exemplo destes: análise de projecto; análise de propostas e apoio na decisão; análise de incidentes ou problemas detectados na fase de construção ou exploração.



FIGURA 2.1 - ÁREAS DE ACTUAÇÃO DA ELECTROLINHAS S.A. (FONTE:
[HTTP://WWW.ELECTROLINHAS.PT/](http://www.electrolinhas.pt/))

Actualmente, a empresa dá especial enfoque à área da energia ao nível das redes de distribuição e transporte, sendo de destacar também a sua participação em projectos ligados às energias renováveis, nomeadamente energia eólica.

A organização interna da empresa encontra-se detalhada no organigrama apresentado na Figura 2.2.



ELECTROLINHAS S.A.
Organigrama Geral

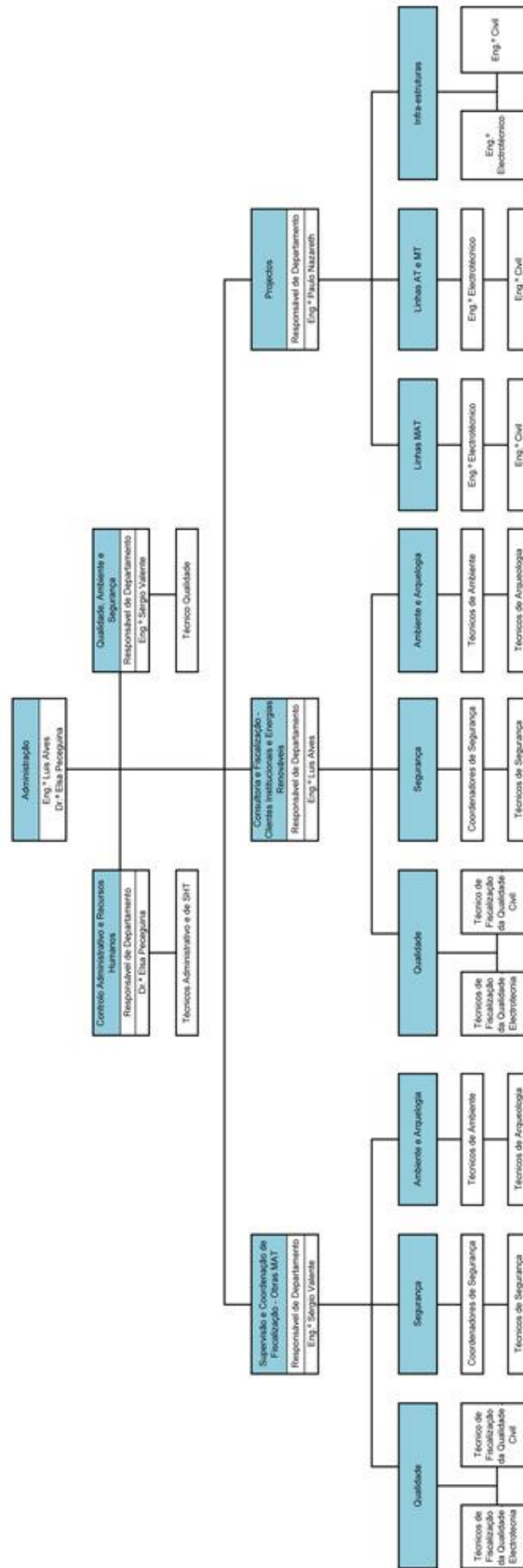


FIGURA 2.2 - ORGANIGRAMA GERAL DA EMPRESA (FONTE: [HTTP://WWW.ELECTROLINHAS.PT/](http://www.electrolinhas.pt/))

A presença da Electrolinhas na construção do parque eólico do Pisco fez-se notar em diversas áreas, conforme ilustrado na Figura 2.3.

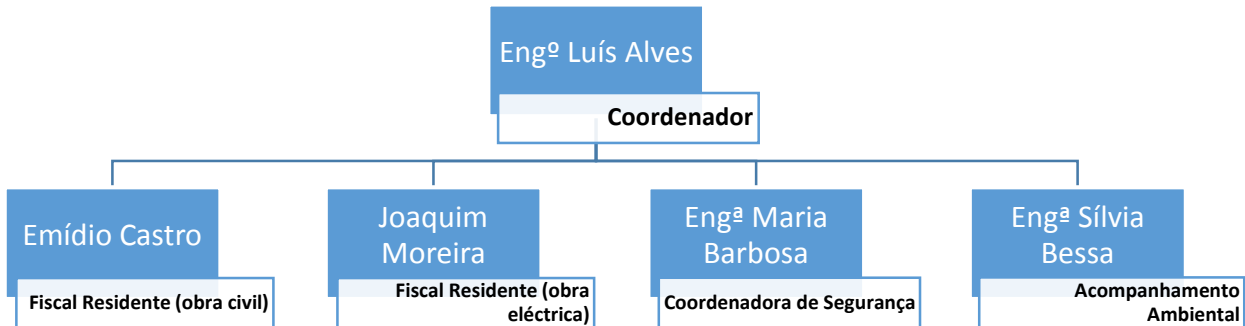


FIGURA 2.3 - EQUIPA DA ELECTROLINHAS AFECTA À OBRA DO PARQUE EÓLICO DO PISCO

2.2 OBRA ACOMPANHADA

Conforme referido anteriormente, o estágio ao qual é referente este relatório constou do acompanhamento da construção de um parque eólico.

O parque eólico em questão – Parque Eólico do Pisco – situa-se nos distritos da Guarda e Viseu, sendo composto por 2 núcleos: núcleo do Pisco e núcleo de São Gens.

Os núcleos distam entre si cerca de 20 km. Na Figura 2.4 pode-se ter uma ideia da sua localização.

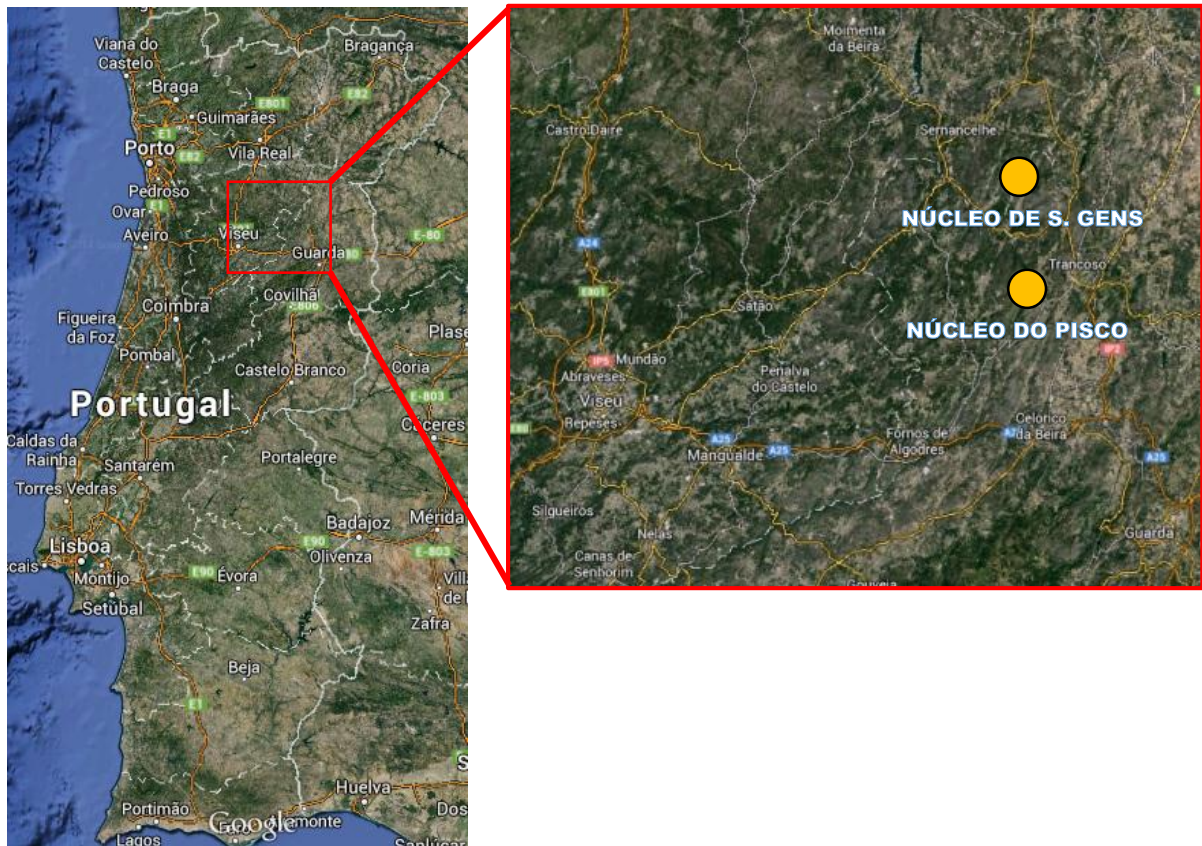


FIGURA 2.4 - LOCALIZAÇÃO DOS NÚCLEOS DO PARQUE EÓLICO DO PISCO

Segundo o planeamento inicial, a obra desenrolar-se-ia de Novembro de 2014 a Setembro de 2015. Sendo o estágio desenvolvido no período de Fevereiro a Julho de 2015, seria expectável, *a priori*, presenciar uma grande variedade de trabalhos associados à construção do parque, desde movimentação de terras até a montagem dos aerogeradores.

Ao todo, o parque é composto por 25 aerogeradores. Destes, 17 encontram-se no núcleo de São Gens, situando-se os restantes 8 no núcleo do Pisco. É também no segundo onde se encontra a subestação, sendo esta a pedra basilar de qualquer parque eólico, uma vez que é através dela que é feita a introdução da energia produzida, na rede nacional.

O parque conta também com cerca de 15 km de acessos internos, fruto maioritariamente da beneficiação e alargamento de acessos existentes.

Nas Figura 2.5 e Figura 2.6 tem-se uma vista dos locais onde foram implantados os núcleos.



FIGURA 2.5 - VISTA DA SERRA DO PISCO



FIGURA 2.6 - VISTA DE SÃO GENS

Ao referido anteriormente, deve ainda acrescentar-se a ligação eléctrica entre núcleos e à rede, à qual correspondem quase 30 km de linha aérea.

Dada a natureza e a dimensão da obra, apesar de os aerogeradores serem já parte integrante da paisagem envolvente, é sempre de destacar o seu relevo no panorama socioeconómico da região.

3 A ENERGIA EÓLICA

3.1 INTRODUÇÃO

Vivemos numa era de ouro para a engenharia.

A evolução tecnológica adoptou uma curva claramente exponencial, permitindo-nos dar o salto dos moinhos de vento com 5 metros de altura, usados para moagem de cereais ou bombagem de água, para os modernos aerogeradores que chegam até aos 120 metros de altura, e produzem energia eléctrica graças a um recurso inesgotável.

Da perspectiva da engenharia civil, a montagem de um aerogerador envolve mais valências do que as que se esperaria fazendo uma análise superficial ao tema – desde o transporte dos componentes, à execução da fundação, passando pela logística que é necessária controlar e acertar de maneira a rentabilizar ao máximo o investimento, significativo, que a construção de um parque destas máquinas obriga, tudo deve ser exaustivamente estudado de maneira a não existirem condicionalismos inesperados aquando da entrada da grua de montagem em obra. Este será o primeiro marco da construção do parque.

Da mesma forma, pode também atribuir-se tanta ou mais importância à finalização da subestação. Este elemento receberá a energia produzida pelo parque, reencaminhando-a através de uma linha aérea que fará a sua injeção na rede nacional. Até à conclusão da subestação o parque não tem qualquer utilidade nem rentabilidade.

Seguidamente é feita uma pequena exposição do momento actual da energia eólica no nosso país e no mundo, procurando-se depois, de forma resumida, enunciar os principais aspectos a ter em conta no projecto de um parque.

3.2 NO MUNDO

Segundo o relatório da *World Wind Energy Association (WWEA)*, até ao fim do 1º semestre de 2014, a energia eólica contribuía com cerca de 4% da necessidade energética a nível global. Traduzido em números, são 320 GW de potência, produzida em 15.000 parques, espalhados por mais de 100 países. Era esperado que a produção chegasse aos 360 GW até ao fim de 2014.

Dados de outra fonte, o *Global Wind Energy Council (GWEC)*, confirmam que esse valor foi atingido e ultrapassado, chegando quase aos 370 GW. Na Figura 3.1 é possível ter noção do crescimento da aposta na energia eólica nos últimos anos, à escala mundial.

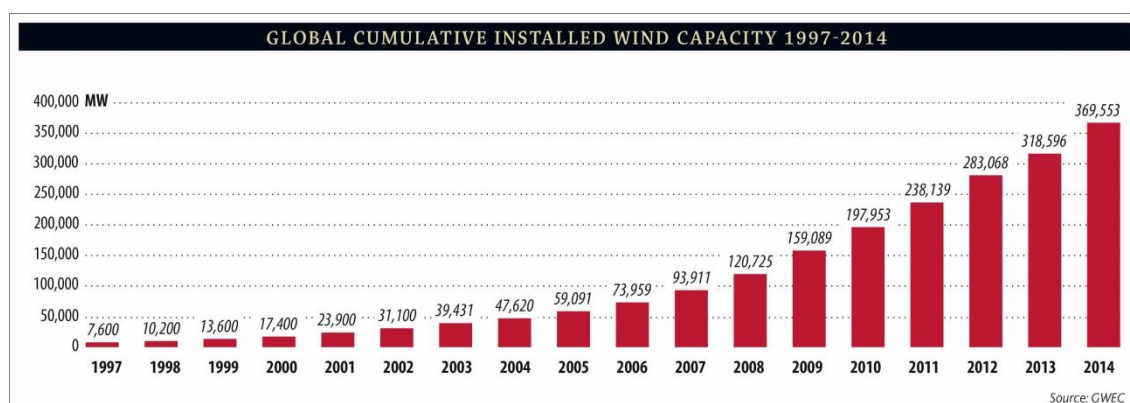


FIGURA 3.1 - CAPACIDADE TOTAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA INSTALADA DE 1997 A 2014
(FONTE: GWEC)

Este crescimento sofreu a sua primeira quebra em 2013, ilustrada na Figura 3.2, devido maioritariamente à queda do sector nos Estados Unidos da América, na primeira metade do ano. Esta queda deveu-se a incertezas em torno da alteração da legislação do país relativamente às energias renováveis, sendo desde logo preconizado que no ano seguinte se verificaria nova subida do mercado.

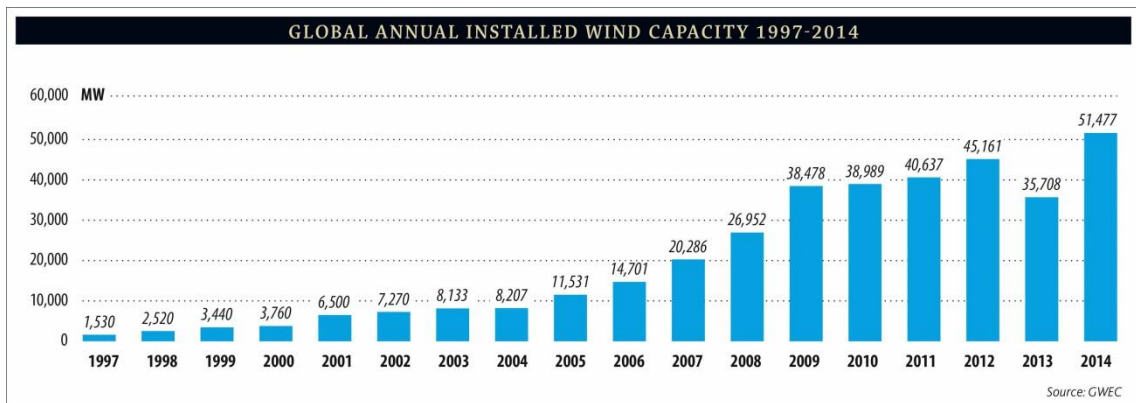


FIGURA 3.2 - CAPACIDADE INSTALADA POR ANO ENTRE 1997 E 2014 (FONTE: GWEC)

As previsões vieram a confirmar-se, sendo 2014 um ano recorde no que à instalação de capacidade de produção de energia eólica diz respeito.

A manter-se a tendência, o WWEA estima que em 2020 a capacidade instalada ultrapasse os 700 GW, o dobro da actual. Esta previsão retrata a crescente aposta no sector, sustentada pelas políticas energéticas de cada país e, a nível internacional, pelo Protocolo de Quioto. A Figura 3.3 pretende ilustrar esse mesmo crescimento, bem como a estimativa efectuada com base no mesmo.

**Total Installed Capacity 1997-2020 [MW]
Development and Prognosis**

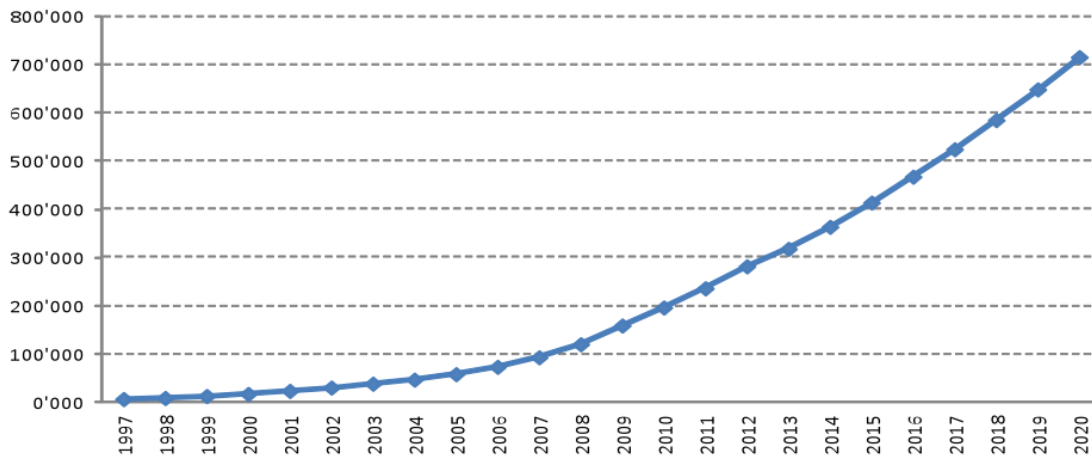


FIGURA 3.3 - EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA E PREVISÃO ATÉ 2020 (FONTE: WWEA)

3.2.1 PRINCIPAIS MERCADOS MUNDIAIS

Sendo a aposta na energia eólica mais que um negócio, uma necessidade, não é de todo surpreendente o contínuo aumento da lista de países com capacidade de produção instalada no seu território.

Segundo o último relatório lançado pela WWEA, no final de 2013 eram 103 os países que usufruíam de energia produzida com recurso a aerogeradores.

Apesar do elevado número de países que produzem actualmente energia eléctrica através da força do vento, 72% da capacidade de produção global encontra-se em apenas 5 países: China, Alemanha, Espanha, Índia e Estados Unidos da América. Destes, o país com mais capacidade instalada é a China, principal contribuinte para que a Ásia se mantenha na liderança do top dos continentes, no que ao aproveitamento da energia eólica diz respeito.

No Quadro 3.1 apresenta-se a evolução da capacidade de produção instalada nos 15 países que encabeçam a lista, sendo possível ter uma noção do crescimento dos últimos 4 anos:

QUADRO 3.1 - CAPACIDADE TOTAL / INSTALADA ANUALMENTE NOS 15 PAÍSES COM MAIOR PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA – 2011 A 2014 (FONTE: WWEA)

Position	Country	Total Capacity by June 2014 [MW]	Added Capacity H1 2014 [MW]	Total Capacity end 2013 [MW]	Added Capacity H1 2013 [MW]	Total Capacity end 2012 [MW]	Added Capacity H1 2012 [MW]	Total Capacity end 2011 [MW]
1	China	98'588	7'175	91'413	5'503	75'324	5'410	62'364
2	USA	61'946	835	61'108	1,6	59'882	2'883	46'919
3	Germany	36'488	1'830	34'658	1'143	31'315	941	29'075
4	Spain	22'970	0,1	22'959	122	22'796	414	21'673
5	India*	21'262	1'112	20'150	1'243	18'321	1'471	15'880
6	United Kingdom	11'180	649	10'531	1'331	8'445	822	6'018
7	France	8'592	338	8'254	198	7'499	320	6'877
8	Italy	8'586	30	8'551	273	8'144	650	6'640
9	Canada	8'526	723	7'698	377	6'201	246	5'265
10	Denmark	4'855	83	4'772	416	4'162	56	3'927
11	Portugal	4'829	105	4'724	22	4'525	19	4'379
12	Sweden	4'824	354	4'470	526	3'745	-	2'798
13	Brazil	4'700	1'301	3'399	281	2'507	118	1'429
14	Australia	3'748	699	3'049	475	2'584	-	2'226
15	Poland	3'727	337	3'390	310	2'497	-	1'616
	Rest of the World	31'506	2'042	29'451	1'761	24'660	3'026	16'493
	Total	336'327	17'613	318'488	13'978	282'607	16'376	233'579

Como se pode verificar, a China é o grande mercado dos últimos anos, subindo à liderança desta tabela no final de 2009. Em 2011 a China propôs-se a instalar, até ao final de 2015, 100 GW de capacidade de produção de energia eólica, meta essa que à data da redação deste texto já terá sido batida.

É de esperar que a tendência se mantenha, dado o potencial de produção de energia eólica que o território chinês apresenta, bem como o crescimento em que a economia do país se encontra.

Ao nível dos mercados emergentes, o Brasil ocupa uma posição de destaque, tendo sido um dos países a instalar mais capacidade de produção durante a primeira metade de 2014. O investimento na energia eólica prende-se com a necessidade em diversificar as fontes de geração de energia, uma vez que até à relativamente pouco tempo, o país apresentava uma enorme dependência da energia hidroeléctrica. Desta forma, e uma vez que o território brasileiro apresenta um enorme potencial de produção de energia eólica (segundo estudo efectuado pela Eletrobras), a previsão é de que o crescimento apresentado neste sector seja para continuar.

3.3 EM PORTUGAL

3.3.1 O INÍCIO

Data de 1983 o começo de um projecto pioneiro em Portugal. O estudo da viabilidade económica para a implementação do primeiro parque eólico do país foi levado a cabo pela ERA Technology, empresa britânica que disponibilizava serviços de consultoria de engenharia em mecânica e sistemas eléctricos.

Três anos depois, em 1986 é construído o parque eólico do Cabeço do Carvalho na ilha de Porto Santo, Madeira. Nas Figura 3.4 e Figura 3.5, pode ver-se a fase de construção bem como o parque finalizado.



FIGURA 3.4 - CONSTRUÇÃO DO PARQUE EÓLICO DO CABEÇO DO CARVALHO, 1986 (FONTE: VISTADASERRA.BLOGSPOT.COM)



FIGURA 3.5 - PARQUE EÓLICO DO CABEÇO DO CARVALHO, 1986 (FONTE: VISTADASERRA.BLOGSPOT.COM)

O parque contava com 8 aerogeradores de 30 KW cada, fornecidos pela empresa alemã MAN.

É este o marco inicial do aproveitamento da força do vento para a produção de energia eléctrica em Portugal.

O parque referido acima foi entretanto desactivado, no seguimento da política de optimização da empresa responsável pela sua exploração, dando lugar a um novo parque com maior capacidade de produção instalada.

No continente, não seria até 1996 que se iniciaria a aposta no sector da energia eólica, com a construção do parque eólico da Fonte da Mesa no concelho de Lamego. Este, constituído por 20 aerogeradores com uma potência total de 10 MW, continua activo no presente.

3.3.2 A EVOLUÇÃO E O CRESCIMENTO DO SECTOR

O aproveitamento do vento para produção de electricidade surge no país numa altura em que a energia renovável já não é um conceito estranho, uma vez que a energia hídrica conta já com um lugar de destaque no panorama energético nacional. Apesar de a exploração dos recursos eólicos em território nacional se dar numa fase mais tardia que em muitos dos países da União Europeia, rapidamente se ganha consciência da necessidade de apostar neste sector.

Esta necessidade prende-se principalmente com dois factores: à data, Portugal encontra-se extremamente dependente da importação de energia; e a consciencialização relativamente à emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa, derivados do uso de combustíveis fósseis para produção de energia, ganha destaque no panorama internacional, levando à assinatura do Protocolo de Quioto.

A década de 90 e o virar do milénio trazem também uma evolução ao nível da tecnologia de captação e transformação do vento em electricidade. Esta evolução dá-se não só em termos das dimensões dos aerogeradores, mas também da sua potência, eficiência e rendimento. É assim, em finais dos anos 90 – início do séc. XXI, que começa o *boom* do sector, e as grandes empresas da actualidade na área, começam a definir o seu espaço no mercado.

Aliado a estes factores, surgem os primeiros estudos de potencial eólico para o território nacional, a cargo do extinto INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (substituído pelo LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia) e do INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial. Estes estudos vêm comprovar o generoso potencial eólico do país, ajudando a cimentar a crença de que o futuro da energia em Portugal passaria pela aposta na energia eólica. A nível político tomam-se medidas que visam beneficiar e promover o crescimento das energias renováveis, nomeadamente com o lançamento do Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas) e com a aplicação da Directiva 2001/77/CE (definição de metas para o peso da produção de electricidade através de fontes de energia renováveis relativamente ao consumo total de electricidade), sendo esta última transversal a toda a Comunidade Europeia.

Tudo isto leva a que Portugal, que em 1996 instala o primeiro parque eólico no continente, 10 anos depois se afirme como um dos maiores produtores de electricidade através da energia eólica a nível europeu – com cerca de 1600 MW de potência instalada em 140 parques – ocupando também um lugar de destaque a nível mundial.

O gráfico da Figura 3.6 permite uma melhor percepção do crescimento quase exponencial de potência instalada a partir do ano 2000.

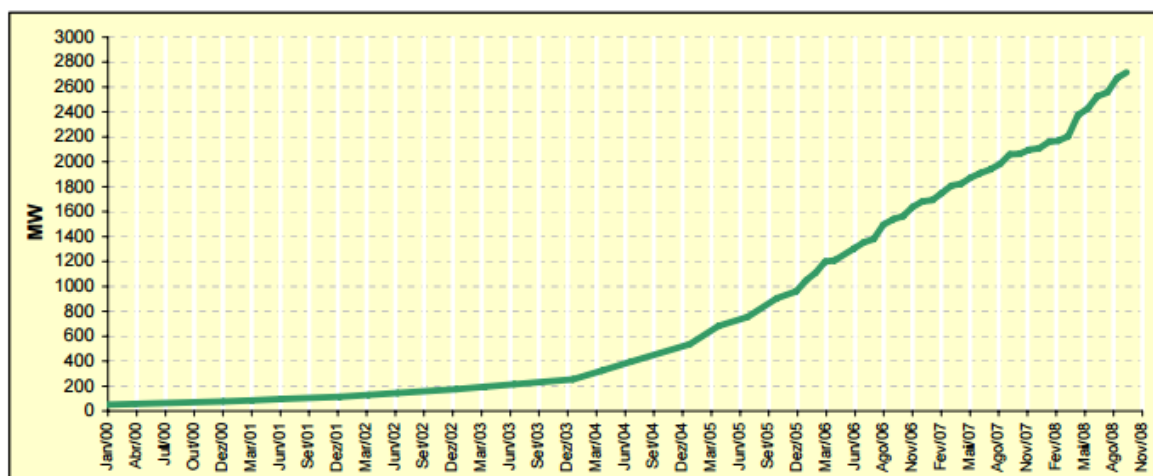


FIGURA 3.6 - EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA EM PORTUGAL ENTRE 2000 E 2008 (FONTE: DGE)

O Quadro 3.2 oferece mais alguns dados relativamente ao mesmo período, destacando-se o número total de aerogeradores e o número de parques existentes no final de cada ano.

QUADRO 3.2 - CARACTERIZAÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA - 2001 A 2008 (FONTE: DGE)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Set 2008	TCMA
Potência instalada (MW)	114	175	253	537	1 047	1 681	2 108	2 719	62,6%
Nº parques instalados	16	24	42	71	103	139	152	166	45,5%
Nº de aerogeradores instalados	173	213	276	441	702	1 003	1 132	1 445	36,8%
Potência média (MW)									
dos parques	7,1	7,3	6,0	7,6	10,2	12,1	13,9	16,4	11,7%
dos aerogeradores instalados	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9	1,9	18,9%
dos aerogeradores instalados em cada ano	0,5	1,5	1,2	1,7	2,0	2,1	3,3	2,0	37,0%

TCMA - Taxa de Crescimento Média Anual entre 2001 e 2007

De notar que o número de aerogeradores não apresenta um crescimento tão significativo como a potência total instalada, o que traduz a evolução da tecnologia dos mesmos, comprovada pela potência média dos aerogeradores instalados em cada ano, que sobe de 0,5 MW em 2001 para 2 MW em 2005.

3.3.3 A ACTUALIDADE

À data, a energia eólica desempenha um papel fundamental no panorama energético nacional. Na primeira década de 2000 verificou-se um crescimento enorme do sector, sendo instalados cerca de 4000 MW de potência neste período, representando aproximadamente 80% da potência instalada actualmente no país. O gráfico da Figura 3.7 permite uma melhor percepção desta evolução.



FIGURA 3.7 - EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA EM PARQUES EÓLICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL ENTRE 1995 E 2013 (FONTE: APREN)

Na figura anterior é possível verificar que o crescimento tem vindo a abrandar desde 2011, começando a aproximar-se de um patamar. Isto deve-se sobretudo à proximidade do esgotamento, estimado pelo LNEG, do potencial sustentável dos recursos eólicos do país. Neste estudo foram considerados os locais com viabilidade económica, mediante as restrições

geomorfológicas, naturais e de acesso, concluindo-se que seria possível instalar cerca de 5000 MW de potência no território nacional.

A grande maioria dos locais identificados situa-se na zona Norte e Centro, nas regiões mais interiores do país, como se pode ver na Figura 3.8.

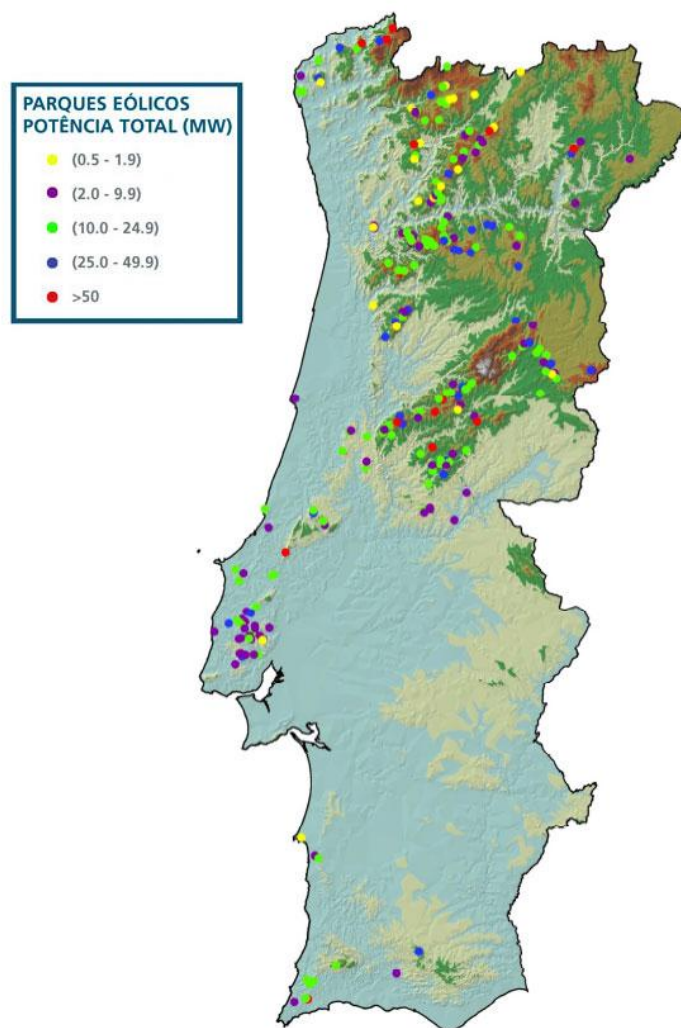


FIGURA 3.8 - LOCALIZAÇÃO DOS PARQUES EÓLICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL (FONTE: INEGI)

A altimetria é o indicador mais óbvio de condições favoráveis à exploração da energia eólica, uma vez que a locais altos estarão sempre associados ventos fortes e regulares. Não se pode no entanto ter este indicador como determinante, uma vez que é possível encontrar locais viáveis para a implantação de parques em cotas próximas da Cota 0, como por exemplo os parques *off-shore*. Em Portugal, este conceito está ainda a dar os primeiros passos.

O último relatório disponibilizado pelo DGEG, de Março de 2015, apresenta mais alguns números relevantes para a análise da actualidade do sector. Esses dados encontram-se no Quadro 3.3.

QUADRO 3.3 - CARACTERIZAÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA - 2006 A MARÇO DE 2015 (FONTE: DGEG)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 mar ¹
Produção (GWh)	2 926	4 036	5 757	7 577	9 182	9 162	10 260	12 015	12 101	11 558
Potência instalada (MW)	1 699	2 464	3 058	3 564	3 914	4 378	4 531	4 731	4 953	4 953
Horas de produção equivalente	1 722	1 638	1 883	2 126	2 346	2 093	2 264	2 540	2 443	2 333
Nº de parques	142	167	192	215	225	236	240	244	245	245
Nº de aerogeradores	1 048	1 426	1 717	1 966	2 130	2 354	2 426	2 476	2 496	2 496

¹ Ano-móvel: abril de 2014 a março de 2015.

No período entre 2012 e Março de 2015, apenas foram construídos 5 novos parques eólicos, número que contrasta com os 50 construídos entre 2006 e 2008. Isto apenas confirma que, como já referido anteriormente, os locais viáveis para implantação de novas áreas de exploração dos recursos eólicos se encontra perto do limite associado às condicionantes do território.

Com a aposta na energia eólica, Portugal conseguiu também um equilíbrio na produção de electricidade através de energias renováveis, uma vez que até há não muito tempo atrás, apenas o aproveitamento da energia hídrica tinha algum peso na produção proveniente de fontes

renováveis. O gráfico da Figura 3.9 permite uma comparação da contribuição das diferentes fontes renováveis para o panorama energético nacional.

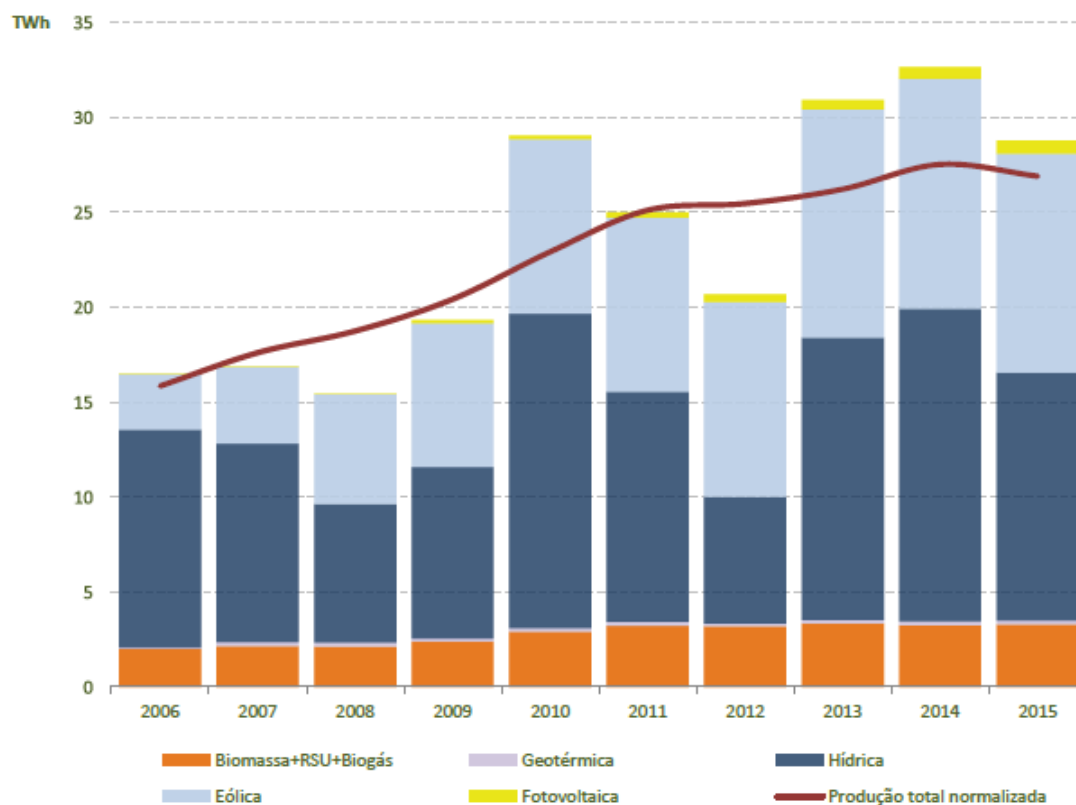


FIGURA 3.9 - PRODUÇÃO ORIGINÁRIA DE FONTES RENOVÁVEIS (FONTE: DGEG)

Como se pode verificar, para além do crescimento, a produção de origem eólica é também mais constante do que a outra grande contribuinte, a energia hídrica. Isto justifica-se principalmente pelo facto de a produção das centrais hidroeléctricas ser mais susceptível às grandes alterações climáticas, como foi o caso da seca de 2012 que se traduziu numa quebra abrupta da produção.

Segundo dados da APREN, apresentados na Figura 3.10, no primeiro semestre de 2015 a energia eólica já garantiu o abastecimento de 26% das necessidades energéticas do país, sendo a fonte com maior peso na produção de electricidade em Portugal Continental.

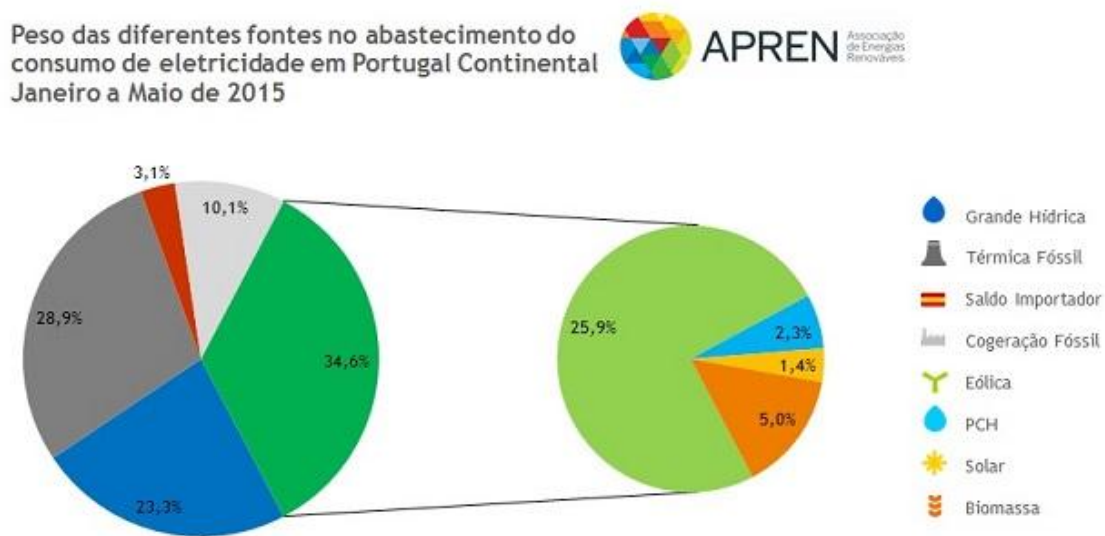


FIGURA 3.10 – PESO DAS DIFERENTES FONTES NO ABASTECIMENTO DE ELECTRICIDADE EM PORTUGAL CONTINENTAL – JANEIRO A MAIO DE 2015 (FONTE: APREN)

O balanço de 20 anos de investimento na energia eólica terá que ser positivo. Conseguiu-se um equilíbrio necessário entre as diferentes fontes energéticas utilizadas no país, aumentando o protagonismo das fontes renováveis. Com o aumento da capacidade de produção, a necessidade de importações baixa e a independência energética fica cada vez mais próxima.

3.3.4 O FUTURO

Estando a capacidade de produção de energia eólica perto de atingir o limite teórico avançado pelo DGE, não se pode considerar o investimento na construção de novos parques como sendo o futuro do sector. Apesar de ainda existirem algumas possibilidades de investimento, estas são uma pequena fracção da realidade de há 10 anos atrás, sendo isto perceptível nos dados apresentados nos capítulos anteriores.

Desta forma, as oportunidades nesta área derivarão essencialmente por dois caminhos – a reabilitação dos parques existentes, ou a expansão para o mar.

A reabilitação de parques antigos consistirá sempre num de dois actos: a ampliação das infraestruturas existentes, em parques que ainda disponham de locais viáveis para tal; ou a substituição dos aerogeradores existentes. A última é certamente a que apresenta maior margem de progressão, uma vez que os locais onde se verificam as condições necessárias à construção de aerogeradores são cada vez mais escassos, enquanto a tecnologia evolui aparentemente sem nunca atingir um tecto. Nos últimos anos a capacidade de produção de um aerogerador passou de 0,7 MW para 8 MW, sendo esta evolução impulsionada pela entrada de grandes competidores asiáticos na corrida pelo domínio do mercado.

No capítulo da energia eólica *offshore*, Portugal apresenta um potencial enorme de produção. A extensa área costeira do país oferece condições para a instalação, segundo estudo do LNEG, de cerca de 4000 MW de capacidade de produção para batimetrias até 40m, estando o maior interesse de exploração na área com batimetrias acima de 40m, para as quais a tecnologia aplicável já se encontra bastante desenvolvida nos países do Norte da Europa, mas ainda em fase de validação em Portugal.

3.4 ASPECTOS GERAIS DO PROJECTO DE UM PARQUE EÓLICO

A construção de um parque eólico apresenta logo à partida uma grande particularidade relativamente a outras obras convencionais. Sendo o maior investimento realizado referente aos aerogeradores, a função de empreiteiro geral é por norma assumida pelo fabricante das máquinas, responsável pelo seu fornecimento e montagem, que subcontrata as especialidades da parte civil e eléctrica. Em paralelo, existe também a empreitada da linha aérea de transporte de energia, que fará a ligação entre a subestação do parque e a subestação onde é injectada a energia na rede nacional. Na Figura 3.11 apresenta-se um esquema representativo da constituição de um parque.

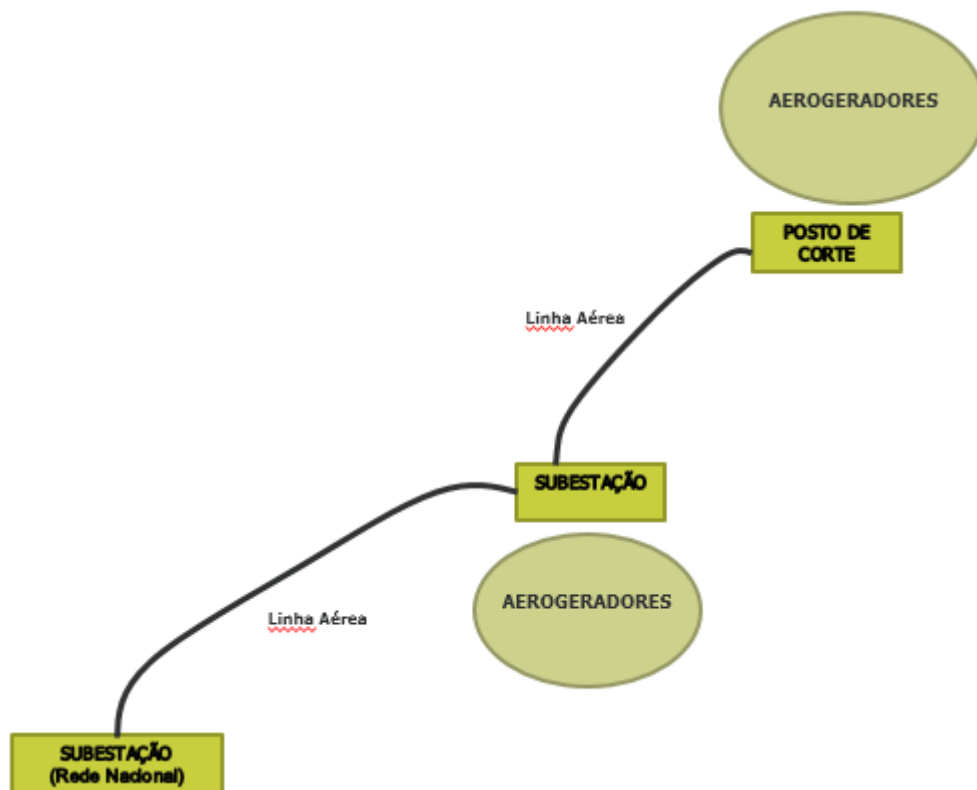


FIGURA 3.11 - ESQUEMA GERAL DE UM PARQUE EÓLICO

Um parque eólico é composto por: aerogeradores, plataformas de montagem, acessos, edifício de comando e subestação. Ao longo dos acessos, geralmente, encontram-se também as valas de cabos eléctricos.

No que à construção do parque diz respeito, podem definir-se 5 grandes fases: Prospecção, Projecto, Licenciamento, Execução e Operação e Manutenção.

3.4.1 UM AEROGERADOR

É uma máquina resultante da constante evolução da tecnologia e do desenvolvimento de soluções de engenharia que suportam a mesma, e viabilizam o grande investimento realizado nos parques eólicos – cerca de 2 milhões de euros por aerogerador.

Os aerogeradores são constituídos por: um conjunto de pás e rotor, sobre o qual o vento incide; um gerador eléctrico onde é feita a conversão da energia eólica em energia eléctrica, sendo este componente denominado por *nacelle*; uma torre de sustentação sobre a qual é montada a nacelle e o conjunto rotor e pás; uma fundação que serve de base a toda a estrutura. Acrescem ainda os equipamentos eléctricos associados a um aerogerador e respectivas ligações.

Na Figura 3.12 apresenta-se um esquema geral da constituição de um aerogerador.

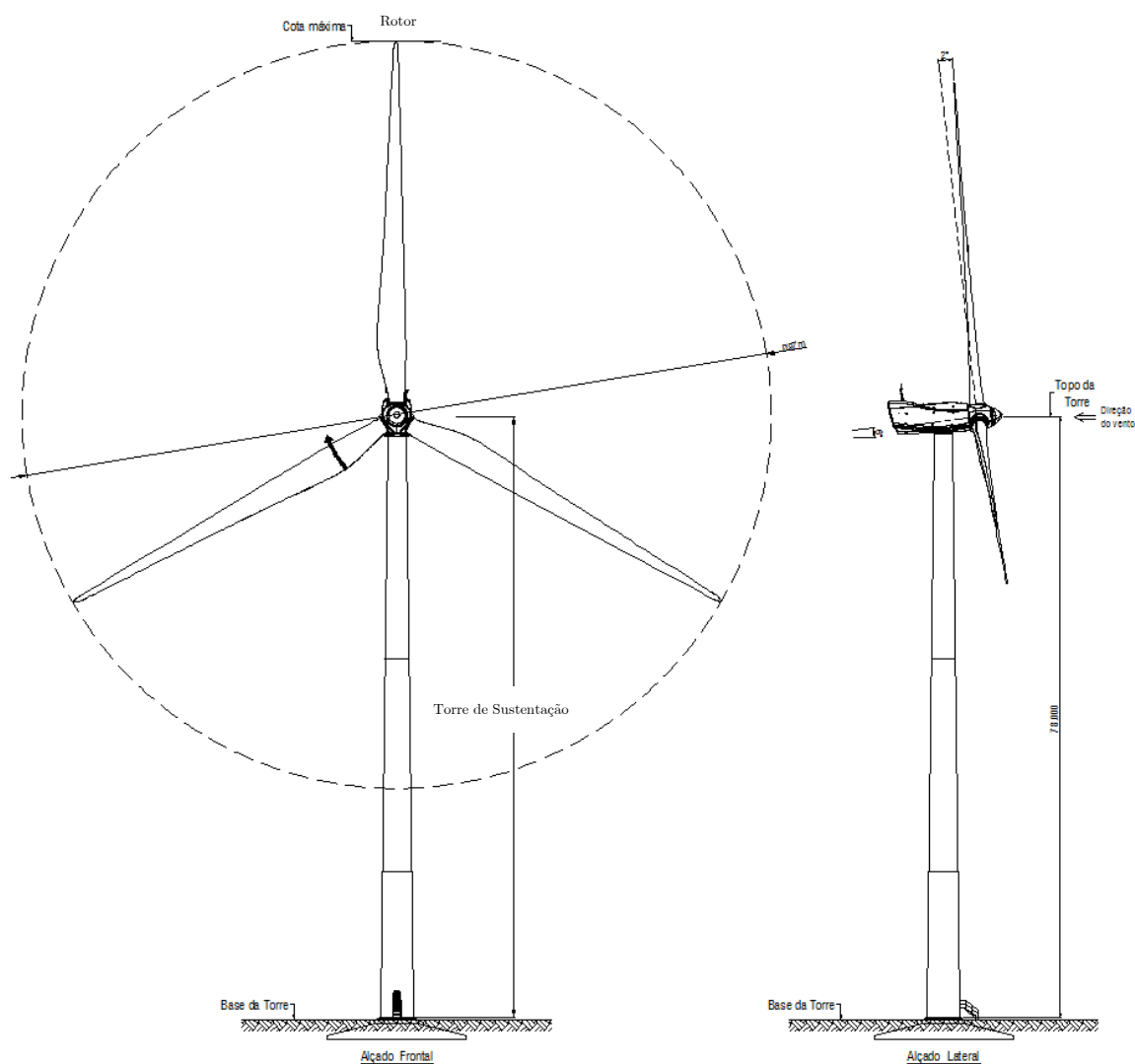


FIGURA 3.12 - ESQUEMA GERAL DE UM AEROGERADOR (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO DO PARQUE EÓLICO DO PISCO)

3.4.2 PROSPECÇÃO

Nesta fase pretende-se essencialmente encontrar um local viável para a instalação de um parque eólico. Isto depende sempre de um factor óbvio – a existência e abundância de vento.

Deve procurar-se ao máximo evitar locais sensíveis do ponto de vista ambiental – proximidade de áreas e fauna protegidas, parques naturais, zonas relevantes do ponto de vista arqueológico.

Na fase de execução pode incorrer-se em graves imprevistos caso se descurem as questões ambientais.

Preferencialmente, deve-se também optar por locais afastados de agregados populacionais e próximos de infraestruturas eléctricas.

Por norma existe sempre uma apreciação visual de um dado local, com vista a encontrar indicadores visuais da existência de vento (moinhos antigos, vegetação dobrada), bem como a existência de acessos que possam eventualmente ser melhorados para servirem o parque. De forma a validar o local em termos de potencial eólico, é do maior interesse das entidades promotoras do parque que se instale uma ou mais torres meteorológicas, que desenvolverão uma campanha de medições da intensidade e horas de vento.

Posteriormente deve confirmar-se a não existência das condicionantes ambientais referidas atrás.

3.4.3 PROJECTO

Da campanha de medições descrita anteriormente, é possível também definir-se os locais onde serão implantados os aerogeradores. Com base em estudos topográficos, determinam-se as posições exactas de implantação das máquinas, considerando o tipo e as dimensões das mesmas. A orografia do terreno é também tida em conta, de maneira a simplificar os trabalhos necessários no local.

Desta fase constam também os projectos de acessos, plataformas e fundações, bem como os projectos afectos às instalações e ligações eléctricas da subestação e edifício de comando. Para

os primeiros entra em consideração as características do solo e as cargas máximas previstas, dependentes da intensidade do vento no local e das dimensões dos aerogeradores. O projecto dos acessos e plataformas tem especial importância dado o maior investimento feito num parque eólico estar associado aos aerogeradores, pelo que é imperativo o seu cumprimento principalmente no que toca às características dos procedimentos e dos materiais usados em aterro, devendo também respeitar-se as imposições do caderno de encargos. Dos dois, as plataformas são o caso mais gravoso, dado tratarem-se dos locais de estacionamento dos componentes dos aerogeradores, que aí exercem grandes cargas concentradas.

Caso se verifiquem condicionalismos ambientais, estes devem também entrar em consideração nos projectos em que interfiram.

3.4.4 LICENCIAMENTO

Para além da licença de obra, obtida na Câmara Municipal local, no caso de um parque eólico é também necessário uma autorização para ligação à rede, licenciamento eléctrico e licenciamento ambiental.

No caso da autorização para ligação à rede, esta deve ser requerida à DGEG. É também este órgão o responsável pelo licenciamento eléctrico através da emissão da Licença de Estabelecimento que, após a conclusão do parque e feita uma vistoria para verificação do cumprimento do projecto, dá origem à Licença de Exploração.

3.4.5 EXECUÇÃO

Finda a fase de licenciamento, entra-se então na fase de execução da obra.

Nesta fase, um bom planeamento dos trabalhos é essencial, uma vez que estarão envolvidas muitas entidades e todas trabalham com prazos apertados. No momento mais movimentado da fase de execução, poderão estar a decorrer em simultâneo trabalhos relacionados com abertura de acessos, escavação de fundações, execução do edifício de comando, preparação de plataformas de montagem, e ainda trabalhos relacionados com a parte eléctrica. Tudo isto obriga a que haja uma grande coordenação entre empreiteiros, sendo também necessário que a chegada de materiais essenciais ao normal decorrer da obra esteja perfeitamente definida. Caso se verifiquem atrasos, pode incorrer-se em elevados sobrecustos.

Aos trabalhos enunciados atrás, acresce ainda a eventual montagem dos aerogeradores. O momento em que se inicia a montagem é um dos pontos críticos da obra, uma vez que é a esta que estão relacionados os maiores prejuízos. A chegada de componentes dos aerogeradores, a conclusão das plataformas e fundações e as movimentações da grua principal devem estar em sintonia.

Terminada a montagem, são realizadas as ligações necessárias entre aerogeradores e à subestação.

Os testes às turbinas, ligação à rede e acabamentos paisagísticos marcam o final da obra.

Todos estes trabalhos representam sérias preocupações do ponto de vista da segurança, pelo que devem ser sempre acompanhados por pelo menos 1 técnico de segurança. A este acompanhamento acresce ainda o acompanhamento de um técnico de ambiente que garante a conformidade dos trabalhos com as prescrições do estudo ambiental.

3.4.6 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Com tempos de vida útil de cerca de 20 anos, os trabalhos de manutenção do parque não devem nunca ser descurados. É fundamental que os equipamentos se mantenham em operação contínua de maneira a aproveitar ao máximo todas as horas de vento e rentabilizar o investimento.

Há no entanto alguns motivos para que os aerogeradores sejam forçados a parar de produzir, nomeadamente manutenção programada, avarias, excesso ou insuficiência de vento e insuficiente capacidade da rede de absorver toda a energia produzida. O operador do parque desempenha um papel fulcral para o bom desempenho do mesmo, uma vez que é ele o responsável por actuar em situação imprevistas, de maneira a minimizar os tempos de indisponibilidade.

4 PARQUE EÓLICO DO PISCO

4.1 INTRODUÇÃO

A obra do Parque Eólico do Pisco será aproximadamente a 250º do género em Portugal, segundo os dados apresentados anteriormente. Desenrola-se numa altura em que já existe um vasto *know-how* português nos trabalhos de construção civil, em que um dos maiores desafios é sempre o planeamento e a coordenação dos trabalhos entre a empreitada do parque e a da instalação eléctrica, juntando-se a estas numa fase mais avançada a coordenação com os trabalhos de montagem dos aerogeradores.

Como descrito no Capítulo 2, este parque encontra-se dividido em 2 núcleos que distam entre si cerca de 20 km, prevendo-se a instalação de 25 aerogeradores (designados AG1 a AG25) com uma potência de 2 MW cada, perfazendo o total de 50 MW de capacidade do parque. O parque conta ainda com cerca de 15 km de acessos internos, designados pela letra A, e numerados de 1 a 5 no núcleo do Pisco e de 1 a 12 no núcleo de S. Gens.

A distância entre os núcleos, bem como as grandes áreas onde se encontram implantados, dá aso a algumas particularidades no licenciamento da obra, uma vez que esta se localiza em 2 distritos distintos, Guarda e Viseu, estando os aerogeradores distribuídos por 4 concelhos – Aguiar da Beira, Fornos de Algodres, Trancoso e Sernancelhe.

No caso do núcleo do Pisco, situado no distrito da Guarda, a afectação a cada concelho é a que se segue:

- Aguiar da Beira – aerogeradores 2, 4 e 5;
- Fornos de Algodres – aerogerador 8;

- Trancoso – aerogeradores 1, 3, 6 e 7, edifício de comando e subestação

Os restantes 17 aerogeradores que compõem o núcleo de S. Gens localizam-se no concelho de Sernancelhe. Neste núcleo prevê-se ainda a instalação de um posto de corte. As localizações dos aerogeradores em cada núcleo apresentam-se nas Figura 4.1 e Figura 4.2.

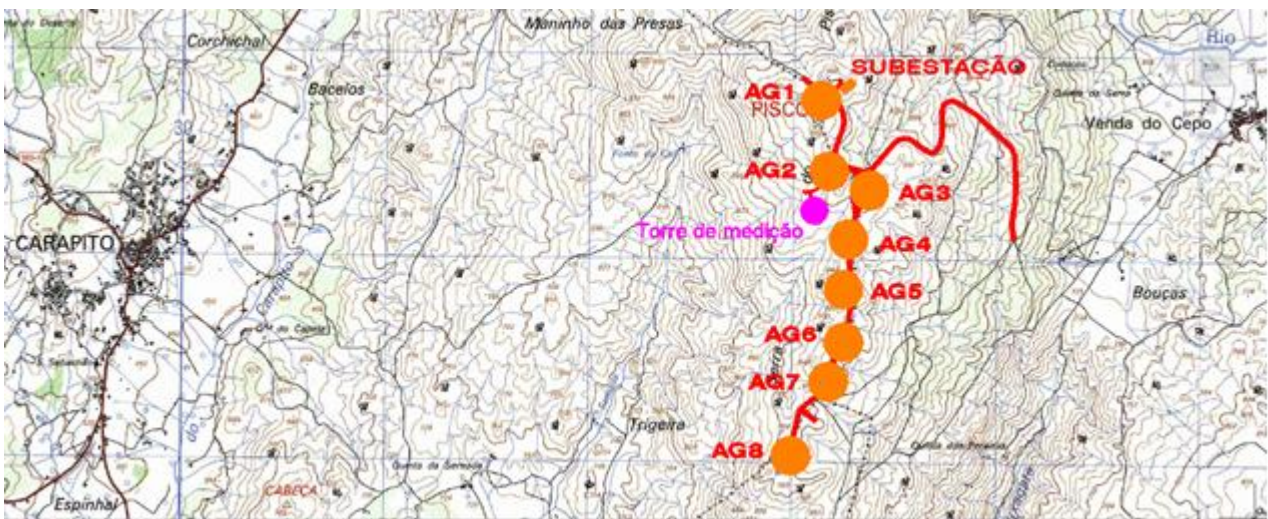


FIGURA 4.1 - LOCALIZAÇÃO DOS AEROGERADORES 1 A 8, TORRE DE MEDIÇÃO E SUBESTAÇÃO NO NÚCLEO DO PISCO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

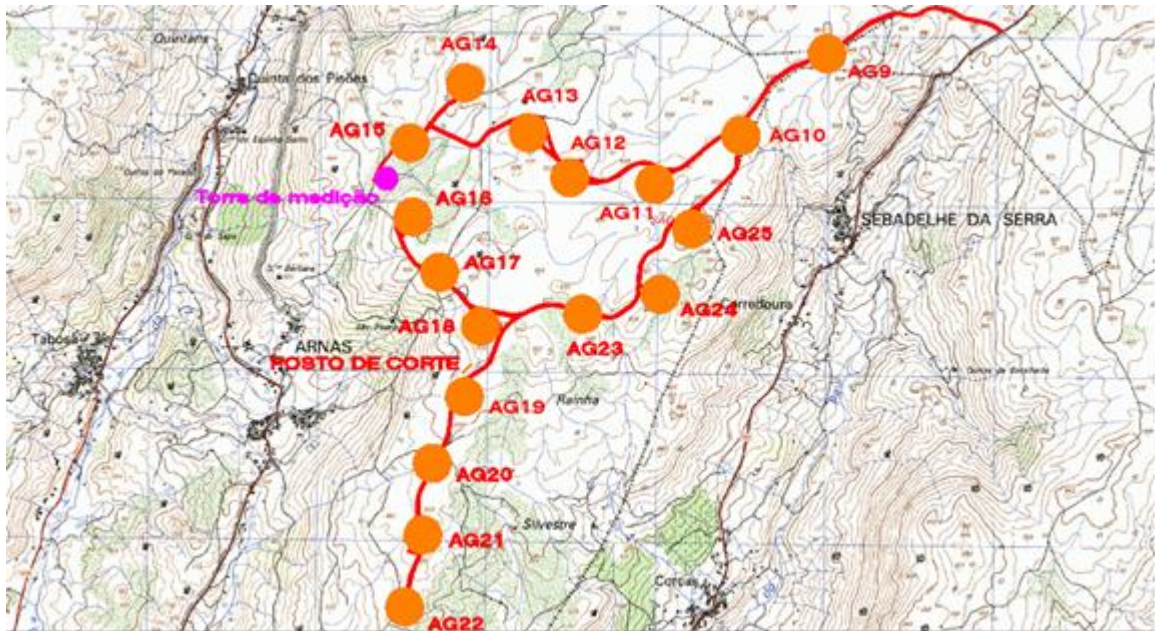


FIGURA 4.2 - LOCALIZAÇÃO DOS AEROGERADORES 9 A 25, TORRE DE MEDIÇÃO E POSTO DE CORTE NO NÚCLEO DE S. GENS (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

O projecto inicial previa ainda diversos trabalhos nos acessos exteriores aos núcleos, com vista a possibilitar a passagem dos veículos de transporte. Estes trabalhos consistiam em alargamento e beneficiação de estradas, reforço de pontões e um acesso de atalho (*bypass*) com cerca de 150m, na intersecção de duas estradas, uma vez que os veículos não conseguiriam efectuar uma curva apertada de entrada numa das estradas. A localização do *bypass* apresenta-se Figura 4.3.

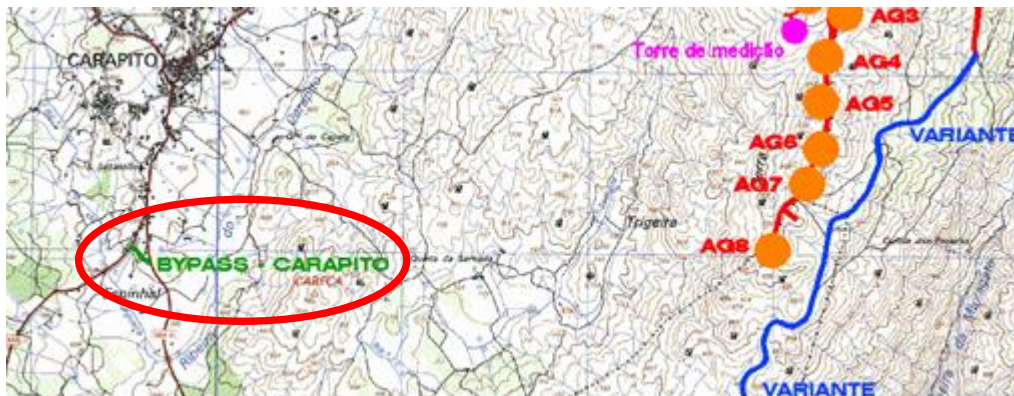


FIGURA 4.3 - LOCALIZAÇÃO DO BYPASS EM CARAPITO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

O grande número de proprietários particulares de parcelas necessárias à construção do parque, cerca de 50, fez também com que fosse necessário muito trabalho pré e durante a execução, de maneira a garantir a satisfação das condições de todas as partes interessadas.

As máquinas instaladas no Parque Eólico do Pisco são de marca Gamesa, sendo previstos 2 modelos diferentes nos núcleos. No núcleo do Pisco, os aerogeradores são compostos por uma torre de sustentação com 78 m de altura, e rotor de 97 m, enquanto em S. Gens a torre é de 93 m e rotor de 114 m.

De referir ainda que o projecto inicial previa apenas a implantação de 13 aerogeradores, distribuídos por ambos os núcleos, e com potência unitária de 5 MW, tendo sido licenciado em 2011. O projecto não avançou, tendo sido abandonado e posteriormente adquirido pelo actual promotor. Nesta altura sofreu uma revisão, sendo feitas as alterações que culminaram no projecto aqui apresentado.

O Quadro 4.1 resume toda a informação relativa ao Parque Eólico do Pisco apresentada atrás.

QUADRO 4.1 - RESUMO DA INFORMAÇÃO RELATIVA AO PARQUE EÓLICO DO PISCO

		Pisco	S. Gens
Concelhos afectos		Aguiar da Beira; Fornos de Algodres; Trancoso	Sernancelhe
Nº de aerogeradores		8	17
Potência instalada		16 MW	34 MW
Área de intervenção		77.284 m ²	159.886 m ²
Nº de acessos internos		5	12
km de acessos internos		4,15 km	10,75 km
Modelo de aerogerador		GAMESA G97	GAMESA G114
Altura da torre		78 m	93 m
Rotor		97 m	114 m
Volumes Movimentados			
Acessos	Escavação	22.384 m ³	35.909 m ³
	Aterro	15.765 m ³	11.583 m ³
Plataformas	Escavação	37.121 m ³	34.387 m ³
	Aterro	10.925 m ³	11.583 m ³
Fundações	Escavação	10.487 m ³	21.100 m ³
	Aterro	6.829 m ³	13.772 m ³

Seguidamente serão apresentadas e descritas as várias fases da obra como introdução para o acompanhamento efectuado durante o estágio desenvolvido na execução da mesma.

4.2 PROSPECÇÃO

Esta fase consistiu essencialmente num reconhecimento do terreno, uma vez que os levantamentos topográficos que serviram de base a este projecto foram realizados em 2010, para um projecto anterior.

O levantamento topográfico que serviu de base ao projecto encontra-se referenciado no datum 73, elipsoide Hayford 1909. Este levantamento, realizado a partir de restituição aerofotogramétrica, apresenta diversa informação: curvas de nível de metro em metro, pontos altimétricos, delimitação dos acessos existentes, postes, vegetação, linhas de água, limites de terreno e edifícios existentes.

Nos Anexos A e B apresentam-se os levantamentos efectuados para cada núcleo e nos Quadro 4.2 e Quadro 4.3 a informação relativa aos mesmos, nomeadamente coordenadas e cotas dos aerogeradores e das plataformas de montagem.

QUADRO 4.2 - COTAS E COORDENADAS DOS AEROGERADORES E PLATAFORMAS, NÚCLEO DO PISCO
(FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

Aerogerador	Coordenadas		Cota da Base da Torre	Cota do Eixo da Plataforma	Cota do Topo da Torre	Cota Máxima
	M	P				
AG1	59871,000	122717,000	977,00	977,00	1055,00	1103,50
AG2	59908,000	122368,000	951,25	951,25	1029,25	1077,75
AG3	60107,000	122275,000	956,00	956,00	1034,00	1082,50
AG4	60004,000	122034,000	938,50	938,50	1016,50	1065,00
AG5	59979,000	121787,000	930,50	930,50	1008,50	1057,00
AG6	59980,000	121528,000	916,00	916,00	994,00	1042,50
AG7	59904,000	121334,000	910,00	910,00	988,00	1036,50
AG8	59718,000	120971,000	909,00	909,00	987,00	1035,50

datum 73 HGD73 (m)

Nota: "A cota máxima corresponde ao ponto máximo de cota altimétrica quando a pá do aerogerador se encontra na vertical."

QUADRO 4.3 - COTAS E COORDENADAS DOS AEROGERADORES E PLATAFORMAS, NÚCLEO DE S. GENS
(FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

Aerogerador	Coordenadas		Cota da Base da Torre	Cota do Eixo da Plataforma	Cota do Topo da Torre	Cota Máxima
	M	P				
AG9	61853,000	134817,000	948,50	948,50	1041,50	1098,50
AG10	61343,000	134333,000	944,00	944,00	1037,00	1094,00
AG11	60835,000	134047,000	945,50	945,50	1038,50	1095,50
AG12	60332,000	134085,000	932,50	932,50	1025,50	1082,50
AG13	60087,000	134351,000	924,25	924,25	1017,25	1074,25
AG14	59715,000	134645,000	910,00	910,00	1003,00	1060,00
AG15	59389,000	134289,000	885,50	885,50	978,50	1035,50
AG16	59406,000	133852,000	901,75	901,75	994,75	1051,75
AG17	59564,000	133527,000	917,85	917,85	1010,85	1067,85
AG18	59806,000	133208,000	932,00	932,00	1025,00	1082,00
AG19	59710,000	132793,000	915,65	915,65	1008,65	1065,65
AG20	59520,000	132399,000	895,30	895,30	988,30	1045,30
AG21	59464,000	131975,000	891,70	891,70	984,70	1041,70
AG22	59357,000	131551,000	875,00	875,00	968,00	1025,00
AG23	60407,000	133279,000	928,10	928,10	1021,10	1078,10
AG24	60866,000	133397,000	930,00	930,00	1023,00	1080,00
AG25	61052,000	133781,000	959,50	959,50	1052,50	1109,50

datum 73 HGD73 (m)

Nota: -"A cota máxima corresponde ao ponto máximo de cota altimétrica quando a pá do aerogerador se encontra na vertical."

4.3 PROJECTO

Como referido atrás, os levantamentos topográficos já existiam devido a um projecto anterior, pelo que o reconhecimento do terreno foi já com o intuito de afinar as posições dos aerogeradores e plataformas, de maneira a minimizar os volumes de terras movimentados.

Relativamente aos acessos, procurou-se que o traçado coincidisse o mais possível com os acessos já existentes, fazendo com que a maior parte dos trabalhos fossem de beneficiação e alargamento dos mesmos. Nas Figura 4.4 e Figura 4.5 apresentam-se as plantas de acessos dos dois núcleos e no Anexo C um perfil transversal tipo da solução implementada para os acessos.

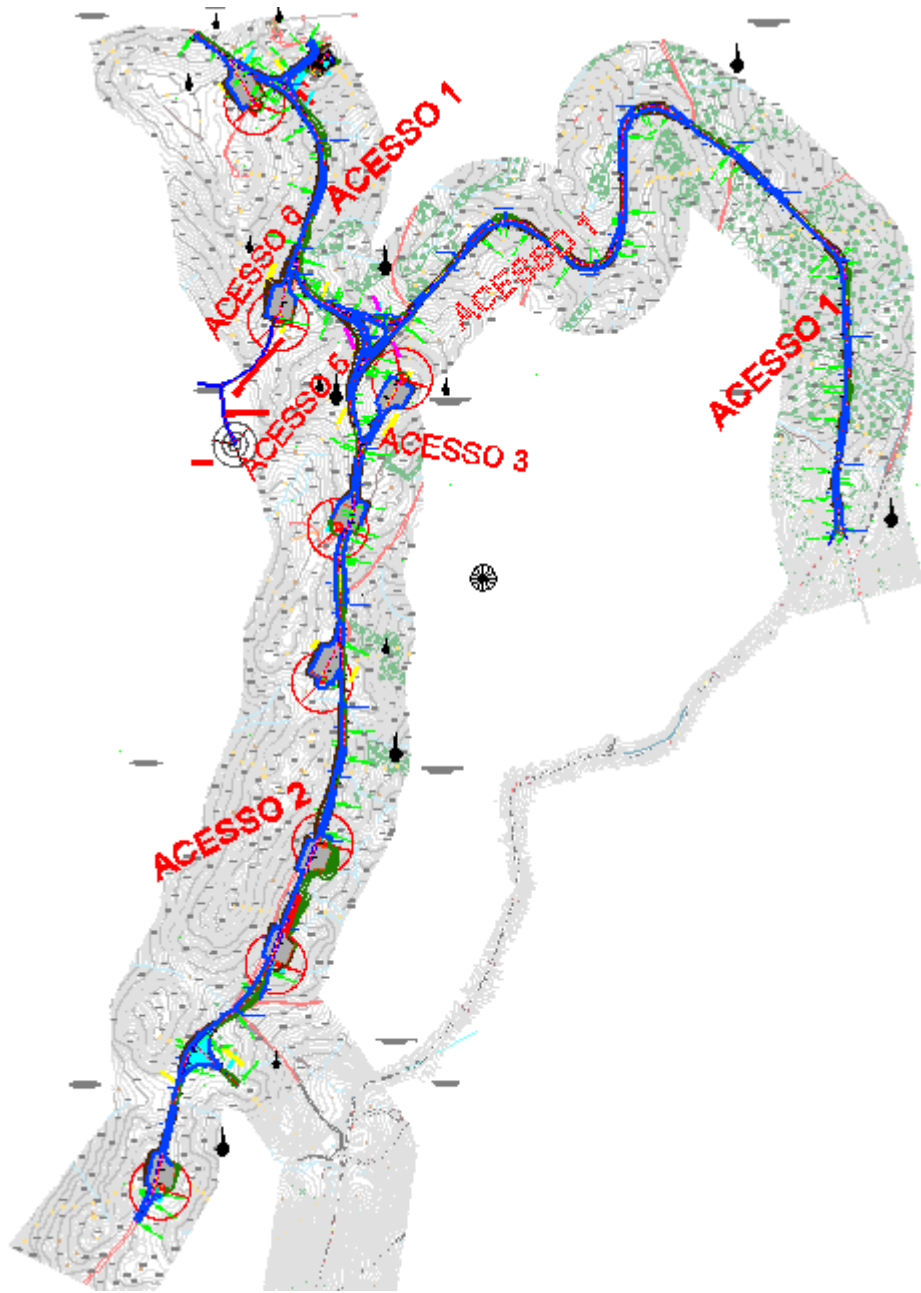


FIGURA 4.4 - PLANTA DE ACESSOS - NÚCLEO DO PISCO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

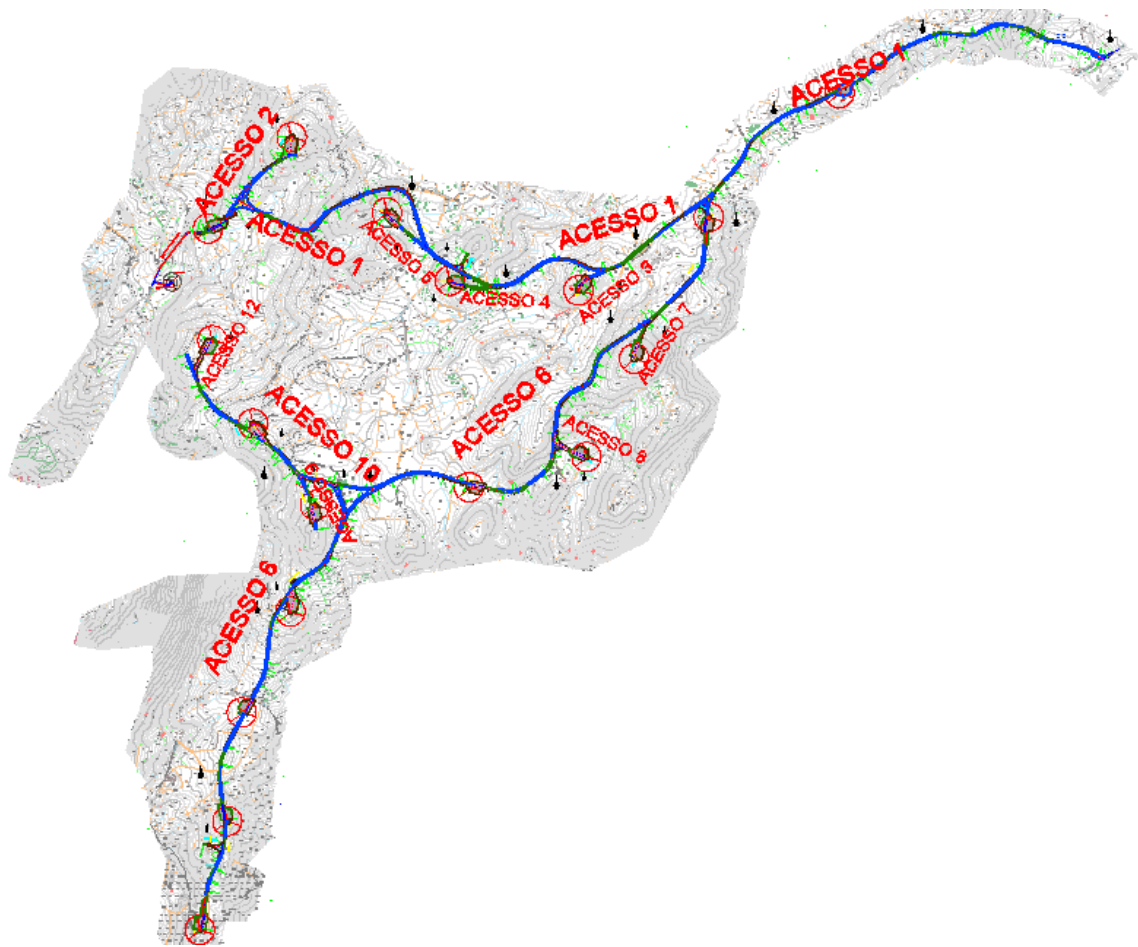


FIGURA 4.5 - PLANTA DE ACESSOS - NÚCLEO DE S. GENS (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

Houve também uma preocupação em evitar ao máximo o derrube de árvores, sendo que a opção tomada para o traçado e posição das plataformas reflecte isso mesmo.

No que aos acessos interiores diz respeito, previu-se também a execução de valetas e passagens hidráulicas para drenagem de águas pluviais e a pavimentação dos mesmos.

De salientar que, tanto ao nível da directriz, rasante, largura e capacidade resistente, o projecto teve que obedecer a uma série de especificações do empreiteiro geral, com o intuito de garantir a passagem dos veículos de transporte. A dimensão dos veículos, os maiores com quase 60m de comprimento, obriga a uma atenção especial às curvas e concordâncias. Devido peso de um

elemento em particular, a nacelle (cerca de 70 ton), é imposto que a tensão admissível seja de 200 KPa.

As plataformas têm também que respeitar especificações ao nível das inclinações longitudinais e transversais, devido a questões de estabilidade da grua de montagem, e da capacidade resistente, devido ao acondicionamento da nacelle. Neste caso, estas últimas devem garantir uma capacidade resistente de 400 KPa.

Nas Figura 4.6 e Figura 4.7 mostram-se os 2 tipos de plataforma existentes: intermédia e de final de via.

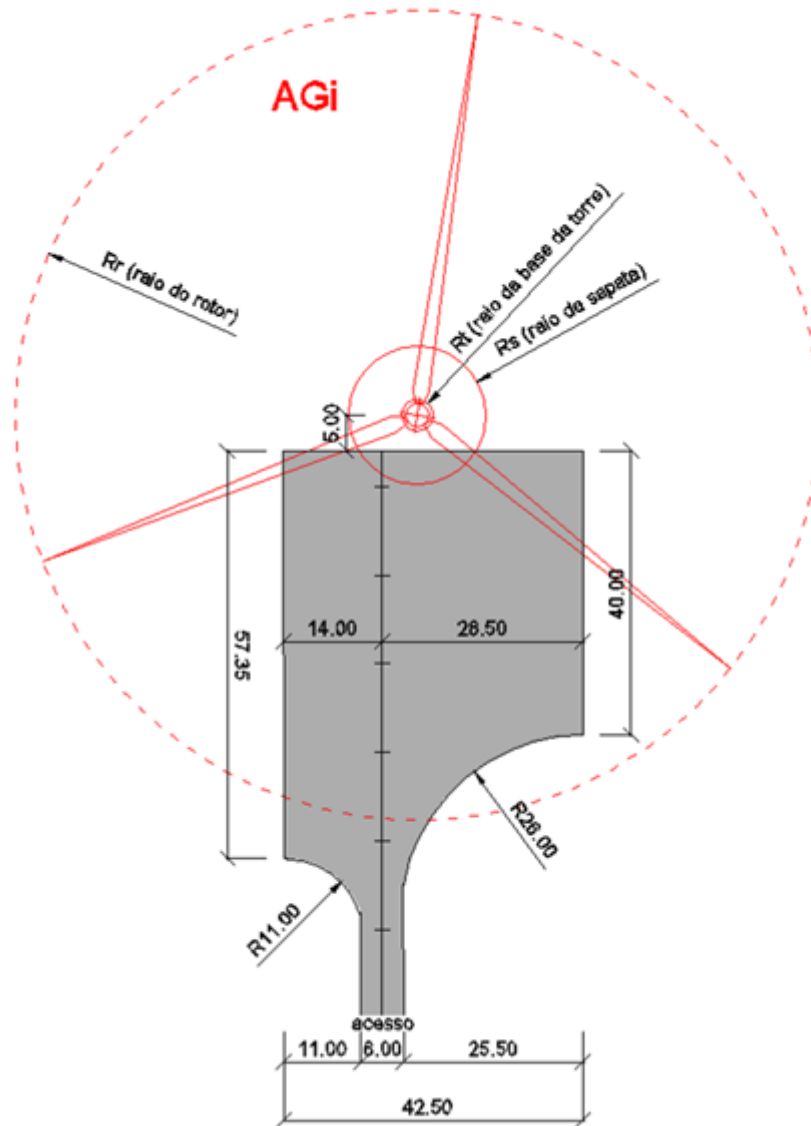


FIGURA 4.6 - ESQUEMA TIPO DE UMA PLATAFORMA DE FINAL DE VIA (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

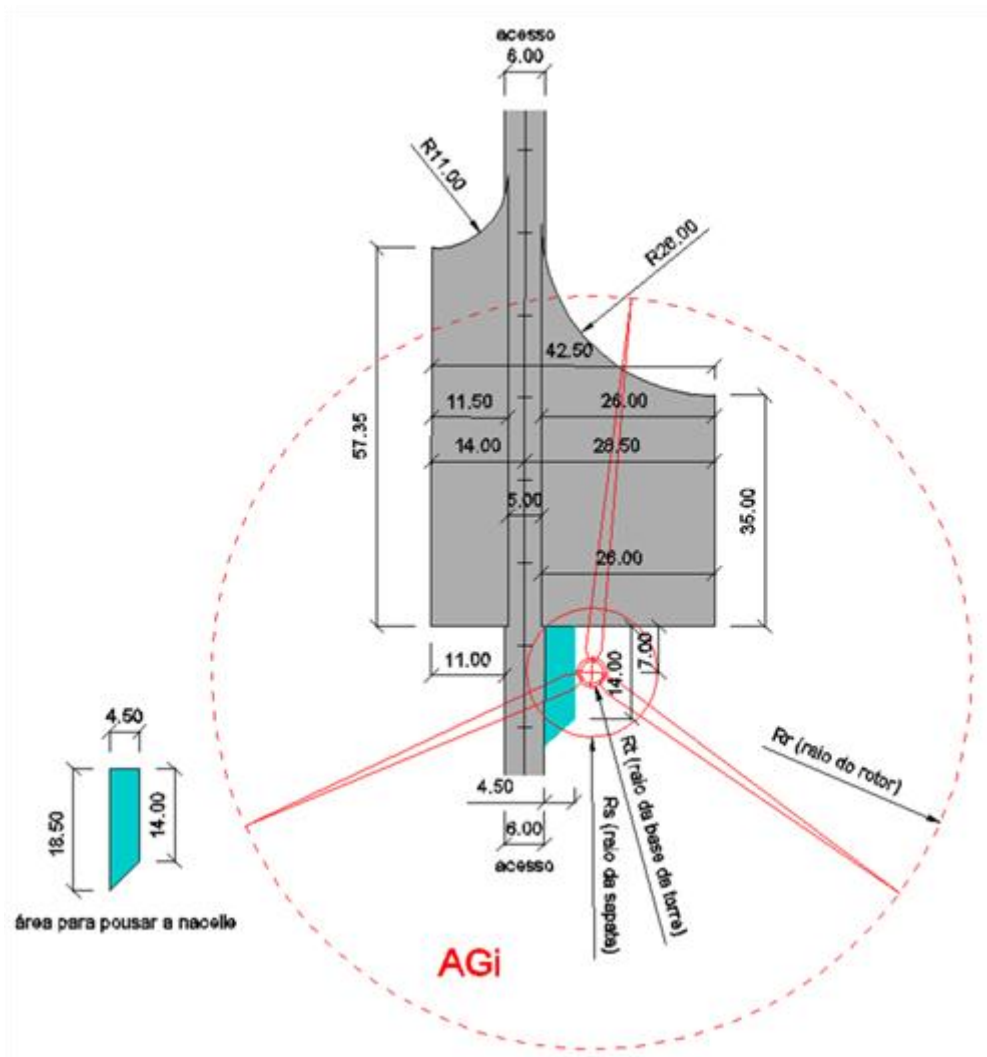


FIGURA 4.7 - ESQUEMA TIPO DE UMA PLATAFORMA INTERMÉDIA DE VIA (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

As dimensões das plataformas são de aproximadamente 40m x 60m. Não são simétricas devido à forma como são armazenados os elementos do aerogerador, sendo o lado mais comprido onde ficam as pás.

Quanto aos acessos exteriores, o projecto contempla vários trabalhos de alargamentos de estradas, reforço de pontões e um *bypass* a uma curva demasiado apertada para os veículos de transporte descreverem, concretamente no trajecto de acesso ao núcleo do Pisco. Já na fase de

execução este trajecto viria a ser alterado, resultando numa simplificação das intervenções necessárias, sendo mesmo excluído o *bypass* e os reforços dos pontões, bem como numa redução significativa de custos. Na Figura 4.8 é possível visualizar a variante de acesso ao núcleo do Pisco e a localização do *bypass*.

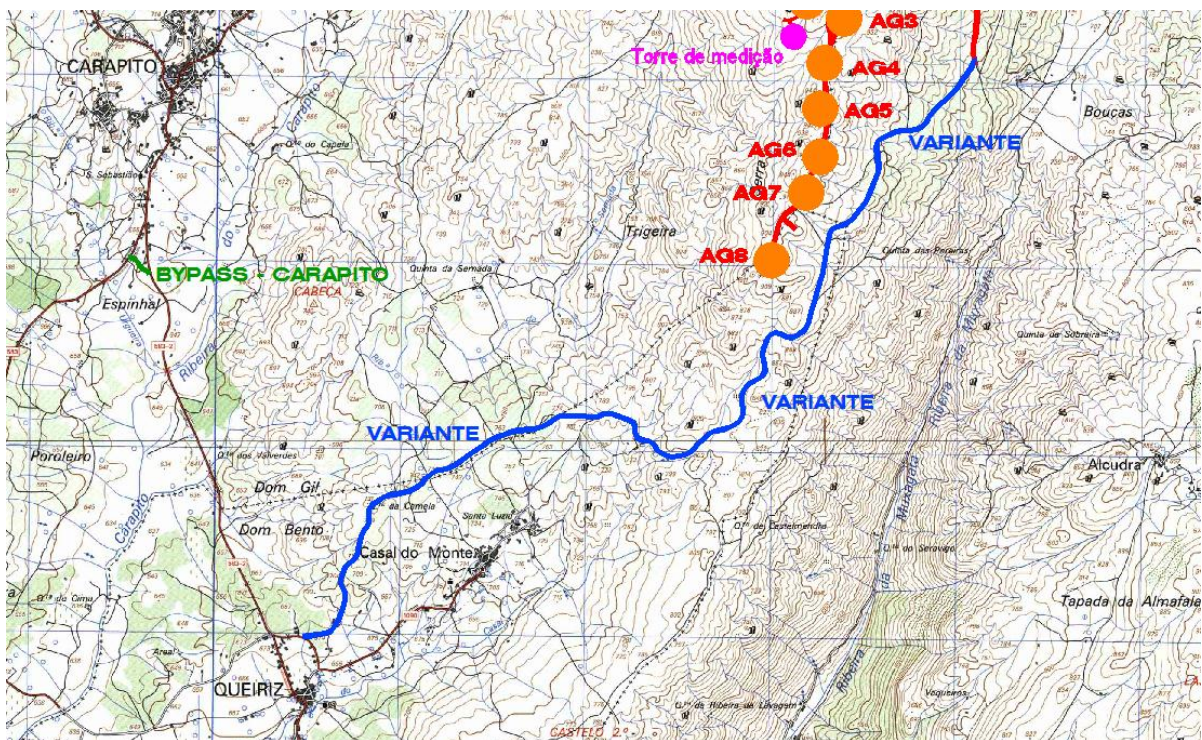


FIGURA 4.8 - ACESSO AO NÚCLEO DO PISCO, A AZUL E BYPASS EM CARAPITO, A VERDE (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

O projecto global inclui também projectos de especialidades do edifício de controlo e da parte eléctrica, subestação e valas de cabos.

De referir ainda que é prevista em projecto a implantação de uma torre de medição meteorológica em cada núcleo. Estas torres têm como função a medição das variáveis ambientais, nomeadamente a intensidade e direcção do vento, de maneira a permitir ajustes

em tempo real da orientação dos aerogeradores, para rentabilizar ao máximo as condições de vento existentes em cada núcleo. As torres, da mesma altura das torres dos aerogeradores presentes em cada núcleo – 78 e 93 m – são em treliça metálica, assentes num maciço central de betão, sendo também sustentada por tirantes de aço fixos em maciços de ancoragem de betão. Na Figura 4.9 apresenta-se uma das torres de medição montadas no parque eólico do Pisco.

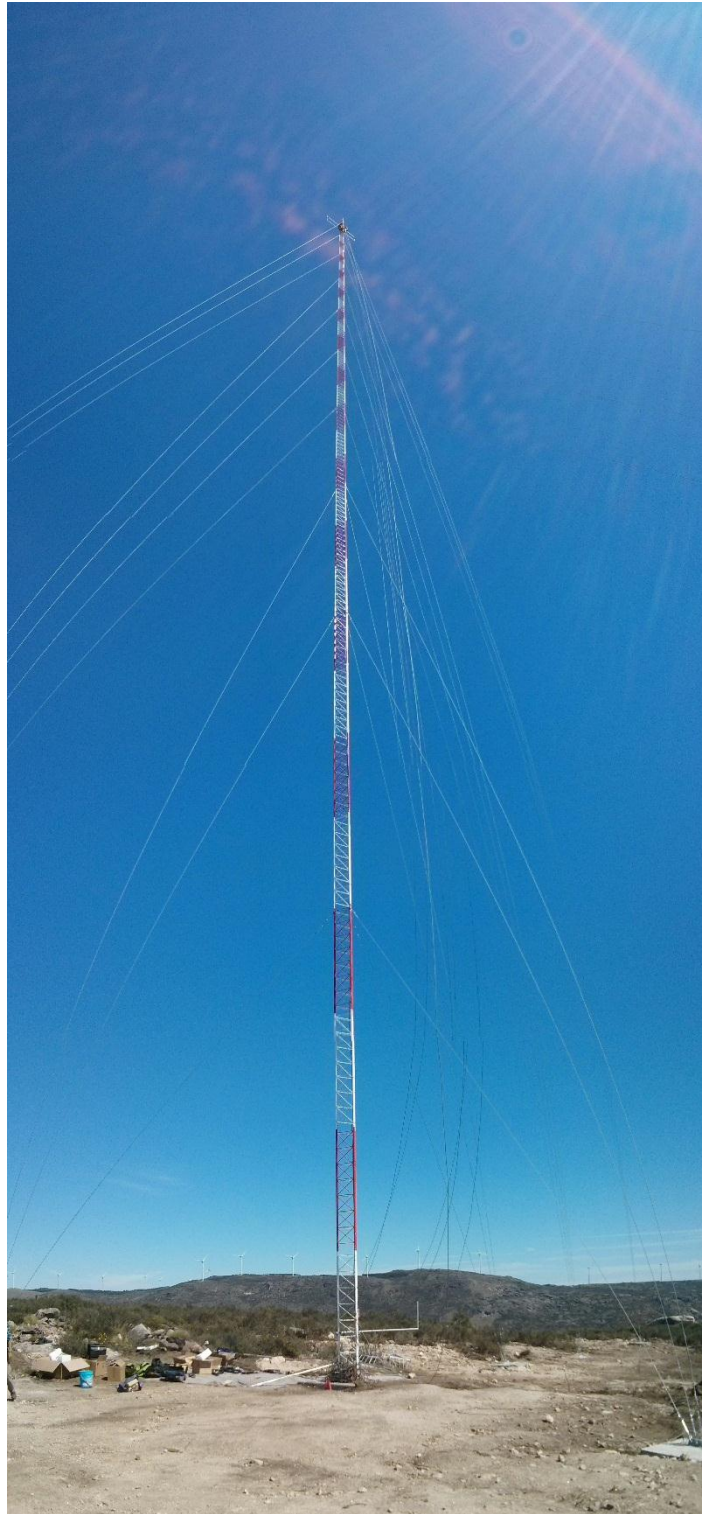


FIGURA 4.9 - TORRE DE MEDIÇÃO METEOROLÓGICA

4.4 LICENCIAMENTO

Como foi referido anteriormente, o projecto do Parque Eólico do Pisco tem por base um projecto anterior, que data de 2010. Este projecto contemplava a instalação de 13 aerogeradores, divididos em 2 núcleos, tendo no entanto sido abandonado.

O projecto foi reavivado 3 anos depois, tendo sido vendido ao actual promotor. Sofreu algumas alterações, nomeadamente no número e características dos aerogeradores a ser implantados, o que tornou necessário a revisão e alteração do mesmo, sendo posteriormente submetido a nova apreciação pelas Câmaras Municipais afectas.

Esta alteração deveu-se ao facto de, no projecto inicial, estar prevista a ligação do parque eólico à subestação de Viseu, com a instalação de 80 MW. Após a revisão do projecto, foi possível passar a ligação à rede para uma subestação mais próxima (subestação de Chafariz), tornando-se desta forma viável a instalação de menos potência dado que neste caso a potência perdida através dos cabos, proporcional à distância, seria menor.

O processo de licenciamento do novo projecto deu-se em Setembro e Outubro de 2014, tendo data limite de Março de 2016.

4.5 EXECUÇÃO

Relativamente à fase de execução, o núcleo do Pisco foi o que necessitou de intervenções mais profundas, tendo em conta a menor área de implantação. Apesar de ser o mais pequeno e dispor de acessos bem delineados, este núcleo encontra-se numa serra bastante acidentada e com área plana muito reduzida. Desta forma, foi necessária a execução de grandes aterros de

nivelamento para a implantação de alguns dos aerogeradores, e grandes escavações em rocha noutros, resultando num maior volume de terras movimentadas em relação à área de implantação. No total, no núcleo do Pisco o volume movimentado foi de cerca de 60.000 m³ e em S. Gens cerca de 70.000 m³.

O planeamento da execução é de especial importância numa obra como esta, dado o grande número de entidades envolvidas e prazos apertados. Na Figura 4.10, apresenta-se o planeamento inicial da obra civil do Parque Eólico do Pisco.

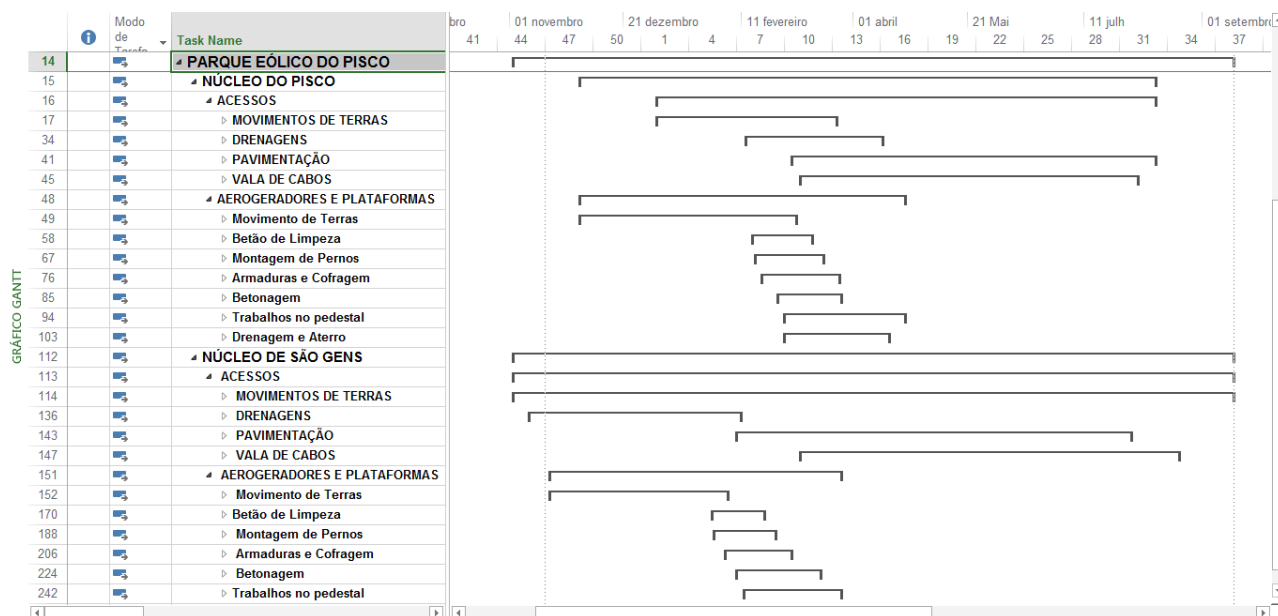


FIGURA 4.10 - PLANEAMENTO DA OBRA CIVIL DO PARQUE EÓLICO DO PISCO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

Este planeamento viria no entanto a sofrer alterações durante a fase de execução. Os motivos para estas alterações serão abordados no capítulo do acompanhamento.

O facto de no núcleo do Pisco se situarem o Edifício de Comando e a Subestação leva a que seja necessário um planeamento um pouco mais complexo relativo a este núcleo, associado aos diferentes trabalhos.

Os trabalhos de terraplenagem devem ser alvo de um controlo de qualidade apertado, dada a sensibilidade dos equipamentos presentes na montagem das máquinas. Ao nível dos aterros de plataformas e acessos deve procurar cumprir-se escrupulosamente os parâmetros exigidos em projecto, descritos no capítulo 4.3, no melhor interesse tanto da Entidade Executante como do Dono de Obra. O primeiro pode incorrer em graves prejuízos caso, por exemplo, uma plataforma sofra um assentamento maior que o previsto quando sujeita à carga dos elementos dos aerogeradores, o que pode levar a que estes sofram danos. O segundo, sendo isento de responsabilidade no caso anterior, tem no entanto todo o interesse em que a obra se desenrole sem imprevistos que possam afectar os prazos expectados, de maneira a garantir a ligação do parque à rede na data prevista.

Deve ainda dar-se especial atenção às questões de segurança ao longo do desenrolar da obra, uma vez que à variedade de trabalhos necessários à sua conclusão, é associada uma variedade de riscos para os trabalhadores e também para quem habite nas imediações da obra.

No geral, os trabalhos que se desenvolvem nesta fase são os previstos e descritos no projecto de execução. Em todos os materiais e procedimentos é imposto que se cumpram as especificações do caderno de encargos, que respeita integralmente o CETO – Caderno de Encargos Tipo Obra da EP – Estradas de Portugal, S.A.

4.6 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

À data de conclusão do estágio, o parque eólico do Pisco ainda se encontrava longe da fase de operação e eventual manutenção.

É no entanto necessário ter esta fase sempre presente durante a construção do parque, uma vez que associada a uma boa execução, está a necessidade de menos intervenções de manutenção no futuro, bem como um menor risco de falhas que possam condicionar a operação do parque.

4.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Como na maioria das obras deste tipo, as maiores condicionantes são as de foro ambiental. No entanto, neste parque não era exigida a apresentação de Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Apesar disto, no núcleo do Pisco verificam-se algumas condicionantes pontuais, devido à existência de zonas de Reserva Ecológica Nacional (REN) onde não devem haver trabalhos de construção civil.

Foi no entanto impossível evitar esta exigência a 100%, havendo duas zonas pontuais intersectadas pela obra, nomeadamente num acesso e na plataforma do AG6.

Também neste núcleo, encontram-se instaladas várias antenas do SIRESP – Sistema Integrado de Redes de Emergência e Segurança em Portugal, e ainda uma torre de vigilância contra incêndios do ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.

Em consequência de não existir EIA, não houve também lugar a consulta às populações das imediações do parque. Apesar disto, no geral, é sabido que a construção de parques eólicos no nosso país não tem historial de oposição por parte das populações.

O facto de à implantação de um parque eólico estar associado o pagamento de uma renda às Câmaras dos municípios nos quais o mesmo se insere, ajuda também a que seja um investimento visto com bons olhos pelas entidades responsáveis pelo desenvolvimento de uma região.

5 ACOMPANHAMENTO DA OBRA

5.1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo de estágio, foi possível acompanhar uma grande variedade de trabalhos de construção civil.

Apesar de se terem verificado algumas discrepâncias relativamente ao planeamento inicial, os momentos-chave mantiveram-se dentro dos prazos aceitáveis. São disso exemplo a conclusão da betonagem das fundações, o início da chegada dos componentes dos aerogeradores aos núcleos e o início da montagem dos mesmos.

Ao longo deste capítulo serão apresentados os trabalhos acompanhados neste período, as eventuais condicionantes dos mesmos, bem como várias situações relevantes e que na maioria das vezes interferiram no normal decorrer da obra.

No organigrama da Figura 5.1, é possível visualizar a estrutura hierárquica dos principais intervenientes da obra do parque eólico do Pisco.

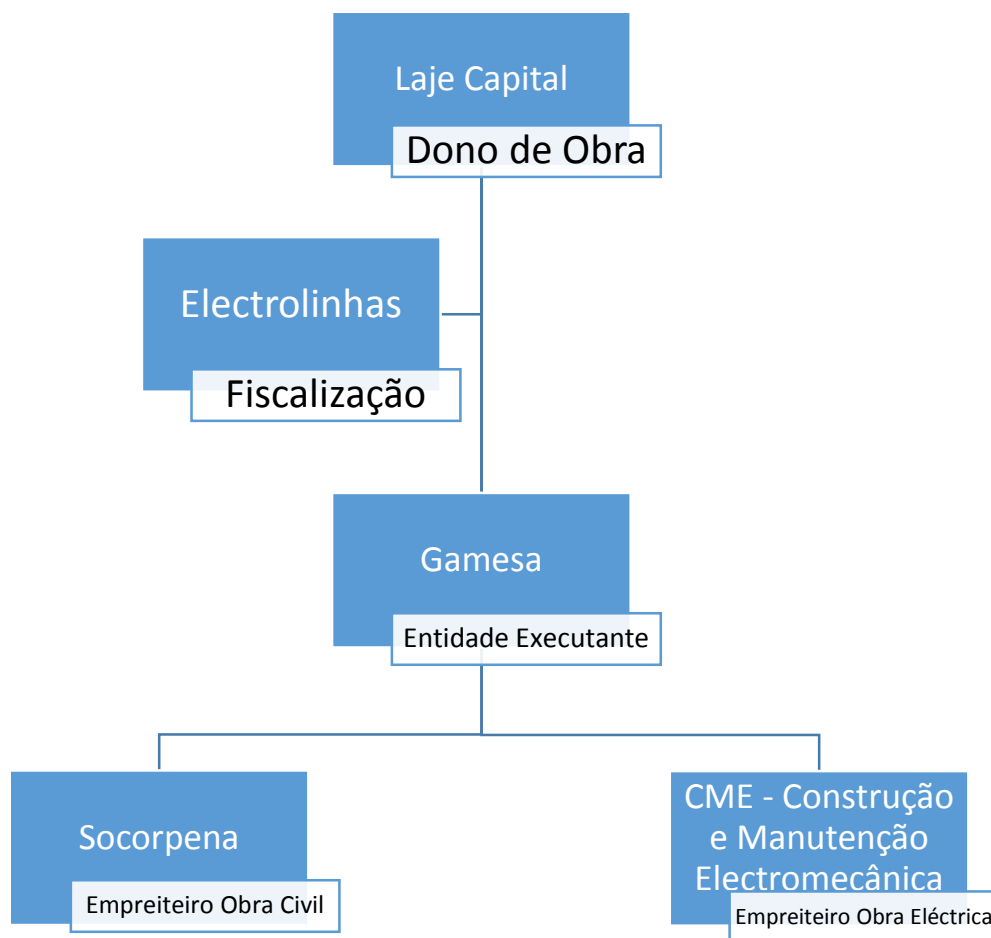


FIGURA 5.1 - ESTRUTURA INTERVENIENTE NA OBRA DO PARQUE EÓLICO DO PISCO

No momento de início do estágio, em Fevereiro de 2015, a obra encontrava-se ainda numa fase muito precoce, em que apenas se desenvolviam trabalhos de movimentação de terras. Será a partir deste momento que será feita a descrição do acompanhamento efectuado ao longo dos próximos pontos.

Neste capítulo os trabalhos encontram-se divididos em dois aspectos distintos: obra civil, sendo esta a principal incidência do relatório desenvolvido, e de uma forma mais geral, a montagem dos aerogeradores.

5.2 OBRA CIVIL

Como referido anteriormente, o acompanhamento efectuado foi desenvolvido do ponto de vista da fiscalização. Desta forma, acompanhando todas as descrições dos trabalhos anunciados, será feita uma nota dos aspectos merecedores de especial atenção desta entidade, dando particular relevância aos trabalhos associados aos acessos.

A descrição dos trabalhos é feita pela ordem aproximada de desenvolvimento dos mesmos.

5.2.1 MOVIMENTO DE TERRAS

Na maioria dos casos, o movimento de terras é o marco inicial da fase de execução da obra. No caso de um parque eólico, dados os locais em que estas infraestrutural geralmente se situam, estes trabalhos são de especial relevância, uma vez que no estado natural tratam-se de locais praticamente inacessíveis.

A primeira acção a ser tomada neste âmbito é a desmatação e decapagem do terreno natural.

No momento de início do estágio, a 9 de Fevereiro de 2015, estes trabalhos já se encontravam bastante adiantados uma vez que a obra iniciou em Novembro de 2014.

Nas figuras seguintes é possível ver vários exemplos de trabalhos deste foro.



FIGURA 5.2 - DECAPAGEM A6, S. GENS
(09.02.2015)



FIGURA 5.3 - DECAPAGEM A6, S. GENS
(09.02.2015)



FIGURA 5.4 - DECAPAGEM A9, S. GENS
(11.02.2015)



FIGURA 5.5 - DECAPAGEM A9, S. GENS
(11.02.2015)



FIGURA 5.6 - DECAPAGEM A10, S. GENS
(17.02.2015)



FIGURA 5.7 - DESMATAÇÃO E DECAPAGEM TORRE
MET., S. GENS (17.02.2015)

De notar que o núcleo de S. Gens era onde se encontrava a maior força de trabalhos nesta altura.

No caso do Pisco, devido à sua menor área de implantação e à diferença significativa de acessos e fundações para abrir, a incidência de trabalhos só foi maior num momento mais avançado da obra.

Neste núcleo, a desmatação e decapagem já tinha sido desenvolvida nos meses anteriores, voltando a haver este tipo de trabalhos, pontuais, em Março. Na Figura 5.8 apresenta-se um registo destes trabalhos.



FIGURA 5.8 - DESMATAÇÃO E DECAPAGEM A6, PISCO (10.03.2015)

A terra vegetal proveniente da decapagem foi conduzida a depósito no interior da obra, para mais tarde ser reutilizada na regularização de taludes e recuperação paisagística do parque.

No geral, a única preocupação que este tipo de trabalhos acarreta para a fiscalização, é que as terras sejam devidamente conduzidas aos locais definidos em projecto. Estes locais devem ser aprovados pelo técnico de ambiente, de maneira a garantir que os mesmos são apropriados.

Após a camada de terra vegetal ter sido removida, dá-se início à escavação. Consoante o tipo de terreno, podem ser usados diferentes meios: retroescavadora com balde, retroescavadora com martelo, retroescavadora com *riper* ou pega de fogo. O que se verifica por norma é uma combinação destes meios, uma vez que o balde só pode ser usado quando o terreno é pouco rochoso, mas é necessário também após a rocha ser desmontada por meio de martelo ou pega de fogo.

Dada a natureza rochosa dos locais onde foram implantados os núcleos do parque eólico, tornou-se necessária a utilização de uma grande quantidade de explosivos em diversos locais. A utilização destes está sujeita a medidas extra de prevenção, nomeadamente ao estabelecimento de um perímetro de segurança, sensibilização das povoações através de avisos afixados em locais geralmente frequentados pelas pessoas – cafés e igrejas principalmente, e ainda um aviso sonoro imediatamente antes de ser feito o rebentamento.

A escavação inicia-se imediatamente após a decapagem. O material proveniente desta é de qualidade aceitável para posterior utilização em aterros. De forma a confirmar tal assunção, este material deve ser alvo ensaios de caracterização de solos, e no caso de material rochoso, de resistência mecânica.

As figuras que se seguem ilustram os trabalhos de escavação acompanhados, nas várias componentes do parque: acessos, plataformas e fundações de aerogeradores.



FIGURA 5.9 - ESCAVAÇÃO COM MARTELO AG21, S. GENS (09.02.2015)

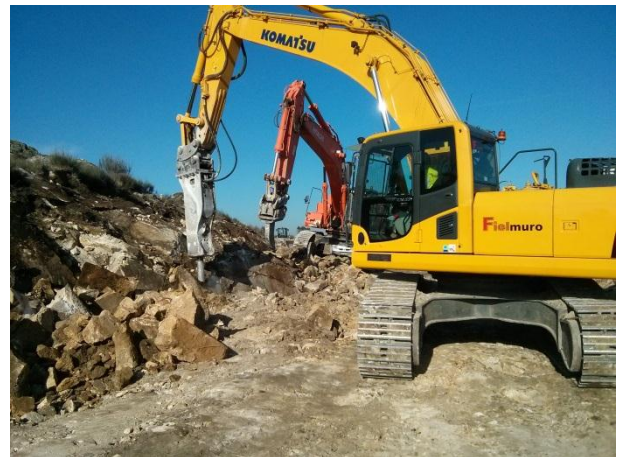


FIGURA 5.10 - ESCAVAÇÃO COM MARTELO A6, S. GENS (10.02.2015)



FIGURA 5.11 - ESCAVAÇÃO COM BALDE AG17, S. GENS (11.02.2015)



FIGURA 5.12 - ESCAVAÇÃO COM RIPER AG20, S. GENS (13.02.2015)

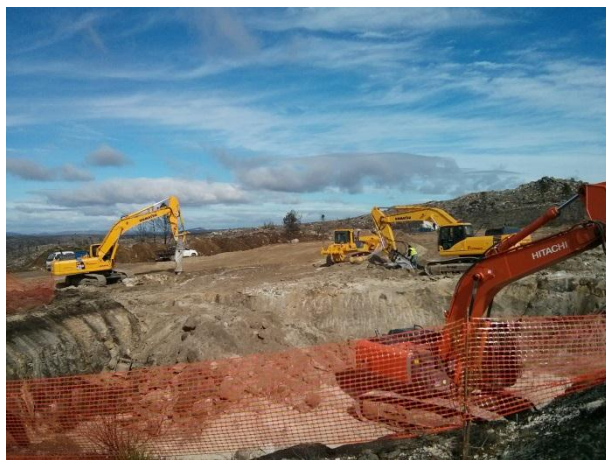


FIGURA 5.13 - ESCAVAÇÃO AG19/P19, S. GENS (16.02.2015)



FIGURA 5.14 - ESCAVAÇÃO COM BALDE AG1, PISCO (16.02.2015)



FIGURA 5.15 - ESCAVAÇÃO COM MARTELO P6,
PISCO (19.02.2015)



FIGURA 5.16 - ESCAVAÇÃO COM BALDE AG5,
PISCO (27.02.2015)

No caso das pegas de fogo, o procedimento consiste na furação de uma malha nos maciços a desmontar e posterior carregamento com explosivos tipo Gemulit. Dado o parque situar-se em locais de natureza rochosa, foi necessária a utilização de uma grande quantidade de explosivos. No maior maciço desmontado, foram utilizados cerca de 2 toneladas de explosivos.

Nas figuras seguintes, ilustra-se o procedimento de desmonte de rocha com recurso a cargas explosivas.



FIGURA 5.17 - FURAÇÃO PARA PEGA DE FOGO
AG1, PISCO (10.02.2015)



FIGURA 5.18 - FURAÇÃO PARA PEGA DE FOGO
SUBESTAÇÃO, PISCO (11.02.2015)



FIGURA 5.19 - CARREGAMENTO DE EXPLOSIVOS
SUBESTAÇÃO, PISCO (12.02.2015)



FIGURA 5.20 - CARGA EXPLOSIVA GEMULIT,
PISCO (12.02.2015)



FIGURA 5.21 - CARREGAMENTO DE EXPLOSIVOS
AG1, PISCO (12.02.2015)



FIGURA 5.22 - MACIÇO DESMONTADO AG2, PISCO
(12.02.2015)

Por norma, o material rochoso proveniente duma pega de fogo deve posteriormente ser reduzido a dimensões menores, através de taqueamento ou britagem, de maneira a possibilitar o seu transporte para depósito. As figuras seguintes ilustram estes procedimentos.



FIGURA 5.23 - TAQUEAMENTO DE PEDRA A6, S. GENS (06.02.2015)



FIGURA 5.24 - TAQUEAMENTO DE PEDRA AG3, PISCO (10.02.2015)



FIGURA 5.25 - BRITAGEM DE PEDRA, S. GENS (04.03.2015)



FIGURA 5.26 - BRITAGEM DE PEDRA, PISCO (17.03.2015)

Todo o material proveniente das escavações foi conduzido a depósitos para posterior reutilização em aterros. Na Figura 5.27 é possível ver um destes locais.



FIGURA 5.27 - LOCAL DE DEPÓSITO, S. GENS (27.02.2015)

Relativamente aos aterros, estes são merecedores de uma atenção especial numa obra como esta. Devido às elevadas cargas que os acessos e as plataformas sofrem com a passagem dos veículos de transporte e o acondicionamento dos elementos dos aerogeradores, deve garantir-se que o procedimento para os aterros é adequado.

A melhor maneira de garantir as condições de resistência exigidas em projecto é através de um procedimento de aterros bem definido. Num ambiente de obra, torna-se por vezes complicado acompanhar integralmente todas as frentes de trabalho de maneira a garantir o correcto desenvolvimento dos mesmos. O procedimento ganha assim especial importância, uma vez que, à partida, mantendo-se fiel a este, é expectável que os aterros ofereçam as condições exigidas. É no entanto necessário verificar que os aterros executados apresentam a resistência esperada.

Esta verificação só é possível através de ensaios efectuados por uma entidade certificada e acreditada.

As figuras seguintes ilustram os trabalhos associados à execução de aterros.



FIGURA 5.28 - EXECUÇÃO DE ATERRO P13, S.
GENS (18.03.2015)



FIGURA 5.29 - ATERRO A1, S. GENS (18.03.2015)



FIGURA 5.30 - EXECUÇÃO DE ATERRO A1, S.
GENS (25.03.2015)



FIGURA 5.31 - EXECUÇÃO DE ATERRO P3, PISCO
(19.03.2015)



FIGURA 5.32 - ATERRO A2, PISCO (20.03.2015)



FIGURA 5.33 - COMPACTAÇÃO DE ATERRO A2, PISCO (01.04.2015)

Num primeiro momento, verificou-se um descurar da importância de uma metodologia bem definida, bem como da necessidade de um controlo de qualidade nos aterros. Desta forma, foi necessário exigir à entidade executante a apresentação da mesma, e também um acompanhamento constante por parte de um técnico qualificado para a realização de ensaios de carga. De maneira a definir o procedimento, foi então realizado um aterro experimental, apresentado nas figuras seguintes.



FIGURA 5.34 - EXECUÇÃO DE ATERRO EXPERIMENTAL, S. GENS (17.03.2015)



FIGURA 5.35 - EXECUÇÃO DE ATERRO EXPERIMENTAL, S. GENS (17.03.2015)



FIGURA 5.36 - ESPALHAMENTO DE ÁGUA EM ATERRO, S. GENS (17.03.2015)



FIGURA 5.37 - ATERRO EXPERIMENTAL, S. GENS (17.03.2015)

O procedimento foi alvo de um controlo de qualidade semelhante ao exigido para os aterros dos acessos e plataformas, através de ensaios de carga em placa, como ilustrado na Figura 5.38.



FIGURA 5.38 - ENSAIO DE CARGA EM PLACA NO ATERRO EXPERIMENTAL, S. GENS (17.03.2015)

Este ensaio consiste na aplicação de dois ciclos de carregamento sucessivos, através de uma placa de diâmetro e rigidez normalizados. Medindo a deslocação da placa, é possível aferir a resistência do aterro. No Anexo D apresenta-se um exemplo de um relatório destes ensaios.

Deste aterro experimental, ficou então definida a seguinte metodologia:

- Espessura de camadas de 0,50m no máximo;
- 6 passagens de cilindro;
- Rega abundante com água;

O material britado foi ainda alvo de ensaio com máquina de Los Angeles, de forma a caracterizar a sua resistência ao desgaste. Segundo indicação do projectista, caso apresentasse um coeficiente de desgaste superior a 25%, este material não poderia ser aplicado em aterros.

Outra questão que poderia chocar com o normal desenrolar dos trabalhos é a da arqueologia. Dadas as grandes áreas remexidas durante a movimentação de terras, torna-se pertinente um

acompanhamento por parte duma equipa de arqueólogos. No núcleo de S. Gens foi inclusive necessário suspender os trabalhos num troço dos acessos, por um período alargado, devido a se situar nas imediações de um castro.

No restante, não se impuseram quaisquer restrições de foro arqueológico, tendo a equipa terminado o seu trabalho em finais de Março. Na Figura 5.39 apresenta-se um levantamento efectuado num ponto de interesse arqueológico no A10, perto do AG17.

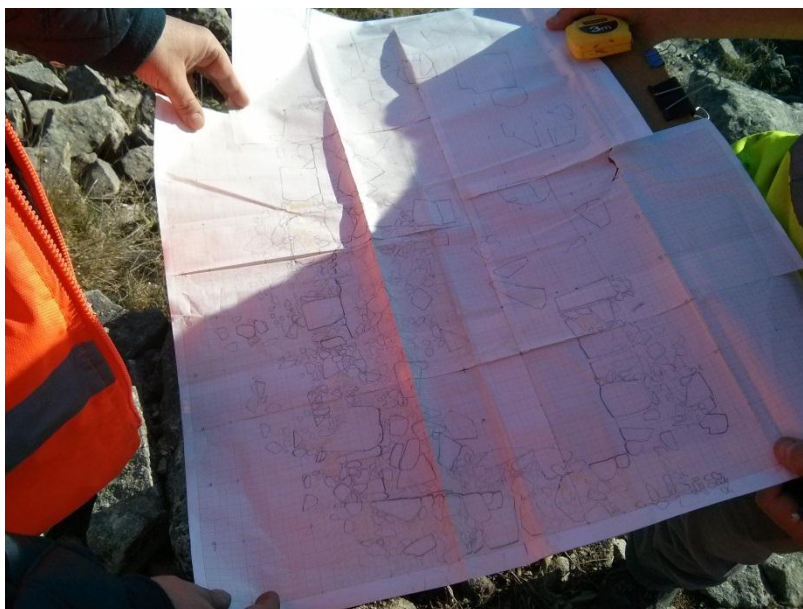


FIGURA 5.39 - LEVANTAMENTO ARQUEOLÓGICO A10, S. GENS (16.03.2015)

Deve-se ainda referir a importância da presença constante de topógrafos em obra durante esta fase, por parte do empreiteiro. Isto prende-se com o facto de ser necessário verificar as cotas a que se encontram as escavações e aterros, de maneira a garantir o cumprimento do projecto, especialmente no que toca a inclinações dos acessos. A Figura 5.40 ilustra este acompanhamento, neste caso na Subestação.



FIGURA 5.40 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO SUBESTAÇÃO, PISCO (03.03.2015)

Dadas as várias frentes de trabalho a desenvolver-se em simultâneo em ambos os núcleos, foi também necessário um reforço na equipa de topografia, de maneira a garantir o correcto e fluido desenrolar dos trabalhos.

5.2.2 FUNDAÇÕES

Após a escavação até à cota definida em projecto, as fundações devem ainda receber um parecer favorável de um geólogo, antes de poderem ser iniciados os trabalhos de execução da mesma. Este parecer resulta duma inspeção visual a cada fundação, resultando desta uma nota técnica, servindo o Anexo E como exemplo. Na Figura 5.41 apresenta-se um exemplo da escavação de uma fundação terminada.



FIGURA 5.41 - FUNDO DE ESCAVAÇÃO E IMPLANTAÇÃO PARA BETÃO DE LIMPEZA DA FUNDAÇÃO AG23, S. GENS (11.02.2015)

De seguida, podem então ser iniciados os trabalhos de execução da fundação. As fundações previstas para o Parque Eólico do Pisco são de 4 tipos diferentes, variando consoante as condições do nível freático e do tipo de máquina. Estava ainda prevista para o AG20 uma solução por fundação indirecta com estacas, que após nova avaliação geotécnica foi descartada, optando-se por uma das outras tipologias.

No geral, uma sapata tem 18 m de diâmetro e é composta por 35 ton de aço A500NR e por 340 m³ de betão C30/37 e 10 m³ de betão C40/50. O betão de maior resistência é colocado na zona do pedestal, devido a ser a zona mais esforçada durante o funcionamento do aerogerador. Cada sapata tem um custo aproximado de 100 mil euros.

No Quadro 5.1 apresentam-se as principais características de cada tipo de sapata.

QUADRO 5.1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS SAPATAS DE FUNDAÇÃO (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

		Diâmetro	Altura	Nível Freático	Aço (A500NR)	Betão	AG's
Pisco (G97)	Tipo 1	18 m	2,5 m	Não	30.200 Kg	320 m ³	1
	Tipo 2	19,5 m	3 m	Sim	32.000 Kg	420 m ³	2-8
S. Gens (G114)	Tipo 1	18 m	3 m	Não	37.200 Kg	375 m ³	9-16; 20-25
	Tipo 2	20 m	3 m	Sim	45.800 Kg	460 m ³	17-19

No Anexo F apresentam-se os desenhos de um dos tipos de sapata executados.

Começa-se então pela aplicação de betão de limpeza/regularização, conforme ilustrado nas Figura 5.42 e Figura 5.43.



FIGURA 5.42 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA AG21, S. GENS (02.03.2015)



FIGURA 5.43 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA AG19, S. GENS (04.03.2015)

Nos casos em que se verificou uma grande sobre-escavação, situação que facilmente acontece na escavação em rocha, optou-se por utilizar betão ciclópico. Este é constituído pela dosagem de betão de limpeza e por um agregado grosso, geralmente designado por rachão, com dimensão de cerca de 20 cm de forma a economizar no volume de betão gasto. Nas Figura 5.44 e Figura 5.45 ilustra-se este caso.



FIGURA 5.44 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA CICLÓPICO AG22, S. GENS (16.02.2015)



FIGURA 5.45 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA CICLÓPICO AG22, S. GENS (16.02.2015)

Após a colocação do betão de limpeza, tem início a montagem do sistema de fixação e da armadura. O sistema de fixação é composto por 2 anéis de ancoragem situados a diferentes cotas, ligados por 160 pernos de aço, e é implantado por meio de um sistema de nivelamento, conforme ilustrado nas Figura 5.46 a Figura 5.55.



FIGURA 5.46 - PERNOS PARA SISTEMA DE FIXAÇÃO, S. GENS (09.02.2015)



FIGURA 5.47 - ANÉIS DE ANCORAGEM, S. GENS (09.02.2015)

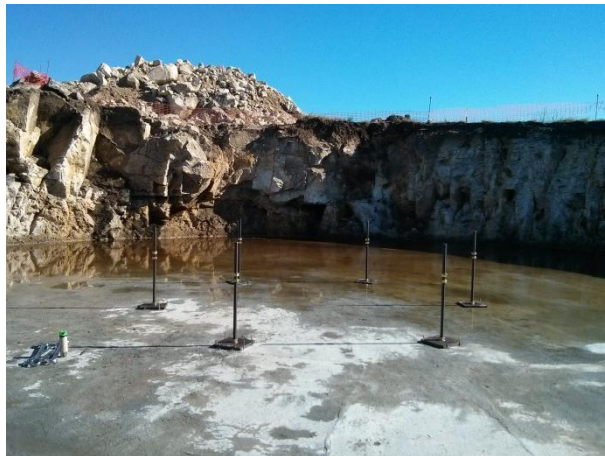


FIGURA 5.48 - SISTEMA DE NIVELAMENTO AG9, S. GENS (09.02.2015)



FIGURA 5.49 - MONTAGEM DO 1º ANEL DE ANCORAGEM AG9, S. GENS (09.02.2015)

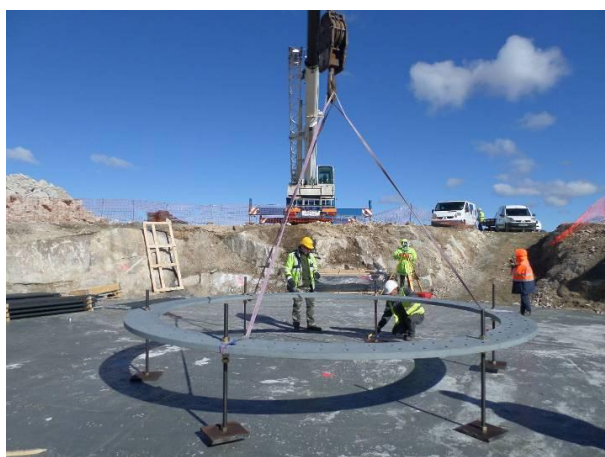


FIGURA 5.50 - NIVELAMENTO DO 1º ANEL DE ANCORAGEM AG22, S. GENS (17.02.2015)

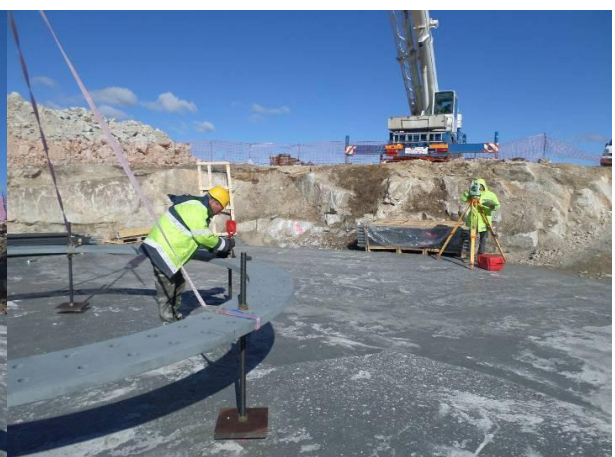


FIGURA 5.51 - NIVELAMENTO DO 1º ANEL DE ANCORAGEM AG22, S. GENS (17.02.2015)



FIGURA 5.52 - MONTAGEM DE PERNOS NO SISTEMA DE FIXAÇÃO AG23, S. GENS (27.02.2015)



FIGURA 5.53 - MONTAGEM DO 2º ANEL DE ANCORAGEM AG21, S. GENS (03.03.2015)

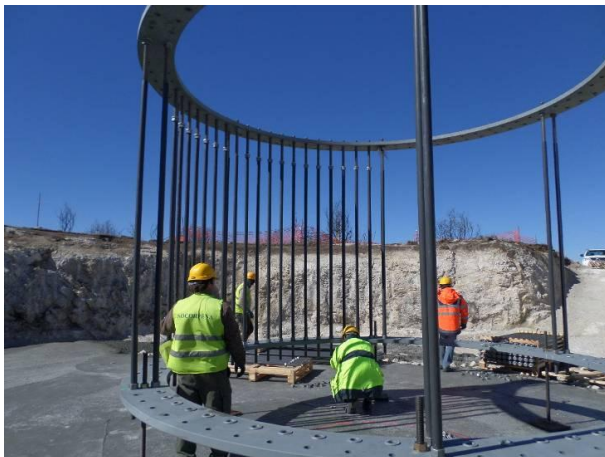


FIGURA 5.54 - MONTAGEM DE PERNOS NO SISTEMA DE FIXAÇÃO AG19, S. GENS (05.03.2015)



FIGURA 5.55 - SISTEMA DE FIXAÇÃO AG1, PISCO (18.03.2015)

Com o sistema de fixação montado, segue-se a armadura. Esta varia conforme apresentado anteriormente no Quadro 5.1.

Nas Figura 5.56 a Figura 5.65 apresenta-se a sequência de montagem das armaduras das sapatas.



FIGURA 5.56 - ARMADURAS PARA MONTAGEM AG10, S. GENS (09.02.2015)



FIGURA 5.57 - ARMADURAS PARA MONTAGEM AG10, S. GENS (09.02.2015)



FIGURA 5.58 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG20, S. GENS (27.03.2015)



FIGURA 5.59 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG22, S. GENS (18.02.2015)



FIGURA 5.60 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG24, S. GENS (24.02.2015)



FIGURA 5.61 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG24, S. GENS (26.02.2015)



FIGURA 5.62 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG10, S. GENS (09.02.2015)



FIGURA 5.63 - MONTAGEM DE ARMADURAS AG10, S. GENS (10.02.2015)

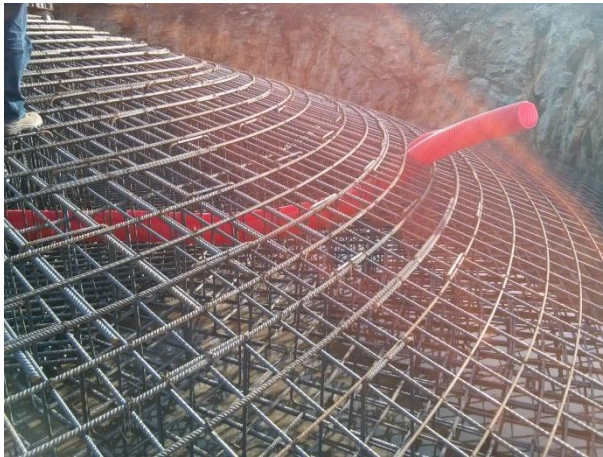


FIGURA 5.64 - NEGATIVOS PARA ENTRADA/SAÍDA DE CABOS AG10, S. GENS (19.02.2015)



FIGURA 5.65 - ASPECTO FINAL DA ARMADURA DE FUNDAÇÃO AG16, S. GENS (24.03.2015)

Da perspectiva da fiscalização, é importante assegurar um acompanhamento mais próximo destes trabalhos especialmente nas primeiras armaduras a serem montadas. Dada a complexidade associada à armação de uma sapata destas dimensões, é compreensível que os trabalhos de montagem sejam mais morosos numa fase inicial – 3 a 4 dias por fundação, sendo expectável um aumento do rendimento das equipas com as montagens sucessivas – 1 dia e meio.

Uma vez que existem 4 tipos de fundações diferentes, deve-se garantir que o material é correctamente distribuído pelas fundações respectivas, sendo também necessário exigir os documentos comprovativos do controlo de qualidade do aço.

Podem no entanto surgir situações imprevistas e que facilmente são resolvidas, sendo o único inconveniente um atraso dos trabalhos. É exemplo disto a situação verificada num lote de um dos tipos de armadura. Esta foi mal dobrada em fábrica, tendo sido por isso recusada. Na Figura 5.66 é possível ver a diferença entre os varões mal dobrados, e os varões correctos.



FIGURA 5.66 - VARÃO CONFORME EM 1º PLANO, VARÃO MAL DOBRADO ATRÁS, S. GENS (16.02.2015)

Segue-se a preparação das armaduras para a betonagem. Esta consiste na cofragem, montagem de uma passagem até ao pedestal e a colocação e nivelamento de um 3º anel de ancoragem provisório, com o objectivo de impedir deslocamentos dos pernos do sistema de fixação. As Figura 5.57 a Figura 5.72 ilustram esta fase.



FIGURA 5.67 - MONTAGEM DA COFRAGEM AG10, S. GENS (10.02.2015)



FIGURA 5.68 - MONTAGEM COFRAGEM AG9, S. GENS (17.02.2015)



FIGURA 5.69 - NIVELAMENTO DO 3º ANEL DE ANCORAGEM AG9, S. GENS (17.02.2015)



FIGURA 5.70 - MONTAGEM DA COFRAGEM AG25, S. GENS (25.02.2015)

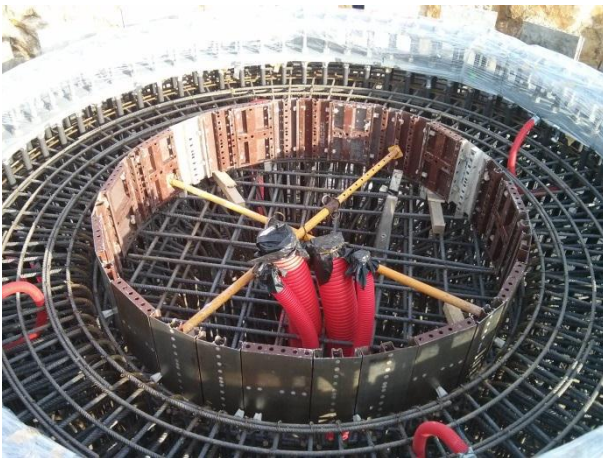


FIGURA 5.71 - COFRAGEM DO PEDESTAL AG10, S. GENS (19.02.2015)



FIGURA 5.72 - COFRAGEM AG10, S. GENS (16.02.2015)

Com a cofragem colocada, o próximo passo é a betonagem da fundação.

A betonagem de um elemento desta dimensão é um processo lento, podendo demorar mais de 10h, estando dependente da experiência da equipa responsável pelo trabalho, pela disponibilidade da central de betão e pelo número de camiões-betoneira ao serviço.

Neste caso, o processo começou pela avaliação da melhor opção oferecida pelas centrais de betão nas imediações do parque. Nesta avaliação foi tida em conta a mistura proposta pela central – em termos de percentagens de cimento, cinzas volantes, agregado e água, o preço do m³ de betão e a proximidade à obra.

Optou-se então por uma central situada em Viseu, a cerca de 60 km do núcleo de S. Gens e 40 km do núcleo do Pisco.

De maneira a prevenir interrupções, a entidade executante exigiu a presença de 2 camiões-bomba nas betonagens, ficando 1 em espera caso surgisse qualquer problema com o outro.

Durante as betonagens, no capítulo da garantia de qualidade, foram feitos vários ensaios de abaixamento do betão (pelo menos 1 por cada camião), sendo também recolhidos vários provetes tanto do betão do corpo da fundação como do pedestal, num total de cerca 80, os quais seriam posteriormente ensaiados à resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias. As betonagens foram ainda acompanhadas por um topógrafo, para garantir que não se verificavam deslocamentos nos pernos do sistema de fixação.

Nas Figura 5.73 a Figura 5.80 ilustra-se todo o processo de betonagem e controlo de qualidade.



FIGURA 5.73 - BETONAGEM AG2, PISCO
(25.03.2015)



FIGURA 5.74 - BETONAGEM AG10, S. GENS
(20.02.2015)



FIGURA 5.75 - BETONAGEM AG10, S. GENS
(20.02.2015)



FIGURA 5.76 - ENSAIO DE SLUMP AG10, S. GENS
(20.02.2015)



FIGURA 5.77 - PROVETES PARA ENSAIOS À
COMPRESSÃO AG23, S. GENS (03.03.2015)



FIGURA 5.78 - VERIFICAÇÃO DOS PERNOS AG9, S.
GENS (24.02.2015)



FIGURA 5.79 - BETONAGEM DO PEDESTAL AG10,
S. GENS (20.02.2015)



FIGURA 5.80 - BETONAGEM AG22, S. GENS
(24.02.2015)

Devido às baixas temperaturas sentidas no mês de Fevereiro e Março, muitas vezes atingindo valores negativos, tornou-se necessário adoptar algumas medidas extra de garantia de qualidade, nomeadamente a inclusão de um aditivo anticongelante na mistura do betão e a colocação de uma cobertura para ajudar ao processo de cura. O recobrimento foi garantido de forma empírica, por parte do trabalhador responsável pelo acabamento da superfície da sapata. Foi também aplicada uma rega anti-sol em todas as fundações, com o mesmo objectivo. Nas Figura 5.81 a Figura 5.84 apresentam-se estes procedimentos.



FIGURA 5.81 - VERIFICAÇÃO DA TEMPERATURA DO BETÃO AG10, S. GENS (20.02.2015)



FIGURA 5.82 - APLICAÇÃO DE ANTI-SOL AG10, S. GENS (20.02.2015)



FIGURA 5.83 - COLOCAÇÃO DE COBERTURA AG10, S. GENS (20.02.2015)



FIGURA 5.84 - PROTECÇÃO DA FUNDAÇÃO AG25, S. GENS (27.02.2015)

Após todo o processo, o aspecto final de uma fundação é o apresentado nas Figura 5.85 e Figura 5.86.



FIGURA 5.85 - ASPECTO FINAL DE UMA FUNDAÇÃO, S. GENS (23.02.2015)



FIGURA 5.86 - ASPECTO FINAL DE UMA FUNDAÇÃO - PEDESTAL, S. GENS (20.03.2015)

Em 25 betonagens houve apenas duas situações dignas de registo.

A primeira deveu-se à inexperiência de uma das equipas e a grandes tempos de paragem no ciclo dos camiões-betoneira. Esta situação, aliada a uma fraca trabalhabilidade do betão devido ao aditivo anti-congelante, levou a que o betão começasse a ganhar presa a meio da betonagem, sendo no entanto terminada no próprio dia. Por precaução, foi feita uma inspeção ao estado do betão através de carotes, de maneira a verificar a não-existência de juntas que poderiam comprometer a integridade estrutural da sapata. Nas Figura 5.87 e Figura 5.88 apresenta-se este procedimento.



FIGURA 5.87 - INSPECÇÃO DO ESTADO DO BETÃO
AG21, S. GENS (24.03.2015)



FIGURA 5.88 - INSPECÇÃO DO ESTADO DO BETÃO
AG21, S. GENS (24.03.2015)

A segunda situação verificou-se durante a betonagem do AG4, tendo esta que ser interrompida devido a uma avaria na central. Foi então necessário aplicar um material para a ligação de betões, nomeadamente resina epóxi, para se finalizar a betonagem, conforme ilustrado nas Figura 5.89 e Figura 5.90.



FIGURA 5.89 - APLICAÇÃO DE RESINA EPÓXI PARA
LIGAÇÃO DE BETÕES AG4, PISCO (21.04.2015)



FIGURA 5.90 - BETONAGEM AG4, PISCO
(21.04.2015)

O passo seguinte na execução das fundações é a montagem da rede de terras. Este procedimento consiste na cravação de eléctrodos no terreno adjacente à sapata, ligados a uma malha de cobre ligada à armadura e posteriormente ao interior da torre do aerogerador. Nas Figura 5.91 a Figura 5.94 apresenta-se a execução da rede de terras.



FIGURA 5.91 - EXECUÇÃO DA REDE DE TERRAS
AG19, S. GENS (17.03.2015)



FIGURA 5.92 - EXECUÇÃO DA REDE DE TERRAS
AG10, S. GENS (16.03.2015)



FIGURA 5.93 - EXECUÇÃO DA REDE DE TERRAS
AG19, S. GENS (17.03.2015)



FIGURA 5.94 - EXECUÇÃO DA REDE DE TERRAS
AG22, S. GENS (05.03.2015)

Com a rede de terras montada, pode então proceder-se aos trabalhos finais na fundação. Estes são a impermeabilização da mesma através de uma pintura betuminosa, o aterro da fundação e a execução do *grout* de nivelamento no pedestal. De referir que no aterro é imposto que a rede de terras deve ser coberta com uma camada de terra vegetal, por questões melhoria das características de dissipação de energia desta.

Estes trabalhos apresentam-se ilustrados nas Figura 5.95 a Figura 5.104.



FIGURA 5.95 - IMPERMEABILIZAÇÃO DA FUNDAÇÃO AG14, S. GENS (21.04.2015)



FIGURA 5.96 - ATERRO DA FUNDAÇÃO AG18, S. GENS (27.04.2015)



FIGURA 5.97 - ATERRO DA FUNDAÇÃO AG1, PISCO (23.04.2015)



FIGURA 5.98 - EXECUÇÃO DO NIVELAMENTO NO PEDESTAL AG9, S. GENS (16.04.2015)



FIGURA 5.99 - EXECUÇÃO DO NIVELAMENTO NO PEDESTAL AG25, S. GENS (29.04.2015)



FIGURA 5.100 - COFRAGEM PARA APLICAÇÃO DO GROUT AG9, S. GENS (17.04.2015)



FIGURA 5.101 - BETONAGEM COM GROUT AG9, S. GENS (17.04.2015)



FIGURA 5.102 - BETONAGEM COM GROUT AG9, S. GENS (17.04.2015)



FIGURA 5.103 - PROTECÇÃO DO PEDESTAL PARA CURA AG2, PISCO (28.04.2015)



FIGURA 5.104 - ASPECTO FINAL DO PEDESTAL AG25, S. GENS (18.05.2015)

A execução do *grout* de nivelamento no pedestal pode considerar-se como o último trabalho a ser desenvolvido nas fundações, ficando assim aptas a receberem as torres de sustentação dos aerogeradores.

A partir das betonagens, os trabalhos realizados nas fundações fogem um pouco ao domínio da engenharia civil, nomeadamente a montagem da rede de terras e a execução do nivelamento, ao milímetro, no pedestal.

O facto de serem realizados por equipas especializadas oferece garantias de qualidade nos trabalhos, sendo desta forma a única preocupação, do ponto de vista da fiscalização, o cumprimento do planeamento de forma a garantir palcos de trabalho para as equipas de montagem dos aerogeradores, que entretanto deram entrada em obra.

Há no entanto que garantir que o material utilizado para o aterro da sapata vai de encontro às especificações técnicas de projecto, nomeadamente em termos da densidade e dimensão dos agregados. Os aterros foram assim realizados recorrendo a solos saibrosos e material britado proveniente das escavações.

5.2.3 ACESSOS E PLATAFORMAS

Como referido no Capítulo 4.3, os acessos e as plataformas são dimensionados de forma a resistirem a cargas de 200 e 400 KPa, respectivamente. No entanto, a garantia de qualidade dos acessos a longo prazo não deve ser descurada em prol desta exigência.

Um dos maiores flagelos apresentados em pavimentos granulares, a longo prazo, são os assentamentos provocados pela passagem de veículos. Estes só podem ser prevenidos através

de uma correcta execução dos aterros associados, seguindo um procedimento de aterros bem definido e respeitando as exigências de projecto relativamente aos materiais utilizados. Este último ponto é especialmente importante, uma vez que mesmo com uma boa compactação, caso as dimensões dos agregados utilizados nos aterros não seja a correcta, podem surgir anomalias como a apresentada na Figura 5.105.

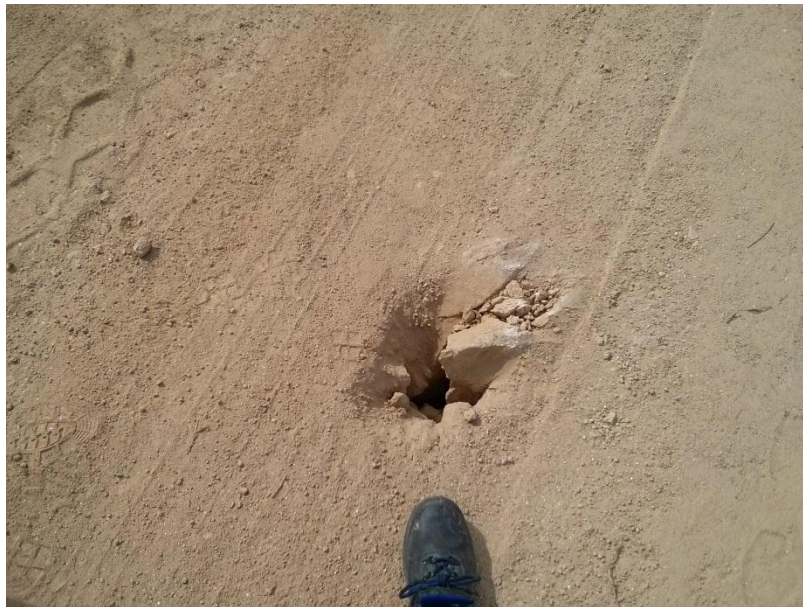


FIGURA 5.105 - MÁ GRADAÇÃO DO MATERIAL USADO EM ATERRO, PISCO (15.04.2015)

Outro problema associado a pavimentos granulares é a lavagem do tout-venant ou agregado britado de granulometria extensa (ABGE) pela água da chuva, podendo também resultar em assentamentos no caso de os acessos cortarem linhas de água. A única prevenção possível neste caso, é a execução de drenagens longitudinais nos troços em que os acessos se encontrem em área de escavação, e drenagens transversais nos locais definidos em projecto.

Deve no entanto ser prevista alguma margem de manobra para estas últimas, uma vez que a revolução no terreno, resultante dos trabalhos de movimentação de terras, pode levar a que algumas passagens hidráulicas deixem de ser necessárias, e que se justifique a sua execução noutros pontos dos acessos.

Devido a atrasos verificados ao longo da execução, a pavimentação dos acessos, prevista para antes do início das montagens dos aerogeradores, foi adiada até à conclusão destas. Isto só foi possível uma vez que sem a camada de tout-venant os acessos já apresentavam a capacidade resistente, verificada através dos ensaios de carga em placa, necessária à passagem dos transportes. Desta forma, foi apenas possível acompanhar a pavimentação das plataformas no tempo de estágio.

Com a entrada nos meses de Maio e Junho e o aumento da temperatura, começou também a ser necessário regar constantemente os acessos de maneira a prevenir o levantamento de pó, prejudicial tanto para as equipas que se encontravam em obra nas montagens de armaduras, betonagens e outros trabalhos, como para os veículos que circulavam e que ficavam com visibilidade significativamente reduzida.

Tendo já sido apresentados anteriormente vários registos dos trabalhos de aterro em acessos e plataformas, serão de seguida apresentadas mais algumas imagens ilustrativas do estado dos acessos e das plataformas, nas Figura 5.106 a Figura 5.113, da pavimentação das últimas, da colocação de PH's e do controlo de qualidade por ensaios de carga em placa.



FIGURA 5.106 - ASPECTO DOS ACESSOS SEM ABGE A2, PISCO (27.03.2015)



FIGURA 5.107 - COMPACTAÇÃO DO ATERRO P12, S. GENS (19.05.2015)



FIGURA 5.108 - ASPECTO DOS ACESSOS SEM ABGE A1, S. GENS (21.05.2015)



FIGURA 5.109 - PAVIMENTAÇÃO COM ABGE P12, S. GENS (22.05.2015)



FIGURA 5.110 - PAVIMENTAÇÃO COM ABGE P10, S. GENS (17.04.2015)



FIGURA 5.111 - ENSAIO DE CARGA EM PLACA A1, PISCO (17.04.2015)



FIGURA 5.112 - EXECUÇÃO DE PH A1, S. GENS
(13.04.2015)

FIGURA 5.113 - PLATAFORMA CONCLUÍDA P24, S.
GENS (27.04.2015)

No geral, relativamente às pavimentações, deve-se procurar garantir que são colocadas as espessuras de ABGE definidas em projecto, não por questões de resistência a cargas, mas de durabilidade do acesso.

Relativamente às drenagens, não se deve descurar na sua execução, dado o grande impacto que a pluviosidade tem na degradação do acesso. Tanto as drenagens longitudinais como transversais desempenham um papel importantíssimo na manutenção das boas características do pavimento, e não devem ser olhadas como sendo um elemento supérfluo do projecto.

5.2.4 VALAS DE CABOS

A abertura das valas teve início no final de Maio, bem como a passagem de cabos,

Nesta altura já se encontravam em obra as equipas de montagem dos aerogeradores, o que exigiu alguns esforços extra de coordenação dos trabalhos. Isto devido às restrições impostas

pela segurança durante as montagens, nomeadamente o facto se as plataformas em que estavam a decorrer os trabalhos terem períodos em que não podiam ser transitadas, o que condicionava a mobilidade das máquinas e camiões dentro da obra.

As valas acompanham o desenvolvimento dos acessos, situando-se nas laterais destes, ao mesmo nível ou na crista ou saia dos taludes. São de 3 tipos, consoante o número de cabos que passam em cada.

A profundidade mínima das valas é de 1m, sendo constituídas por uma camada de areia em que os cabos são envoltos, 2 níveis com fita e rede plástica de sinalização e 1 nível de lajetas ou placas de PPC, a diferentes cotas. Na Figura 5.114 apresenta-se um corte tipo de uma vala de cabos.

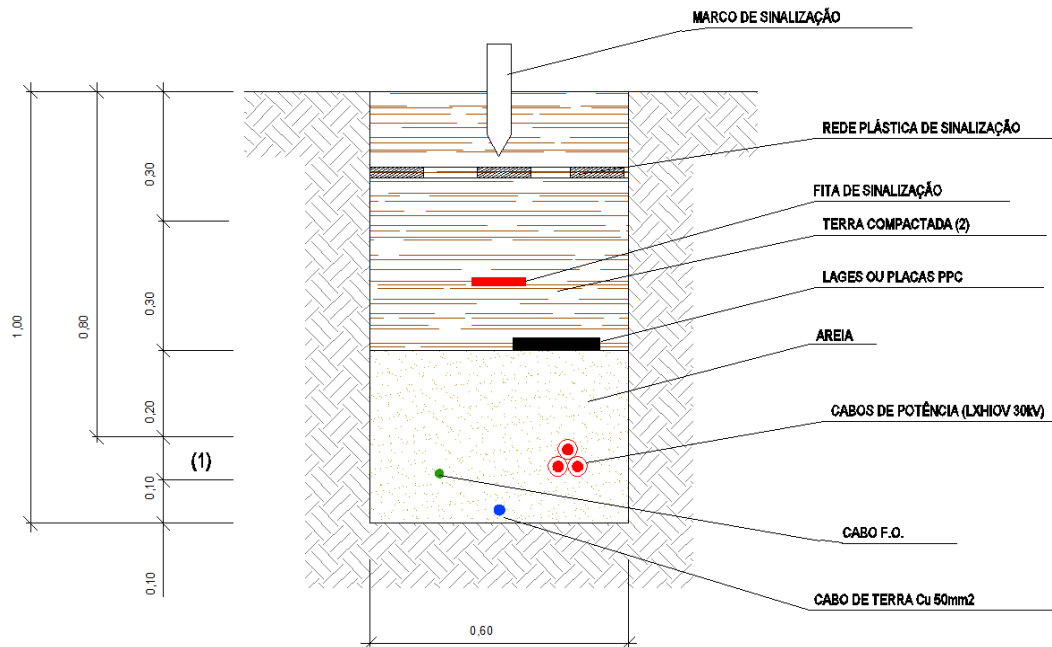


FIGURA 5.114 - CORTE TIPO DE VALA DE CABOS (FONTE: PROJECTO DE EXECUÇÃO)

Serão também executadas passagens transversais em alguns pontos dos acessos, devendo nestas ser colocados negativos em PVC cobertos com betão.

Nas Figura 5.115 a Figura 5.120 apresentam-se alguns registos dos trabalhos de abertura de valas e colocação de cabos de média tensão, fibra óptica e terras.



FIGURA 5.115 - ABERTURA DE VALAS PARA CABOS A6, S. GENS (26.05.2015)



FIGURA 5.116 - ABERTURA DE VALAS PARA CABOS A1, S. GENS (09.06.2015)



FIGURA 5.117 - ABERTURA DE VALAS PARA CABOS A2, PISCO (19.06.2015)



FIGURA 5.118 - COLOCAÇÃO DE CABOS EM VALA A6, S. GENS (23.06.2015)



FIGURA 5.119 - COLOCAÇÃO DE CABOS EM VALA
A10, S. GENS (09.07.2015)



FIGURA 5.120 - UNIÃO DE CABOS MT, S. GENS
(14.07.2015)

Nesta fase tornou-se necessária a intervenção do fiscal da parte eléctrica, dado a especificidade dos trabalhos em questão. De notar também que um dos pontos mais sensíveis de um parque eólico são as uniões de cabos, pelo que a exigência relativamente ao técnico responsável pela sua execução é bastante grande.

Com os cabos colocados, prossegue-se então com o aterro da vala, tendo o cuidado de retirar os agregados de maiores dimensões, que com a compactação do terreno pode ferir a cablagem.

Nas Figura 5.121 e Figura 5.122 é possível ver os níveis de sinalização colocados durante o aterro.



FIGURA 5.121 - ATERRO DA VALA DE CABOS AG18, S. GENS (06.07.2015)



FIGURA 5.122 - ATERRO DA VALA DE CABOS A2, PISCO (14.07.2015)

Com o aterro terminado devem ser colocados marcos de sinalização ao longo das valas, como ilustrado na Figura 5.123.



FIGURA 5.123 - SINALIZAÇÃO DA VALA DE CABOS, S. GENS (24.06.2015)

5.2.5 EDIFÍCIO DE CONTROLO E SUBESTAÇÃO

Os trabalhos associados ao edifício de controlo e subestação tiveram início em Março, tendo as terraplenagens sido desenvolvidas em paralelo com os movimentos de terras para os acessos e fundações de aerogeradores do núcleo do Pisco.

Como referido anteriormente, o edifício de controlo e a subestação devem ser alvo de uma atenção especial, dada a sua importância no parque – sem subestação, a energia produzida pelos aerogeradores não tem qualquer aproveitamento. Dado a grande componente eléctrica associada à subestação, tornou-se necessário o acompanhamento do fiscal da parte eléctrica, numa fase mais avançada.

A construção do edifício por si só não apresenta grande complexidade, sendo na sua essência um edifício semelhante a uma moradia. No Anexo G apresenta-se a planta do edifício de controlo.

Desta forma, a maior exigência associada ao edifício é em termos de planeamento, não querendo isto dizer que a fiscalização da execução pode ser descurada. Alguns equipamentos eléctricos a ser instalados no edifício têm grandes tempos de espera, pelo que se deve garantir que o edifício já se encontra numa fase avançada da construção aquando da chegada dos mesmos. Esta necessidade prende-se essencialmente com exigências da parte do empreiteiro responsável pela montagem da subestação e dos equipamentos eléctricos no edifício, devido a tratarem-se de equipamentos sensíveis e que podem facilmente ser danificados durante os trabalhos de construção civil.

Em termos de prazos, há ainda mais um prazo crítico e que deve obrigatoriamente ser respeitado – o momento de ligação à rede. Esta data é definida em conjunto com o distribuidor

de energia, neste caso a REN, e caso não seja cumprida pode significar a aplicação de multas avultadas ao Dono de Obra.

Da perspectiva da fiscalização, foi necessário intervir em algumas ocasiões durante a construção deste elemento. Logo na fase inicial, a empresa subempreitada para a construção não disponibilizou trabalhadores suficientes para garantir um célere desenrolar dos trabalhos. Esta situação verificou-se por algumas semanas, até que eventualmente a equipa foi reforçada. Nas Figura 5.124 a Figura 5.127 é possível ver os trabalhos iniciais nas fundações.



FIGURA 5.124 - MONTAGEM DE ARMADURAS DAS FUNDAÇÕES SUBESTAÇÃO, PISCO (20.03.2015)



FIGURA 5.125 - COLOCAÇÃO DE BETÃO DE LIMPEZA NAS FUNDAÇÕES SUBESTAÇÃO, PISCO (27.03.2015)



FIGURA 5.126 - COFRAGEM DE FUNDAÇÕES, PISCO
(01.04.2015)



FIGURA 5.127 - BETONAGEM DE FUNDAÇÕES
SUBESTAÇÃO, PISCO (02.04.2015)

Após este início a médio gás, a empresa colocou mais trabalhadores em obra, de maneira a acelerar o desenvolvimento dos trabalhos.

A construção do edifício prosseguiu então com a cofragem e betonagem dos pilares e lajes térreas, passando-se de seguida para a laje superior e cobertura. Nas Figura 5.128 a Figura 5.131 apresentam-se alguns registos da evolução dos trabalhos.



FIGURA 5.128 - COFRAGEM DOS PILARES
SUBESTAÇÃO, PISCO (08.04.2015)



FIGURA 5.129 – MONTAGEM DA REDE DE TERRAS
E IMPERMEABILIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES, PISCO
(15.04.2015)



FIGURA 5.130 - ATERRO DAS FUNDAÇÕES
SUBESTAÇÃO, PISCO (17.04.2015)



FIGURA 5.131 - FUNDAÇÕES ATERRADAS
SUBESTAÇÃO, PISCO (21.04.2015)

No piso térreo são também previstas valas para entrada de cabos no edifício, apresentadas nas Figura 5.132 e Figura 5.133.



FIGURA 5.132 - COFRAGEM DA VALA DE ENTRADA DE CABOS SUBESTAÇÃO, PISCO (23.04.2015)

FIGURA 5.133 - BETONAGEM DO FUNDO DA VALA SUBESTAÇÃO, PISCO (24.04.2015)

Passando à cobertura, o encarregado responsável pela betonagem apresentou sinais de in experiência, pelo que se tornou necessário exigir que fossem tomadas medidas, de maneira a garantir a qualidade do trabalho executado. Neste âmbito, o empreiteiro civil optou por revogar a subempreitada, passando este a ser responsável por continuar os trabalhos de construção do edifício de controlo e da subestação. Nas Figura 5.134 e Figura 5.135 apresentam-se dois registos da betonagem da laje.



FIGURA 5.134 - COFRAGEM DA LAJE DE ESTEIRA
SUBESTAÇÃO, PISCO (18.05.2015)



FIGURA 5.135 - BETONAGEM DA LAJE DE ESTEIRA
SUBESTAÇÃO, PISCO (19.05.2015)

Após a betonagem da laje de esteira e descofragem dos pilares, verificou-se que num dos pilares, devido a uma má vibração do betão, este não encheu por completo a cofragem, ficando este no estado apresentado na Figura 5.136.



FIGURA 5.136 - PILAR MAL BETONADO SUBESTAÇÃO, PISCO (19.05.2015)

Desta forma foi necessário usar um procedimento semelhante ao apresentado no ponto 5.2.2, aplicando-se uma resina para fazer a ligação entre os betões.

Os trabalhos seguintes consistiram na betonagem das lajes inclinadas de cobertura, na aplicação de isolamentos e revestimento exterior, execução das paredes interiores e restantes trabalhos associados ao interior de um edifício – rebocos e pintura, na colocação de revestimento cerâmico no chão e instalações sanitárias e instalação de tubagens.

Nas Figura 5.137 a Figura 5.146 apresentam-se alguns registos dos trabalhos enunciados acima.

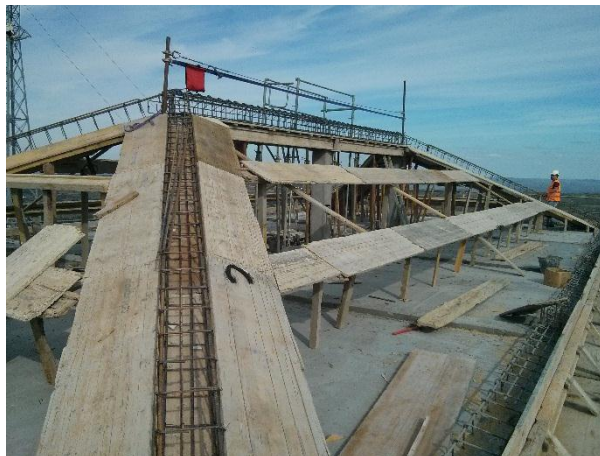


FIGURA 5.137 - COFRAGEM DAS VIGAS E LAJES
DA COBERTURA SUBESTAÇÃO, PISCO
(25.05.2015)



FIGURA 5.138 - MONTAGEM DAS LAJES DE
COBERTURA SUBESTAÇÃO, PISCO (27.05.2015)



FIGURA 5.139 - BETONAGEM DAS LAJES DE COBERTURA SUBESTAÇÃO, PISCO (28.05.2015)



FIGURA 5.140 - EXECUÇÃO DAS PAREDES INTERIORES SUBESTAÇÃO, PISCO (09.06.2015)



FIGURA 5.141 - ACABAMENTO DE PAREDES SUBESTAÇÃO, PISCO (16.06.2015)



FIGURA 5.142 - ASSENTAMENTO DO PAVIMENTO SUBESTAÇÃO, PISCO (18.06.20015)



FIGURA 5.143 - EXECUÇÃO DE PAREDES EXTERIORES SUBESTAÇÃO, PISCO (18.06.2015)



FIGURA 5.144 - REGULARIZAÇÃO DA COBERTURA SUBESTAÇÃO, PISCO (03.07.2015)



FIGURA 5.145 - COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO
SUBESTAÇÃO, PISCO (08.07.2015)



FIGURA 5.146 - EXECUÇÃO DA ALVENARIA
EXTERIOR SUBESTAÇÃO. PISCO (24.07.2015)

Em paralelo com os trabalhos desenvolvidos no edifício de controlo, deu-se também a preparação do parque exterior para a montagem dos equipamentos eléctricos – a subestação propriamente dita. Apesar de ser parte integrante da componente eléctrica da obra, a construção da subestação contempla ainda um elemento de construção civil, nomeadamente na execução das fundações da estrutura metálica de suporte e dos maciços de fundação dos equipamentos.

Apresentam-se de seguida, nas Figura 5.147 a Figura 5.156, alguns registos da evolução da subestação.



FIGURA 5.147 - EXECUÇÃO DE MACIÇOS NO P. EXTERIOR SUBESTAÇÃO, PISCO (18.05.2015)



FIGURA 5.148 - BETONAGEM DE MACIÇOS NO P. EXTERIOR SUBESTAÇÃO, PISCO (20.05.2015)



FIGURA 5.149 - COLOCAÇÃO DE CALEIRAS PARA CABOS SUBESTAÇÃO, PISCO (21.05.2015)



FIGURA 5.150 - TRABALHOS NO PARQUE EXTERIOR SUBESTAÇÃO, PISCO (26.05.2015)



FIGURA 5.151 - MONTAGEM DE PERFIS METÁLICOS SUBESTAÇÃO, PISCO (09.06.2015)



FIGURA 5.152 - MONTAGEM DE PERFIS METÁLICOS SUBESTAÇÃO, PISCO (16.06.2015)



FIGURA 5.153 - CARRIS E MACIÇO DE TRACÇÃO PARA O POSICIONAMENTO DE TRANSFORMADORES SUBESTAÇÃO, PISCO (16.06.2015)



FIGURA 5.154 - TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA (TR) SUBESTAÇÃO, PISCO (17.06.2015)



FIGURA 5.155 - ESPALHAMENTO DE GRAVILHA SUBESTAÇÃO, PISCO (25.06.2015)



FIGURA 5.156 - EXECUÇÃO DE LIGAÇÕES SUBESTAÇÃO, PISCO (16.07.2015)

No momento de término de estágio, o conjunto Edifício de Comando e Subestação encontrava-se como apresentado nas Figura 5.157 e Figura 5.158.



FIGURA 5.157 - EDIFÍCIO DE COMANDO
SUBESTAÇÃO, PISCO (18.07.2015)



FIGURA 5.158 - PARQUE EXTERIOR SUBESTAÇÃO,
PISCO (18.07.2015)

5.2.6 ACESSOS EXTERIORES

Dado normalmente localizarem-se em locais de difícil acesso, torna-se muitas vezes necessário realizar intervenções nos acessos exteriores ao local, de maneira a permitir a passagem dos transportes de componentes dos aerogeradores.

No caso deste parque eólico, esta necessidade verificou-se em especial no núcleo do Pisco.

Os trabalhos realizados, ilustrados nas Figura 5.159 a Figura 5.166 foram essencialmente de alargamento de estradas existentes com pavimentação em ABGE, corte de árvores e desmonte de rotundas e de rochas que impediam a passagem dos transportes em algumas curvas, e tiveram início em Maio.



FIGURA 5.159 - TRABALHOS DE ALARGAMENTO NA VARIANTE, PISCO (20.05.2015)



FIGURA 5.160 - ALARGAMENTO NA VARIANTE, PISCO (20.05.2015)



FIGURA 5.161 - DESMONTE DE ROCHA, PISCO (20.05.2015)



FIGURA 5.162 - PAVIMENTAÇÃO DO ALARGAMENTO COM ABGE, PISCO (22.05.2015)



FIGURA 5.163 - EXECUÇÃO DE DRENAGEM TRANSVERSAL, PISCO (25.05.2015)



FIGURA 5.164 - ESCAVAÇÃO PARA ALARGAMENTO, PISCO (27.05.2015)



FIGURA 5.165 - COMPACTAÇÃO DO ATERRO,
PISCO (01.06.2015)



FIGURA 5.166 - ALARGAMENTO NO INTRADORSO
DE UMA CURVA APERTADA, PISCO (03.06.2015)

5.3 MONTAGEM DE AEROGERADORES

Não sendo o ponto principal do estágio desenvolvido, a presença na construção de um parque eólico possibilita invariavelmente o acompanhamento de trabalhos de um foro bastante particular, nomeadamente de montagem dos aerogeradores.

Todo o trabalho desenvolvido nos acessos do parque e exteriores tem por objectivo possibilitar a passagem dos transportes com os componentes das máquinas. Este transporte é alvo de um teste em que os camiões passam pelos acessos até às plataformas de montagem, a chamada “prova em vazio”. Este ensaio geral tem por objectivo verificar a existência de situações pontuais que ainda necessitem de ser intervencionadas de maneira a permitir a passagem das pás.

Nas Figura 5.167 a Figura 5.170 apresentam-se alguns registos desta prova, bem como um exemplo de uma situação em que se verificou a necessidade de subir a cota do acesso, de maneira a permitir a passagem do camião.



FIGURA 5.167 - PROVA EM VAZIO, PISCO
(09.06.2015)



FIGURA 5.168 - PROVA EM VAZIO, PISCO
(09.06.2015)



FIGURA 5.169 - PONTO A SER INTERVENCIONADO,
PISCO (09.06.2015)



FIGURA 5.170 - PONTO A SER INTERVENCIONADO,
PISCO (09.06.2015)

Após se proceder à resolução de eventuais situações que não permitissem a passagem dos camiões, é possível passar efectivamente ao transporte dos componentes para a obra, onde são posteriormente descarregados nas plataformas, conforme apresentado nas Figura 5.171 a Figura 5.178.



FIGURA 5.171 - TRANSPORTE DE UM TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (27.04.2015)



FIGURA 5.172 - TRANSPORTE DA NACELLE, S. GENS (27.04.2015)



FIGURA 5.173 - DESCARGA DE UM TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (28.04.2015)



FIGURA 5.174 - TRAMOS DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (29.04.2015)



FIGURA 5.175 - NACELLE, S. GENS (29.04.2015)



FIGURA 5.176 - SET DE PÁS (56M), S. GENS (14.05.2015)



FIGURA 5.177 - HUB, S. GENS (18.05.2015)



FIGURA 5.178 - TRANSPORTE DE PÁ (56M), S. GENS (09.06.2015)

De seguida é possível então passar à pré-montagem. Esta consiste no levantamento e montagem dos primeiros 3 tramos da torre de sustentação em S. Gens, e 2 no Pisco.

São utilizadas 2 guias para colocar os tramos em posição, conforme ilustrado nas Figura 5.179 a Figura 5.182.



FIGURA 5.179 - LEVANTAMENTO DO 1º TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (20.05.2015)



FIGURA 5.180 - POSICIONAMENTO DO 1º TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (20.05.2015)



FIGURA 5.181 - LEVANTAMENTO DO 3º TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S. GENS (04.06.2015)



FIGURA 5.182 - MONTAGEM DO 3º TRAMO DA TORRE DE SUSTENTAÇÃO, S GENS (04.06.2015)

De seguida é montada na plataforma uma grua de 1200 ton, com a qual é montado o último tramo e os restantes componentes – nacelle, rotor e pás, designando-se este momento por montagem final.

No Quadro 5.2 apresentam-se as características principais da grua utilizada.

QUADRO 5.2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA GRUA PARA A MONTAGEM FINAL (FONTE: [HTTP://WWW.LIEBHERR.COM/](http://www.liebherr.com/))

LTM 11200-9.1	
Capacidade máxima de carga no alcance	1.200t num raio de 2,5 m
Lança telescópica	18,3 m - 100 m
Motor do veículo / potência	Liebherr, 8 cilindros Turbo-Diesel, 500 kW
Motor do guindaste / potência	Liebherr, 6-cilindros- Turbo-Diesel, 240 kW
Velocidade de trânsito	75 km/h
Peso operacional	108 t
Contrapeso total	202 t

As dimensões da grua são as apresentadas na Figura 5.183.

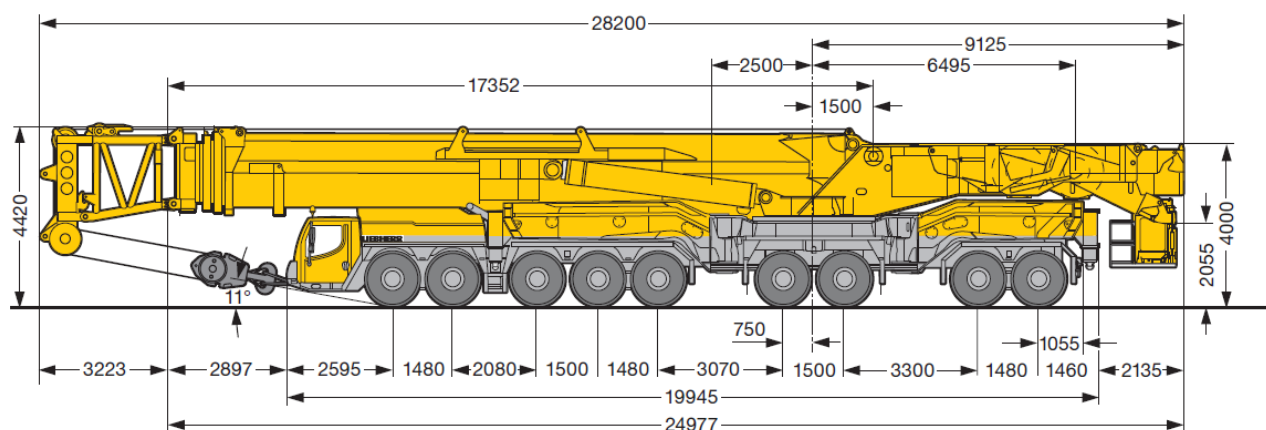


FIGURA 5.183 - DIMENSÕES DA GRUA LTM 11200-9.1, EM MILÍMETROS (FONTE: [HTTP://WWW.LIEBHERR.COM/](http://www.liebherr.com/))

Apresentam-se de seguida, nas Figura 5.184 a Figura 5.191, algumas fotografias ilustrativas desta fase da montagem.



FIGURA 5.184 - MONTAGEM DA GRUA PRINCIPAL,
S. GENS (15.05.2015)



FIGURA 5.185 - SUBIDA DA NACELE, S. GENS
(01.06.2015)



FIGURA 5.186 - SUBIDA DA NACELE, S. GENS
(01.06.2015)



FIGURA 5.187 - MONTAGEM DO ROTOR, S. GENS
(29.05.2015)



FIGURA 5.188 - MONTAGEM DAS PÁS, S. GENS
(02.06.2015)



FIGURA 5.189 - MONTAGEM DAS PÁS, S. GENS
(02.06.2015)



FIGURA 5.190 - MONTAGEM DAS PÁS, S. GENS
(27.05.2015)



FIGURA 5.191 - MONTAGEM DAS PÁS, S. GENS
(20.05.2015)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No final do estágio, o balanço é 100% positivo.

A nível pessoal, tratou-se de uma experiência enriquecedora, dada a possibilidade de integrar uma equipa de profissionais experientes de diversas áreas técnicas associadas à construção de um parque eólico.

Ao nível dos objectivos propostos para o estágio em questão, verificou-se o cumprimento dos mesmos. Graças ao tempo passado nesta obra, foi possível desenvolver diversos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do mestrado em Engenharia Civil, sendo ainda possível adquirir novos conhecimentos práticos relativos à execução de todos os elementos constituintes de um parque eólico.

Em jeito de conclusão, de salientar uma vez mais a importância do planeamento numa obra onde se inserem projectos de especialidades diferentes, ambas essenciais ao cumprimento dos objectivos do parque. No caso do projecto da parte civil – acessos, plataformas e edifício de comando – tem-se a base e o suporte de um forte investimento. O custo da obra civil representa apenas uma pequena fracção do valor necessário à implantação de um parque eólico, estando a maior fatia associado aos aerogeradores, e o restante às instalações eléctricas. Seria no entanto impossível realizar a montagem destas máquinas sem primeiro possibilitar a sua chegada ao local, por norma de difícil acesso, através da abertura dos acessos e da execução das plataformas. Uma correcta execução destes elementos, em conjunto com um planeamento bem medido, são a base do sucesso e da garantia de retorno do investimento efectuado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Associação Portuguesa de Energias Renováveis. (2014). *Dados Técnicos – Dados Nacionais*. [Em linha]. Disponível em <http://www.apren.pt/pt/dados-tecnicos-3/dados-nacionais-2>. [consultado em Abril de 2015]
- [2] CT 104 (ATIC). (2007). *NP EN 206-1. Betão Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade*, Caparica
- [3] CT 104 (ATIC). (2007). *NP ENV 13670-1. Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais*, Caparica
- [4] CT 104 (ATIC). (2008). *NP ENV 13670-1 Emenda 1. Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais*, Caparica
- [5] CT 115 (LNEC). (2010). *NP EN 1992-1-1. Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios*, Caparica
- [6] Direcção-Geral da Energia e Geologia. (2008). *Renováveis. Estatísticas rápidas n.º 43*, Setembro, Lisboa
- [7] Direcção-Geral da Energia e Geologia. (2014). *Renováveis. Estatísticas rápidas n.º 122*, Dezembro, Lisboa
- [8] Direcção-Geral da Energia e Geologia. (2015). *Renováveis. Estatísticas rápidas n.º 123*, Janeiro, Lisboa
- [9] Direcção-Geral da Energia e Geologia. (2015). *Renováveis. Estatísticas rápidas n.º 125*, Março, Lisboa

- [10] Estanqueiro, A. e Costa, P (2010). *Energia Eólica Offshore. Levantamento do potencial do país, limitações e soluções tecnológicas*, Lisboa
- [11] Ferreira, J. M. e Martins, F. R. (2009). *Ventos de Mudança. A Energia Eólica em Portugal*, Lisboa
- [12] Global Wind Energy Council. (2014). *Global Statistics*. [Em linha]. Disponível em <http://www.gwec.net/global-figures/graphs>. [consultado em Abril de 2015]
- [13] Ministério da Habitação Obras Públicas e Transportes. (1983). *Decreto Lei 349-C/83, de 30 de Julho. Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado*, Lisboa
- [14] Pinho, A. M. (2008). *Gestão de Projectos de Parques Eólicos. Contributos para melhoria do processo*, Porto
- [15] Scottish Renewables et al. (2010). *Good practice during windfarm construction, Version 1*
- [16] Silva, C. A. S. et al. (2008). *RoadMap para as Energias Renováveis Offshore em Portugal*, Lisboa
- [17] World Wind Energy Association. (2013). *Key Statistics of World Wind Energy Report 2013, Abril*, Xangai
- [18] World Wind Energy Association. (2014). *2014. Half-year Report*, Setembro

ANEXOS

Anexo A – Levantamento topográfico do núcleo do Pisco

Anexo B – Levantamento topográfico do núcleo de S. Gens

Anexo C – Perfil transversal tipo

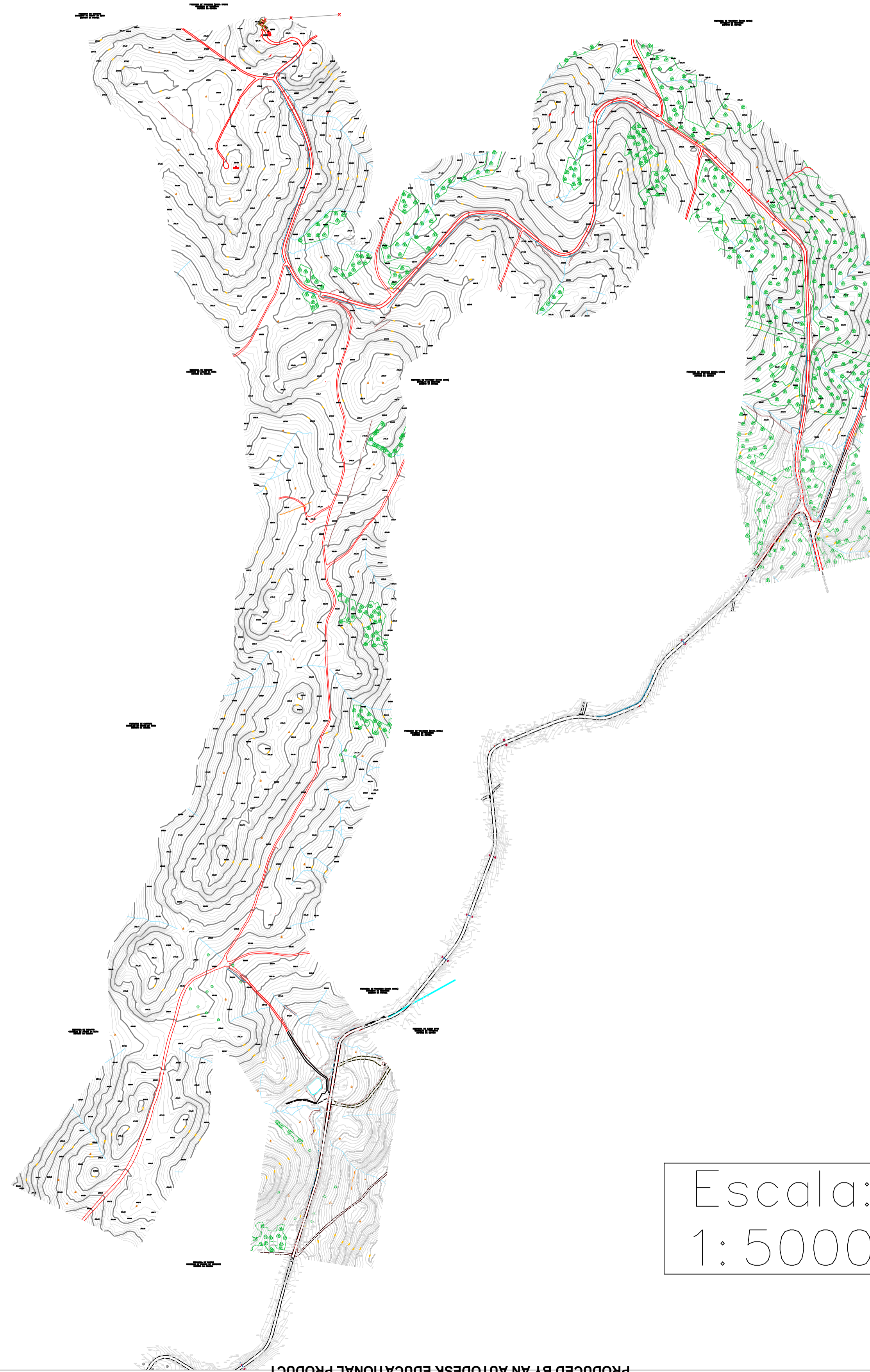
Anexo D – Relatório de ensaios de carga em placa

Anexo E – Desenhos de uma fundação

Anexo F – Planta do edifício de comando

ANEXO A

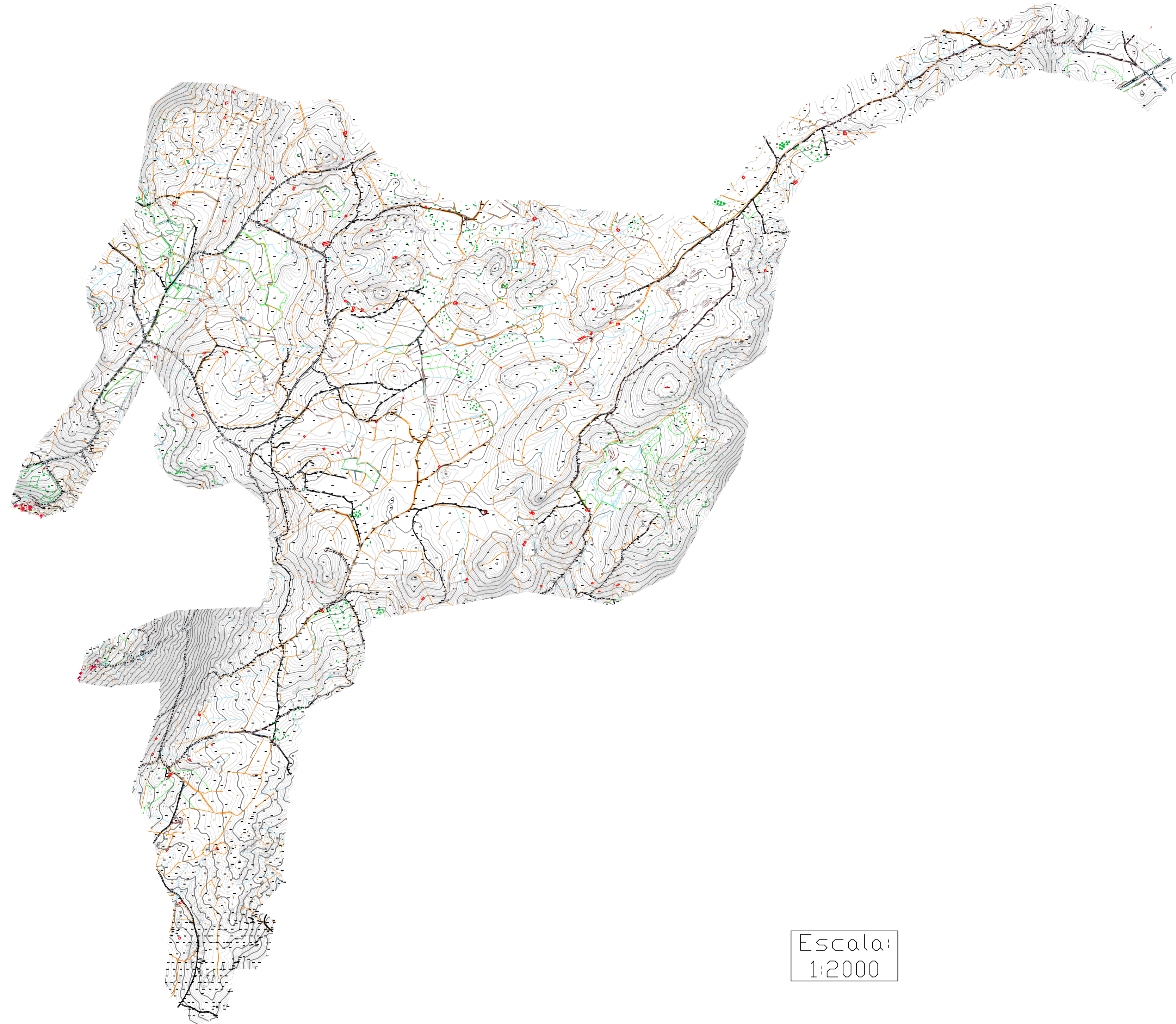
Núcleo do Pisco



Escala:
1:5000

ANEXO B

Núcleo de S. Gens

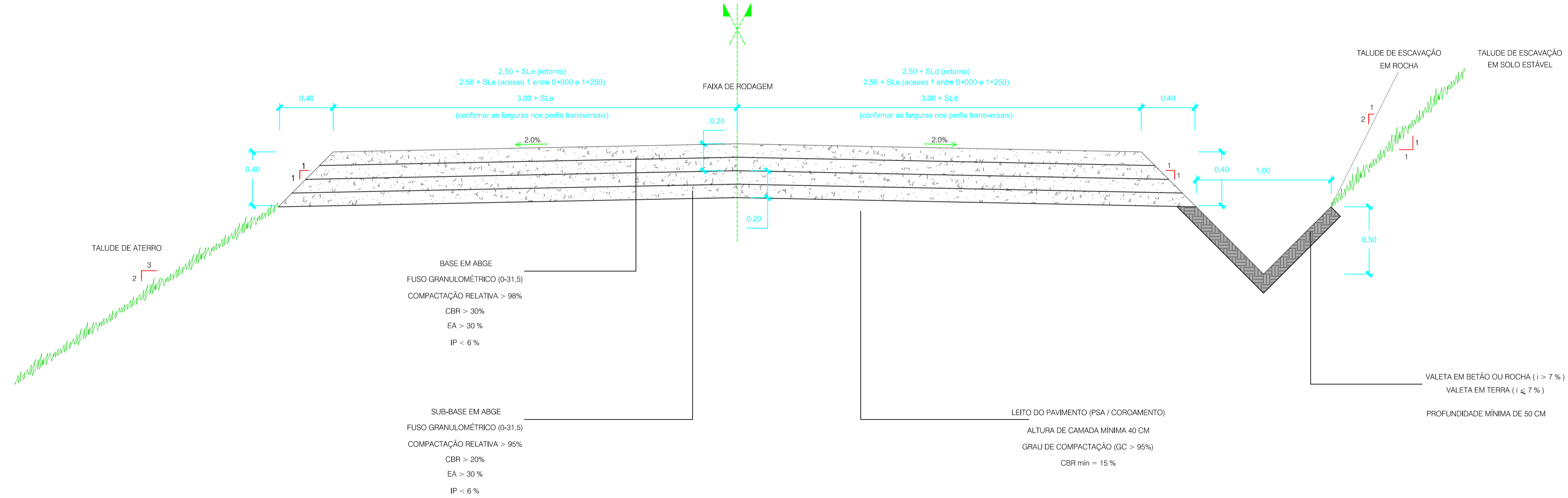


Escala:
1:2000

ANEXO C

PERFL TRANSVERSAL TIPO DOS ACESSOS

EM RECTA ACIMA ABAIXO DOS 10 % OU EM CURVA ABAIXO DOS 7%
PAVIMENTO EM ABGE



Escala:
1:20

ANEXO D

RELATÓRIO Nº 2015.0105**Data** 2015-01-30

Requerente Sorcopena Construção e Obras Públicas, Lda
Rua D. Nuno Álvares Pereira, Apartado 19
4870-160 Ribeira de Pena

Obra Sebadelhe da Serra - Trancoso

Referência da(s) amostra(s) Solos

Data de recolha da amostra 2015-01-28
(A amostragem não está incluída no âmbito da acreditação)

Local de recolha da amostra Sebadelhe da Serra

Data de recepção da(s) amostra(s) 2015-01-28

Ensaio(s) realizado(s) Carga em Placa (*); Determinação Teor em Água - NP 84:1965

Nota: (*) Ensaio fora do âmbito da acreditação.

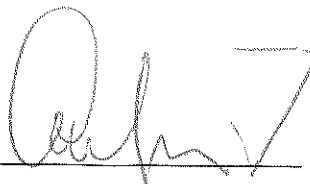
Boletins em anexo 2015010501 a 2015010504

Obs. _____



O Diretor Técnico

Carla Guimarães



O Responsável do Laboratório

Ana Ferreira

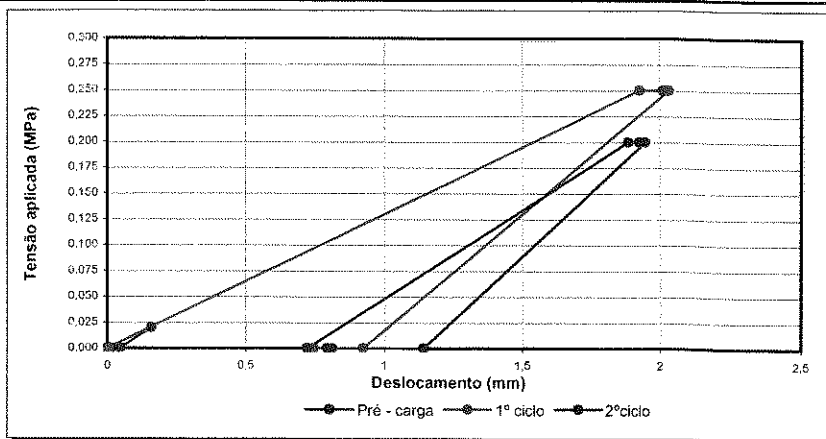


Os resultados apresentados neste relatório dizem apenas respeito aos itens ensaiados e só podem ser reproduzidos na íntegra.

Boletim Nº: 2015010501
Data: 30-01-2015
Página 1/1
Ensaio: Ensaio de carga com Placa - NF P 94 -117:2000

Data de ensaio	28-01-2015
Material ensaiado	Solos
Localização do ensaio	Eixo 1 P.K. 1+425
Teor em água no local de ensaio (%)	8,1

Ajuste de carga			1º ciclo de carga			2º ciclo de carga		
Força (kN)	Tensão (MPa)	Assentamento (mm)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Assentamento (mm)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Assentamento (mm)
0	0	0	---	---	---	---	---	---
5,0	0,02	0,160	70,7	0,25	1,929	56,5	0,2	1,886
5 (1')	0,02	0,160	70,7 (1')	0,25	2,013	56,5 (1')	0,2	1,926
5 (2')	0,02	0,160	70,7 (2')	0,25	2,024	56,5 (2')	0,2	1,931
5 (3')	0,02	0,160	70,7 (3')	0,25	2,037	56,5 (3')	0,2	1,948
5 (4')	0,02	0,160	70,7 (4')	0,25	2,037	56,5 (4')	0,2	1,948
5 (5')	0,02	0,160	70,7 (5')	0,25	2,037	56,5 (5')	0,2	1,948
Descarga	0	0,047	Descarga	0	0,924	Descarga	0	1,140
(1')	0,0	0,012	(1')	0,0	0,745	(1')	0,0	0,810
(2')	0,0	0,004	(2')	0,0	0,727	(2')	0,0	0,793
(3')	0,0	0,004	(3')	0,0	0,721	(3')	0,0	0,793
(4')	0,0	0,004	(4')	0,0	0,721	(4')	0,0	0,793
(5')	0,0	0,004	(5')	0,0	0,721	(5')	0,0	0,793



Diâmetro da Placa	(mm)	600
Área da placa	(cm ²)	2827
Coefficiente de Poisson		0,35
EV1 - Módulo de deformabilidade (1º ciclo de carga)	(MPa)	51
EV2 - Módulo de deformabilidade (2º ciclo de carga)	(MPa)	67
K = EV2 / EV1		1,33

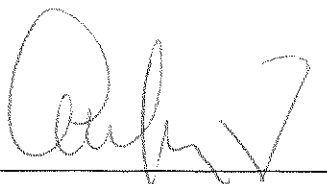
Observações: ----

Este Boletim de ensaio é parte integrante do Relatório de ensaio Nº 20150105

Operador: ----

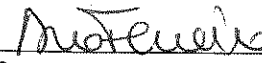
O Diretor Técnico

Carla Guimarães



O Responsável do Laboratório

Ana Ferreira



Os resultados apresentados neste relatório dizem apenas respeito aos itens ensaiados e só podem ser reproduzidos na íntegra.

Boletim Nº: 2015010502

Data: 30-01-2015

Página 1/1

Ensaio: Determinação do Teor em Água - NP 84:1965

Data do Ensaio		29-01-2015
m1 - Peso da cápsula	(g)	359,70
m2 - Peso da cápsula + solo húmido	(g)	2543,40
m3 - Peso da cápsula + solo seco	(g)	2380,00
W - Teor em água do provete $W = ((m_2 - m_3) / (m_3 - m_1)) * 100$	(%)	8,1

Observações: Carga com placa nº 2015010501.

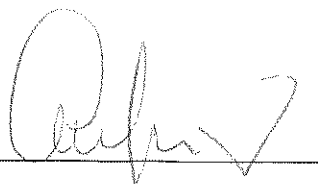
Este Boletim de ensaio é parte integrante do Relatório de ensaio Nº 20150105

Operador: Celio Santos



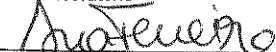
O Diretor Técnico

Carla Guilmerães



O Responsável do Laboratório

Ana Ferreira

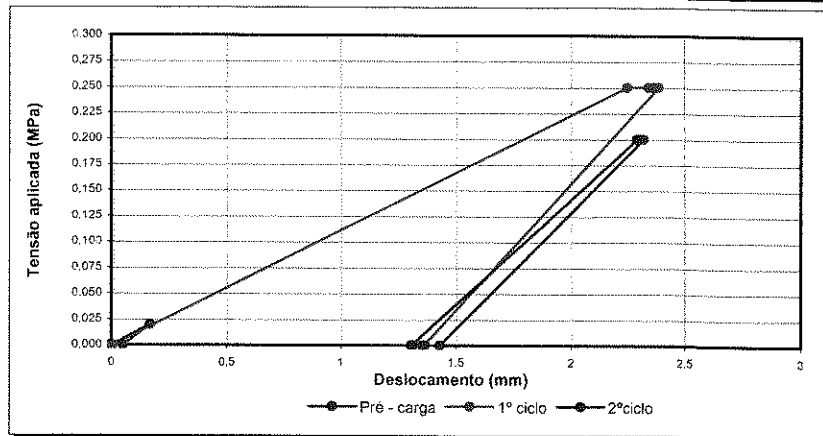


Os resultados apresentados neste relatório dizem apenas respeito aos itens ensaiados e só podem ser reproduzidos na íntegra.

Ensaio: Ensaio de carga com Placa - NF P 94 -117:2000

Data de ensaio	28-01-2015
Material ensaiado	Solos
Localização do ensaio	Eixo 1 P.K. 2+112,5
Teor em água no local de ensaio (%)	7,1

Ajuste de carga			1º ciclo de carga			2º ciclo de carga		
Força (kN)	Tensão (MPa)	Assentamento (mm)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Assentamento (mm)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Assentamento (mm)
0	0	0	---	---	---	---	---	---
5,0	0,02	0,166	70,7	0,25	2,247	56,5	0,2	2,289
5 (1')	0,02	0,166	70,7 (1')	0,25	2,340	56,5 (1')	0,2	2,300
5 (2')	0,02	0,166	70,7 (2')	0,25	2,365	56,5 (2')	0,2	2,317
5 (3')	0,02	0,166	70,7 (3')	0,25	2,384	56,5 (3')	0,2	2,317
5 (4')	0,02	0,166	70,7 (4')	0,25	2,384	56,5 (4')	0,2	2,317
5 (5')	0,02	0,166	70,7 (5')	0,25	2,384	56,5 (5')	0,2	2,317
Descarga	0	0,051	Descarga	0	1,362	Descarga	0	1,428
(1')	0,0	0,001	(1')	0,0	1,315	(1')	0,0	1,360
(2')	0,0	0,006	(2')	0,0	1,308	(2')	0,0	1,355
(3')	0,0	0,006	(3')	0,0	1,304	(3')	0,0	1,352
(4')	0,0	0,006	(4')	0,0	1,304	(4')	0,0	1,352
(5')	0,0	0,006	(5')	0,0	1,304	(5')	0,0	1,352



Diâmetro da Placa	(mm)	600
Área da placa	(cm ²)	2827
Coefficiente de Poisson		0,35
EV1 - Módulo de deformabilidade (1º ciclo de carga)	(MPa)	43
EV2 - Módulo de deformabilidade (2º ciclo de carga)	(MPa)	82
K = EV2 / EV1		1,88

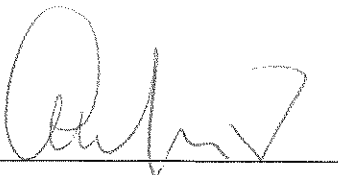
Observações: -----

Este Boletim de ensaio é parte integrante do Relatório de ensaio N° 20150105

Operador: -----


O Diretor Técnico

Carla Guimarães



O Responsável do Laboratório

Ana Ferreira



Os resultados apresentados neste relatório dizem apenas respeito aos itens ensaiados e só podem ser reproduzidos na íntegra.

Ensaio: Determinação do Teor em Água - NP 84:1965

Data do Ensaio		29-01-2015
m1 - Peso da cápsula	(g)	346,80
m2 - Peso da cápsula + solo húmido	(g)	4783,10
m3 - Peso da cápsula + solo seco	(g)	4489,30
W - Teor em água do provete $W = ((m_2 - m_3) / (m_3 - m_1)) * 100$	(%)	7,1

Observações: Carga com placa nº 2015010503.

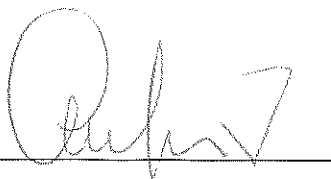
Este Boletim de ensaio é parte integrante do Relatório de ensaio Nº 20150105

Operador: Celio Santos



O Diretor Técnico

Carla Guimarães



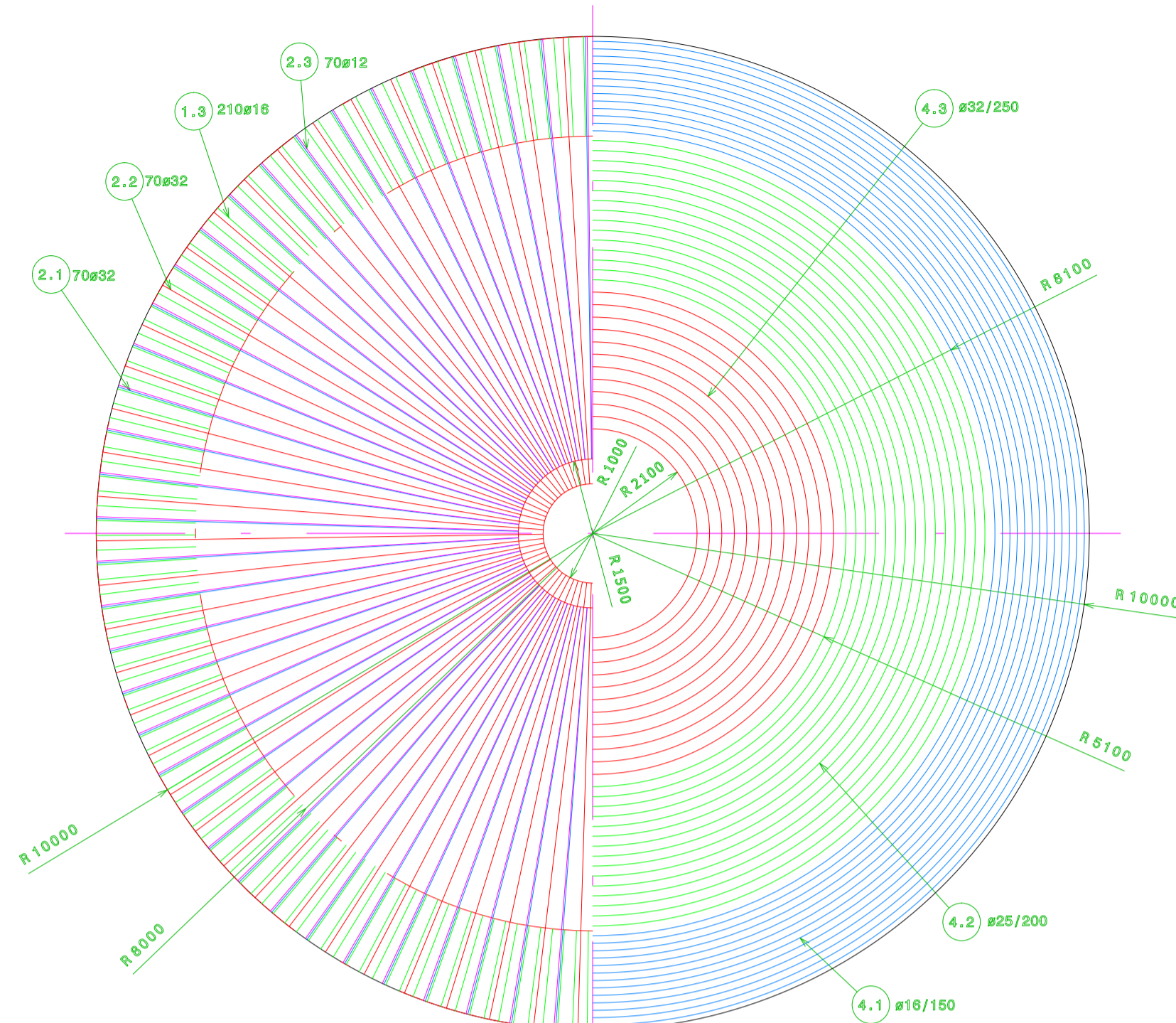
O Responsável do Laboratório

Ana Ferreira



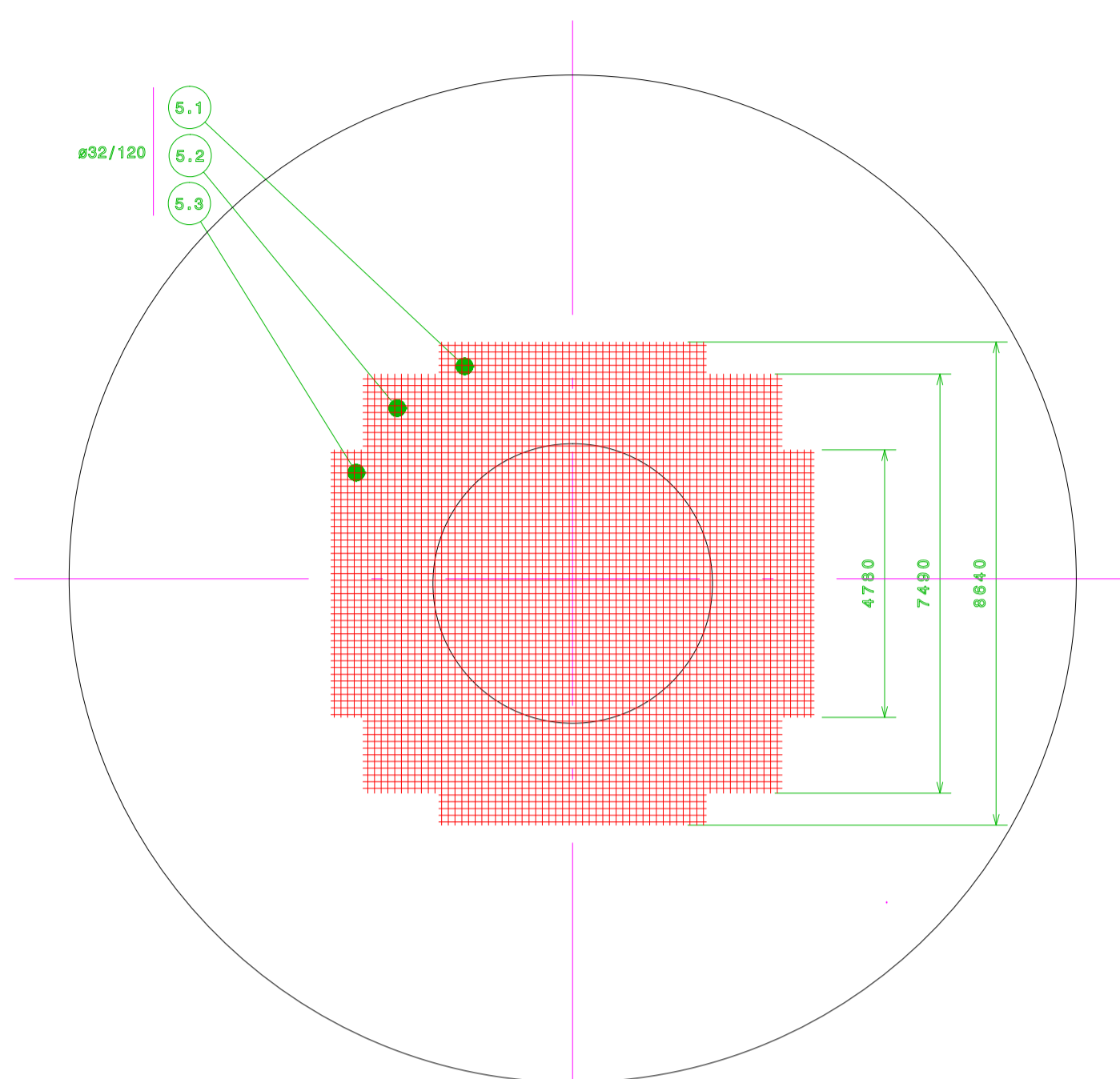
Os resultados apresentados neste relatório dizem apenas respeito aos itens ensaiados e só podem ser reproduzidos na íntegra.

ANEXO E

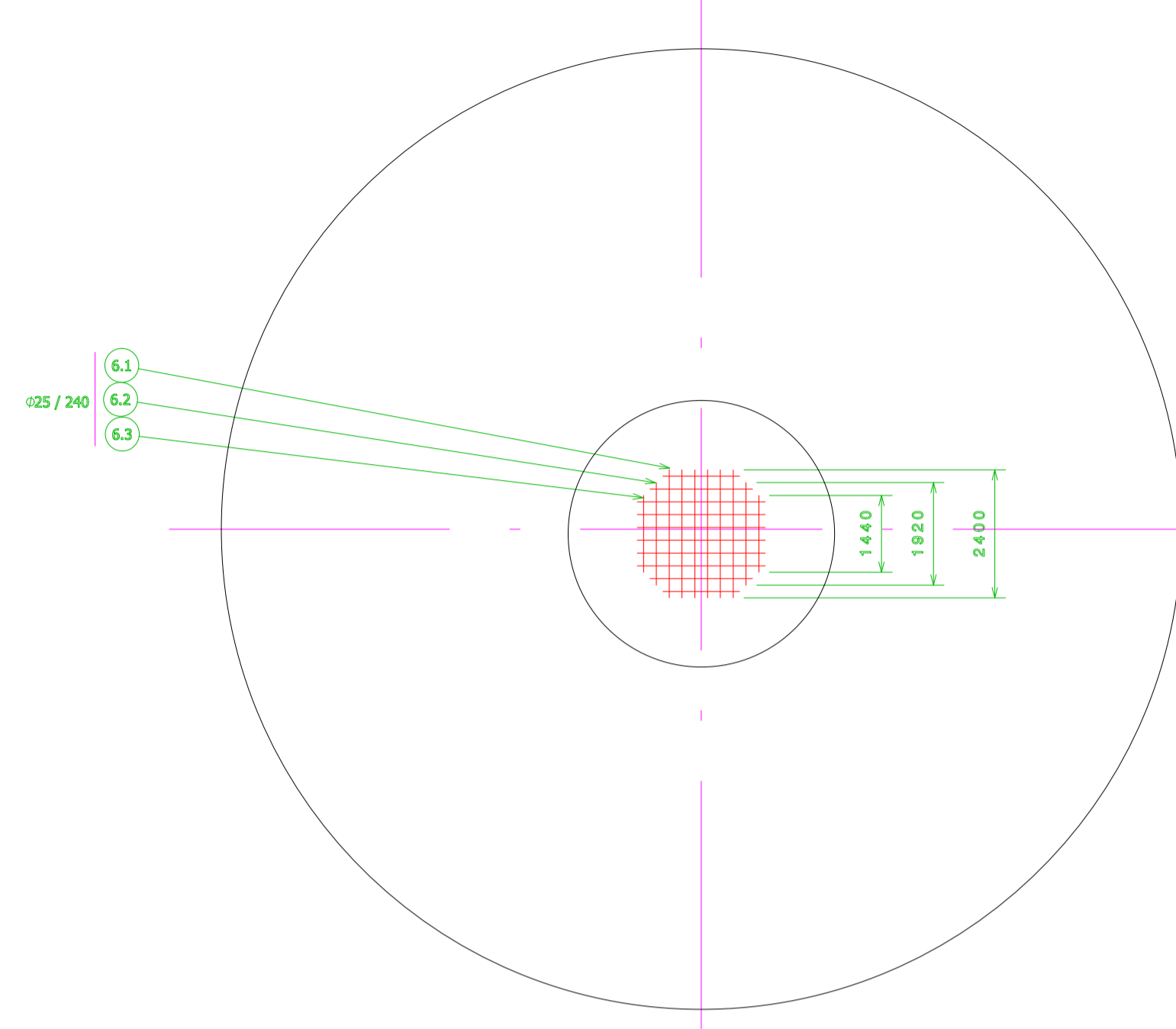


REFUERZO INFERIOR EN ZAPATA
LOWER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT

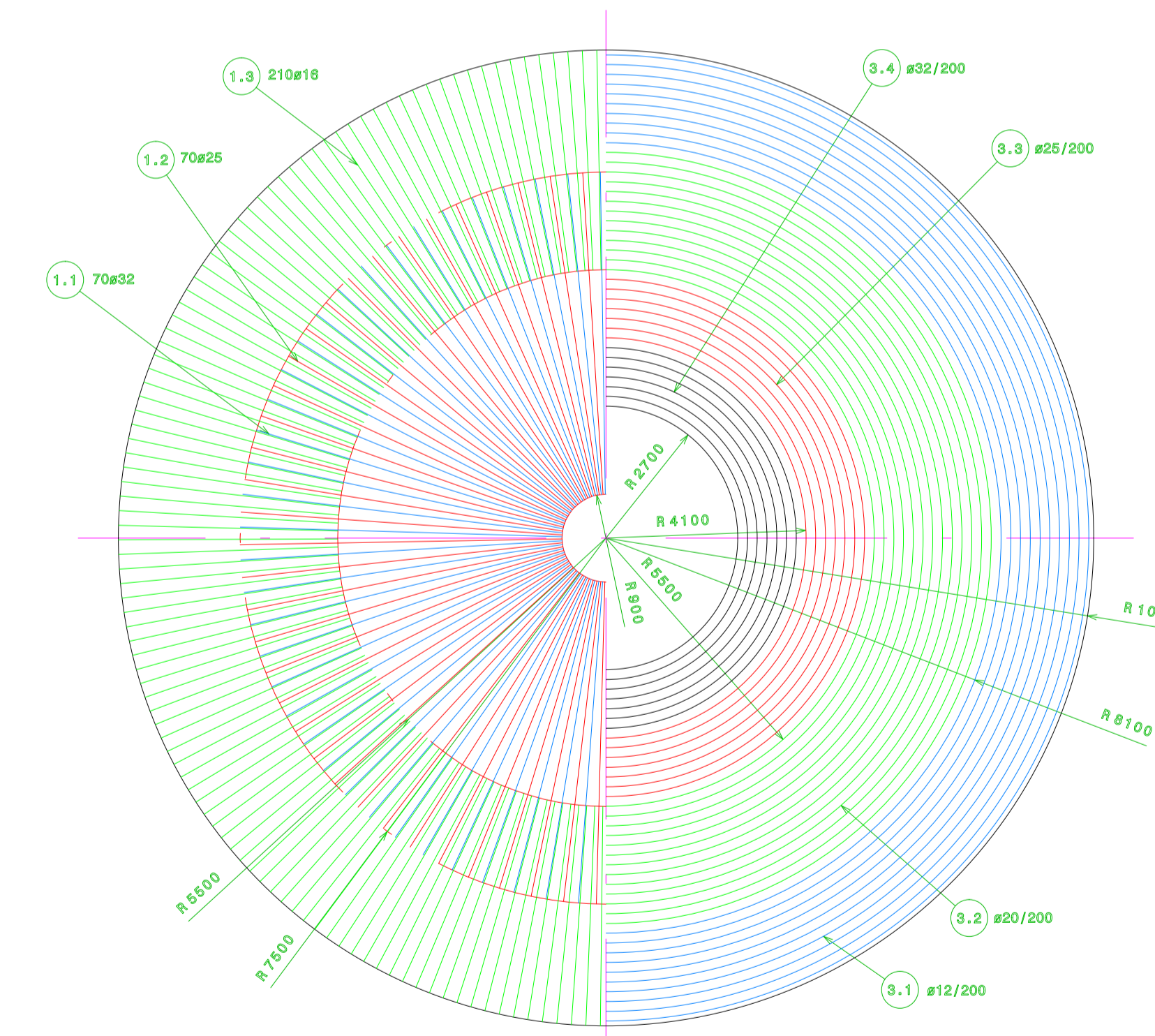
ITEM	UNIDADES UNITS	RADIO RADIUS (mm)	LONGITUD LENGTH (mm)	DIAMETRO DIAMETER (mm)	PESO WEIGHT (KG)
4,1	6	9900	11230	18	109,3
	6	9750	11070	18	104,8
	6	9600	10920	18	103,4
	6	9450	10760	18	101,9
	6	9300	10600	18	100,4
	6	9150	10440	18	98,9
	6	9000	10280	18	97,4
	5	8850	11980	18	94,2
	5	8700	11800	18	93,1
	5	8550	11610	18	91,5
4,2	5	8400	11420	18	89,1
	5	8250	11230	18	88,8
	5	8100	11040	18	87,1
	5	7950	11000	25	217,1
	5	7700	10750	25	212,3
	5	7500	10500	25	207,5
	5	7300	10250	25	202,7
	5	7100	10000	25	197,9
	4	6900	11820	25	193,1
	4	6700	11600	25	189
4,3	3	6500	11290	25	179,2
	3	6300	10870	25	173,2
	4	6100	10850	25	168,5
	4	5900	10340	25	163,5
	4	5700	10030	25	158,8
	4	5500	9720	25	153,8
	4	5300	9400	25	149
	3	5100	11750	25	144,3
	3	4850	11500	32	225
	3	4800	10890	32	215



PARRILLA REFUERZO INFERIOR EN ZAPATA
LOWER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT

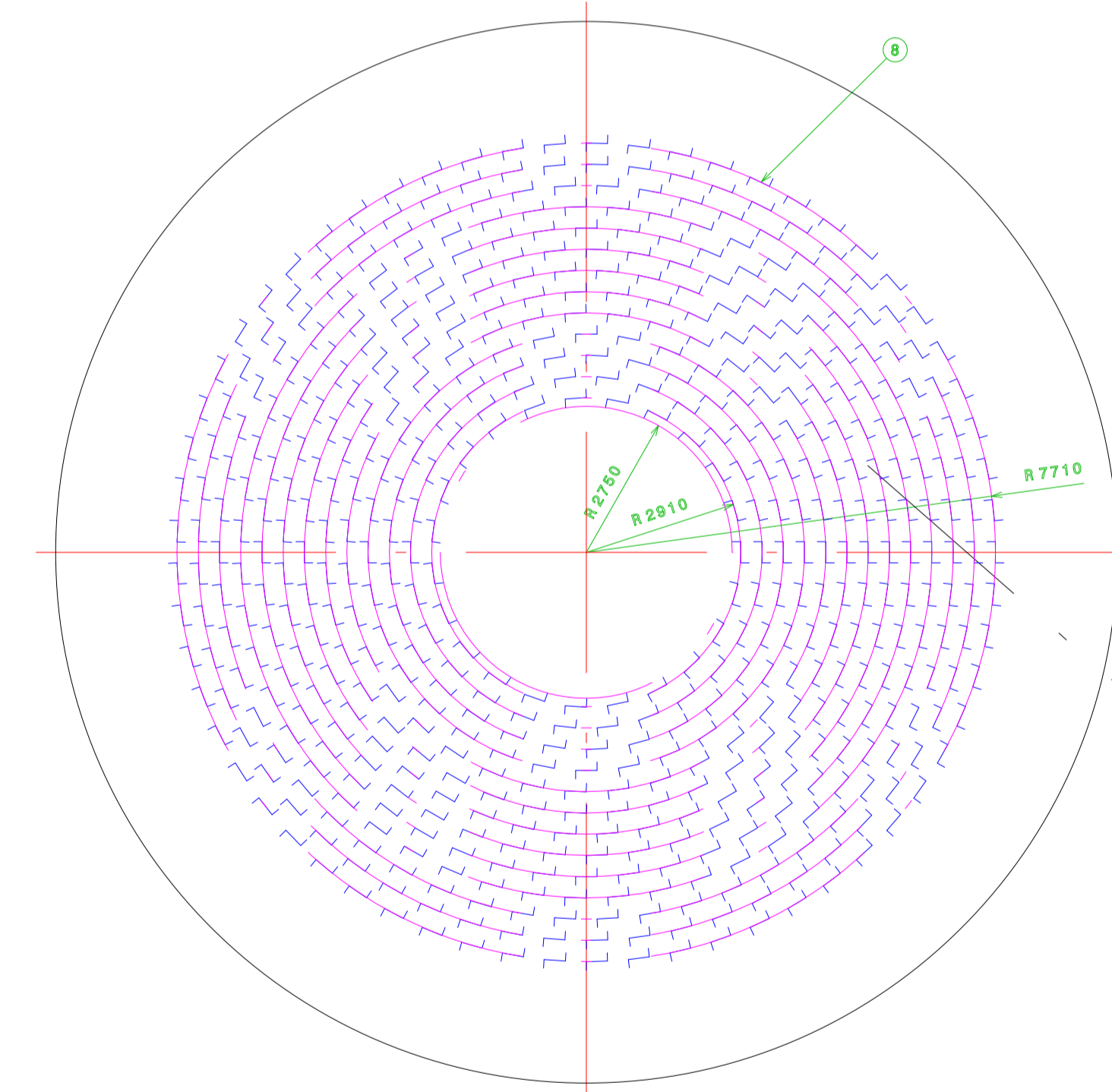


PARRILLA REFUERZO SUPERIOR EN ZAPATA
UPPER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT

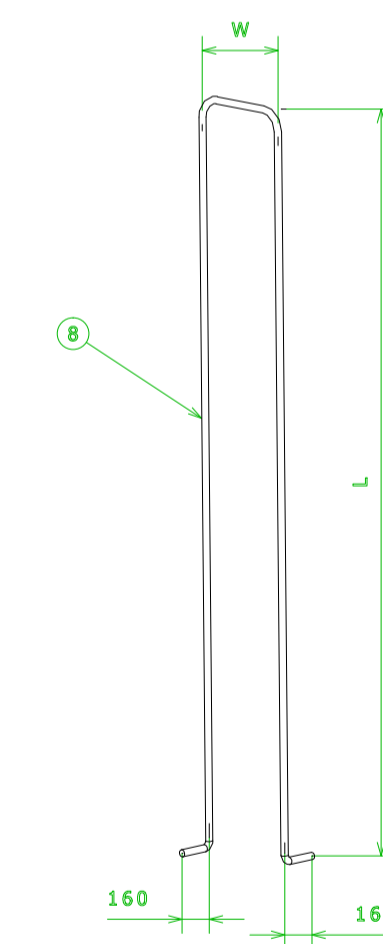
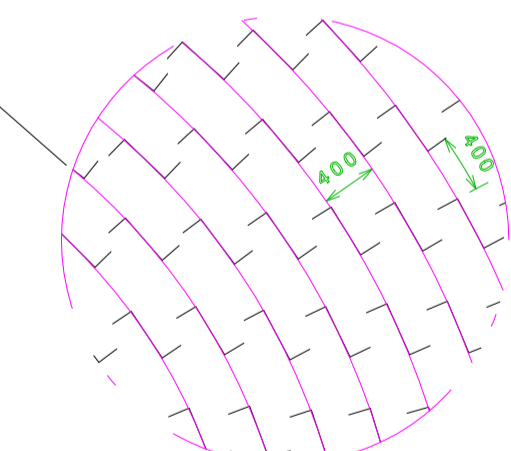


REFUERZO SUPERIOR EN ZAPATA
UPPER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT

ITEM	UNIDADES UNITS	RADIO RADIUS (mm)	LONGITUD LENGTH (mm)	DIAMETRO DIAMETER (mm)	PESO WEIGHT (KG)
0,1	6	9900	11230	12	80,1
	6	9700	11080	12	69
	6	9500	10970	12	57,9
	6	9300	10890	12	69,8
	6	9100	10450	12	55,7
	6	8900	10240	12	54,5
	5	8700	11890	12	52,9
	5	8500	11610	12	51,5
	5	8300	11360	12	50,4
	5	8100	11100	12	49,3
0,2	5	7900	11480	20	141,3
	5	7700	11210	20	138,2
	5	7500	10980	20	135,1
	5	7300	10710	20	132,1
	5	7100	10480	20	129
	5	6900	10210	20	125,9
	5	6700	9960	20	122,8
	4	6500	11750	20	119,9
	4	6300	11430	20	112,8
	4	6100	11120	20	109,7
0,3	4	5900	10800	20	105,5
	4	5700	10480	20	103,5
	4	5500	10180	20	100,4
	4	5300	10240	25	157,8
	4	5100	9830	25	153,1
	3	4900	8520	25	148,3
	3	4700	11780	25	135,9
	3	4500	11340	25	131,1
	3	4300	10930	25	126,4
	3	4100	10510	25	121,5
0,4	3	3900	10620	32	201,1
	3	3700	10210	32	193,4
	3	3500	9790	32	185,4
	3	3300	9370	32	177,5
	3	3100	8950	32	169,5



ITEM	UNIDADES UNITS	RADIO RADIUS (mm)	W	L	LONGITUD LENGTH (mm)	DIAMETRO DIAMETER (mm)	PESO WEIGHT (KG)
8	23	2910	400	2280	8180	18	188,88
	26	3310	400	2120	4980	18	209,52
	29	3710	400	2010	4740	18	217,99
	32	4110	400	1900	4520	18	230,28
	35	4510	400	1780	4300	18	240,4
	38	4910	400	1680	4080	18	248,53
	42	5310	400	1570	3880	18	254,08
	45	5710	400	1480	3640	18	257,85
	48	6110	400	1350	3420	18	259,03
	51	6510	400	1200	3180	18	256,82
8	54	6910	400	1120	2980	18	253,55
	57	7310	400	1010	2740	18	248,28
	61	7710	400	900	2520	18	240,85



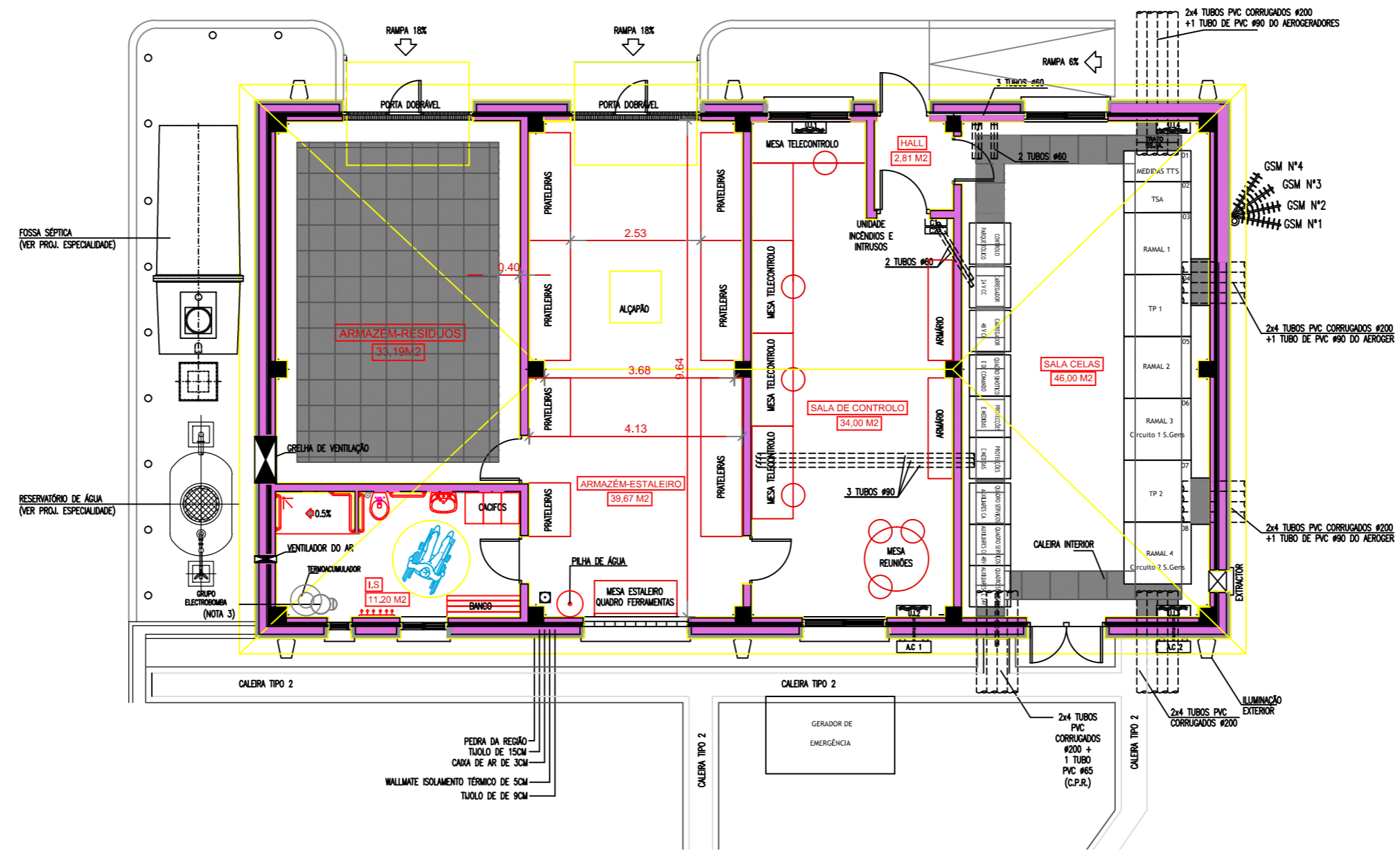
Escala:
1:100

ITEM	UNIDADES UNITS	DESCRIPCION DESCRIPTION	FORMA O CÓDIGO SHAPE OR CODE	DIAMETRO DIAMETER	LONGITUD LENGTH	MATERIAL MATERIAL	PESO TOTAL TOTAL WEIGHT
1.1	70	ARMADURA RADIAL SUPERIOR / UPPER RADIAL REINFORCEMENT		32	6860	B 500 S	3032
1.2	70	ARMADURA RADIAL SUPERIOR / UPPER RADIAL REINFORCEMENT		25	6860	B 500 S	1850
1.3	210	HORQUILLA / FORK		16	6900	B 500 S	2287
2.1	70	ARMADURA RADIAL INFERIOR / LOWER RADIAL REINFORCEMENT		32	8400	B 500 S	3712
2.2	70	ARMADURA RADIAL INFERIOR / LOWER RADIAL REINFORCEMENT		32	8900	B 500 S	3933
2.3	70	ARMADURA RADIAL INFERIOR / LOWER RADIAL REINFORCEMENT		12	8400	B 500 S	522
3.1	56	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL SUPERIOR UPPER CIRCUMFERENTIAL REINFORCEMENT		12	Ver tabla (D6-2) Hoja 2	B 500 S	548
3.2	59	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL SUPERIOR UPPER CIRCUMFERENTIAL REINFORCEMENT		20	Ver tabla (D6-2) Hoja 2	B 500 S	1573
3.3	24	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL SUPERIOR UPPER CIRCUMFERENTIAL REINFORCEMENT		25	Ver tabla (D6-2) Hoja 2	B 500 S	974
3.4	21	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL SUPERIOR UPPER CIRCUMFERENTIAL REINFORCEMENT		32	Ver tabla (D6-2) Hoja 2	B 500 S	1242
4.1	72	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL INFERIOR LOWER CIRCUMFERENTIAL REINFORCEMENT		16	Ver tabla (A6-2) Hoja 2	B 500 S	1258
4.2	64	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL INFERIOR LOWER CIRCUMFERENTIAL REINFORCEMENT		25	Ver tabla (A6-2) Hoja 2	B 500 S	2626
4.3	33	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL INFERIOR LOWER CIRCUMFERENTIAL REINFORCEMENT		32	Ver tabla (A6-2) Hoja 2	B 500 S	2013
5.1	80	PARRILLA INFERIOR EN ZAPATA LOWER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT		32	8640	B 500 S	4363
5.2	44	PARRILLA INFERIOR EN ZAPATA LOWER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT		32	7480	B 500 S	2078
5.3	20	PARRILLA INFERIOR EN ZAPATA LOWER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT		32	4780	B 500 S	603
6.1	24	PARRILLA SUPERIOR EN ZAPATA UPPER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT		25	2400	B 500 S	222
6.2	8	PARRILLA SUPERIOR EN ZAPATA UPPER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT		25	1820	B 500 S	59
6.3	8	PARRILLA SUPERIOR EN ZAPATA UPPER DISTRIBUTION OF REINFORCEMENT		25	1440	B 500 S	44
7	18	ARMADURA DE PIEL LOSA / SLAB FACE REINFORCEMENT		12	11340	B 500 S	181.2
8	542	ARMADURA DE CORTANTE / SHEAR REINFORCEMENT		16	Ver tabla(D13-2) hoja 2	B 500 S	3098

ITEM	UNIDADES UNITS	DESCRIPCION DESCRIPTION	FORMA O CÓDIGO SHAPE OR CODE	DIAMETRO DIAMETER	LONGITUD LENGTH	MATERIAL MATERIAL	PESO WEIGHT
9.1	70	ARMADURA OMEGA / OMEGA REINFORCEMENT		32	3600	B 500 S	1591
9.2	70	ARMADURA OMEGA / OMEGA REINFORCEMENT		32	4200	B 500 S	1856
9.3	70	ARMADURA OMEGA / OMEGA REINFORCEMENT		20	3760	B 500 S	1270
10	70	CERCO SUPERIOR, PEDESTAL STIRUP PEDESTAL REINFORCEMENT		25	3120	B 500 S	842
11.1	12	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL PEDESTAL CIRCUMFERENTIAL PEDESTAL REINFORCEMENT		20	8190	B 500 S	242
11.2	12	ARMADURA CIRCUNFERENCIAL PEDESTAL CIRCUMFERENTIAL PEDESTAL REINFORCEMENT		20	7250	B 500 S	215
12.1	18	ARMADURA DE PIEL PEDESTAL PEDESTAL FACE REINFORCEMENT		20	Ver tabla(B6-3) Hoja 3	B 500 S	344
12.2	6	ARMADURA DE PIEL PEDESTAL PEDESTAL FACE REINFORCEMENT		20	9990	B 500 S	148
12.3	6	ARMADURA DE PIEL PEDESTAL PEDESTAL FACE REINFORCEMENT		20	5650	B 500 S	84
13	2	TUBOS PARA CABLES DE POTENCIA PIPES FOR TOWER CABLE		90		TPC	
14	2	TUBOS PARA CABLES DE POTENCIA PIPES FOR TOWER CABLE		200		TPC	
15	3	VARILLAS ELÉCTRICAS TOMA TIERRA ELECTRICAL EARTHING RODS		20	750	B 500 S	6
16		DADO HORMIGÓN / DUCTING CONCRETE PRISM				C20/25	
17		TUBO DE DRENAJE DRAINAGE PIPE		50			
18		HORMIGÓN DE LIMPIEZA CLEANING CONCRETE				C20/25	31.41
19		HORMIGÓN ESTRUCTURAL STRUCTURAL CONCRETE				C30/37	446
20		HORMIGÓN PEDESTAL PEDESTAL CONCRETE				C40/50	5.65

ACERO (kg) STEEL (kg)	42811.8
HORMIGÓN (m³) CONCRETE (m³)	451.7
CANTIDAD (kg/m³) QUANTITY (kg/m³)	94.8

ANEXO F



AR CONDICIONADO

AC 1	U.I.1 + U.I.2
AC 2	U.I.3 + U.I.4

Escala:
1:100