

ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS

LUÍS FILIPE PEREIRA QUEIRÓS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM MATERIAIS E PROCESSOS DE
CONSTRUÇÃO**

Prof.^a Dra. Ana Maria de Magalhães Ribeiro Sarmento Teixeira Bastos

Orientador

JULHO DE 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por:

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

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

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

A meus pais

A meu irmão Gilberto

A Ana pelo amor

E à Sr^a. Professora Ana Maria Sarmento,
pela orientação e apoio na elaboração deste trabalho

"A possibilidade de realizar um sonho é o que faz que a vida seja interessante."
(Paulo Coelho)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a possibilidade de realização deste trabalho a Enerconpor, Energias renováveis de Portugal, á orientadora da tese, professora Ana Maria Sarmiento, aos meus colegas de turma, o Francisco, a Telma e ao José Sousa, pelo apoio durante o presente ano lectivo. Quero também agradecer aos colegas do LEMC, pelo apoio nos ensaios elaborados.

RESUMO

Neste trabalho, são abordados 3 assuntos, nomeadamente a energia, o processo produtivo e controlo de qualidade das torres eólicas em betão e por fim o betão utilizado no processo de fabrico, tendo como objectivo, a melhoria da superfície final do betão das peças betonadas recorrendo ao betão auto compactavel.

Inicia-se a presente tese com o capítulo primeiro no qual se indica uma introdução ao trabalho.

No capítulo dois, a energia será abordada tendo como base a evolução histórica da produção de energia eléctrica, focando as razões pelas quais o mundo actual teve necessidade de recorrer a fontes renováveis para a produção energética.

O 3º capítulo abordará as torres eólicas híbridas, produzidas em Portugal, nomeadamente as suas características, bem como o processo de fabrico e controlo de qualidade.

No 4º capítulo apresento uma síntese dos betões de elevado desempenho que serão aplicados no estudo das novas composições.

Por fim, no capítulo 5º apresento uma comparação entre o betão utilizado anteriormente e as novas composições, sobre uma perspectiva económica.

PALAVRAS-CHAVE: energia, renováveis, torre, qualidade, betão.

ABSTRACT

In this work, 3 subjects are covered; in particular energy, the production process and quality control of concrete wind towers and finally the concrete used in the manufacturing process, having as objective the improvement of end surface concrete, using self-compacting concrete.

This thesis begins with the first chapter which indicates an introduction to the present work.

In chapter two the energy will be referred, based in the historical development of electricity production, focus the reasons, why the modern world had need to use renewable sources for energy production.

The 3rd chapter will talk about the hybrid wind towers produced in Portugal, in particular its characteristics, as well the manufacturing process and quality control.

In 4th chapter, I present a brief reference to high performance concrete that will be apply in study of new moistures.

Finally, in 5th chapter I present a comparison between the concrete previously use and the new compositions, about an economic perspective.

KEYWORDS: energy, renewable, tower, quality, concrete.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJECTIVO DA TESE	1
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
1.4. NOTAS ADICIONAIS	2
 2. ENERGIA	 3
2.1. INTRODUÇÃO	3
2.2. ENERGIA ELÉCTRICA	5
2.2.1. ENERGIAS NÃO RENOVÁVEIS.....	6
2.2.2. ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	9
2.3. ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A ENERGIA - ENE 2020 (FONTE DGEG)	12
2.4. ENERGIA EÓLICA.....	15
2.5. CONCLUSÃO	16
 3. TORRE EOLICA HÍBRIDA. PRODUÇÃO E CONTROLO DE QUALIDADE	 17
3.1. INTRODUÇÃO	17
3.2. CARACTERÍSTICAS DA TORRE EÓLICA HÍBRIDA	19
3.3. PROCESSO DE FABRICO E CONTROLO DE QUALIDADE DOS SEGMENTOS DA TORRE	23
3.3.1. ARMADURA	24
3.3.1.1. Preparação da armadura	24
3.3.1.2. Controlo de qualidade da armadura.....	27
3.3.2. PREPARAÇÃO DA COFRAGEM E COLOCAÇÃO DA ARMADURA.....	27
3.3.2.1. Trabalhos a executar	27
3.3.2.2. Controlo de qualidade	29
3.3.3. PRODUÇÃO E COLOCAÇÃO DO BETÃO.....	30

3.3.3.1. Execução dos trabalhos	30
3.3.2.2. Controlo de qualidade.....	33
3.3.4. INJEÇÃO DA RESINA EPOXY	42
3.3.4.1. Execução dos trabalhos	42
3.3.4.2. Controlo de qualidade.....	44
3.3.5. COLOCAÇÃO DO REVESTIMENTO	46
3.3.5.1. Execução dos trabalhos	46
3.3.5.2. Controlo de qualidade.....	48

4. ESTUDO DAS COMPOSIÇÕES PARA OS BETÕES DAS TORRES EÓLICAS

53

4.1. INTRODUÇÃO	53
4.1.1. BETÃO DE ELEVADA RESISTÊNCIA INICIAL.....	54
4.1.2. BETÃO DE ALTA RESISTÊNCIA.....	55
4.1.3. BETÃO AUTOCOMPACTÁVEL	56
4.2. BETÃO PARA AS TORRES EÓLICAS	60
4.3. ESTADO ACTUAL DOS BETÕES UTILIZADOS.....	61
4.4. NOVAS COMPOSIÇÕES PARA AS TORRES EÓLICAS	63
4.4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS	63
4.4.2. CARACTERIZAÇÃO DA ADIÇÃO	65
4.4.3. CARACTERIZAÇÃO DO ADJUVANTE.....	65
4.4.4. CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO.....	65
4.4.5. ESTUDO DAS COMPOSIÇÕES	66
4.4.6. CARACTERIZAÇÃO DO BETÃO FRESCO E ENDURECIDO	70
4.5. APLICAÇÃO DAS NOVAS COMPOSIÇÕES NO PROCESSO E CONTROLO DE QUALIDADE	74
4.6. ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A SITUAÇÃO ANTERIOR	76

5. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....

81

5.1. SÍNTESE	81
5.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
5.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	84

Bibliografia	86
---------------------------	----

Anexos

Estudo das composições actualmente utilizadas.....	A1
Fichas técnicas dos materiais utilizados no processo produtivo	A2
Resultados de alguns ensaios actualmente realizados	A3

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Relação entre desenvolvimento económico, consumo energético e emissões de CO ₂	4
Fig. 2.2 – Turbina a vapor	7
Fig. 2.3 – Emissões de CO ₂ por combustível fóssil (PNAC (2006))	9
Fig. 2.4 – Evolução da produção energética por tipo de fonte na UE	11
Fig. 2.5 – Evolução da produção energética [TWh] por fonte renovável na UE	11
Fig. 2.6 – Indicadores da produção de energia eléctrica por tipo de fonte em Portugal [GWh].	12
Fig. 3.1 – Torre E-82-126 - 7.500kW híbrida da Enercon	18
Fig. 3.2 – Torre Híbrida da Enercon GmbH (pormenor da parte em betão à direita)	19
Fig. 3.3 – Corte do segmento 4 em betão	20
Fig. 3.4 – Corte do segmento 18 em betão	21
Fig. 3.5 – Exemplo de segmento dividido em 2 partes	21
Fig. 3.6 – Junta em forma de caixa de conexão	22
Fig. 3.7 – Junta com dispositivos de fixação	22
Fig. 3.8 – Aspecto final da junta em epoxy no topo do segmento	23
Fig. 3.9 – Torre após montagem dos segmentos em betão	23
Fig. 3.10 – Bobines de aço	24
Fig. 3.11 – Máquina de moldagem dos estribos	25
Fig. 3.12 – Máquina de moldagem da armadura longitudinal para os segmentos	25
Fig. 3.13 – Exemplo da colocação dos estribos sobre a armadura interior	26
Fig. 3.14 – Colocação da armadura longitudinal exterior após a colocação das bainhas	26
Fig. 3.15 – Armadura terminada	26
Fig. 3.16 – Moldes para a betonagem	28
Fig. 3.17 – Molde após correcta colocação dos dispositivos de fixação	28
Fig. 3.18 – Fase final da preparação dos moldes	29
Fig. 3.19 – Ninho de brita por ausência de vedante na base do molde	29
Fig. 3.20 – Recepção dos agregados	30
Fig. 3.21 – Silos	30
Fig. 3.22 – Misturadora	31
Fig. 3.23 – Cuba de transporte	31
Fig. 3.24 – Autobomba	32

Fig. 3.25 – Betonagem	32
Fig. 3.26 – Mesa de espalhamento	35
Fig. 3.27 – Ensaio de espalhamento	35
Fig. 3.28 – Determinação da razão água/cimento	35
Fig. 3.29 – Moldagem dos provetes de betão com dimensões 150x150x150mm	36
Fig. 3.30 – Esclerómetro Schmidt	37
Fig. 3.31 – Funcionamento do Esclerómetro	37
Fig. 3.32 – Relação Resistência do Betão/índice Esclerométrico	38
Fig. 3.33 – Distribuição dos valores da resistência à compressão e índice esclerométrico em função da idade para o esclerómetro Schmidt	40
Fig. 3.34 – Distribuição dos valores da resistência à compressão e índice esclerométrico em função da idade para o esclerómetro Controls	40
Fig. 3.35 – Curva de tendências para o esclerómetro Schmidt	41
Fig. 3.36 – Curva de tendências para o esclerómetro Controls	41
Fig. 3.37 – Base pronta para receber a resina	42
Fig. 3.38 – Zona de preparação do molde para injeção da resina	43
Fig. 3.39 – Colocação do molde para injeção da resina	43
Fig. 3.40 – Injeção da Resina Epoxy	43
Fig. 3.41 – Verificação da planura na base do molde	44
Fig. 3.42 – Gráfico de medidas da base de um molde	44
Fig. 3.43 – Gráfico de medidas do topo de um segmento, registado na parte superior da resina	45
Fig. 3.44 – Exemplo de execução do ensaio <i>pull-off</i> da resina	46
Fig. 3.45 – Segmento acabado de retirar do molde	46
Fig. 3.46 – Aplicação da resina do lado esquerdo e da tela no lado direito	47
Fig. 3.47 – Aplicação da tinta com pulverizador pneumático	47
Fig. 3.48 – Verificação da espessura do recobrimento da armadura	48
Fig. 3.49 – Exemplo de má colocação da tela	49
Fig. 3.50 – Corte da camada a ensaiar; Mistura do endurecedor e da cola; aplicação da resina na peça	49
Fig. 3.51 – Fixação da pastilha no segmento; Aplicação do equipamento de ensaio; registo do valor obtido	49
Fig. 3.52 – Ruptura do revestimento	50
Fig. 3.53 – Teste de viscosidade da tinta	50
Fig. 3.54 – Segmento pronto a enviar para obra	51

Fig. 4.1 – Estado actual da superfície do betão.....	61
Fig. 4.2 – Curvas granulométrica dos agregados	64
Fig. 4.3 – Curvas de referência norma alemã DIN 1045-1	66
Fig. 4.4 – Curva granulométrica para a classe de betão C45/55 e C55/67	68
Fig. 4.5 – Curva granulométrica para a classe de betão C60/75.....	68
Fig. 4.6 – Mesa de espalhamento BAC	71
Fig. 4.7 – Ensaio de espalhamento e valores a registar	71
Fig. 4.8 – Execução do ensaio para verificar a existência de segregação	72
Fig. 4.9 – Valores a registar no ensaio com o anel J	73
Fig. 4.10 – Ensaio no anel J.....	73
Fig. 4.11 – Segmento betonado com C55/67 autocompactável.....	77
Fig. 4.12 – Segmento betonado com C45/55 autocompactável.....	78
Fig. 4.13 – Segmento betonado com C60/75 autocompactável	78
Fig. 5.1 – Peso de cada constituinte no m3 de betão de classe de resistência C45/55.....	83
Fig. 5.2 – Peso de cada constituinte no m3 de betão de classe de resistência C55/67.....	83
Fig. 5.3 – Peso de cada constituinte no m3 de betão de classe de resistência C60/75.....	83

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Histórico do Consumo Energético (Consumo Diário Per-capita (1000 kcal)).....	3
Quadro 2.2 – Centrais termoeléctricas em Portugal.....	7
Quadro 2.3 – GEE: aumento das concentrações, contribuição para o aquecimento global e principais fontes de emissão (PNAC (2006))	8
Quadro 2.4 – Quantidade de energia presente no nosso planeta, por tipo de fonte.....	10
 Quadro 3.1 – Emissão de CO ₂ por tipo de torre.....	17
Quadro 3.2 – Classe de Resistência por segmento.....	20
Quadro 3.3 – Valores obtidos nos ensaios da armadura segundo especificação do LNEC E 460 – 2008.....	27
Quadro 3.4 – Frequência para o controle dos materiais constituintes do betão	34
Quadro 3.5 – Critérios de conformidade para a resistência à compressão.....	36
Quadro 3.6 – a) Valores dos ensaios efectuados no controlo de qualidade ao betão	36
Quadro 3.6 – b) Valores dos ensaios efectuados ao módulo de elasticidade	37
Quadro 3.7 – Valores obtidos nos esclerómetros para cada amostra.....	39
Quadro 3.8 – Resistência á compressão às 8h de idade	39
Quadro 3.9 – Valores obtidos para cada idade.....	39
Quadro 3.10 – Determinação do índice esclerométrico para o Esclerómetro SCHMIDT.....	41
Quadro 3.11 – Determinação do índice esclerométrico para o Esclerómetro CONTROLS.....	42
 Quadro 4.1 – Requisitos de projecto.....	60
Quadro 4.2 – Requisitos de produção	60
Quadro 4.3 – Requisitos para os materiais constituintes.....	61
Quadro 4.4 – Estado actual das composições utilizadas	62
Quadro 4.5 – Resultados dos ensaios de caracterização do betão em produção continua (valores médios anuais)	62
Quadro 4.6 – Análise granulométrica dos agregados (Passados por peneiro P _i (d _j)	63
Quadro 4.7 – Ensaio das propriedades físicas dos agregados	64
Quadro 4.8 – Razão água/cimento para as novas composições	67
Quadro 4.9 – Composição para a classe de betão C45/55	69
Quadro 4.10 – Composição para a classe de betão C55/67	69
Quadro 4.11 – Composição para a classe de betão C60/75	69

Quadro 4.12 – Betão anterior / nova composição BAC	70
Quadro 4.13 – Classes de espalhamento segundo a NP EN 12350-8.....	71
Quadro 4.14 – Classes de viscosidade segundo a NP EN 12350-8.....	71
Quadro 4.15 – Propriedades dos betões nos estados fresco e endurecido	74
Quadro 4.16 – Frequência de ensaios segundo a NP EN 206-1.....	75
Quadro 4.17 – Critérios de conformidade para o controlo de qualidade do betão endurecido	75
Quadro 4.18 – Resultados de ensaios para a Classe de betão C55/67	76
Quadro 4.19 – Propriedades dos betões BAC e anterior.....	77
Quadro 5.1 – Análise de custos da matéria-prima usada nas composições anteriores	81
Quadro 5.2 – Análise de custos da matéria-prima usada nas composições BAC.....	82
Quadro 5.3 – Comparação dos custos.....	82
Quadro 5.4 – Custo da matéria-prima por torre com as composições anteriores	82
Quadro 5.5 – Custo da matéria-prima por torre com as composições BAC	82

Simbologia e abreviaturas

<i>AIE</i>	Agencia Internacional de Energia
<i>Weo</i>	World Economic Outlook
<i>REN</i>	Rede Eléctrica Nacional
<i>GEE</i>	Gás de efeito estufa
<i>PNAC</i>	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
<i>IPCC</i>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
<i>EWEA</i>	<i>European Wind Energy Association</i>
<i>ENE</i>	Estratégia Nacional para a Energia
<i>MIBEL</i>	Mercado Ibérico da Electricidade
<i>MIBGAS</i>	Mercado Ibérico de Gás Natural
<i>LNec</i>	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
<i>ENEOP</i>	Energia Eólica de Portugal – Eólicas de Portugal S.A.
<i>R_m</i>	Tensão de rotura do aço
<i>R_e</i>	Tensão de cedência do aço
<i>A_{gt}</i>	Extensão total na força máxima do aço
<i>a_m</i>	Altura da nervura
<i>a_{1/4}</i>	Altura da nervura a 1/4
<i>c</i>	Afastamento das nervuras transversais
<i>b</i>	Largura da nervura
<i>β</i>	Inclinação das nervuras transversais
<i>Σfi</i>	Perímetro sem nervuras transversais
<i>R_m</i>	Índice esclerométrico
<i>BAC</i>	Betão auto compactável
<i>BED</i>	Betão de Elevado Desempenho
<i>ERMCO</i>	European Ready Mixed Concrete Organization
<i>EFNARC</i>	E uropean F ederation of N ational A ssociations R epresenting producers and applicators of specialist building products for C oncrete
<i>SCC</i>	Self Compact Concrete

<i>BAR</i>	Betão de Alta Resistência
<i>XF1</i>	Ataque pelo gelo/degelo com ou sem produtos descongelantes em ambiente moderadamente saturado de água, sem produtos descongelantes
<i>XC4</i>	Corrosão induzida por carbonatação em ambiente ciclicamente húmido e seco
<i>XS1</i>	Corrosão induzida por cloretos da água do mar em ambiente com ar transportando sais marinhos mas sem contacto directo com a água do mar
<i>A</i>	Dosagem de água por m ³ de betão
<i>C</i>	Dosagem de cimento por m ³ de betão
<i>F</i>	Dosagem de partículas com dimensão inferior a 0,125mm por m ³ de betão
<i>A/C</i>	Razão água/cimento
<i>A/F</i>	Razão água/finos
<i>D_{max}</i>	Dimensão máxima dos agregados
<i>E_{cm}</i>	Módulo de elasticidade do betão.
<i>Cl</i>	Teor de cloretos
<i>F4</i>	Resistência ao Gelo/desgelo dos agregados
<i>FI</i>	Índice de achatamento dos agregados
<i>AS</i>	Teor de sulfatos solúveis em ácido
<i>M_i</i>	Massa de uma classe de agregados
<i>P_i(d_j)</i>	Percentagem do agregado da classe i que passa através do peneiro de malha d _j
<i>RH</i>	Teor de humidade relativa ambiente
<i>T</i>	Temperatura
<i>d</i>	Dimensão de um peneiro
<i>f_c</i>	Tensão de rotura à compressão do betão
<i>f_{ci}</i>	Tensão de rotura à compressão do betão na idade i
<i>f_{ck}</i>	Valor característico da tensão de rotura à compressão do betão aos 28 dias
<i>f_{ck,cube}</i>	Valor característico da tensão de rotura à compressão do betão aos 28 dias em provetes cúbicos (15 cm de aresta)
<i>f_{cm}</i>	Valor médio da tensão de rotura à compressão do betão aos 28 dias de idade
<i>p(d)</i>	Percentagem de passados, em volume absoluto, do conjunto de agregados, cimento e qualquer adição, em d (peneiro de malha com esta abertura em mm)
<i>p_i</i>	Proporção em volume absoluto com que o agregado i entra na mistura
<i>ρ_w</i>	Massa volúmica da água à temperatura do ensaio
<i>ρ_a</i>	Massa volúmica do material impermeável das partículas
<i>ρ_{rd}</i>	Massa volúmica das partículas secas

ρ_{ssd}	Massa volúmica das partículas saturadas com superfície seca
WA_{24}	Absorção de água
$M\rho_a$	Média da massa volúmica do material impermeável das partículas
$M\rho_{rd}$	Média da massa volúmica das partículas secas
$M\rho_{ssd}$	Média da massa volúmica das partículas saturadas com superfície seca
MWA_{24}	Média da absorção de água
<i>DIN</i>	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
<i>VS</i>	Classe de Viscosidade do betão
<i>SF</i>	Classe de Espalhamento do betão
<i>SR</i>	Classe de resistência á segregação do betão

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A energia eléctrica tornou-se num bem essencial para a civilização. Com o crescimento da procura energética, aumentou a produção de energia e o consumo de combustível para satisfazer as necessidades humanas. No entanto, através de estudos realizados, concluiu-se que os combustíveis utilizados na produção energética são prejudiciais para o ambiente devido a emissão de gases com efeito de estufa. De forma a mitigar este problema foi necessário recorrer a fontes renováveis não poluentes, nomeadamente o sol, o vento e a água.

Em Portugal, graças a um quadro legislativo favorável, surgiu a oportunidade de investimento nas energias renováveis. Dentro destas, em 2002, foi lançado o primeiro concurso para ligação à rede de 3000 MW produzidos por energia eólica e, em Julho de 2005, fez-se a atribuição de até 1700 MW de novos direitos de ligação.

No entanto, desta vez, de modo a aproveitar a energia eólica para promover uma política industrial e preparar o sistema energético do futuro, o Governo decidiu condicionar a atribuição dos novos parques eólicos, não só a critérios técnicos, mas também a uma série de outros compromissos avaliados no âmbito do concurso, como a obrigação de criar investimento e emprego em zonas desfavorecidas do País, incentivar a transferência de tecnologia para Portugal, criar uma nova fonte de exportação de equipamentos e limitar a necessidade de importar aerogeradores. Este concurso foi ganho pelo consórcio ENEOP (www.eneop.pt), o qual instalou as fábricas de geradores, pás e torres em Viana do Castelo.

As torres eólicas podem ser produzidas em aço ou a partir da utilização de 2 materiais como o aço e betão (híbridas). As torres produzidas por este consórcio são torres híbridas, sobre as quais se desenvolveu este trabalho.

1.2. OBJETIVO DA TESE

Esta dissertação foi realizada com base no trabalho desenvolvido pelo autor na empresa Enercon, que consiste no estudo e controlo de qualidade da produção dos betões utilizados nas torres eólicas híbridas.

Constitui o objectivo principal da tese o desenvolvimento de novas composições do betão, agora auto-compactável, para utilizar no fabrico das torres, com o intuito de otimizar o processo construtivo e melhorar a superfície final das peças betonadas.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 5 Capítulos, Bibliografia e 3 Anexos.

No presente capítulo, apresentam-se a estrutura e os objectivos do trabalho.

O Capítulo 2 aborda o tema da energia, focando essencialmente a energia eléctrica, a evolução dos seus processos de produção, recorrendo a fontes renováveis e não renováveis.

No Capítulo 3 descreve-se, em pormenor, o processo e controlo de qualidade da produção dos segmentos em betão armado constituintes das torres híbridas, na empresa produtora. Este processo produtivo - pré-fabricação - tem inúmeras vantagens relativamente a produção *in situ*, essencialmente ao nível do controlo de qualidade, redução de custos e de resíduos.

No Capítulo 4 descreve-se o trabalho experimental realizado em ambiente fabril, que englobou o estudo das composições, a metodologia adoptada na definição dos novos betões, autocompactáveis, e a análise comparativa dos resultados obtidos pelas diferentes composições.

No Capítulo 5 apresentam-se as conclusões finais e analisam-se comparativamente os custos das composições anteriores e actuais. São ainda avançados alguns aspectos a explorar em desenvolvimentos futuros.

Nos Anexos são apresentadas as composições estudadas, as fichas técnicas dos materiais utilizados na produção das torres e também alguns resultados de ensaios realizados durante o processo produtivo.

1.4. NOTAS ADICIONAIS

Deve referir-se que todo o trabalho experimental foi efectuado em ambiente fabril, nos laboratórios da empresa Enercon.

Assim, o desenvolvimento desta tese teve que ser ajustado às exigências do processo produtivo, o que limitou o estudo das novas composições aos materiais disponíveis na produção. Em contrapartida foi possível aplicar as novas composições de BAC no fabrico das torres e avaliar o seu desempenho numa situação real.

2

ENERGIA

2.1. INTRODUÇÃO

A Energia está presente em tudo o que nos rodeia, não pode ser criada nem destruída, pode sim ser transformada em outros tipos de energia.

De uma forma ou de outra, tudo o que fazemos está associado à energia. Energia é a capacidade de produzir trabalho. Mover, levantar, aquecer ou iluminar são alguns tipos de trabalho. A energia está dividida em dois tipos, energia potencial e energia cinética, podendo ocorrer das mais diversas formas como energia química, energia termal, energia electromagnética, energia gravitacional, energia eléctrica, energia elástica, energia nuclear e de repouso.

Em termos históricos o consumo energético está associado ao desenvolvimento das sociedades. Na época primitiva o nomadismo era característica associada ao Homem; deslocando-se a pé, a fonte de energia consumida era a alimentação. Seguiu-se o início da caça de grandes animais e com ela a descoberta e domínio do fogo utilizado, essencialmente, como fonte de iluminação e para cozinhar os alimentos.

A evolução prosseguiu e o consumo energético cresceu, como se pode comprovar no quadro 2.1, que indica uma estimativa da energia diária consumida em seis períodos sociais diferentes. (John R. Fanchi 2004)

Quadro 2.1 - Histórico do Consumo Energético (Consumo Diário Per-capita (1000 kcal))

Período	Alimentação	Comercial	Habitação	Indústria	Agricultura	Transporte	Total
Primitivo	2						2
Caça	3		2				5
Agricultura primitiva	4		4		4		12
Agricultura Avançada	6		12		7	1	26
Industrial	7		32		24	14	77
Tecnológico	10		66		91	63	230

Fonte: Cook, 1971

Analisando os valores apresentados verificamos que, durante os períodos industrial e tecnológico, o consumo energético teve um crescimento bastante acentuado, devendo-se essencialmente à mecanização industrial, à mecanização dos meios de transporte e também à necessidade de produção de energia eléctrica, sendo actualmente a fonte de energia mais consumida pelas necessidades humanas.

Recorrendo a um exemplo mais recente, na figura 2.1 é possível verificar a analogia entre o desenvolvimento económico de um país ou região, com o consumo energético (neste caso o fuelóleo) e também com as emissões de CO₂, facto que não pode ser deixado de lado, pela importância na alteração da política energética, como iremos verificar mais adiante.

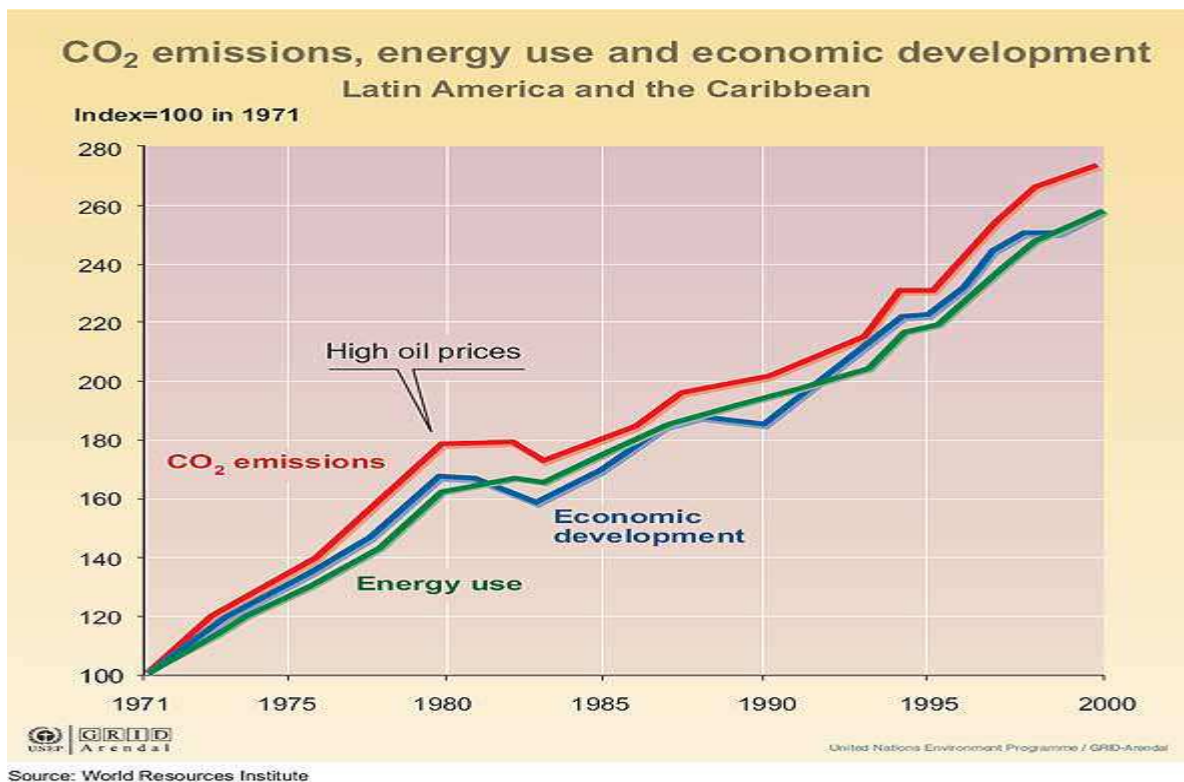


Figura 2.1 – Relação entre desenvolvimento económico, consumo energético e emissões de CO₂ (UNEP/GRID-Arendal)

A dependência energética no crescimento das nações levou à criação da Agência Internacional da Energia (AIE), em 1974, “com uma missão dupla: promover a segurança energética entre os países membros, ao propor uma resposta colectiva às rupturas de abastecimento de petróleo e aconselhar uma política energética consistente. A AIE desenvolve um extenso programa de cooperação energética entre 28 economias avançadas, através do qual cada uma se compromete a manter *stocks* de petróleo equivalentes a 90 dias das suas importações líquidas” [weo 2010].

Todo o tipo de energia é importante, cada uma no seu campo de aplicação. A energia eléctrica é, no entanto, a que mais tem acompanhado, nos últimos anos, a necessidades humanas. Actualmente está ao dispor da maioria das pessoas nos países desenvolvidos; diariamente todos nós recorremos à eletricidade para trabalhar, comer, etc..

2.2 – ENERGIA

Apesar da electricidade se utilizar recentemente, a sua história remonta à antiga civilização grega, 600 A.C, quando Tales de Mileto, após friccionar um âmbar, observou que este atraía pedaços de palha e madeira, descobrindo desta forma o fenómeno da electricidade estática. No entanto, foi apenas em 1600 DC que se iniciou a utilização de termos como força eléctrica, polo magnético e atracção eléctrica, por William Gilbert.

Já no Séc. XVII (1660 DC), Otto Von Guericke criou uma máquina geradora de cargas eléctricas e Robert Boyle verificou que a força eléctrica pode ser transferida através do vácuo, observando também fenómenos de atracção e repulsão. Meio século depois, Stephan Gray fez importantes descobertas sobre a condução da electricidade e, ainda neste século, Charles Francois du Fay descobriu que a electricidade manifesta-se em duas formas, resinosa (-) e vítrea (+), mais tarde definidas como positiva e negativa por Benjamin Franklin e Ebenezer Kinnersley.

No ano de 1745 Georg Von Kleist descobriu que era possível dominar a electricidade. Neste mesmo ano, Pieter van Musschenbroek inventou a Garrafa de Leiden, o primeiro condensador.

A descoberta do pára-raios por Benjamin Franklin, em 1752, foi também muito importante para o desenvolvimento da electricidade: não só provou que a trovoadas é um fenómeno eléctrico, mas também criou um dispositivo extremamente importante para condução de descargas eléctricas. Em 1767 Joseph Priestley descobriu que a electricidade seguia a lei da proporcionalidade inversa do quadrado das distâncias, de Newton, mais tarde conhecida como Lei de Coulomb.

Foi já no Séc. XVIII que Alessandro Volta inventou a primeira bateria eléctrica, obtendo a primeira fonte de corrente estável e Michael Faraday criou o primeiro motor eléctrico. Ainda durante este século é iniciado o estudo do electromagnetismo, quando Hans Christian Oersted observou o movimento da agulha de uma bússola quando afectada pela corrente eléctrica, e Marie Ampere descobriu que uma bobine agia como um ímã quando por ela passava uma corrente eléctrica. Mais tarde, Michael Faraday inicia o estudo da indução, geração e transmissão electromagnética, permitindo que, em 1837, surgisse o primeiro motor eléctrico industrial. Por esta altura, os cientistas puderam concluir que, ao introduzir um ímã no interior de uma bobine, era possível criar uma corrente induzida. Este sistema é um exemplo de um gerador de corrente eléctrica alternada [<http://inventors.about.com>].

O motor a vapor foi muito importante nesta altura; foi esta tecnologia que possibilitou movimentar grandes geradores e turbinas, tornando-se a principal fonte de produção de energia eléctrica [<http://inventors.about.com>9].

O primeiro motor comercial foi criado por Thomas Newcomen, em 1712, para bombear água das minas de carvão. O seu funcionamento baseava-se na combinação entre a água e o calor, produzindo vapor. Apesar de ter sido uma descoberta bastante importante a sua eficiência não era a melhor. James Watt e William Murdock, em 1769, com a introdução de um condensador ligado a um cilindro através de uma válvula, possibilitando o arrefecimento do vapor, melhoram a eficiência dos motores desenvolvidos por Newcomen. Foi este o ponto de partida para a utilização dos motores na produção energética, abrindo a porta à revolução industrial. A madeira e o carvão eram os combustíveis utilizados na época [<http://inventors.about.com>].

Muitas outras descobertas, não menos importantes, foram ainda feitas no século XIX, como as leis que traduziam matematicamente os fenómenos eléctricos, nomeadamente a Lei de Ohm, em 1826, por Georg Simon Ohm, e a Lei de J.P. Joule. Em 1873 James Clerk Maxwell publica documentos sobre a relação entre a electricidade e o magnetismo; desta forma a electricidade passou a ser entendida como uma onda electromagnética abrindo caminho a Thomas Edison que, em 1879 criou a primeira lâmpada

incandescente e o transformador elétrico, iniciando a “era da eletricidade” [<http://inventors.about.com>].

Na Europa, as primeiras aplicações da electricidade tiveram lugar na Europa do Norte e na Europa Central. Os primeiros fornecimentos públicos de energia eléctrica, começaram pela iluminação pública ficando as empresas privadas, contratadas pelos conselhos das cidades, responsáveis pelo seu fornecimento, estabelecimento das instalações eléctricas e da sua manutenção.

Foi em Inglaterra onde se verificou a experiência mais importante na contratação pública da utilização da energia eléctrica, nomeadamente em Godalming e posteriormente Londres e Brighton, onde o conselho da cidade celebrou um contrato com uma empresa privada para a iluminação pública. À semelhança do que aconteceu em Inglaterra, a França, a Itália e a Alemanha foram tocados pelo desenvolvimento das actividades de produção, distribuição e fornecimento de energia eléctrica, que teve a sua concretização no século XX com a plena eletrificação dos países [<http://www.edp.pt>].

A Energia Elétrica pode ser obtida recorrendo a três tipos de fontes: não renovável, renovável e nuclear. Neste trabalho apenas iremos abordar as duas primeiras.

2.2.1 – ENERGIAS NÃO RENOVÁVEIS

Energias não renováveis recorrem aos combustíveis fósseis resultantes da decomposição de plantas e de animais, ao longo de milhões de anos (como o carvão, petróleo e gás natural), para a produção de energia. São considerados recursos não renováveis porque a sua capacidade de renovação é inferior ao seu nível de exploração, acabando por se esgotar.

É nas centrais termo eléctricas que se produz energia eléctrica a partir de fontes não renováveis.

As centrais termoeléctricas são constituídas por caldeiras de grandes dimensões constituídas, no seu interior, por serpentinas onde circula água. As caldeiras são aquecidas a altas temperaturas, através da queima de combustíveis, com o objectivo de ferver a água presente nas serpentinas; desta forma são criadas grandes massas de vapor. Posteriormente, o vapor criado é conduzido a uma turbina, através de grandes tubagens, sendo depois encaminhado para uma torre de refrigeração e transformado novamente em água que é reaproveitada continuamente no processo [John R. Fanchi 2004].

Na figura 2.2 é ilustrado o funcionamento de uma turbina a vapor.

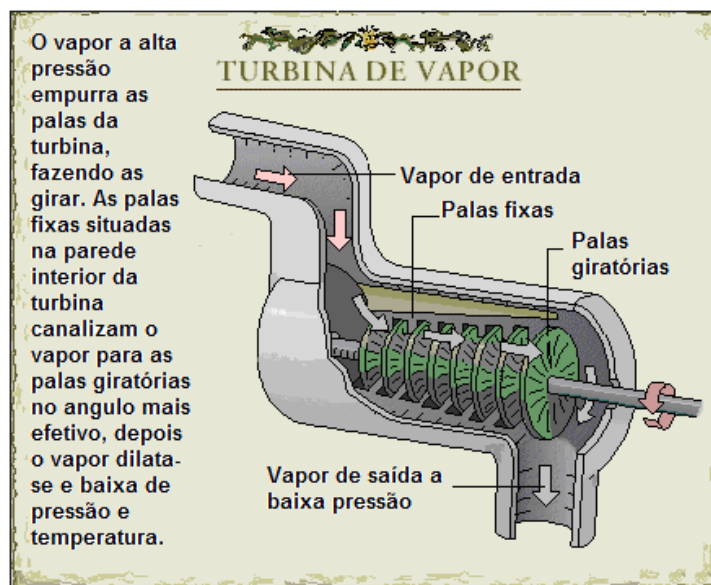


Figura 2.2 – Turbina a Vapor

O recurso às centrais termoelectricas para produção eléctrica requer, não só, o acesso a combustível em abundância, mas também uma localização próxima de fontes frias adequadas à potência instalada na central, como reservas de água, rios, lagos ou mar. Esta localização é extremamente importante para proceder ao arrefecimento dos condensadores de vapor das turbinas e outros equipamentos susceptíveis de aquecimento [Mário N. NINA e M. J. VALE, 2006].

No quadro 2.2 é apresentada a localização das centrais e os combustíveis utilizados em Portugal.

Quadro 2.2 – Centrais termoelectricas em Portugal

Centrais	Localização	Ano de entrada em serviço	Potência instalada [MW]	Combustível
Tapada do Outeiro	Gondomar	1999	990	Gás natural
Lares	Figueira da Foz	2009	826	Gás natural
Pego	Abrantes	1993	576	Carvão
Pego C.C.	Abrantes	2010	837	Carvão
Carregado	Alenquer	1968	710	Fuelóleo/Gás natu-
Ribatejo	Alenquer	2003	1176	Gás natural
Setúbal	Setúbal	1979	946	Fuelóleo
Sines	Sines	1985	1180	Carvão
Tunes	Silves	1973	165	Gasóleo
Total			7407	
Fonte: REN 2011				

Este tipo de produção energética é o mais eficiente e económico.

No entanto, o consumo dos combustíveis fósseis está a originar graves problemas ambientais, nomeadamente alterações climáticas originadas pelos gases de efeito estufa (GEE), provocando fortes impactos não só na nossa saúde, devido à má qualidade do ar e da água, mas também nos ecossistemas e na economia.

As emissões dos gases efeito estufa (GEE) tiveram um aumento exponencial desde 1750, período da revolução industrial, até ao presente, muito se devendo, mas não só, ao uso de combustíveis fósseis para produção de energia eléctrica. Este motivo facilmente ajuda a perceber que os países mais desenvolvidos da Europa e EUA foram os que mais contribuíram para este aumento.

Estudos realizados em vários países comprovaram que as alterações nas concentrações atmosféricas, de gases que retêm parte da radiação infravermelha solar proveniente da superfície da Terra, provocam o aquecimento climático, "efeito de estufa". Os gases em causa são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), sendo as actividades que utilizam combustível fóssil responsáveis por 75% das emissões de dióxido de carbono e 20% de metano. Além destes, os compostos halogenados, como o hexafluoreto, muito usado nos sistemas de distribuição e transmissão de eletricidade, são considerados os gases com maior potencial de provocar o aquecimento global (ver quadro 2.3).

Note-se que existe efeito de estufa natural sem intervenção humana; sem ele a temperatura média da superfície da Terra seria de cerca 18°C negativos e o planeta inabitável [PNAC 2006].

Quadro 2.3 - GEE: aumento das concentrações, contribuição para o aquecimento global e principais fontes de emissão (PNAC (2006))

GEE	Aumento da concentração desde 1750 [%]	Contribuição para o aquecimento global [%]	Principais fontes de emissão
CO_2	31	60	Uso de combustíveis fósseis, desflorestação e alteração dos usos do solo.
CH_4	151	20	Produção e consumo de energia (incluindo biomassa), actividades agrícolas, aterros sanitários e águas residuais.
N_2O	17	6	Produção e consumo de energia (incluindo biomassa), actividades agrícolas, aterros sanitários e águas residuais.
(HFC, PFC e SF_6)	-	14	Indústria, refrigeração, aerossóis, propulsores, espuma expandida e solventes

Como tentativa de resolução deste problema foi criado, em 1988, o IPCC - Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas - por países cientes desta problemática, tendo como objectivo recolher e sistematizar informação técnico-científica e socio económica a nível mundial, relevante para o estudo

das alterações climáticas, permitindo desta forma criar objectivos concretos para solucionar parte dos problemas associados à emissão dos GEE.

Cita-se também, em 1992, a assinatura da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (Rio de Janeiro - Brasil) estabilizando os GEE ao nível desejado na atmosfera para permitir um desenvolvimento sustentado da economia e produção de alimentos e, em 1997, o Protocolo de Quioto (Japão) referindo que as emissões totais dos países desenvolvidos devem ser reduzidas em, pelo menos, 5% em relação aos níveis de 1990, durante o período 2008-2012.

A figura 2.3 indica as previsões da emissão de CO₂ em giga toneladas até 2035.

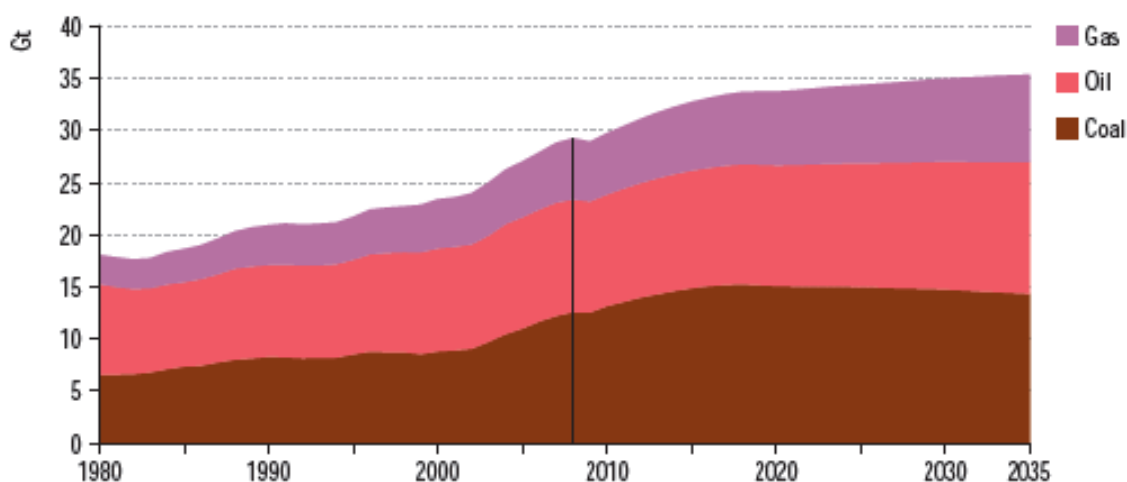


Figura 2.3 - Emissões de CO₂ por combustível fóssil (PNAC (2006))

Uma das medidas adotadas pela União Europeia, para redução das emissões, foi recorrer a fontes limpas para produção de energia elétrica, as energias renováveis.

2.2.2 – ENERGIAS RENOVÁVEIS

O sol, vento e água e mesmo material geralmente considerado como lixo morto, nomeadamente árvores, ramos, serragem, chamados de "biomassa", são recursos inesgotáveis na natureza. No entanto o sol é de longe a fonte mais abundante.

Em termos gerais “fontes de energia renovável” referem-se às energias hidráulica, de biomassa, solar, eólica, geotérmica e dos oceanos.

Estas fontes de energia *limpa* existem em abundância e além de reduzirem a dependência dos combustíveis fósseis e consequentemente a emissão dos GEE, introduzem melhoria sensível não só o ambiente mas na economia e na qualidade de vida humana.

A energia de origem renovável presente no nosso planeta é largamente superior a toda energia actualmente consumida.

No quadro 2.4 apresentam-se valores da energia disponível na terra e das reservas de combustível fóssil em comparação com o consumo energético em 2001.

Quadro 2.4 - Energia presente no nosso planeta, por tipo de fonte

Tipo de Fonte	X 10 ¹² watts
Solar	174.000,0
Geothermal	32,0
Marés	3,0
Consumo energético 2001	12,7
Fotossíntese	40,0
Vento, ondas conversão e correntes	370,0
Reservas combustível fóssil	≈ 2.000,0

Fonte:: Hubbert (1971)

Em termos gerais, a energia solar manifesta-se como calor a baixa temperatura e calor a alta temperatura. O calor solar de baixa temperatura traduz-se pela absorção da luz solar de superfícies escuras que a convertem em calor, podendo ser utilizado para aquecer a água ou outros líquidos. O calor solar de alta temperatura pode ser obtido através da focalização da luz solar, permitindo aquecer líquidos a altas temperaturas de modo que possam ser usados para gerar electricidade.

A radiação solar que entra diariamente na atmosfera, devido ao seu poder calorífero, cria turbulências manifestando-se como vento, podendo este ser utilizado para produção de energia.

A energia foto voltaica consiste na conversão direta da componente ultravioleta da luz solar em electricidade.

A energia geotérmica produz-se a partir de água quente ou de vapor, podendo ser utilizada para produção de calor ou de electricidade.

A energia das ondas pode ser usada para gerar electricidade em algumas áreas litorais, mas ainda está longe de atingir os rendimentos pretendidos.

A energia hidroelétrica está também ligada, indiretamente, à luz solar: a água é evaporada nos oceanos pela acção do calor do sol e precipita-se no continente como chuva, formando rios. Para a produção desta energia podem ser construídas, mini-hídricas ou barragens. As barragens normalmente inundam grandes áreas e obrigam, por vezes, ao deslocamento de povos, podendo ter graves impactos ecológicos ou sociais. A energia hidroelétrica é considerada um recurso não renovável por alguns especialistas.

Uma pequena parte da energia solar que alcança a Terra é convertida pela fotossíntese em biomassa (matéria orgânica). Parte desta matéria foi-se depositando no solo há centenas de milhões de anos e transformada pela acção bacteriana em carvão, petróleo e gás, os quais constituem os recursos atuais das energias não renováveis. A biomassa não sedimentada é considerada geralmente como uma energia renovável exceto se conduzir à desflorestação [Renewable Energy A Global Review of Technologies, Policies and Markets].

Actualmente na Europa a possibilidade de recorrer a fontes renováveis para produção energética é ainda reduzida, comparativamente com o potencial existente; no entanto, com as políticas adotadas pela UE, esse valor irá subir para 36% até 2030 (figura 2.4) caso se mantenham as previsões [PNAC (2006)].

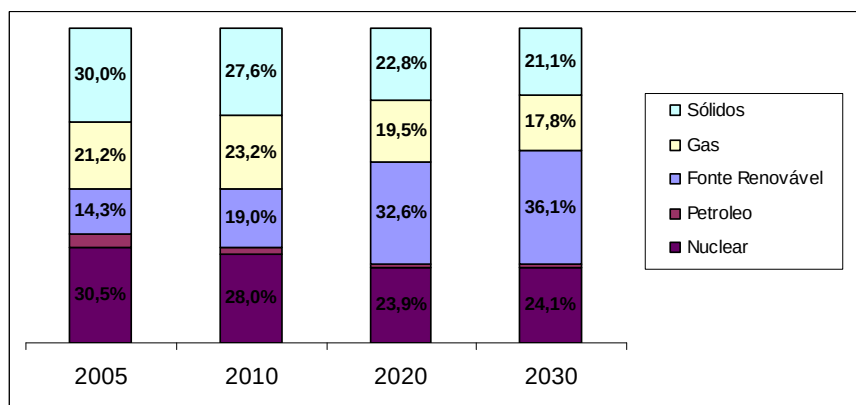


Figura 2.4 – Evolução da produção energética por tipo de fonte na UE (PNAC (2006))

Nesse mesmo período, relativamente ao tipo de fonte renovável, a água é a mais utilizada, muito devido às barragens, mas caberão às energias eólica e de biomassa o crescimento mais acentuado.

Apesar de o sol ser a fonte mais abundante no planeta, a tecnologia ainda não nos permite ter a rentabilidade desejada; apesar destas limitações prevê-se um crescimento de cerca 90 vezes.

No gráfico da figura 2.5 pode analisar-se as estimativas de evolução de produção de energia eléctrica recorrendo a fontes renováveis nos próximos anos.

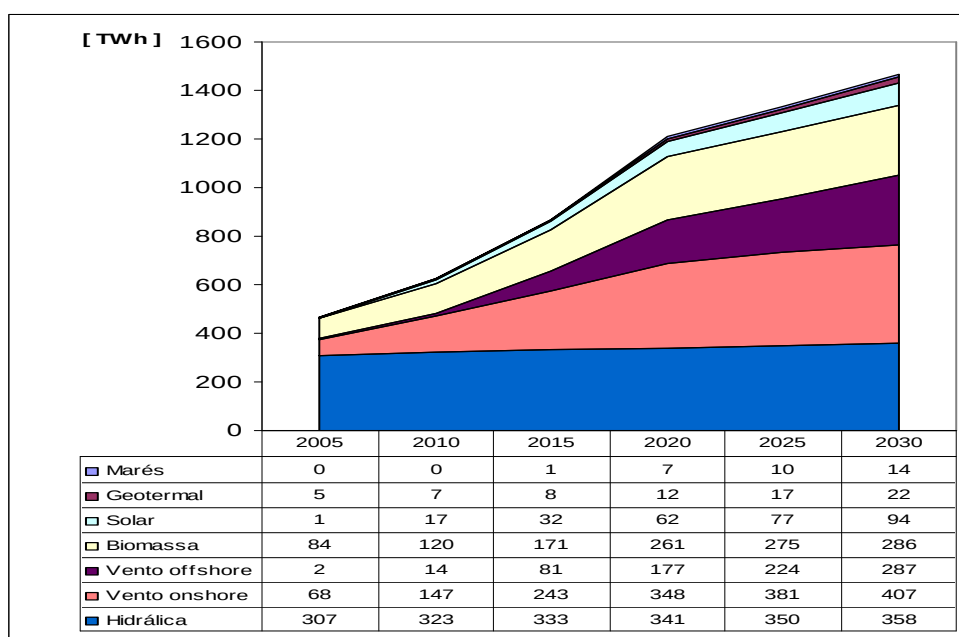


Figura 2.5 – Evolução da produção energética [TWh] por fonte renovável na UE. (PNAC (2006))

No caso de Portugal estima-se uma evolução das fontes de energia utilizadas na produção energética da forma apresentada na figura 2.6.

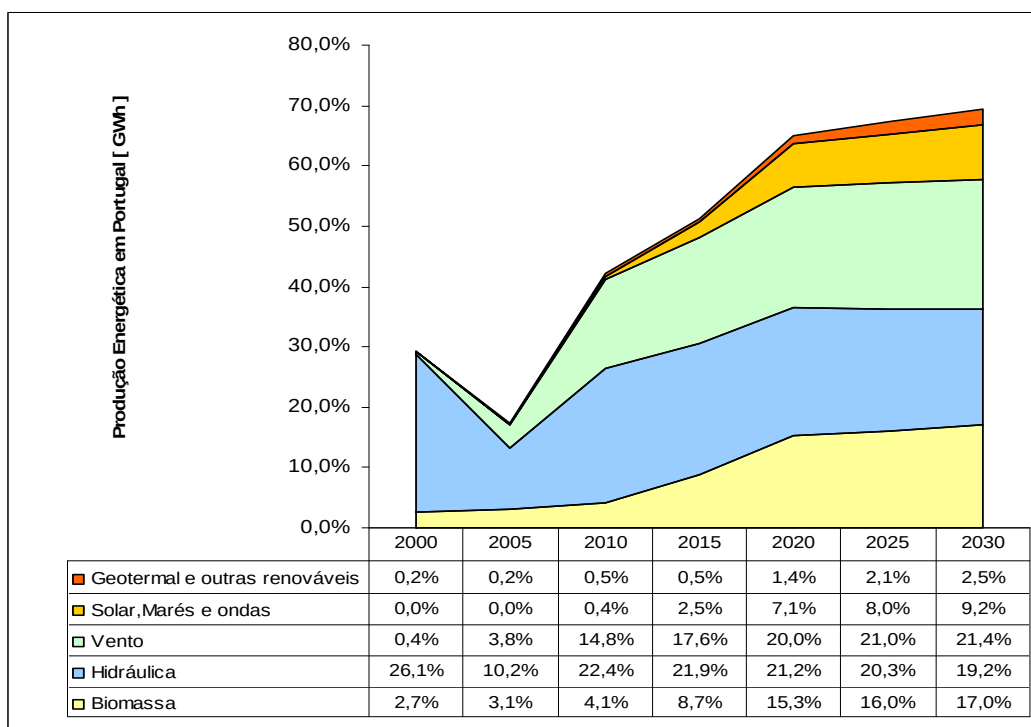


Figura 2.6 – Indicadores da produção de energia elétrica por tipo de fonte em Portugal [GWh] (PNAC (2006))

Segundo as previsões da UE, a energia elétrica produzida em Portugal de fonte renovável será de cerca de 70% do volume total produzido em 2030, factor muito importante para o nosso país, numa altura em que os preços dos combustíveis fósseis estão cada vez mais elevados.

Outro factor, também relevante no recurso a este tipo de energia, é a possibilidade de reduzir a produção de Energia Nuclear, que acarreta um risco de contaminação ambiental muito grave, como comprovamos em 1986 no acidente de Chernobyl - Ucrânia e mais recentemente na central nuclear de Fukushima no Japão (2011). Em Portugal não é produzida esse tipo de energia, mas é consumida, e mais preocupante ainda é a proximidade das centrais localizadas em Espanha.

2.3 – ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A ENERGIA - ENE 2020 (FONTE DGEG)

O actual cenário energético nacional é caracterizado por uma forte dependência externa, com um sistema energético fortemente dependente de fontes primárias de origem fóssil (petróleo, gás natural e carvão), e com uma procura energética com taxas de crescimento superiores às do crescimento do PIB.

Empenhado na redução da dependência energética externa, no aumento da eficiência energética e na redução das emissões de CO₂, o Governo definiu as grandes linhas estratégicas para o sector da energia. A Resolução do Conselho de Ministros 29/2010, de 15 de Abril, aprova a nova **Estratégia Nacio-**

nal para a Energia (ENE 2020) tendo em consideração os objectivos para a política energética, definidos no Programa do XVIII Governo e dando continuidade às políticas já desenvolvidas.

A ENE 2020 altera e actualiza a anterior estratégia, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros 169/2005, de 24 de Outubro, definindo uma agenda para a competitividade, o crescimento e uma diminuição de dependência energética do País, através da aposta nas energias renováveis e da promoção da eficiência energética, assegurando a segurança do abastecimento energético e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo energético nacional, contribuindo para a redução de emissões de CO₂.

Principais Eixos

A Estratégia define as grandes linhas de orientação política e medidas de maior relevância para a área da energia, assentando em cinco eixos:

1) Agenda para a Competitividade, crescimento e independência energética e financeira

Visa a dinamização dos diferentes sectores da economia, para a criação de valor e emprego através da aposta em projectos inovadores nas áreas da eficiência energética, das energias renováveis: (i) produção descentralizada e da mobilidade eléctrica, num quadro de equilíbrio territorial; (ii) promoção da concorrência nos mercados através da consolidação do mercado ibérico de electricidade (MIBEL), da criação do mercado ibérico do gás natural (MIBGAS) e da regulamentação do sistema petrolífero nacional, contribuindo para a maior independência energética e financeira do nosso país face a choques energéticos externos.

2) Aposta nas energias renováveis

Aposta na promoção do desenvolvimento de uma fileira industrial, que incite o crescimento económico e de emprego, e que permita atingir as metas nacionais de produção de energia renovável, intensificando a diversificação das energias renováveis no mix energético, reduzindo simultaneamente a dependência externa nacional e aumentando a segurança de abastecimento.

3) Promoção da eficiência energética

Visa a promoção da eficiência energética, consolidando o objectivo de redução de 20 % do consumo de energia final em 2020, através do estabelecimento de medidas, assim como da aposta em projetos inovadores, designadamente

- (i) o veículo eléctrico e as redes inteligentes,
- (ii) a produção descentralizada de base renovável,
- (iii) a optimização dos modelos de iluminação pública e de gestão energética dos edifícios públicos, residenciais e de serviços.

4) Garantia de segurança de abastecimento energético

Tem por objectivo garantir a segurança de abastecimento através da manutenção da política de diversificação do *mix* energético, do ponto de vista das fontes e das origens do abastecimento, e do reforço das infra-estruturas de transporte e de armazenamento que permitam a consolidação do mercado ibérico em consonância com as orientações da política energética europeia.

5) Promoção da sustentabilidade da estratégia

Visa a promoção da sustentabilidade económica, ambiental e técnica como condição fundamental para o sucesso da política energética, recorrendo a instrumentos da política fiscal, para a criação de um fundo de equilíbrio tarifário que permita continuar o processo de crescimento das energias renováveis.

Medidas propostas para as energias renováveis para 2020

- **Energia eólica:** instalação de 2.000 MW de potência já atribuída até 2012; concretização de 8.500 MW de potência instalada em 2020.
- **Energia hídrica:** 8.600 MW de capacidade instalada em 2020; implementação de um plano de acção para as mini-hídricas para o licenciamento de 250 MW; desenvolvimento de capacidade reversível.
- **Biomassa:** instalação efectiva da potência já atribuída (250 MW), introduzindo mecanismos de flexibilidade na concretização dos projectos; promoção da produção de biomassa florestal.
- **Solar:** 1.500 MW de potência instalada em 2020; actualização do Programa de Microgeração e introdução de um Programa de Minigeração; desenvolvimento de um novo *cluster* industrial baseado na energia solar de concentração, para projectos de demonstração; promoção da energia solar térmica.
- **Ondas, geotermia e hidrogénio:** implementação da zona piloto para a energia das ondas (250 MW em 2020); promoção de uma nova fileira na área da geotermia (250 MW em 2020); exploração do potencial do hidrogénio.
- **Biocombustíveis e biogás:** implementação efectiva das Directivas Europeias e das melhores práticas associadas aos biocombustíveis; exploração do potencial associado ao biogás proveniente da digestão anaeróbia de resíduos.

ENE 2020 Resultados Esperados até 2020

É esperado que com a ENE 2020 sejam atingidos os seguintes resultados:

- Redução da dependência energética externa para 74% em 2020;
- Cumprimento dos compromissos assumidos para 2020, relativos ao combate às alterações climáticas:
 - 31% da energia final proveniente de recursos renováveis,
 - 20% de redução do consumo de energia final;
- Redução em 25% do saldo importador energético, com a energia produzida a partir de fontes endógenas (redução das importações $\approx$ 2.000 milhões €/ano em 2020);
- Consolidação do *cluster* industrial associado às energias renováveis: obtenção de um Valor Acrescentado Bruto (VAB) de 3.800 milhões de euros e criação de mais 100.000 postos de trabalho (a acrescer aos 35.000 já existentes no sector) em 2020.
- Continuação do desenvolvimento do *cluster* industrial associado à eficiência energética:
 - criação de 21.000 postos de trabalho,
 - investimento de 13.000 milhões de euros até 2020,

- exportações adicionais de 400 milhões de euros.
- Continuação da promoção do desenvolvimento sustentável, criando condições para o cumprimento das metas de redução de emissões de GEE assumidas no quadro europeu.

2.4 – ENERGIA EÓLICA.

A terra está protegida pela atmosfera, composta essencialmente por nitrogénio e oxigénio. A radiação solar, incidente na terra, faz aumentar a temperatura desses gases que sobem verticalmente, criando zonas de baixa pressão. O ar (gases) frio sendo mais pesado, desce no sentido da gravidade criando zonas de alta pressão. As partículas de ar movem-se das áreas de alta pressão (ar frio) para áreas de pressão baixa (ar quente). Este movimento é conhecido como vento.

O vento é influenciado também pelo movimento da terra, não permitindo que o ar se desloque directamente das altas para as baixas pressões, mas sim para oeste no hemisfério norte e para este no hemisfério sul, sendo este fenómeno conhecido como força de Coriolis. A superfície da terra, os mares, o relevo, a florestação, as edificações, etc., também influenciam o sentido e força do vento. Cite-se, como exemplo, as brisas nas zonas costeiras, produzidas pelos efeitos térmicos determinados pela diferença de temperatura entre a terra, aquecida durante o dia, e o mar, mais fresco.

Desde os tempos antigos que utilizamos a energia dos ventos para produzir energia mecânica.

Há mais de 5 mil anos, os Egípcios usaram o vento para navegar no Rio Nilo. Depois, construímos moinhos de vento para moer o trigo e outros grãos. Os moinhos de vento mais antigos que se conhecem surgiram na Pérsia. Esses primeiros moinhos assemelhavam-se a grandes rodas de remos; séculos depois, na Holanda, melhorou-se o desenho básico das pás do moinho.

Actualmente, os moinhos de vento designados como aerogeradores, são utilizados para produzir energia elétrica. São estruturas mais pesadas, constituídas pela fundação, em betão armado, pela torre que pode ser realizada em betão armado ou aço, pelas pás, feitas em fibra de vidro reforçado com polyester ou epoxy, e pela turbina.

A transformação da energia mecânica em energia elétrica é realizada através do movimento das pás, produzido pelo vento, que mecanicamente faz rodar as turbinas instaladas no topo da torre, dependendo a sua rentabilidade de vários factores, nomeadamente o comprimento das pás, que duplicando, pode quadruplicar a produção energética, a velocidade do vento, que deverá ser superior a 4 m/s e inferior a 30 m/s por motivos de segurança, e também a densidade do ar, que depende da temperatura, altitude e pressão; locais muito elevados têm baixa pressão de ar o que torna menos eficiente a produção energética.

Para a escolha da implementação de um equipamento deste tipo, é fundamental caracterizar muito bem os ventos predominantes no local, nomeadamente a sua velocidade e o seu sentido, recorrendo-se ao atlas de vento, ou à instalação, *in situ*, de dispositivos como anemómetros.

A energia eólica oferece uma alternativa viável e económica a centrais convencionais em muitas áreas do país. O vento é um combustível limpo; os parques eólicos não produzem nenhuma poluição de ar ou de água porque nenhum combustível é queimado.

As desvantagens ambientais mais preocupantes nestes equipamentos, são o seu efeito negativo em populações de pássaros selvagens e o impacto visual na paisagem. Para alguns, as pás brilhantes dos

aerogeradores são uma mancha branca no horizonte; para outros, são uma bela alternativa às centrais convencionais [EWEA].

A energia eólica tornou-se numas das energias renováveis que mais tem desenvolvido e crescido em todo o mundo.

Em 1992 foi instalado em Portugal o primeiro parque eólico, sendo constituído por 12 máquinas com 150Kw de potência nominal cada uma. Vinte e um anos depois, já se produzem turbinas capazes de gerar energia 20 vezes superior. Essa evolução verificou-se na utilização de materiais mais sofisticados, no design do gerador, na aerodinâmica das pás, no controlo dos sistemas eletromecânicos e mecatrónicos e no processo produtivo. O diâmetro das pás da turbina aumentou de 30m para cerca de 80m e, em alguns casos, 120m, a altura da torre passou de 40m para mais de 80m, atingindo também os 120m, e os geradores de 150Kw de potência para 3000Kw e, em alguns casos, 7,5Mw [site Enercon].

2.5 – CONCLUSÃO

A energia é um assunto complexo de tratar pois interfere directamente com as necessidades humanas dos países mais desenvolvidos e com a economia mundial. A dependência das pessoas no recurso à energia para as mais diversas atividades, coloca esta no patamar de bem essencial para o Homem, tornando os países produtores de matérias-primas para a produção de energia mais influentes na economia mundial.

Apesar do esforço dos países desenvolvidos, em reduzir o uso a combustíveis fósseis para a produção energética, estamos ainda longe de atingir a harmonia entre consumo e sustentabilidade, devido a falta de uma política de racionalização de recursos em detrimento do aumento de produção energética.

A política energética sustentável e competitiva permite potenciar o crescimento económico. Entre os recursos existentes, o sol é a fonte que melhor se adequa às nossas exigências, pois é inesgotável e está presente por todo planeta. No entanto, a tecnologia ainda não está suficientemente desenvolvida, tornando esta fonte pouco rentável em comparação com outras.

Portugal sendo um país dependente das importações energéticas, necessitou de reverter esta situação. As medidas adotadas foram criadas com o intuito de utilizar recursos existentes no nosso país para permitir reduzir os custos associados à importação de energia bem como da matéria-prima utilizada na produção energética, como por exemplo o petróleo e carvão. Por este motivo, a opção escolhida foi recorrer ao vento, nomeadamente, à utilização das torres eólicas, pois é uma tecnologia mais desenvolvida permitindo melhores rendimentos.

3

TORRES EÓLICAS HÍBRIDAS. PRODUÇÃO E CONTROLO DE QUALIDADE

3.1 – INTRODUÇÃO

As torres para produção de energia eólica eram inicialmente realizadas em aço, em forma de treliça ou tubular. Actualmente podem também ser produzidas, uma parte em aço e outra em betão - as torres híbridas. Como consequência do desenvolvimento tecnológico, nomeadamente a construção de torres mais altas, surgiu a necessidade de aumentar a resistência estrutural e a rigidez das torres, requeridas para suportar o seu peso e o acréscimo dos esforços de flexão provocados pela acção dos ventos.

Como benefícios, as torres híbridas têm baixa manutenção, o seu custo é competitivo e económico, os métodos produtivos são relativamente baratos, podendo produzir-se torres mais altas e assim rentabilizar a produção de energia.

Apresentam ainda flexibilidade construtiva: as zonas em betão podem ser realizadas *in situ* ou recorrendo à pré-fabricação, a sua composição é facilmente alterada de modo a otimizar alguns parâmetros como a resistência ou a densidade, apresentam um excelente comportamento às acções dinâmicas e uma elevada resistência à fadiga. Têm também menor impacto ambiental, já que o betão é um material 100% reciclável, que também pode ser obtido com menor energia e menor emissão de CO₂ (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 – Emissão de CO₂/tipo de torre

Tipo de torre	Massa de material de construção (ton)		Quantidade de CO ₂ (TON)
	Aço estrutural	Betão armado	
Torre em aço de 70m *	125	~	242
Torre em betão de 70m **	2	550	88

* Estimado mediante informação industrial [Clashindarroch development (www.amec.com/wind); Northern power Systems NW 100/19 wind turbine (www.northernpower.com)]

** Estimado, baseando no estudo da Gifford (média da quantidade de armadura)

Uma característica fundamental do betão no seu estado fresco é a sua plasticidade e facilidade de manuseamento, tornando-o adaptável a complexos processos construtivos e formas. No entanto, devido às acções a que as torres estão constantemente submetidas, o aço poderá ser considerado como um complemento das torres em betão e não como uma alternativa, pois as suas características dúcteis permitem

colmatar a reduzida elasticidade do betão; em compensação o betão é um material menos poluente, mais barato e de fácil obtenção nos países europeus.

No sector eólico mundial o betão tem vindo a ser usado há algum tempo, nomeadamente nas fundações. Em torres *on shore* algumas empresas já o utilizam para a sua produção como é o caso da Enercon, da GE Wind e da Nordex.

A Enercon foi a empresa que mais desenvolveu a produção de torres eólicas híbridas, recorrendo à prefabricação (fig. 3.1). Actualmente a Enercon oferece a opção de torres em betão para turbinas com diâmetros de pás acima dos 75m e alturas até os 138m. Estas torres são prefabricadas em segmentos de betão em forma de anéis com 3,8m de altura, espessura da parede com cerca 350mm e diâmetros compreendidos entre 2,3 e 7,5m. Após montagem *in situ*, estes segmentos são postensionados, no interior do betão, longitudinalmente até à fundação. Os dois últimos segmentos são em aço, com cerca de 3m e 27m de comprimento.



Figura 3.1 – Torre E-82-126 - 7.500kW híbrida da Enercon

A GE wind em 2006 desenvolveu um protótipo com 100m de altura, executado *in situ*, também com anéis de betão com 350mm de espessura até aos 70m de altura. Estes anéis são pós tensionados sendo, neste caso, o pré-esforço no interior da torre mas externo à parede de betão. Para completar os 100m de altura são utilizados segmentos em aço.

A Nordex desenvolveu uma estrutura híbrida com 120m de diâmetro de pás, realizada com elos em aço com um comprimento total de 60 m dividido em 3 secções, na parte superior de uma estrutura em betão, perfazendo uma altura de 100 ou 120m de altura.

Como já foi referido esta dissertação foi realizada com base no trabalho desenvolvido pelo autor na Enercon, que incidiu sobre o estudo e controlo dos betões bem como o desenvolvimento de novas composições para utilização nas torres eólicas híbridas. Assim, em seguida apresentam-se com detalhe as características destas torres, o seu processo construtivo e o controlo de qualidade associado a todas as fases da produção.

3.2 – CARACTERÍSTICAS DA TORRE EÓLICA HÍBRIDA

A torre eólica híbrida pode ter alturas diferentes, dependendo do local onde irá ser instalada e da potência requerida. No caso de Portugal este tipo de torre tem uma altura de 83 m, um raio de pás do rotor de 82 m e potência de 2 MW. (Figura 3.2)

A estrutura em betão é constituída por 15 segmentos e tem cerca de 58 m de altura, (Figura 3.2); os restantes 25 m são compostos por 2 segmentos em aço, um com 3 m e o outro com 22 m.

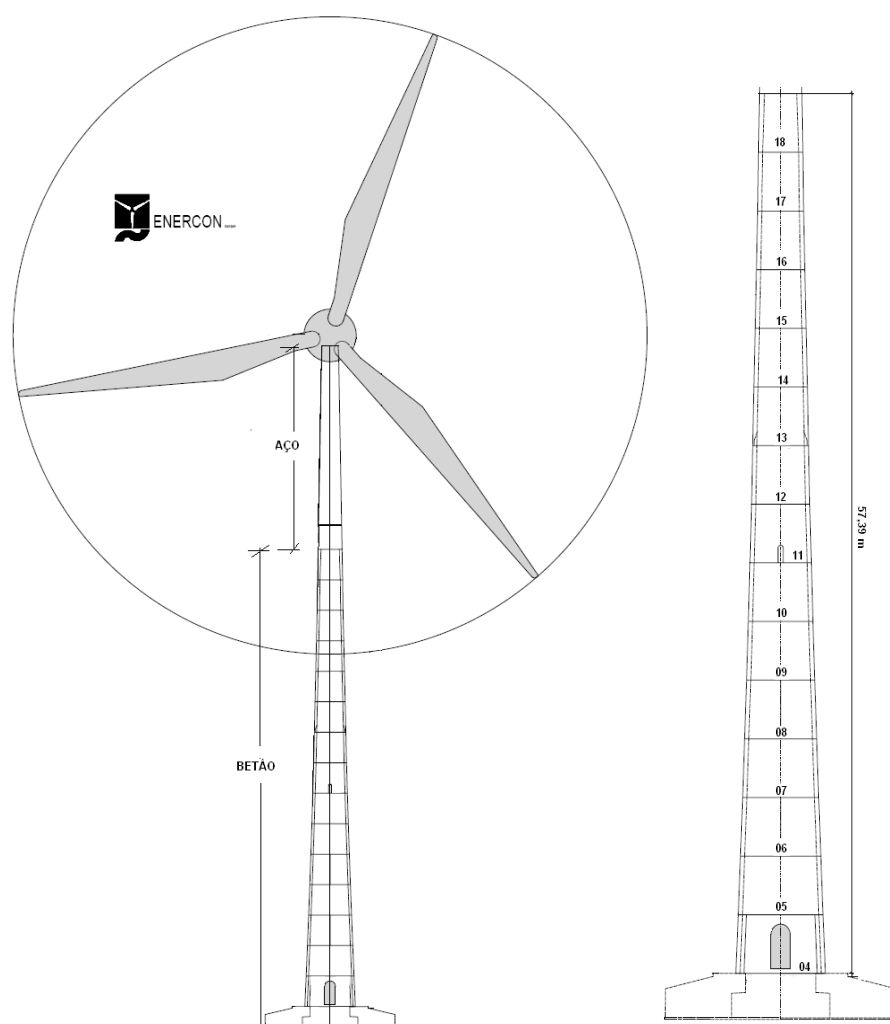


Figura 3.2 – Torre Híbrida da Enercon GmbH (pormenor da parte em betão à direita)

No quadro 3.2, é apresentada a classe de resistência do betão requerida para cada segmento.

Como se pode verificar a classe de resistência aumenta com a altura.

Quadro 3.2 – Classe de Resistência por segmento

Torre E-82-83		
Nº do Segmento	Classe de resistência em torres convencionais.	Classe de resistência para torres anti-sísmicas.
18	C60/75	C70/85
9 – 17	C55/67	C60/75
4 – 8	C45/55	C55/67

Os segmentos, além de serem produzidos com diferentes betões, têm diâmetros diferentes, diminuindo com a altura: cita-se, como exemplo, o segmento nº 4, que fica na base da torre, com 6.4m de diâmetro de base, diminuindo gradualmente até ao segmento 18, no topo, com 3.0m de diâmetro (figs. 3.3 e 3.4).

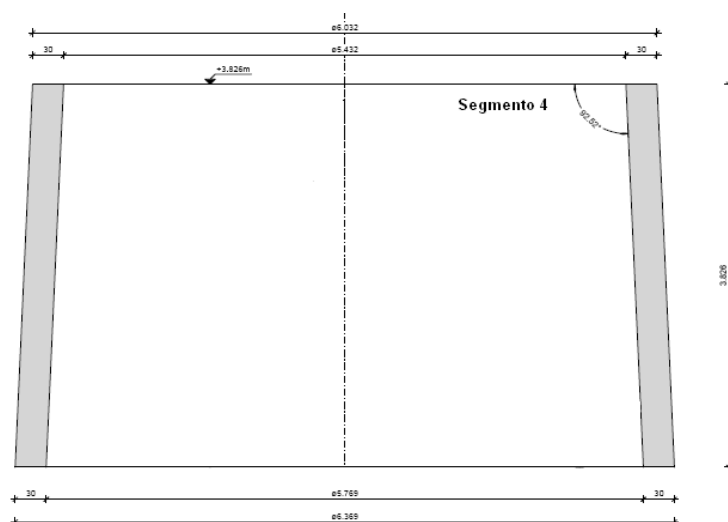


Figura 3.3 – Corte do segmento 4 em betão

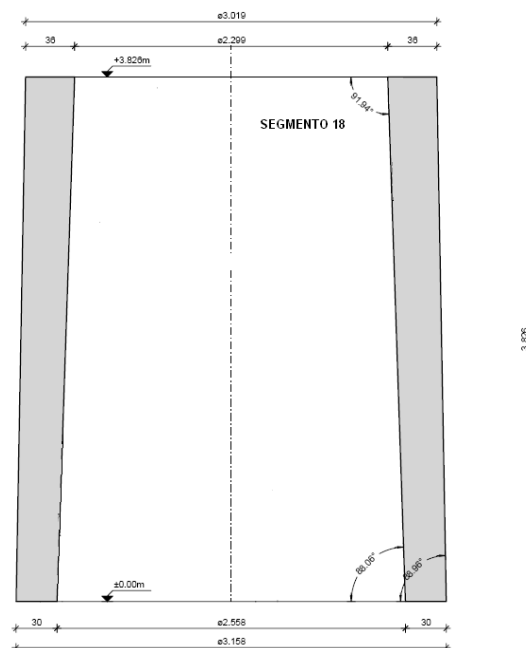


Figura 3.4 – Corte do segmento 18 em betão

Devido a limitações de transporte, os segmentos maiores (até ao nº 8) são divididos em 2 partes, como podemos ver na figura 3.5.

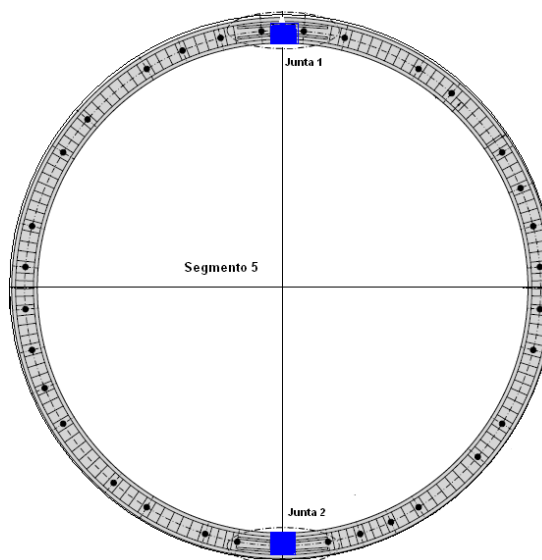


Figura 3.5 – Exemplo de segmento dividido em 2 partes

A união dos segmentos divididos pode ser realizada de duas formas diferentes:

- Através de caixas de conexão, que são removidas após a betonagem, ficando um espaço aberto para mais tarde, em obra, ser preenchido com uma argamassa (ver fig. 3.6).



Figura 3.6 – Junta em forma de caixa de conexão

- Através de dispositivos de ancoragem em aço que mais tarde são unidos com elementos de fixação (parafusos) em obra (fig. 3.7).



Figura 3.7 – Junta com dispositivos de fixação

Actualmente o sistema mais utilizado é o 2º, devido à facilidade e rapidez na execução dos trabalhos; além disso, não sendo necessária a produção *in situ* de argamassas, não há geração de resíduos.

No que respeita ao acabamento, o interior da peça pode ser em tinta ou em betão à vista; pelo exterior é aplicado um revestimento com 4 camadas, sendo duas de cola (resina), uma de fibra de vidro (tela) e uma de tinta.

A regularização das juntas entre segmentos é efetuada através da colocação de uma camada de resina epoxy com cerca de 10 mm, não devendo a sua planura ter variações superiores a 0,3 mm (fig. 3.8).



Figura 3.8 - Aspecto final da junta em epoxy no topo do segmento

Por fim, os segmentos em betão, são transportados para obra onde se irá processar à sua montagem, ficando com a forma apresentada na figura 3.9.



Figura 3.9 – Torre após montagem dos segmentos em betão

Pelo referido anteriormente é importante que o processo de fabrico obedeça a inúmeros critérios de qualidade, não só com o intuito de garantir as exigências impostas pelos clientes, mas também possibilitar a montagem da torre em obra de uma forma rápida e segura.

3.3 – PROCESSO DE FABRÍCO E CONTROLO DE QUALIDADE DOS SEGMENTOS DA TORRE

Como já foi referido, os segmentos da torre em betão armado são pré-fabricados. Esta forma de produção traz inúmeros benefícios a nível da qualidade da peça final, beneficiando da mão-de-obra especia-

lizada e de um controlo de qualidade muito exigente. Possibilita, ainda, a redução da quantidade de resíduos oriundo do processo produtivo, reduz o tempo de construção in situ e é um processo independente das condições atmosféricas.

Nos dez anos de experiência na produção de torres pré-fabricadas o processo de fabrico sofreu várias alterações com o objectivo de melhorar a qualidade do produto final ao menor custo possível.

Actualmente o processo produtivo está dividido em 5 fases sendo cada uma submetida a um controlo de qualidade.

As fases são a preparação e conformação da armadura, a preparação da cofragem, a produção e colocação do betão, a injeção da resina epoxy e, por fim, a aplicação do revestimento final e pintura.

3.3.1. ARMADURA

3.3.1.1 – Preparação da armadura

A armadura é preparada num local diferente de onde a peça vai ser betonada; esta forma de moldagem implica um maior controlo das dimensões da peça e da colocação, na posição exacta, das baínhas de pré-esforço e outras peças que ficarão embebidas no betão.

O aço para a execução da armadura é fornecido em bobines com cerca de 3.000 kg cada uma (fig. 3.10) e moldado em máquinas, conforme as dimensões requeridas para cada segmento.

A armadura é realizada por duas malhas ortogonais de varões de 12mm de diâmetro com 100mm de espaçamento; o recobrimento, tanto no interior como no exterior do segmento, é de 45mm sendo garantido por espaçadores em fibrocimento.



Figura 3.10 – Bobines de aço

A moldagem é completamente automatizada e realizada em duas fases: moldagem dos estribos que irão ser colocados verticalmente e a moldagem do aço horizontal, que é enrolado conforme o diâmetro do segmento.

Na moldagem dos estribos o aço passa no interior de uma máquina que contém pequenos rolos e endireita o aço a frio, sendo depois moldado com as dimensões requeridas (fig. 3.11).



Figura 3.11 – Máquina de moldagem dos estribos

A segunda fase de moldagem é através de pequenos rolamentos que dão a forma ao aço com o diâmetro pretendido para o segmento em causa (fig. 3.12, 3.13 e 3.14). Numa primeira fase é colocado o aço que irá ficar na parte interior da peça, em seguida são colocados os estribos e bainhas de pré-esforço e por fim é colocado o aço exterior da armadura. Ainda nesta fase são colocados os espaçadores que irão garantir o recobrimento da armadura.



Figura 3.12 – Máquinas de moldagem da armadura longitudinal para os segmentos



Figura 3.13 – Exemplo da colocação dos estribos sobre a armadura interior



Figura 3.14 – Colocação da armadura longitudinal exterior após a colocação das bainhas

Após a preparação da armadura, esta é colocada no molde ou arrumada em *stock* (3.15).



Figura 3.15 – Armadura terminada

3.3.1.2 – Controlo de qualidade da armadura

Antes de mais é importante referir que o controlo de qualidade deve atuar em todas as fases do processo já que, após a peça abandonar cada uma das diferentes fases do processo construtivo, as alterações eventualmente necessárias serão mais morosas e complicadas.

O controlo de qualidade na fase da armadura inicia-se na receção do material e termina na colocação da armadura, já configurada, no molde de betonagem.

Todos os passos são registados e controlados pelo supervisor, nomeadamente o espaçamento entre os varões, o número de estribos, os pontos de amarração, a posição e número das bainhas de pré-esforço, o diâmetro da peça e as juntas no caso dos segmentos de maior dimensão.

Além do controlo do processo, o material interveniente deverá ser ensaiado, neste caso, o aço recebido em bobines. São selecionadas aleatoriamente amostras em cada 30 toneladas, e caracterizadas as propriedades geométricas e mecânicas.

O aço a utilizar deverá ser da classe A500 NR com diâmetro de 12 mm e deverá cumprir a especificação do LNEC “E460-2008: Varão de aço A500 NR SD para armaduras de betão armado”. Todo o aço utilizado tem de estar certificado pelo produtor e os ensaios requeridos terão de ser executados em laboratórios acreditados.

No quadro 3.3 são apresentados alguns dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais.

Quadro 3.3 – Valores obtidos nos ensaios da armadura segundo especificação do LNEC E 460 – 2008

Resistência à tração/ deformabilidade					Parâmetros Geométricos						
Re [Mpa]	Rm [Mpa]	Rm/Re	Re/500	A _{gt} [%]	a _m [mm]	a _{1/4} [mm]	C [mm]	b [mm]	β [°]	f _R	Σfi [mm]
1,20					0,78	0,54	7,2	1,2			
≥ 500	≥ 550	1,15- 1,35	≥ 8		± 1,08		≤ 2,4	40 - 70	≥ 0,056	≤ 7,5	
515	703	1,37	1,03	12,2	0,92	0,71	7,4	1,45	59	0,075	3,4
610	711	1,17	1,20	8,0	0,91	0,69	7,4	1,4	59	0,076	2,9
520	677	1,30	1,04	10,2	1,01	0,78	7,4	1,1	55	0,083	3
512	680	1,33	1,02	9,7	0,98	0,79	7,5	1,2	53	0,080	3,1
526	675	1,28	1,05	9,1	0,96	0,63	7,5	1,3	59	0,078	2,9
504	674	1,34	1,01	17,3	0,93	0,61	7,5	1,3	57	0,076	2,9
517	693	1,34	1,03	11,0	0,93	0,69	7,5	1,6	57	0,076	3,2
526	691	1,31	1,05	8,8	0,9	0,57	7,5	1,3	56	0,073	3,3

3.3.2. PREPARAÇÃO DA COFRAGEM E COLOCAÇÃO DA ARMADURA

3.3.2.1. Trabalhos a executar

Esta fase engloba a colocação da armadura no molde, a colocação das peças que ficarão embebidas no betão, o fecho do molde, a colocação de materiais de cura e a remoção da peça betonada.

De certa forma esta fase do processo é a mais importante pois, se alguma peça ou tubo de pré-esforço não forem colocados, o segmento terá de ser rectificado ou destruído.

Como vemos na figura 3.16, os moldes têm cerca de 3,8m, o que irá provocar pressões hidrostáticas elevadas na base do molde. Por este motivo, os moldes são em aço e a sua união é feita através de parafusos em aço da classe 8.6, com 2,5 cm de diâmetro e 15cm de comprimento.



Figura 3.16 – Moldes para a betonagem

Antes de ser colocada a armadura é necessário limpar o molde e aplicar um descofrante para facilitar a remoção da peça (ver fig. 3.17). Após a colocação da armadura são colocadas todas as peças que irão ficar embebidas no betão, como dispositivos de suporte para as escadas, suporte de cabos, peças de ancoragem etc..



Figura 3.17 – Molde após correcta colocação dos dispositivos de fixação

Após estes trabalhos os moldes podem ser fechados e as bainhas de pré-esforço fixadas (fig. 3.18).



Figura 3.18 – Fase final da preparação dos moldes

Para que a peça fique com a qualidade requerida é essencial que o molde fique bem fechado e isolado de forma a evitar a fuga das partículas finas do betão que mais tarde será colocado, como vemos na figura 3.19. Em seguida o betão pode ser colocado na cofragem.



Figura 3.19 – Ninho de brita por ausência de vedante na base do molde

Após a betonagem é retirado o excesso de betão e quando a resistência do betão atingir o valor de 16MPa os moldes podem ser abertos, sendo removidos para o valor de 20 MPa.

Todos estes trabalhos requerem cuidados especiais, não só pelo que já foi referido mas também para que, na fase de desmoldagem e remoção da peça, não ocorra nenhum acidente grave, como o levantamento do segmento antes que o betão atinja a resistência requerida.

3.3.2.2. Controlo de qualidade

Todos os trabalhos efectuados, referidos no ponto anterior, são registados pelos colaboradores que executam as tarefas em questão; além disso, é necessária a aprovação do supervisor antes de se efectuar a betonagem: o responsável desta fase deve garantir, através de uma inspeção visual, que os registos efectuados pelos colaboradores estejam em conformidade com as instruções de trabalho.

Em seguida dá-se início ao processo de betonagem.

3.3.3. PRODUÇÃO E COLOCAÇÃO DO BETÃO

3.3.3.1. Execução dos trabalhos

A produção do betão é um processo complexo devido ao alto desempenho que este material deve apresentar; além das altas resistências finais e iniciais, é também necessária uma grande fluidez.

Pelas exigências requeridas é essencial que os operadores, da central de betão e auto-bomba, tenham conhecimentos base da tecnologia do betão e do processo produtivo.

Os equipamentos intervenientes nesta fase são: as baias de receção dos materiais constituintes e tapetes de transporte, os silos de armazenamento, as balanças de pesagem, a misturadora, a cuba de transporte e a bomba de betonagem.

O processo inicia-se com a receção dos materiais e o seu armazenamento nos silos. Após a entrada dos camiões nas instalações, o operador verifica qual o material transportado e encaminha-o para o silo correto. Caso se trate de agregados, o transportador processa a descarga para uma baia sendo de seguida encaminhado para o silo através de tapetes, conforme vemos na figura 3.20.

Esta forma de armazenamento dos agregados (fig. 3.21) evita alterações das suas propriedades por acção do clima, contaminação ou mistura com outros materiais.



Figura 3.20 – Receção dos agregados



Figura 3.21 – Silos

Os restantes materiais, como as adições, cimento e aditivos, são transportados em cisterna e descarregados através de mangueiras.

Após a ensilagem dos materiais processa-se à sua mistura através de uma misturadora de eixo vertical com revestimento cerâmico e uma capacidade de 2 m³ (ver figura 3.22).



Figura 3.22 – Misturadora

A amassadura decorre durante 90s após a introdução do superplastificante; nesta fase o operador da central tem a primeira informação da consistência do betão que é dada pelo esforço do binário da misturadora, de seguida o betão é descarregado para uma cuba e transportado até à auto-betoneira (fig. 3.23).



Figura 3.23 – Cuba de transporte

O processo produtivo termina após a descarga do betão na auto-bomba. O operador da central de betão apenas tem contacto visual da mistura nesta fase, pelo que deverá estar constantemente a verificar a uniformidade da consistência do betão de acordo com o requerido pelo estudo das composições.

Na colocação do betão há alguns aspectos importantes a ter em conta: a altura da cofragem a betonar, de cerca de 3,8m (no entanto, a altura de queda do betão que deve estar situada entre 0,50m e 1,00m); a densidade de armadura e a presença das bainhas de pré-esforço. Estes fatores são importantes não só na fase final do processo betonagem, mas também no estudo das composições (figuras 3.24 e 3.25).



Figura 3.24 – Autobomba

O operador da bomba deve respeitar a boa colocação do betão, nomeadamente, a altura de queda, permitir que o betão percorra a tubagem da bomba em secção cheia, possibilitando a saída do betão de forma contínua sem interrupções, executar a betonagem em 2 pontos opostos da peça, possibilitando desta forma a uniformidade dos materiais e ainda, por inspeção visual, verificar a consistência do betão, alertando o operador da central se ocorrer alguma anomalia. A compactação é feita através de vibração manual nomeadamente vibradores agulha.



Figura 3.25 – Betonagem

Além do referido anteriormente, os operadores da central e da auto-bomba devem estar constantemente em contacto, pois, devido à perda rápida de consistência deste betão, a sua produção deve acompanhar

a colocação para evitar longas esperas do betão dentro da auto-bomba e também entre os diferentes níveis de colocação no molde que poderão originar uma má união entre as camadas.

Nunca é demais referir que um bom estudo de composições de betão, pouca significância terá se o processo produtivo e a sua colocação não forem as mais adequadas. É fundamental que todos os intervenientes tenham experiência e conhecimentos de todo o processo, desde a fase de estudo até à fase de colocação; só desta forma é possível garantir um betão com qualidade.

3.3.3.2. Controlo de qualidade

O controlo que qualidade do betão em ambiente fabril é mais simples em comparação com um betão produzido e colocado em ambientes expostos a condições atmosféricas, não só pela possibilidade de controlar a temperatura ambiente e humidade do ar, mas também de eliminar a distância entre a produção e colocação do betão, factores que influenciam as propriedades dos betões.

No nosso caso, são produzidos betões de elevado desempenho com produção certificada de acordo com a NP EN 206-1.

Segundo esta norma todo o processo produtivo do betão deve estar sujeito ao controlo, sob responsabilidade do produtor, com o objetivo de manter as propriedades do betão em conformidade com os requisitos especificados (betão de comportamento especificado).

O controlo do processo abrange a seleção dos materiais constituintes, a formulação e estudo de composições, a produção, a inspeção e ensaios ao betão, e ainda a inspeção de todos os equipamentos intervenientes na produção, referidos no ponto anterior. Com os resultados dos ensaios ao betão, verifica-se a conformidade dos valores obtidos com os critérios referidos na norma os quais iremos apresentar mais à frente.

A seleção dos materiais e o estudo das composições são abordados no próximo capítulo; note-se que, o responsável pela receção dos materiais, produção e pelos ensaios ao betão e seus constituintes, deve conhecer previamente os requisitos especificados, de forma a ter capacidade crítica na fase de interpretação de resultados.

Antes de se proceder à receção do material para a produção de betão, todos os equipamentos devem ser verificados, nomeadamente os equipamentos de pesagem e dosagem, a misturadora, equipamentos de ensaio e a autobetoneira; em produção contínua essa verificação pode realizar-se no final do dia de produção.

O controlo dos materiais constituintes deve seguir pelo menos o especificado na norma; visto se tratar de betões de elevado desempenho, é aumentada a frequência dos ensaios, nomeadamente no caso dos agregados, como podemos verificar no quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Frequência para o controle dos materiais constituintes do betão

Controlo dos materiais constituintes			
Material	Inspeção/Ensaio	Objectivo	Frequência
Cimento	Inspeção da guia	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e origem	Cada entrega
	Recolha de Amostras	Permitir ensaio futuro em caso de dúvida	1 vez por dia
Agregados	Inspeção da guia e agregado antes da descarga	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e origem	Cada entrega
	Análise granulométrica	Avaliar conforme granulometria acordada	Semanalmente
	Teor de humidade	Assegurar que o valor lido na central misturadora está correcto.	Diariamente
Adjuvantes	Inspeção da guia e etiqueta do contentor antes da descarga	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e adequadamente marcado	Cada entrega
	Recolha de Amostra e análise da densidade	Comparar com dados do fabricante	Cada entrega
Adições	Inspeção da guia antes da descarga	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e origem	Cada entrega
	Recolha de Amostras	Permitir ensaio futuro em caso de dúvida	1 vez por dia
Água reciclada	Análise segundo EN 1008	Assegurar que a água não contém constituintes nocivos	Semanalmente
		Análise química em laboratório acreditado	Anualmente, ou quando se justificar

No que respeita aos betões é seguido igualmente o indicado na NP EN 206-1. As amostras são recolhidas de acordo com a norma NP EN 12350-1, à saída da betoneira anexa à autobomba, e é verificada a temperatura, a consistência, a densidade e a razão água/cimento; de seguida são moldados cubos, para verificar a resistência.

O módulo de elasticidade é verificado mensalmente em provetes cilíndricos de 150mm de diâmetro e 300mm de altura.

A consistência é verificada de acordo com o ensaio mais indicado para cada betão. Atualmente são produzidos 3 tipos de betão, com características de consistência iguais, ou muito parecidas, pelo que o é executado o mesmo ensaio para todos, nomeadamente o ensaio da mesa de espalhamento, segundo a NP EN 12350-5 (figs. 3.26 e 3.27).



Figura 3.26 – Mesa de espalhamento



Figura 3.27 – Ensaio de espalhamento

A razão água/cimento é registada em todas as amassaduras no sistema informático da central de betão, conforme obriga a norma NP EN 206-1. No entanto, esses valores podem estar adulterados devido a vários factores entre eles a humidade dos agregados; assim, diariamente, aquando dos ensaios referidos anteriormente e da moldagem dos cubos, é verificada a razão água/cimento numa amostra de 5000 g (fig. 3.28).



Figura 3.28 – Determinação da razão água/cimento

Para os ensaios de caracterização do betão endurecido são moldados, em moldes plásticos, provetes cúbicos com 150mm de aresta e é utilizada uma mesa vibratória para a sua compactação segundo a norma NP EN 12390-2.(fig. 3.29).



Figura 3.29 – Moldagem dos provetes de betão com dimensões 150x150x150mm

Para a classificação do betão, utiliza-se a resistência característica aos 28 dias, adquirida a partir dos provetes cúbicos 150x150x150mm ($f_{ck,cube}$) e devem ser verificados os critérios de conformidade para a resistência à compressão presente na NP EN 206-1 (quadro 3.5).

Quadro 3.5 – Critérios de conformidade para a resistência à compressão

Produção	Número "n" de resultados de ensaios da resistência à compressão no grupo	Critério 1	Critério 2
		Média dos "n" resultados (f_{cm}) N/mm ²	Qualquer resultado individual de ensaio (f_{ci}) N/mm ²
Inicial	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Continua	≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

Além destes ensaios, como já referimos, é também verificado o módulo de elasticidade em laboratório externo.

De seguida são apresentados, no quadro 3.6, os valores obtidos em alguns ensaios de resistência à compressão e ao módulo de elasticidade.

Quadro 3.6 – a) Valores dos ensaios efectuados no controlo de qualidade ao betão

Classe de betão C60/75 – Produção continua.								
Amostra	Espalhamento	temperatura	Densidade betão fres.	Razão A/C	Densidade Betão endu.	Resistência à compressão f_{cm}		
						1d	7d	28d
	cm	°C	kg/m ³		kg/m ³	MPa	MPa	MPa
1	67	25	2437	0,35	2431			83,6
			2439		2439			85,2
2	69	25	2456	0,35	2447			82,3
			2455		2456			85,0
3			2436		2429			81,5
			2441		2442			80,6
4			2433		2425			82,4
			2432		2424			80,2
5	68	26,7	2435	0,35	2411	52,3	73,9	
			2442		2427			
			2441		2428			80,2
			2429		2421			88,2
6			2442		2434			80,4
			2430		2421			83,6

Quadro 3.6 – b) Valores dos ensaios de caracterização mecânica do betão

Classe C60/75	Resistência Compressão f_{cm} [Mpa]	Módulo de Elasticidade E_{cm} [Gpa]
	84,1	31,8
	82,0	34,3
	84,3	35,5
	82,1	32,9
	92,8	34,5
	85,3	34,4

A abertura dos moldes e a remoção do segmento, devem ser precedidas da avaliação da resistência mecânica do betão endurecido, de forma a garantir que a resistência do segmento atinja o valor requerido para o respetivo trabalho.

O ensaio não destrutivo de avaliação da resistência mecânica do betão endurecido mais divulgado e globalmente aceite é o teste com o esclerómetro (ou martelo) de Schmidt (figs. 3.30 e 3.31).



Figura 3.30 – Esclerómetro Schmidt

Estes equipamentos medem o recuo de uma massa que incide sobre uma superfície de betão a ensaiar. A massa a recuar arrasta uma patilha que se desloca sobre uma escala graduada; o número indicado na escala é o índice esclerométrico.

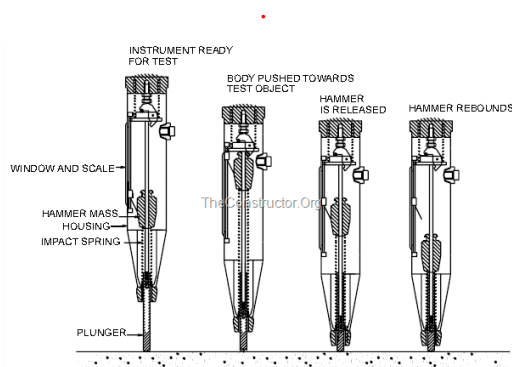


Figura 3.31 – Funcionamento do Esclerómetro

O ensaio permite obter uma estimativa da resistência à compressão do betão através de correlações obtidas no gráfico seguinte (fig. 3.32).

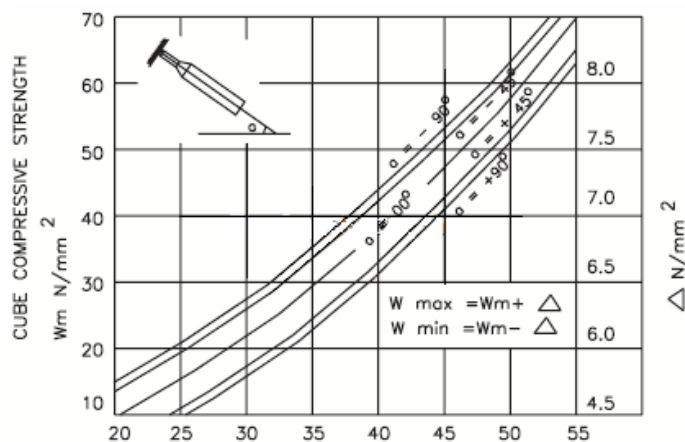


Figura 3.32 – Relação Resistência do Betão/índice Esclerométrico

Este método de ensaio permite unicamente obter uma medida da dureza relativa do betão sobre a camada superficial (aproximadamente 30mm). A relação da resistência obtida com outras propriedades do betão é puramente empírica.

Tal como todos os equipamentos de ensaio e medida, a fiabilidade dos valores obtidos com o martelo de Schmidt dependem da sua correcta calibração que pode ser efectuada com uma pequena bigorna standard.

No entanto, para uma avaliação mais precisa, foram realizados ensaios de calibração em laboratório com o intuito de verificar a relação resistência à compressão/índice esclerométrico.

Estes ensaios foram efectuados durante a elaboração desta dissertação.

Foram utilizados 2 esclerómetros de marcas diferentes, um da Schmidt e outro da Controls, e retiradas 9 amostras da mesma amassadura, cada amostra constituída por 2 cubos com dimensões 150x150x150mm, para ensaiar a diferentes idades, nomeadamente 2 provetes para cada idade.

A classe de resistência do betão a utilizar no ensaio foi a C55/67.

O ensaio processa-se da seguinte forma: coloca-se a amostra (proвете cúbico) na prensa sendo comprimido a uma velocidade de 0,2 N/s; quando se atinge uma compressão de 3N/mm² dá-se início a recolha dos valores esclerométricos em nove pontos de uma das faces do provete.

Seguidamente o provete é levado à rotura e registada a sua resistência à compressão.

Apresenta-se em seguida os resultados da calibração dos 2 equipamentos obtidos para as 8h de idade do betão.

Os índices esclerométricos indicam-se no quadro 3.7 e, no quadro 3.8 os valores da resistência de rotura à compressão.

Quadro 3.7 – Valores obtidos nos esclerómetros para cada provete referente às 8h de idade.

Rm	cubo 1		cubo 2	
	Controls	Schmidt	Controls	Schmidt
Índice esclerométrico (mínimo 9 valores em cada ensaio)	26	28	28	27
	26	26	28	26
	26	24	26	25
	27	26	26	27
	25	26	25	26
	28	26	30	27
	26	25	25	28
	26	27	26	26
	26	26	28	28
Média em cada Amostra	26,2	26,0	26,9	26,7

Quadro 3.8 – Resistência à compressão às 8h de idade

Resistência à compressão fcm N/mm2	
Cubo 1	Cubo 2
18,7	19,2
Média (fcm)	19,0

Como se pode verificar, os valores obtidos para cada esclerómetro foram idênticos, bem como o valor da resistência à compressão.

Repetiu-se a mesma metodologia para as restantes idades do betão, tendo-se obtido os valores indicados no quadro 3.9.

Quadro 3.9 – Valores obtidos para cada idade

Idade	Resistência média à Com- pressão fcm (MPa)	Índice esclerométrico		
		Equipamento		
		Controls		Schmith
8h	19	27		26
9h	23	31		30
10h	28	33		33
12h	32	34		34
14h	36	35		34
16h	39	36		36
24h	47	41		39
7d	65	49		46
28d	75	55		53

Com os resultados obtidos traçaram-se duas curvas, que relacionam os valores da resistência à compressão e valores lidos no esclerómetro com a idade do betão. Este procedimento foi feito para os dois equipamentos (figs. 3.33 e 3.34).

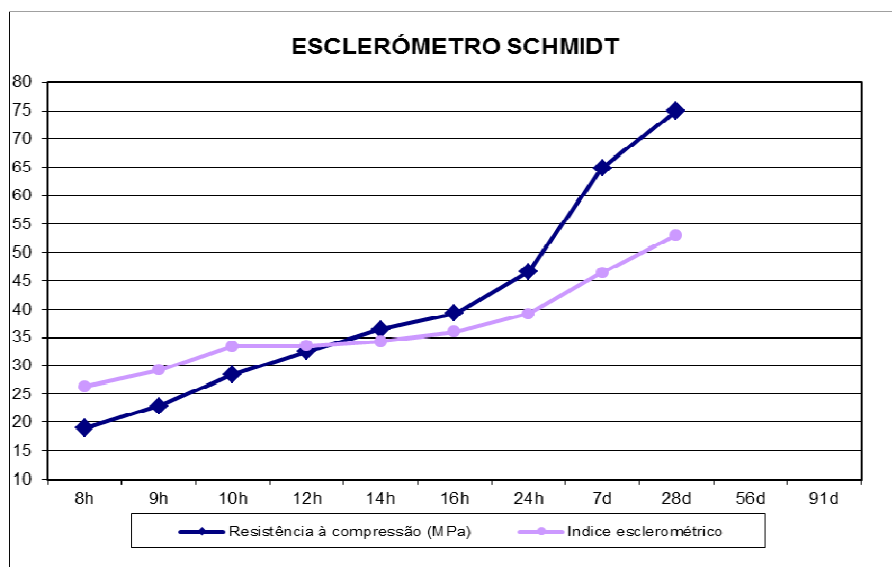


Figura 3.33 – Distribuição dos valores da resistência à compressão e índice esclerométrico em função da idade para o esclerómetro Schmidt

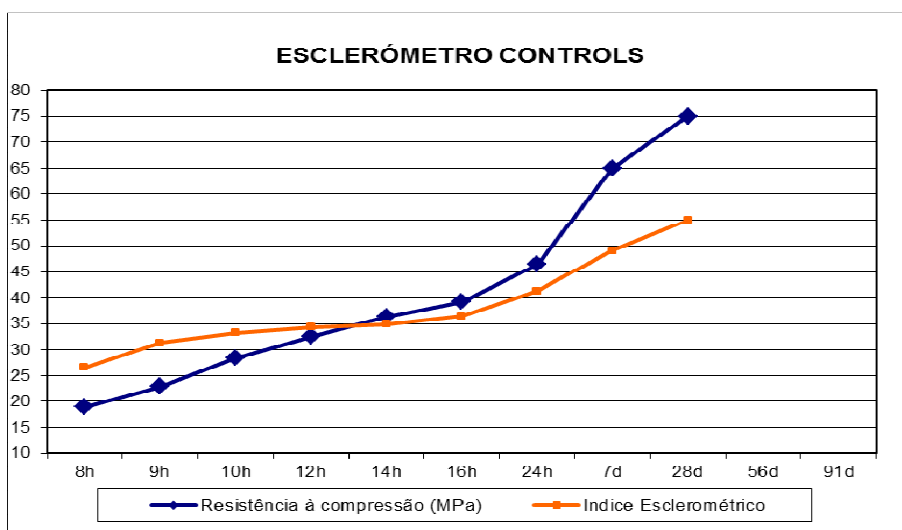


Figura 3.34 – Distribuição dos valores da resistência à compressão e índice esclerométrico em função da idade para o esclerómetro Controls

Da observação dos gráficos pode concluir-se que a evolução do gráfico obtido com os valores esclerométricos tem um crescimento aproximadamente logarítmico até igualar os valores da resistência à compressão; por sua vez, a resistência à compressão apresenta um crescimento linear entre as 8h e as 13h.

Relembra-se que as resistências relevantes para a descofragem e mobilização do segmento betonado, são 16 e 20 MPa; assim, os valores a considerar no estudo são os obtidos até às 10h de idade. Refere-se ainda que todos os valores são referentes à mesma amassadura.

Com estes dados (apenas os valores correspondentes às três primeiras horas) são desenhados os gráficos presentes nas figuras 3.35 e 3.36 e, a partir deles, determinadas as curvas de tendência para cada amostra de dados (tabela EXCELL).

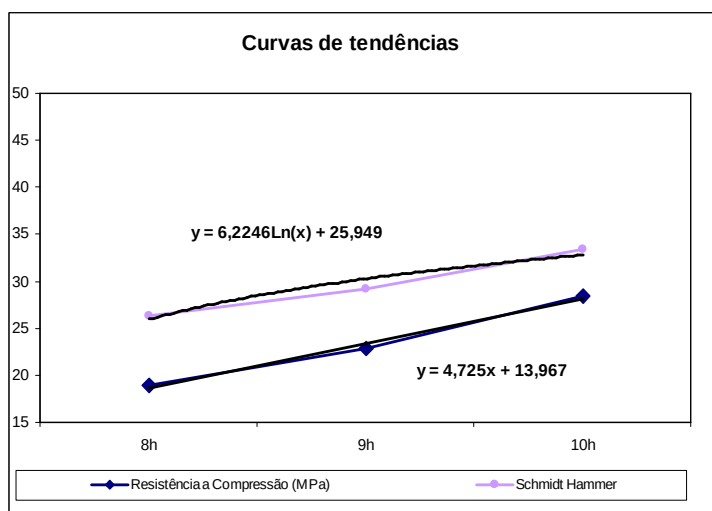


Figura 3.35 – Curvas de tendências para o esclerômetro Schmidt

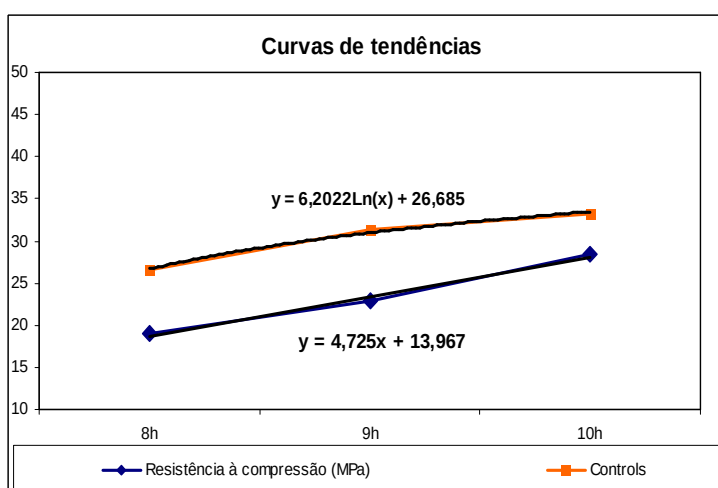


Figura 3.36 – Curvas de tendências para o esclerômetro Controls

Com as equações obtidas determinaram-se os valores do índice esclerométrico correspondentes à resistência à compressão de 20MPa (quadros 3.10.e.3.11).

Quadro 3.10 – Determinação do índice esclerométrico para o Esclerômetro SCHMIDT

Esclerômetro SCHMIDT	
R.Compressão	$Rc = 4,725x + 13,967$
Para	$Rc = 20\text{MPa}$
	$X = 1,28$
Índice esc.	$Ie = 6,2246\ln(x) + 25,949$
I. Esclerométrico	<u>27</u>

Quadro 3.11 – Determinação do índice esclerométrico para o Esclerómetro CONTROLS

Esclerómetro CONTROLS	
R.Compressão	$R_c = 4,725x + 13,967$
Para	$R_c = 20\text{MPa}$
	$X = 1,28$
Índice esc.	$I_e = 6,2022\ln(x) + 26,685$
I. Esclerométrico	<u>28</u>

De acordo com os valores obtidos foi fixado em 28 o valor do índice esclerométrico equivalente a 20 MPa de resistência, e $R_c = 16\text{ MPa}$ a um índice esclerométrico fixado em 22.

3.3.4. INJEÇÃO DA RESINA EPOXY

3.3.4.1. Execução dos trabalhos

Após a betonagem e remoção das peças de fixação das bainhas, os moldes começam a ser preparados para receber a injeção da resina. O objectivo de aplicação deste material é a regularização e selagem das juntas entre os segmentos

Nesta fase, o betão colocado nos moldes já deverá ter o endurecimento suficiente para que possa receber a resina sem provocar deformações. A altura em que a injeção pode ser iniciada é controlada pela dureza do betão. No nosso caso a aplicação procede-se ao fim da 2ª hora de betonagem.

Antes da injeção, a superfície de betão fresco (base da resina) deve ser lixada com uma escova em aço, deve estar isenta de água, gorduras, óleos, antigos tratamentos de superfície ou revestimentos, e todas as partículas soltas ou friáveis devem ser removidas de modo a conseguir-se uma superfície aberta texturada, livre de leitança e contaminantes (fig. 3.37).



Figura 3.37 – Base pronta para receber a resina

Após a preparação da base, são preparados os anéis em aço (molde da resina apresentado na figura 3.38) que vão ser colocados no topo das cofragens e verifica-se a planura do anel. Por fim são colocadas 2 mangueiras no topo do anel, mais precisamente para a entrada e saída da injeção (fig. 3.39).



Figura 3.38 – Zona de preparação do molde para injeção da resina



Figura 3.39 – Colocação do molde de injeção da resina



Figura 3.40 – Injeção da Resina Epoxy

A remoção dos anéis processa-se depois da resina ter uma dureza suficiente para garantir a aderência necessária ao betão, que ocorre cerca das 6 a 8 horas depois da injeção, dependendo da temperatura.

Após a remoção devem ser reparadas as imperfeições da camada de resina, como ar aprisionado (poros), devendo sempre ser garantida a planura da peça.

3.3.4.2. Controlo de qualidade

Como já foi referido, o objectivo desta camada, é regularizar e vedar as juntas entre os segmentos em betão, sendo necessário que o controlo de qualidade garanta o bom estado da junta e a sua planura.

A planura da junta é verificada, após a remoção do anel e reparação das possíveis imperfeições que possam surgir, e também na base do molde, antes da betonagem, no seu total não deverá exceder os 0,6 mm, ou seja, 0,3 mm da base e 0,3 mm to topo.

A verificação deve ser feita em 2 pontos sobre o mesmo alinhamento conforme mostra na figura 3.41.



Figura 3.41 – Verificação da planura na base do molde

Todos os valores obtidos são registados e com eles desenham-se os gráficos ilustrados nas figuras 3.42 e 3.43 para melhor percepção dos desníveis da base e do topo do segmento.

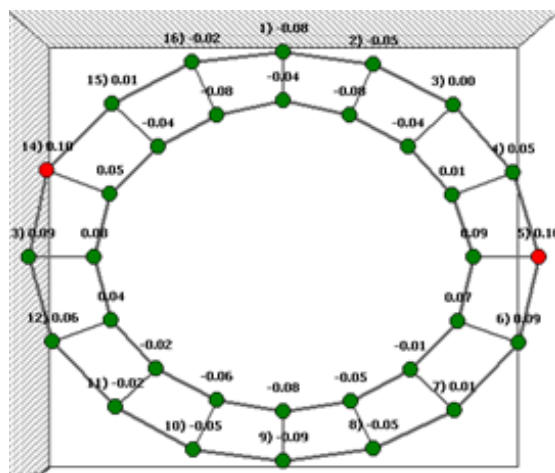


Figura 3.42 – Gráfico de medidas da base de um molde

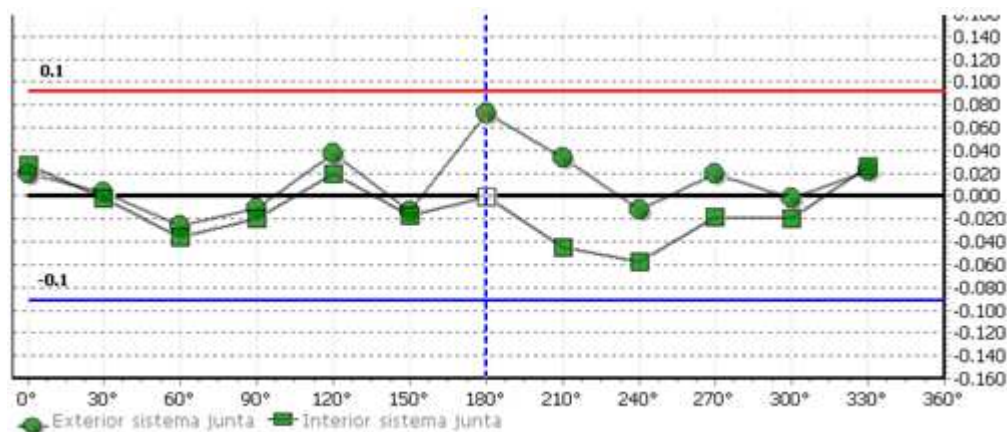


Figura 3.43 – Gráfico de medidas do topo de um segmento, registado na parte superior da resina

Caso a planura não seja garantida deverá ser identificado o problema e tentado solucionar antes do segmento sair para obra; caso a diferença não seja significativa são utilizados “calços” em aço para garantir a horizontalidade da base e do topo do segmento durante a montagem da torre.

Além da planura, é também verificada a aderência entre o betão e a resina que deverá ser superior a 2 MPa com 100% de rotura coesiva no betão no ensaio *pull-off*.

A garantia da boa aderência na ligação entre 2 materiais constitui um dos principais aspectos para o sucesso deste trabalho. Este ensaio permite verificar se as especificações exigidas foram alcançadas.

O ensaio de aderência por tracção directa, *pull-off*, consiste na aplicação suave de uma força de tracção, exercida manualmente no volante de tensão de um aparelho concebido para esse fim (ver fig. 3.44).

A tracção é transmitida axialmente a uma peça metálica de ensaio colada previamente ao provete. O aumento gradual da força pode ser observado directamente numa escala e é registado assim que se dá o arrancamento do provete na secção mais frágil deste.

Analisando o provete, pode-se observar se a secção pertence a um dos materiais (arrancamento por tracção), ou se, por outro lado, está contida na superfície de ligação entre os materiais (arrancamento por aderência entre os materiais). Dada a sua grande simplicidade, este ensaio pode ser executado na própria estrutura, traduzindo melhor as condições reais existentes.

No nosso caso, este ensaio deve ser repetido em 3 pontos diferentes da mesma junta e processa-se de acordo com os seguintes passos: 1º- Corte na junta até ao betão com carotadora; 2º - colagem da pastilha com epoxy; 3º Colocação do equipamento de ensaio; 4º aplicação da força; 5º - verificação da rotura; 6º- registo do valor.



Figura 3.44 – Exemplo de execução do ensaio *pull-off* da resina

Em seguida o segmento é retirado do molde e enviado para a zona de acabamento.

3.3.5. COLOCAÇÃO DO REVESTIMENTO

3.3.5.1. Execução dos trabalhos

Após o controlo de qualidade da resina, a peça é transportada para o local onde se irá colocar o revestimento, mas antes, o operador deve verificar se a peça necessita de reparações ou se as bainhas de pré-esforço estão obstruídas, com resina ou betão, e avisar o responsável por esta fase do processo.

Antes da colocação do revestimento é necessário eliminar todos os defeitos da peça oriundos da betonagem, como poros, arestas partidas etc.; só desta forma podemos garantir que o revestimento seja colocado correctamente (fig. 3.45).



Figura 3.45 – Segmento pronto para aplicação do revestimento

O revestimento é apenas aplicado no exterior do segmento, devido ao contacto directo com as acções climáticas, e é constituído por cola, tela (fibra de vidro) e tinta. No seu conjunto deverá ter um elevado desempenho no bloqueio dos mecanismos de transporte (difusão), minimizando a deterioração do betão e do aço.

A sua aplicação processa-se da seguinte forma: em primeiro lugar é aplicada uma camada de cola com cerca de 0,250 milímetros através de um rolo ou pulverização pneumática; em seguida coloca-se a fibra de vidro, que é fornecida em rolos com 1 m de largura e, através de uma espátula eliminam-se os excessos de cola. Antes da pintura é ainda aplicada mais uma camada de resina, também a rolo, de forma a cobrir toda a fibra (ver fig. 3.46).



Figura 3.46 – Aplicação da resina do lado esquerdo e da tela no lado direito

Por fim, depois do endurecimento da 2ª camada de resina, pinta-se o segmento (fig. 3.47). A correcta colocação deste sistema, tipo sanduíche, deverá garantir uma aderência cola/betão de 3 N/mm^2 .



Figura 3.47 – Aplicação da tinta com pulverizador pneumático

O interior do segmento pode ser, pintada com uma tinta plástica baseada em dispersão aquosa de copolímero estireno-acrílico, ou em betão à vista, esta opção depende do cliente.

3.3.4.2 – Controlo de qualidade

A fase de revestimento é a ultima fase do processo produtivo. Apenas quando o segmento é colocado na sua posição final (montagem da torre), sabemos da eficiência do controlo de qualidade, pelo que é fundamental estar em contacto permanente com os intervenientes do processo de montagem da torre.

Nesta fase é supervisionado todo o processo, desde reparação de possíveis anomalias, verificação da espessura do recobrimento da armadura, inspeção visual ao segmento para verificar a espessura da camada de cola aplicada e ausência de juntas da tela e a correcta aplicação da tinta, teste de aderência do revestimento com o betão, teste da viscosidade e brilho da tinta e, por fim, verificação da correcta aplicação de todas as peças anexas.

A verificação da espessura do recobrimento da armadura é feita através do varrimento magnético, em quatro pontos do molde, com o aparelho proformeter 5 + da Procec (fig. 3.48).

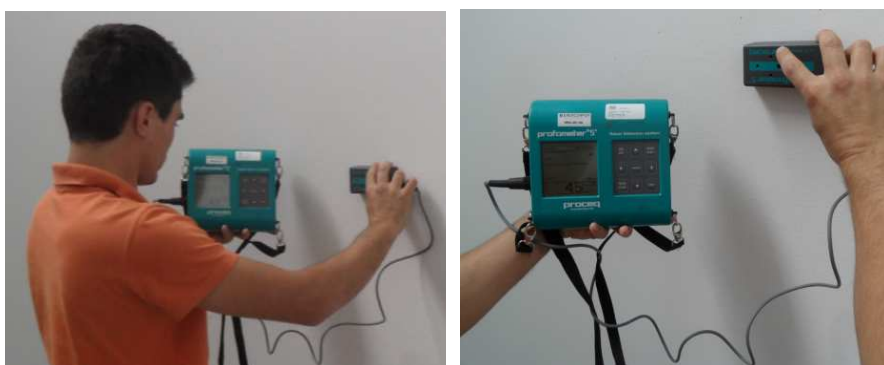


Figura 3.48 – Verificação da espessura do recobrimento da armadura

Em seguida é realizada uma inspeção visual ao segmento devendo apresentar uma superfície tipo casca de laranja, sem defeitos provocados pela má colocação da tinta ou cola ou má execução das juntas da tela (fig. 3.49).



Figura 3.49 – Exemplo de má colocação da tela

No teste de aderência do revestimento o processo é igual ao da resina epoxy, utilizado no sistema de junta, como podemos ver nas figuras 3.50 e 3.51. Neste caso o valor a obter no ensaio deverá ser superior a 1.5 N/mm².



Figura 3.50 – Corte da camada a ensaiar; Mistura do endurecedor e da cola; aplicação da resina na peça



Figura 3.51 – Fixação da pastilha no segmento; Aplicação do equipamento de ensaio; registo do valor obtido

Como já referido, e de acordo com a especificação do projectista, a rutura deve ser 100% coesiva no betão, conforme ilustra a figura 3.52.



Figura 3.52 – Rotura do revestimento

Relativamente à tinta aplicada, os requisitos, sob o ponto de vista de aplicação e finalidade, deverão ser os seguintes: o tempo de secagem superficial a uma temperatura de 20°C para a tinta exterior deve ser aproximadamente de 1-2 horas; o período de aplicação deve no mínimo ser de 2-3 horas, à temperatura de 20°C.

A tinta deverá também suportar temperaturas até 120°C, apresentar boa resistência a raios UV, intempéries e sais.

O controlo de qualidade da tinta é efetuado através dos ensaios de viscosidade e brilho especular. A viscosidade é verificada com um copo Elcometer de 60mm de diâmetro na abertura da base, conforme podemos ver na figura 3.53. Neste ensaio é medido o tempo que a tinta leva para sair do copo.



Figura 3.53 – Teste de viscosidade da tinta

O brilho especular é verificado após 24h na superfície do segmento e deve estar em conformidade com a ISO 2813: os resultados deverão situar-se entre 20 – 30 unidades de brilho e a espessura da camada seca deverá ser 60 – 75 µm por aplicação.

Por fim, o segmento é aprovado pelo departamento de qualidade e pode ser enviado para obra (fig. 3.54).



Figura 3.54 – Segmento pronto a enviar para obra

4

ESTUDO DAS COMPOSIÇÕES PARA OS BETÕES DAS TORRES EÓLICAS

4.1. INTRODUÇÃO

Como já referimos, as propriedades dos betões a utilizar na produção das torres excedem as propriedades do betão convencional. Podem ser usados constituintes correntes e/ou constituintes especiais, mas a sua combinação bem como os processos de mistura, colocação e cura devem assegurar as performances requeridas. No caso das torres eólicas é necessário recorrer a betões de elevado desempenho (BED) para garantir as exigências de projecto e também do processo produtivo.

O BED é fabricado recorrendo a materiais de elevada qualidade, cuidadosamente seleccionados, e a sua composição é determinada por intermédio de métodos que permitam otimizar a compacidade da mistura. Estes betões são produzidos, colocados em obra, compactados e curados com o maior rigor possível, de modo a serem atingidos elevados níveis de qualidade. Por possuírem na sua constituição adições minerais como a sílica de fumo ou a cinza volante, o uso destes betões traduz-se em elevados benefícios do ponto de vista ecológico e ambiental.

Numa sociedade cada vez mais preocupada com conceitos como qualidade, durabilidade e desenvolvimento sustentável, os betões de elevado desempenho oferecem vantagens que devem ser suficientes para aumentar cada vez mais a sua escala de utilização.

As características que podem ser exigidas aos betões de elevado desempenho, mediante a sua aplicação podem ser:

- Elevada resistência
- Elevada resistência inicial
- Elevado módulo de elasticidade
- Baixa permeabilidade
- Resistência a ataques químicos
- Alta resistência ao gelo/degelo
- Auto compatibilidade
- Compactação sem segregação

No entanto, nem todas estas características são requeridas ao mesmo tempo.

Os betões podem ser produzidos com materiais correntes, mas devem obedecer a elevados padrões de qualidade, as misturas deverão ser optimizadas e as normas nacionais cumpridas. A razão água/cimento deve estar compreendida entre 0,20 e 0,45, sendo necessário recorrer a superplastificantes para que seja possível obter a fluidez requerida para a sua colocação dentro dos moldes.

As altas resistências nem sempre são sinónimas de betão de alto desempenho; por exemplo, um betão com resistência à compressão média (40 MPa) poderá ser muito durável, impermeável e ter alta compatibilidade (BAC) (Bickley and Fung (2001)).

Nos últimos anos, os avanços na tecnologia dos materiais resultaram na viabilidade de produção de betões auto-compactáveis com resistências à compressão superiores a 80 MPa. Como exemplo, cita-se o edifício mais alto do mundo, o Burj Dubai Tower, 2008, concebido e realizado em betão de elevado desempenho, nomeadamente betão de alta resistência final, C70/85. Foi utilizada uma elevada quantidade de cimento, obtendo-se uma resistência com seguinte desenvolvimento:

3 Dias - 45,3 MPa

7 Dias - 65,9 MPa

28 Dias - 98,5 MPa

Em obras marítimas o BED de micro-sílica é especialmente indicado pela sua excelente impermeabilidade, grande resistência aos ataques de cloretos e sulfatos, e alta resistência mecânica, factores que permitem aumentar os parâmetros de durabilidade. Com a utilização deste tipo de betão é possível substituir estacas de aço por de betão, com uma economia de 50% (comparando preços aço/betão), e ainda uma maior protecção catódica à corrosão galvânica.

Quando o super-plastificante é utilizado como redutor de água, a diminuição da relação água/cimento leva, para a mesma trabalhabilidade, a uma melhoria das propriedades mecânicas e da durabilidade do betão, uma vez que a porosidade diminui. Pode-se esperar que, com uma redução em 25 a 40 % no conteúdo de água, ocorra um aumento do 50 a 75 % na resistência à compressão para a idade de 1 dia [Nepomuceno, 2005].

Nos últimos anos, vários trabalhos, pesquisas, congressos e simpósios comprovam que o BED é um material técnica e economicamente viável, para utilização em diversos tipos de estruturas, tanto correntes, como mais especiais.

Como vimos existe um grande leque betões de alto desempenho com numerosos campos de aplicação. Apenas irei abordar os betões utilizados na produção das torres eólicas produzidas em Portugal, os quais são âmbito de estudo neste trabalho.

4.1.1. Betão de elevada resistência inicial

Estes betões são caracterizados por atingirem resistências elevadas a idades jovens, nomeadamente das primeiras horas até aos 2 ou 3 dias. Os constituintes podem ser os mesmos que os utilizados nos betões convencionais sendo, no entanto, necessário incluir materiais e/ou procedimentos especiais, nomeadamente:

- Cimentos com elevado teor de silicato tricalcico e maior superfície específica (Cimentos 42,5R; 52,5R)
- Elevada dosagem de cimento: 400 a 600 kg/m³
- Baixas razões água/cimento
- Altas temperaturas do betão fresco
- Altas temperaturas na cura do betão
- Adições químicas
- Sílica de fumo ou micro sílica
- Cura em autoclave

O betão de alta resistência inicial é normalmente requerido para betões pré-esforçados, rápida produção na indústria da pré-fabricação, reutilização das cofragens em curtos espaços de tempo, betonagens em ambientes frios, entre outros. Cabe ao projectista definir a necessidade do seu uso. É importante referir ainda, que o uso deste tipo de betão exige processos especiais de cura, para atender à retração plástica, dado as elevadas temperaturas normalmente atingidas. Em termos normativos, a legislação aplicada é a mesma que para betões convencionais e betões auto-compactáveis.

4.1.2 - Betão de alta resistência

A definição de betão de alta resistência (BAR) tem sofrido alterações ao longo dos anos, dependendo da maior ou menor facilidade com que é atingida determinada resistência à compressão. A maioria dos betões utilizados atualmente tem uma resistência à compressão entre os 20 e 45 MPa. Por esta razão, os betões com classes de resistência superiores a C50/60, são consideradas, como betões de alta resistência (NP EN 206-1).

São betões que apenas são produzidos em situação especiais, devido ao seu elevado custo; no entanto, trazem vantagens não só a nível de resistências finais, mas também na durabilidade das estruturas, por serem betões de alta compacidade e baixa razão água/cimento. Na sua composição recorre-se frequentemente a adições, como sílica de fumo, filer calcário ou cinzas, cujas características melhoram a performance do betão, podendo ainda reduzir o calor de hidratação.

O slump reduzido ou mesmo nulo é frequente neste tipo de betão, requerendo uma compactação muito cuidada e controlada, sendo nestes casos necessário o uso de vibrações potentes e longas. No entanto, nem sempre é possível recorrer a estes métodos devido às cofragens utilizadas, sendo necessário aumentar a trabalhabilidade recorrendo ao uso de superplastificantes.

O uso de materiais especiais, nem sempre é necessário, o produtor deverá ter em atenção quais os factores que afectam a resistência final bem como, ajustar a composição para melhorar as suas propriedades. Ligeiras alterações na qualidade dos materiais constituintes alteram significativamente estes betões, pelo que cada um deve ser estudado separadamente. Em termos gerais deveram ser verificados alguns cuidados no processo de produção destes betões, nomeadamente:

- A selecção dos materiais deverá ser criteriosa, mediante aplicação final do betão;
- A mistura deverá ser realizada tendo em consideração a ordem de entrada dos constituintes;
- O processo de betonagem deverá ser contínuo, evitando paragens e atrasos;

- O processo de compactação deverá ser rápido, sem paragens;
- O processo de cura deverá ser iniciado logo após a colocação, com materiais adequados.

4.1.3. Betão Autocompactável

Entende-se por betão auto-compactável o betão capaz de se mover sob a acção do seu peso próprio, preenchendo completamente a cofragem a betonar, mesmo na presença de grande quantidade de armadura, sem necessidade de vibração e mantendo sempre a homogeneidade.

Este betão foi desenvolvido inicialmente no Japão, por motivos associados às exigências de durabilidade em algumas estruturas, à redução gradual de mão-de-obra especializada, bem como também a questões ligadas à saúde e ao meio ambiente. Os procedimentos habituais de colocação do betão foram sendo, cada vez mais, considerados dispendiosos, ineficientes, ultrapassados e inadequados para zonas urbanas com elevada densidade populacional [Okamura, 1997].

Como resposta a este conjunto de preocupações foi desenvolvido o betão auto-compactável. Este novo material veio satisfazer inúmeras exigências, nomeadamente:

- Eliminação da vibração e do ruído associado;
- Facilidade de colocação;
- Rapidez de construção;
- Redução de mão-de-obra;
- Liberdade na forma da cofragem;
- Possibilidade de uso em casos com grande densidade de armadura.

No início da década de 90, esta tecnologia tinha-se desenvolvido ao ponto de ser utilizada em grandes obras de engenharia.

Na Europa a aplicação destes betões iniciou-se, também, na década de 90, nas indústrias de pré-fabricação e também pelas empresas de betão pronto, em diversas estruturas. No caso dos EUA, apenas no ano 2000 se iniciou o seu uso na pré-fabricação.

Havia, no entanto, pouca informação referente a este novo produto, nomeadamente no que respeita a legislação específica, o que limitava a sua utilização. Foram então criados grupos científicos, com o intuito de desenvolver estudos que permitissem uma rápida e consistente aplicação destes betões na indústria, com as inúmeras vantagens associadas.

Atualmente existe legislação específica para o BAC, a norma “NP EN 206-9:2010 – Regras adicionais para BAC” e respectivas normas para ensaios ao betão fresco. Esta norma apoiou-se no documento, “*European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use*”, publicado, em 2005, pela ERMCO.

O desenvolvimento de estudos credíveis e informação normativa veio facilitar o uso e alargar o leque de aplicações destes betões, nomeadamente:

- ✓ Para reduzir o tempo de execução, garantindo a qualidade exigida, especialmente em elementos com elevada percentagem de armadura;
- ✓ Elementos de construção vertical;

✓ Indústria de pré-fabricação para eliminar ou reduzir o uso de vibração e permitir a produção de elementos estruturais de qualidade superior;

Nunca é demais referir que o uso destes betões requer uma escolha criteriosa dos seus constituintes.

Sendo o objectivo deste trabalho o estudo de composições para betão auto-compactável, apresenta-se aqui com maior detalhe as propriedades a que devem obedecer os seus constituintes.

Constituintes

Em termos normativos, os constituintes usados na composição do BAC, como em outros tipos de betões, devem obedecer ao disposto na NP EN 206-1.

Cimento

O cimento deve estar conforme a NP EN 197-1.

O tipo, características e quantidade de cimento influenciam as propriedades dos BAC tanto no estado fresco como no endurecido. É portanto possível, através do cimento, alterar e melhorar algumas dessas propriedades. No entanto, não existe qualquer restrição quanto ao tipo de cimento a utilizar num BAC, não havendo quaisquer requisitos especiais para o mesmo [SCC Guide Lines].

Note-se porém que, quanto maior for a superfície específica das partículas de cimento maior será a viscosidade plástica da pasta. O aumento da viscosidade está relacionado com o facto de um cimento com uma superfície específica mais elevada ter um maior número de partículas por unidade de volume, o que faz aumentar a área de contacto com a água. Consequentemente, a distância entre partículas diminui, provocando um aumento do contacto entre as mesmas. Deste modo, constitui um factor favorável o ajuste da dimensão das partículas de cimento através de adições tais como fíler calcário, escórias de alto-forno, cinzas volantes ou sílica de fumo, materiais normalmente com elevada superfície específica [Nawa, 1998].

Agregados

Para os BAC não existem limites quanto à natureza dos agregados (composição e origem) desde que estejam em conformidade com a norma NP EN 12620 [ERMCO, 2005]. Deve, no entanto, respeitar-se uma relação (agregado grosso / agregado total) próxima de 0.50 a 0.55, em volume, e uma relação (areia / argamassa) entre 0.40 e 0.50, igualmente em volume.

A granulometria deve ser escolhida de forma a ser atingida a maior compacidade possível da mistura [Okamura e Ouchi, 2003]. Ainda, uma composição granulométrica bem graduada proporciona maior resistência à segregação, maior compacidade e uma maior fluidez.

Neste tipo de betão é necessário um maior controlo dos agregados já que ligeiras variações nas granulometrias alteram a composição destes betões, como por exemplo variações do módulo de finura de 2,2 para 1,8 em uma areia fina, para a mesma quantidade de água de amassadura e superplastificante, reduz a trabalhabilidade. Além do já referido, segundo Ouchi, 1998, a energia necessária para garantir uma boa trabalhabilidade nos BAC é consumida em parte pelo aumento das tensões internas resultantes do bloqueio das partículas de agregado. Uma forma de evitar esse bloqueio é através do aumento da viscosidade da pasta. De modo a manter em simultâneo uma elevada deformabilidade e uma elevada viscosidade, é indispensável o recurso a superplastificantes.

Agregados Finos

As areias naturais são as mais indicadas para este tipo de betão; devido à sua forma, necessitam de uma menor quantidade de água para manter a mesma trabalhabilidade. As partículas de dimensão inferior a 0,125 mm são muito importantes para o comportamento dos BAC no estado fresco, influenciando directamente a constituição da pasta que irá envolver as partículas de maior dimensão.

Agregados Grossos

É aconselhada a utilização de agregados de forma arredondada e com uma dimensão máxima, $D_{máx}$ entre 12 e 20 mm; note-se que quanto maior for $D_{máx}$, maior terá de ser a viscosidade da pasta de modo a evitar o fenómeno de segregação e maior será a ocorrência de bloqueios na passagem por zonas de maior densidade de armaduras [ERMCO, 2005].

Adições:

A norma NP EN 206-1: 2007 especifica:

Adições do tipo I – quase inertes (por exemplo, o fíler calcário);

Adições do tipo II – pozolânicas ou potencialmente hidráulicas (por exemplo, escórias de alto-forno, cinzas volantes e sílica de fumo).

A quantidade de adições deve ser definida em função do seu tipo e da sua granulometria. Segundo ERMCO os BAC requerem uma quantidade de partículas de dimensão <0,125 mm entre 380 e 600 kg/m³ e uma relação água / finos (A/F), em volume, compreendida entre 0,85 e 1,10. A substituição parcial do cimento por adições representa, portanto, um excelente compromisso em termos do comportamento reológico dos BAC, resistência à ocorrência de segregação, resistência mecânica e, inclusivamente, em relação à microfissuração [Collepardi, 2003].

O fíler calcário é normalmente introduzido nas composições dos BAC, para aumentar a viscosidade da pasta em especial quando se pretende que o aumento da quantidade não se traduza directamente num aumento da resistência do betão [Nunes, 2001].

A sílica de fumo é uma adição com forma esférica, importante no que diz respeito ao aumento da coesão dos BAC no estado fresco, podendo também melhorar a resistência à segregação. É, no entanto, mais utilizada para betões de altas resistências finais devido ao seu alto custo. Trata-se de uma adição frequentemente usada quando se pretende obter um betão mais durável com uma estrutura mais compacta.

As cinzas volantes são uma adição que melhora a deformabilidade da pasta pelo efeito de rolamento entre as partículas (consequência da sua forma esférica, como a sílica de fumo). Alguns estudos permitem concluir que as mesmas actuam de forma semelhante aos agentes de viscosidade, isto é, permitem aumentar a viscosidade no estado fresco obtendo assim uma boa resistência à segregação, aumentando a durabilidade e diminuindo a retracção por secagem.

Adjuvantes:

O aparecimento de novos adjuvantes para a produção de betão permitiu atingir resultados até então impensáveis como redutores de água, nomeadamente os superplastificantes, garantindo as propriedades de autocompactabilidade e aumentando a resistência à segregação.

A elevada trabalhabilidade do betão é obtida cada vez mais com recurso à utilização de adjuvantes que actuam, sobretudo, sobre as partículas de cimento e eventualmente sobre as partículas das adições minerais. O adjuvante é portanto um componente essencial na composição de um BAC, que implica, em

média, uma redução de água na ordem de 25% para corresponder aos parâmetros estabelecidos. Existem actualmente superplastificantes de nova geração à base de policarboxilatos modificados que permitem reduções de água até 40%, mantendo a trabalhabilidade [Nepomuceno, 2005].

No entanto é importante ter em conta as características dos adjuvantes quanto ao desenvolvimento de resistências iniciais e finais, capacidade de redução de água e tempo de trabalhabilidade. A utilização de um superplastificante permite, assim, a redução da água livre e, conseqüentemente, o aumento da fluidez, apenas com uma pequena diminuição da viscosidade. No entanto, uma elevada dosagem de superplastificante pode provocar segregação e bloqueio do fluxo.

A combinação de um superplastificante com uma baixa relação água / cimento permite reduzir a quantidade de água livre, condição necessária para obter uma viscosidade capaz de garantir a uniforme suspensão das partículas sólidas e a redução das tensões internas devidas à colisão entre partículas dos agregados, por outro lado, na ausência de superplastificantes, as pequenas partículas de cimento tendem a flocular devido às forças de atracção, de tipo *Van Der Waals*, que se geram entre elas, esta floculação tende a reter água e, quanto maior for esse efeito, maior será a tixotropia da pasta de cimento, ou seja, menor será a sua capacidade de fluir quando sujeita somente à acção da gravidade [Nunes, 2004].

A utilização de modificadores de viscosidade representa provavelmente a mais recente inovação para a produção de BAC. Este tipo de adjuvante pode representar aproximadamente 0.1 a 0.2% da massa do material cimentício [Collepari, 2003].

Na produção de BAC é especialmente necessário ter em conta que as variações das características dos materiais empregues (nomeadamente dos agregados) irão afectar a respectiva autocompactabilidade, podendo mesmo provocar fenómenos de segregação.

É necessário ter particular atenção à quantidade de água de molhagem dos agregados (principalmente dos finos), que pode alterar sensivelmente a quantidade de água de amassadura [Aitcin, 2004]. Como forma de evitar tais fenómenos e em simultâneo a variabilidade dos materiais empregues para o fabrico de BAC, é hoje frequente a utilização de moduladores de viscosidade.

Os moduladores de viscosidade são agentes químicos que incrementam as características de auto-compactação dos BAC e contribuem de forma importante para a resistência à segregação sem perder a trabalhabilidade. Permitem atenuar flutuações na formulação e especialmente na quantidade de água, devido à variação do teor de humidade nos agregados. A dosagem é feita em função da coesão necessária para a aplicação. Deve-se no entanto ter em consideração que, quanto maior for a quantidade de modeladores de viscosidade adicionada, menor será a quantidade de superplastificante absorvido, provocando assim um decréscimo na capacidade de deformação da argamassa já que esta depende da quantidade de superplastificante absorvida pelas partículas de cimento. A capacidade de deformação da pasta fica diminuída porque o espaço para absorção na superfície das partículas de cimento está ocupado pelos modeladores de viscosidade [Nawa et al, 1998].

Os adjuvantes super-plastificantes são um constituinte imprescindível do BAC, podendo empregar-se agentes de viscosidade como já referimos e ainda, introdutores de ar, retardadores, etc. Além dos materiais já citados, também é comum recorrer à utilização de fibras de aço ou de polímero.

A trabalhabilidade do BAC pode ser caracterizada pelas seguintes propriedades:

- Facilidade de passagem;
- Facilidade de enchimento;
- Ausência de segregação.

Estas características deverão ser verificadas segundo os ensaios específicos, alguns dos quais são referidos no presente capítulo.

Apenas um betão que cumpra os requisitos relativos às três características anteriores pode ser denominado de auto-compactável. A definição da composição do betão é mais trabalhosa do que a de um betão corrente, existindo já alguns métodos estabelecidos; no entanto, como nos outros tipos de betões, é necessário proceder a ensaios prévios em laboratório para um correto dimensionamento das composições.

Como conclusão, os Betões de elevado desempenho quando produzidos e colocados com a qualidade desejada, permitem obter resultados óptimos sob o ponto de vista de durabilidade e resistência.

4.2. BETÃO PARA AS TORRES EÓLICAS

Os betões para as torres eólicas híbridas devem obedecer a critérios de qualidade impostos pelo projectista e dono de obra e, também, apresentarem características que possibilitem a sua aplicação em grandes peças, fácil colocação e rápido endurecimento, possibilitando a betonagem e remoção dos moldes no menor espaço de tempo possível.

A nível de projecto são apresentados, no quadro 4.1, os requisitos exigidos para o betão.

Quadro 4.1 – Requisitos de projecto

<i>Requisitos de projecto</i>			
Objectivo de aplicação	Segmentos das torres eólicas		
Classes de exposição	XF1(P)	XC4(P)	XS1(P)
Máxima Razão água/cimento (LNEC E-464)	0,55	0,50	0,50
Mínima dosagem de cimento (LNEC E-464)	300	300	300
Espessura do Recobrimento (LNEC E-464)	45 mm		
Teor de Cloretos	Cl 0,2 – 0.20% do teor de cimento		
Classe de fiscalização	3		
Comprovação da resistência	28 dias		
Mínima classe de resistência	C30/37		

A nível produtivo são exigidas as seguintes características (quadro 4.2):

Quadro 4.2 – Requisitos de produção

Classe de espalhamento	F5,F6 ou Betão autocompactável desde que não atrase a produção.	
Idade	Resistência requerida	Finalidade
6h - 8h	> C12/15	os moldes são abertos
8h - 10h	> C16/20	os segmentos são removidos

Os agregados e restantes materiais constituintes devem também cumprir as normas em vigor; é ainda exigido que não sejam excedidos os valores apresentados no quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Requisitos para os materiais constituintes

Agregados (EN NP 12620)	Resistência Gelo/Degelo	F4 no mínimo
	Absorção de água	<1%
	Forma	FI 20 e SI 20
	Sulfatos solúveis em ácido	AS 0,2
	Reactividade Alcalis-Sílica	Não reactivos
	Teor de cloretos	<0.01% Por massa
Água	De acordo com a EN 1008	
Adições	Cinzas Volantes	De acordo com a EN 450
	Sílica de Fumo	De acordo com a EN 13263
	Fíler Calcário	De acordo com a EN 12620

4.3. ESTADO ACTUAL DOS BETÕES UTILIZADOS

Actualmente os betões usados no processo produtivo garantem, por si só, as resistências iniciais e finais requeridas. No entanto, apesar de possuírem uma fluidez satisfatória, é necessário recorrer a vibração para a sua compactação; mesmo assim a superfície final da peça apresenta poros de grandes dimensões, conforme se pode observar na figura 4.1.



Figura 4.1 – Estado actual da superfície do betão

Assim, o objectivo deste trabalho consistiu no estudo e caracterização de novas composições de betões auto-compactáveis, de modo a melhorar a superfície da peça betonada e simultaneamente eliminar a vibração do processo de produção mantendo, no entanto, as resistências iniciais e finais.

Apresentam-se, sucintamente, as composições até agora utilizadas na produção contínua dos betões para as torres híbridas, na empresa Enercon, bem como as propriedades mais relevantes dos betões.

No ponto seguinte, 4.4, descreve-se o estudo das novas composições de betão auto-compactável e caracterizam-se as suas propriedades, estabelecendo-se a comparação do comportamento dos novos betões com as composições anteriores.

Caracterização dos betões utilizados na produção das torres híbridas antes do presente estudo

As composições dos betões até agora utilizados apresentam-se no quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Estado actual das composições utilizadas

Composições [m3]			
Constituinte	Quantidades [kg]		
	C45/55	C55/67	C60/75
CEM II A-L 42,5 R	390	415	465
Água	171	168	163
Agregado 0/1	211	210	171
Agregado 0/4	521	482	523
Agregado 4/14	399	379	355
Agregado 10/20	624	672	659
Superplastificante	2,93	3,53	4,65
Fíler	85	85	85
Propriedades da mistura	Valores		
< 0,125mm (kg/m3)	493	515	568
Razão Água/cimento	0,43	0,40	0,35
Razão A.grosso/A.total	0,58	0,60	0,59
Água/finos(<0,125mm) (m3)	1,05	1,00	0,89

Os resultados de alguns dos ensaios de caracterização do betão fresco e do betão endurecido realizados em ambiente fabril, em produção contínua do betão, apresentam-se no quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Resultados dos ensaios de caracterização do betão em produção continua (valores médios anuais)

Resultados dos ensaios ao betão				
Valores médios Anuais		C45/55	C55/67	C60/75
Razão água/cimento		0,43	0,40	0,35
Temperatura [°C]		23	23	23,8
Densidade [kg/m³]		2418	2429	2443
Espalhamento [mm]		670	680	650
Resistência à compressão fcm [N/mm²]	1d	37,8	42,6	61,2
	7d	59,8	64,0	78,8
	28d	70,0	73,9	85,9

4.4. NOVAS COMPOSIÇÕES PARA AS TORRES EÓLICAS

Como referido, o objetivo deste trabalho é o estudo de novas composições para aplicar na produção das torres eólicas em betão armado e pré-esforçado, sendo a meta a atingir uma melhoria significativa da superfície da peça betonada e a eliminação da necessidade de recorrer a vibração para a compactação do betão. Para tal recorre-se ao betão autocompactável, tendo presente a necessidade de se obter resistências iniciais elevadas (devido á exigência de desmoldagem da peça no mesmo dia) bem como aos 28 dias.

Numa primeira fase descrevem-se os ensaios laboratoriais para definição das características do betão, passando posteriormente à aplicação na produção.

O estudo das composições foi baseado na experiência adquirida nos últimos anos, nas normas em vigor e em “The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use”, da EMRCO e EFNARC.

4.4.1 – Caracterização dos agregados

Os agregados a utilizar nas novas composições são os já usados nas composições anteriores. No entanto, foi feita uma nova caracterização da análise granulométrica, que se apresenta no quadro 4.6 e na figura 4.2, e da massa volúmica e da absorção de água, que se indicam no quadro 4.7.

Os agregados utilizados são de dois tipos: natural - areia 0/1, areia 0/4 e o godo 4/14 - e britado - brita granítica 10/20.

Quadro 4.6 – Análise granulométrica dos agregados (Passados por peneiro Pi(dj))

d - Dimensões dos Peneiros [mm]	Pi - Agregado Fino 0/1	Pi - Agregado Fino 0/4	Pi - Agregado Grosso 4/14	Pi - Agregado Grosso 10/20
22,4	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
16	100,0%	100,0%	100,0%	74,8%
11,2	100,0%	100,0%	75,1%	25,6%
8	100,0%	100,0%	46,5%	6,4%
4	100,0%	98,0%	2,3%	1,1%
2	100,0%	63,6%	1,1%	0,0%
1	98,6%	35,7%	0,0%	0,0%
0,5	79,2%	12,5%	0,0%	0,0%
0,25	33,4%	2,8%	0,0%	0,0%
0,125	4,5%	0,7%	0,0%	0,0%
0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

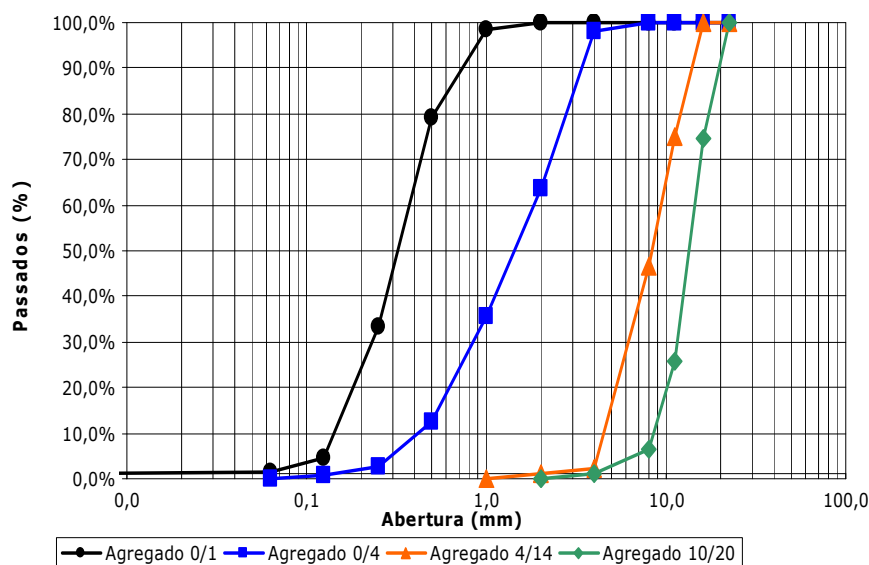


Figura 4.2 – Curvas granulométrica dos agregados

Quadro 4.7 – Ensaio das propriedades físicas dos agregados

NP EN 1097-6 - Ensaio das propriedades físicas dos agregados.				
Referência da amostra	Brita 10/20	Godo 4/14	Areia 0/4	Areia 0/1
Máxima dimensão do agregado (mm)	20	12,5	4	1
Massa inicial do provete (g)	3020,8	1626,7	1674,1	1507,5
Fracção granulométrica (mm)	4,0/31,5	4,0/31,5	0,063/4,0	0,063/4,0
Massa do material por fracção (g)	3020,8	1626,7	1674,1	1507,5
P - Percentagem de cada fracção (%)	100	100	100	100
M ₂ - Massa aparente do agregado e cesto imerso e/ou massa do picnómetro com provete saturado (g)	8561,1	7739,9	4118,8	4023,5
Temperatura da água (°C)	20	20	20	20
M ₃ - Massa aparente do cesto vazio imerso e/ou massa do picómetro cheio com água (g)	6670,4	6743,9	3080,5	3094,9
M ₁ - Massa do agregado saturado com superfície seca com pano (g)	3028,3	1613,1	1676,7	1504,1
M ₄ - Massa do agregado seco em estufa (g)	3011,8	1602,1	1665,7	1487,7
Massa volúmica e absorção de água				
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura do ensaio (mg/m ³)	0,998	0,998	0,998	0,998
ρ_a - Massa volúmica do material impermeável das partículas (mg/m ³)	2,682	2,639	2,650	2,656
ρ_{rd} - Massa volúmica das partículas secas (mg/m ³)	2,652	2,601	2,614	2,590
ρ_{ssd} - Massa volúmica das partículas saturadas com superfície seca (mg/m ³)	2,667	2,619	2,631	2,618
WA ₂₄ - Absorção de água (%)	0,548	0,687	1,102	0,660

Estes ensaios foram realizados durante a elaboração desta dissertação no Laboratório de Materiais de Construção da FEUP, pelo que puderam apresentar algumas diferenças relativamente às fichas técnicas do fornecedor.

Por se tratar de um estudo realizado no decorrer do processo produtivo não foi possível a realização de outros ensaios, pelo que, as restantes características, caso sejam necessárias, serão obtidas através das fichas técnicas dos produtores.

4.4.2 – Caracterização da adição

A adição a utilizar é do tipo I, mais precisamente filer calcário (LNEC E 466).

O filer calcário tem um efeito benéfico nas seguintes propriedades do betão: trabalhabilidade, permeabilidade, exsudação, calor de hidratação, atenuando ainda a tendência do betão para fendilhar.

Em anexo são apresentadas as fichas técnicas e a curva granulométrica desta adição

4.4.3 – Caracterização do adjuvante

O adjuvante é um superplastificante de última geração baseado na nova tecnologia Policarboxilato.

O desenvolvimento da resistência inicial é aumentado sendo especialmente apropriado para utilização na indústria de elementos pré-fabricados e na produção de betão pré-esforçado.

O seu funcionamento específico permite utilizar quantidades mínimas de água na produção de betão. Deste modo, obtêm-se um betão de elevado desempenho com excelentes propriedades.

A combinação especial dos agentes activos permitem produzir um betão homogéneo sem que ocorra segregação. Obtem-se ainda a superfície final do betão com alta qualidade diminuindo consideravelmente os trabalhos de *cosmética*.

Em anexo são apresentadas as fichas técnicas do super plastificante.

4.4.4 – Caracterização do cimento

O cimento a utilizar é do tipo Portland de Calcário CEM II/A-L 42,5R.

Este tipo de cimento é especialmente formulado e adaptado para:

- betão pré-esforçado a idades correntes;
- pré-fabricação pesada com rotatividade normal.

É um cimento de cor cinzenta, cuja composição incorpora 80% a 94% clínquer Portland, 6% a 20% Calcário e 0% a 5% de outros constituintes; tem menor calor de hidratação e melhor trabalhabilidade que um cimento do tipo CEM I da mesma classe de resistência. Permite ainda um desenvolvimento rápido das resistências inicial e final (aos 28 dias), dentro dos valores da classe indicada

Note-se que o correcto desenvolvimento de resistências é sensível ao processo de cura; no caso presente são aplicados produtos de cura e a temperatura no interior da fábrica varia entre os 16°C no inverno e os 26°C no verão.

4.4.5 – Estudo das composições

Como linhas orientadoras para se iniciar o estudo das composições dos betões autocompactáveis recorreu-se aos conhecimentos adquiridos durante os últimos três anos no processo de fabrico de betão, às curvas de referência presentes na norma alemã DIN 1045-1 e ainda ao indicado na “ SCC Guidelines May 2005”.

Para a composição granulométrica da mistura dos agregados foram utilizadas as curvas de referência presentes na norma alemã DIN 1045-1, que identificam os limites granulométricos de uma composição para determinada aplicação. O gráfico da figura 4.3 é indicado para composições em que a máxima dimensão do agregado $D_{\max} \leq 22$ mm (GK22).

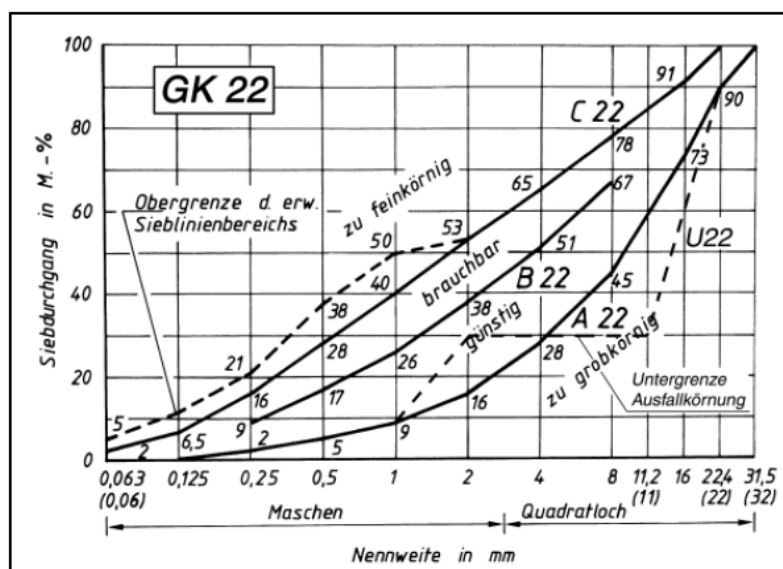


Figura 4.3 – Curvas de referência norma alemã 1045-1

Segundo a legenda da tabela, a curva das novas composições se devem situar entre as curvas B22 e A22, no entanto, serão efectuados ensaios para melhor caracterização das curvas granulométricas.

Segundo a “ SCC Guidelines May 2005”, devem ser seguidas as seguintes linhas orientadoras para se criar um BAC, nomeadamente: a quantidade de partículas com dimensão inferior a 0.125 mm deve situar-se entre 380 e 600 kg/m³; a relação água / finos (A/F) deve estar compreendida entre 0.85 e 1.10; a relação (agregado grosso / agregado total) entre 0.50 e 0.55; e a relação (areia / argamassa) entre 0.40 a 0.50.

Todos estes valores são relativos ao volume (dm³) da amassadura.

A razão água/cimento foi definida a partir do quadro 4.8, que indica os intervalos dos valores daquela razão utilizados nas composições anteriores e aprovados no controlo de qualidade do processo produtivo. Apesar das novas composições de BAC serem diferentes das anteriores, como se apresenta em seguida, com as razões A/C indicadas foi possível atingir as classes de resistência desejadas.

Quadro 4.8 – Razão água/cimento para as novas composições

Classe de Betão	Razão A/C
C45/55	0,42 - 0,44
C55/67	0,39 - 0,41
C60/75	0,33 - 0,35

As composições finais foram obtidas através de ensaios e acertos sucessivos em laboratório, fazendo variar ligeiramente as quantidades dos diferentes constituintes até serem atingidas as consistências desejadas.

Refere-se ainda que, para a correcta avaliação da quantidade de água na amassadura, os agregados utilizados em todos os ensaios foram previamente secos em estufa durante 48h à temperatura de 35°C.

Esquematiza-se em seguida a metodologia utilizada no dimensionamento das composições:

- 1º - Situar a curva granulométrica da mistura dos agregados entre a curva de referência B e A tendo em conta as linhas orientadoras da “ SCC Guidelines May 2005”;
- 2º - Definição da razão água/cimento na folha de cálculo (Anexo A1) e da quantidade da pasta ligante;
- 3º - Definição da quantidade de superplastificante através de ensaios na misturadora do laboratório;
- 4º - Repetição dos ensaios e se necessário alteração da curva granulométrica e da quantidade da pasta ligante.

Esta metodologia foi efectuada repetidamente para cada classe de betão até serem atingidas as consistências e as resistências desejadas. No anexo A1 são apresentados os ensaios preliminares.

Apresentam-se em seguida as curvas granulométricas das misturas optimizadas dos agregados (figs. 4.4 e 4.5) e as composições finais (quadros 4.9, 4.10 e 4.11) para as três classes de resistência estudadas.

As curvas granulométricas da mistura dos agregados para as classes C45/55 e C55/67 indicam-se na figura 4.4.

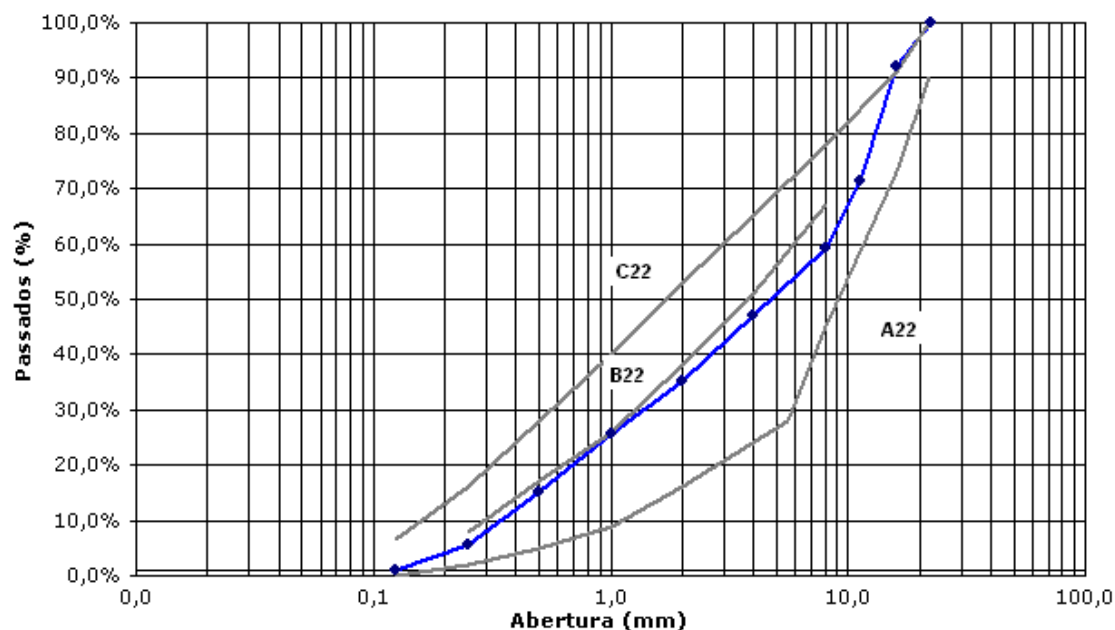


Figura 4.4 – Curva granulométrica para a classe de betão C45/55 e C55/67

No caso da mistura C60/75, devido à razão água/cimento muito reduzida que obrigou também à redução da percentagem de areia fina, a curva granulométrica que melhor se ajustou aos requisitos pretendidos é a apresentada na figura 4.5.

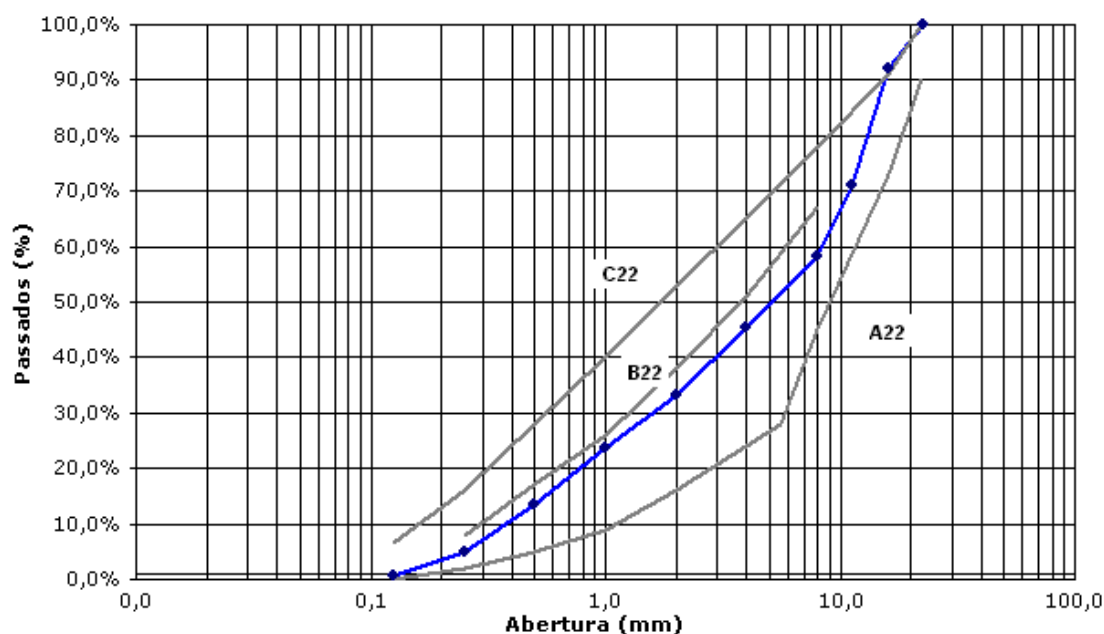


Figura 4.5 – Curva granulométrica para C60/75

As composições obtidas para as classes C45/55, C55/67 e C60/75 são apresentadas nos quadros 4.9, 4.10 e 4.11, respectivamente.

Quadro 4.9 – Composição para a classe de betão C45/55

Consistência desejada	SF2	Agre.grosso / Agre.total	0,53
Passados < 4 mm	47%	% total < 0,125	26%
Razão água/cimento	0,43	Água/finos(<0,125mm)(vol.)	0,93
% de ar na mistura	1,50%	< 0,125mm (kg/m3)	570
Módulo de finura	4,46	Dim. máx. Agreg. [mm]	20
Areia/argamassa [0,4;0,5]	0,44		
Composição para 1,00 m³			[kg/m³]
Cimento	CEM II A-L 42,5 R		400
Água			178
Agregado 1	0/1		233
Agregado 2	0/4		541
Agregado 3	4/14		360
Agregado 4	10/20		521
Adjuvante	Superplastificante		3,48
Adição	Fíler		150
Densidade			2387

Quadro 4.10 – Composição para a classe de betão C55/67

Consistência desejada	SF2	Agre.grosso / Agre.total	0,53
Passados < 4 mm	47%	% total < 0,125	26%
Razão água/cimento	0,40	Água/finos(<0,125mm)(vol.)	0,92
% de ar na mistura	1,50%	< 0,125mm (kg/m3)	570
Módulo de finura	4,46	Dim. máx. Agreg. [mm]	20
Areia/argamassa [0,4;0,5]	0,44		
Composição para 1,00 m³			[kg/m³]
Cimento	CEM II A-L 42,5 R		420
Água			174
Agregado 1	0/1		233
Agregado 2	0/4		548
Agregado 3	4/14		364
Agregado 4	10/20		521
Adjuvante	Superplastificante		3,78
Adição	Fíler		130
Densidade			2395

Quadro 4.11 – Composição para a classe de betão C60/75

Consistência desejada	SF2	Agre.grosso / Agre.total	0,55
Passados < 4 mm	45%	% total < 0,125	25%
Razão água/cimento inicial	0,34	Água / finos(<0,125mm) (volume)	0,96
Ar introduzido escolh. [%]	1,50%	< 0,125mm (kg/m3)	553
Módulo de finura	4,57	Dim. máx. Agreg. [mm]	20
Areia / argamassa [0,4 ; 0,5]	0,44		
Composição para 1,00 m³			Quan. [kg/m³]
Cimento	CEM II A-L 42,5 R		500
Água			176
Agregado 1	0/1		201
Agregado 2	0/4		552
Agregado 3	4/14		400
Agregado 3	10/20		524
Adjuvante	Superplastificante		4.75
Adição	Filler		40
Densidade			2398

Finalmente, no quadro 4.12 comparam-se as composições anteriormente utilizadas e as agora dimensionadas.

Quadro 4.12 – Betão anterior / nova composição BAC

Composições Constituinte	Betão anterior [m3] Quantidades [kg]			BAC [m3] Quantidades [kg]		
	C45/55	C55/67	C60/75	C45/55	C55/67	C60/75
CEM II A-L 42,5 R	390	415	465	400	420	500
Água	171	168	163	178	174	176
Agregado 0/1	211	210	171	233	233	201
Agregado 0/4	521	482	523	541	548	552
Agregado 4/14	399	379	355	360	364	400
Agregado 10/20	624	672	659	521	521	524
Superplastificante	2,93	3,53	4,65	3,48	3,99	4,75
Fíler	85	85	85	150	130	40
Propriedades da mistura						
< 0,125mm (kg/m3)	493	515	568	570	570	553
Razão Água/cimento	0,43	0,40	0,35	0,43	0,40	0,34
Razão A.grosso/A.total	0,58	0,60	0,59	0,53	0,53	0,55
Água/finos(<0,125mm) (m3)	1,05	1,00	0,89	0,93	0,92	0,96

Como se pode verificar pela análise do quadro 4.12:

- no que respeita à quantidade de cimento + fíler, esta foi aumentada para 550 kg nas classes de resistência C45/55 e C55/67;
- para a classe de resistência C60/75 reduzi a quantidade de partículas inferiores a 0.125 mm, no entanto, aumentei a quantidade de cimento para 500 kg, esta alteração originou um aumento da quantidade de água na amassadura melhorando a trabalhabilidade deste betão;
- os agregados grossos (fracção superior a 4mm) foram reduzidos entre 0,04 e 0,07 no volume total dos agregados com o objectivo de situar a razão agregados grosso/agreg. total entre 0.5 e 0.55.

4.4.6 – Caracterização do betão fresco e do betão endurecido.

Caracterização do betão fresco:

Por se tratar de betões auto-compactáveis, para caracterização do betão fresco foi necessário recorrer a ensaios específicos. Estes ensaios foram realizados na empresa construtora das torres, Enercon. De acordo com as disponibilidades existentes nos laboratórios da empresa foram apenas executados os seguintes ensaios para o estudo da consistência:

- Ensaio de espalhamento NP EN 12350-8;
- Ensaio de sedimentação;

- Ensaio de espalhamento no anel J NP EN 12350-12.

O ensaio de espalhamento é feito numa base quadrada com 900mm de lado (fig. 4.6) e um cone de Abrams. Neste ensaio é também determinado, para além do diâmetro do espalhamento, o tempo que o betão demora a percorrer 500 mm de diâmetro, possibilitando desta forma avaliar a velocidade de escoamento sem obstrução/viscosidade (fig. 4.7).

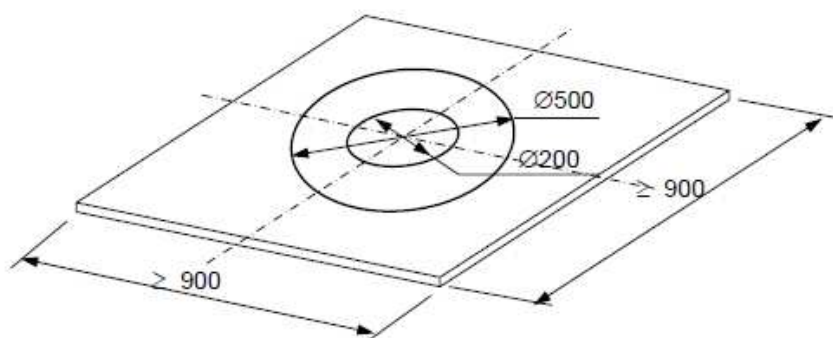


Figura 4.6 – Mesa de espalhamento

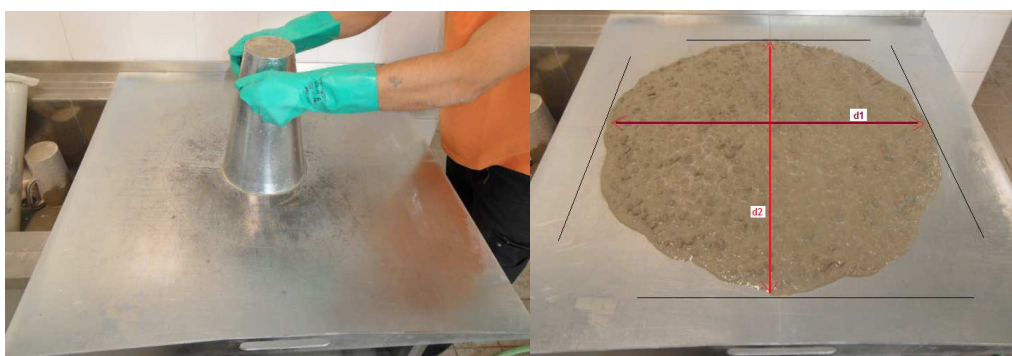


Figura 4.7 – Ensaio de espalhamento e valores a registar

A norma NP EN 12350-8 define três classes de espalhamento (quadro 4.13):

Quadro 4.13 – Classes de espalhamento segundo a NP EN 12350-8

Classe	Espalhamento (mm)
SF1	550-650
SF2	660-750
SF3	760-850

A viscosidade é classificada relativamente ao tempo que o betão no ensaio do espalhamento demora a percorrer 500mm de diâmetro; as classes estabelecidas da norma NP EN 12350-8 apresentam-se no quadro 4.14.

Quadro 4.14 – Classe de viscosidade segundo a NP EN 12350-8

Classe	T500,s
VS1	≤ 2
VS2	>2

O método aqui adotado para avaliação da resistência à segregação (ou sedimentação) é apenas visual. Para tal são moldados tubos com 110mm de diâmetro e 1 m de altura; depois do betão endurecer a amostra é cortada e é verificada a uniformidade dos materiais constituintes, ou a distribuição dos agregados no interior da amostra..



Figura 4.8 – Execução do ensaio para verificar a existência de segregação

No ensaio de espalhamento com o anel J é avaliada a capacidade de o betão fluir entre barras, simulando a armadura da estrutura a betonar. Os valores a registar são apresentados na figura 4.9.

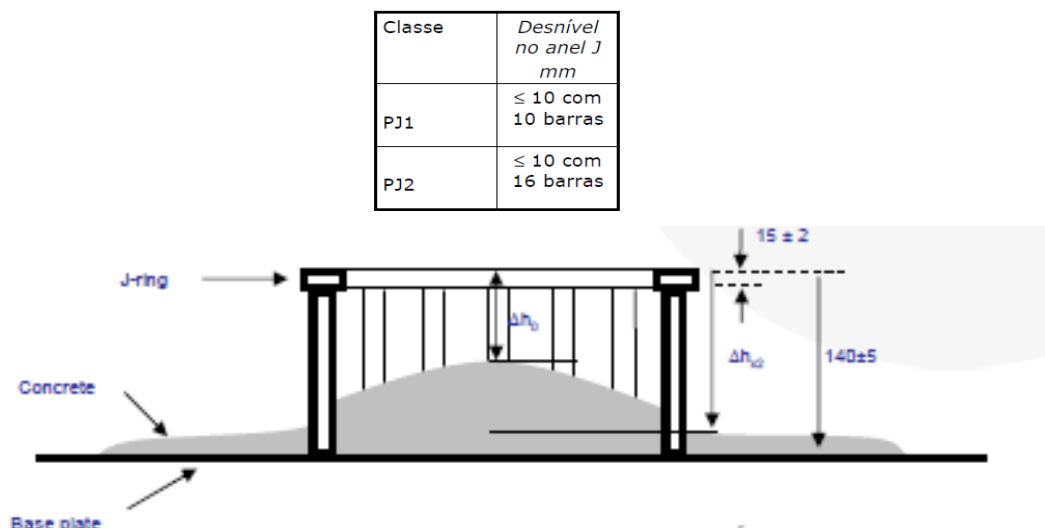


Figura 4.9 – Valores a registar no ensaio com o anel J

O ensaio processa-se com as seguintes fases: preparação do cone e da placa conforme descrito na norma NP EN 12350-8; colocação do cone centrado no círculo de 210 mm da placa de base; colocação do anel J na placa de base, concentricamente com o cone; enchimento do cone, de uma só vez sem agitação ou compactação, rasoando o topo do cone; levantamento do cone verticalmente e lentamente, num único movimento; quando o betão parar, e sem perturbar a placa ou o betão, medição do diâmetro do espalhamento e do desnível. Na figura 4.10 é ilustrado o ensaio.



Figura 4.10 – Ensaio no anel J

Caracterização do betão endurecido

Para a caracterização mecânica do betão endurecido são moldados 8 provetes para determinação da resistência à compressão, a diferentes idades (2 provetes para cada idade): 10h, 1 dia, 7dias e 28dias. Para estas novas composições não foi ainda possível obter os valores do módulo de elasticidade.

Foram ainda registadas as densidades do betão fresco e do betão endurecido.

No quadro 4.15 resumem-se algumas propriedades dos betões autocompactáveis no estado fresco e endurecido.

Quadro 4.15 – Propriedades dos betões nos estados fresco e endurecido

Classe do betão		C45/55	C55/67	C60/75
Temperatura betão fresco (°C)		22	22	22
Razão A/C		0,43	0,40	0,34
Espalhamento (mm)		690	690	690
T500mm (s)		3,2	4,3	4,5
Anel J	Δh_a [mm]	100	100	90
	ΔH_0 [mm]	110	110	105
	Desnível [mm]	10	10	15
	Espalhamento [mm]	670	670	660
Densidade (Kg/m ³)	Estado fresco	2411	2433	2442
	Estado endurecido	2403	2422	2434
Resistência à compressão fcm (MPa)	10h	18,2	20,5	21,2
	1d	41,1	48,9	50,1
	7d	58,3	67,1	72,1
	28d	71,2	80,2	86,4

Após os ensaios laboratoriais, e conhecendo bem as características no estado fresco e endurecido dos novos betões, procede-se à sua aplicação no processo produtivo.

4.5. APLICAÇÃO DAS NOVAS COMPOSIÇÕES NO PROCESSO PRODUTIVO E CONTROLO DE QUALIDADE

Nesta fase é muito importante que o operador da central tenha em atenção que os constituintes apresentam oscilações a nível da granulometria e da humidade intrínseca, factores que poderão afectar a consistência do betão de forma considerável.

Assim, antes de se proceder à amassadura são efectuadas análises granulométricas e verificado o teor de humidade dos agregados.

Em seguida processa-se a amassadura na central misturadora e são verificadas as propriedades do betão fresco nomeadamente, a razão água/cimento e a consistência através do ensaio de espalhamento. Só depois o betão é colocado no molde.

Durante o processo produtivo o controlo de qualidade é idêntico ao referido no capítulo 3, salvo o ensaio de espalhamento, em relação ao qual se usa agora como referência a norma NP EN 12350-8.

Semanalmente são efetuados 2 ensaios para cada classe de betão: - ensaio de espalhamento no anel J, segundo a NP EN 12350-12, e ensaio para verificação da resistência à segregação através da moldagem e posterior observação de 2 tubos, já referida.

Além dos ensaios ao betão fresco, os ensaios ao betão endurecido terão de cumprir os critérios exigidos na NP EN 206-1; para tal, devido à alteração das composições, são adotados os critérios usados para produção inicial apresentados nos quadros 4.16 e 4.17.

Quadro 4.16 – Frequência de ensaios segundo a NP EN 206-1

Frequência de amostragem no processo produtivo		
Produção	Primeiros 50 m3 de produção	Produção subsequente aos primeiros 50 m3 a)
Inicial (até se obterem, pelo menos, 35 resultados)	3 amostras	1 amostra por dia de produção
Contínua b) (quando estiverem disponíveis, pelo menos, 35 resultados)	1 amostra por dia de produção	
a) A amostragem deve ser distribuída pela produção e não deve ser mais de 1 amostra por cada 25 m3.		
b) Quando o desvio padrão dos últimos 15 resultados for superior a 1,37 σ , a frequência de amostragem deve ser incrementada para a requerida para a produção inicial nos próximos 35 resultados de ensaio.		

Quadro 4.17 – Critérios de conformidade para o controlo de qualidade do betão endurecido

Produção	Número "n" de resultados de ensaios da resistência à compressão no grupo	Critério 1	Critério 2
		Média dos "n" resultados (fcm) N/mm ²	Qualquer resultado individual de ensaio (fci) N/mm ²
Inicial	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Contínua	≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$
O valor do desvio padrão (σ) é determinado a partir dos 35 valores da resistência à compressão fcm consecutivos anteriores. No entanto o valor do desvio padrão dos últimos 15 resultados (s15) deverá estar compreendido entre $[0,63 \sigma ; 1,37 \sigma]$			

No nosso caso, além da frequência exigida pela norma, quer em produção inicial quer em produção contínua, são ainda retiradas:

- Três amostras no primeiro dia da semana, para verificação da resistência aos 28 dias;
- Uma amostra no 2.º dia da semana, para verificar a resistência às idades: 1 dia, 7 dias e 28 dias.

Nos restantes dias é retirada apenas uma amostra de cada classe de betão fabricado.

No quadro 4.18 são apresentados os resultados dos ensaios obtidos em produção contínua das misturas estudadas para o betão C55/67.

Quadro 4.18 – Resultados de ensaios para a Classe de betão C55/67

Produção Inicial 2011 - C55/67										
Data da amostra	Espa-lhamento cm	Tempe-ratura °C	A/C	Densi.	Resistência fci			Resist. Média	Crit.1	Crit. 2
				kg/m³	1d MPa	7d MPa	28d MPa	fcm N/mm²	≥fck+4	≥fck-4
04-04-11	67	22	0,39	2406			71,0	71,4	OK	
				2409			71,7			
				2414			71,2	71,8		OK
				2409			72,4			
				2408			70,9	71,1		OK
				2407			71,2			
05-04-11	68	23	0,40	2395	43,6	63				
				2421						
				2404			71,3	71,7	yes	OK
				2406			72,0			
06-04-11	67	23	0,40	2413			71,9	70,8		OK
				2419			69,6			
07-04-11	69	25	0,40	2412			70,8	70,8	OK	
				2425			70,7			
08-04-11	69	25	0,40	2409			70,7	70,4		OK
				2406			70,1			
11-04-11	67	25	0,39	2425			75,2	75,1	yes	OK
				2416			75,0			
				2410			72,4	72,6		OK
				2412			72,7			
				2396			70,0	71,5		OK
				2399			73,0			
12-04-11	67	25	0,40	2403	42,1	60,1				
				2400						
				2399			65,1	67,3	OK	
				2393			69,4			

Segundo a norma NP EN 206-1, em produção inicial cada amostra individual deve garantir o cumprimento do critério 2, e o conjunto de cada 3 amostras nos primeiros 50m³ de produção deve garantir o critério 1, até serem atingidos os primeiros 35 resultados.

Apesar de não ser mencionado na norma, além dos critérios referidos, no 2º dia da semana são retiradas amostras para verificar a resistência às idades: 1d, 7d e 28d; nos restantes dias é retirada uma amostra de cada classe de resistência.

4.6. ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

Comparativamente com o betão anterior, a diferença mais significativa apresentada pelo betão auto-compactável foi verificada ao nível da consistência, devido à introdução de maior percentagem de finos e superplastificante para as classes C45/55 e C55/67. Para o betão C60/75, a redução das partículas inferiores a 0,125 mm e o aumento da quantidade de cimento, permitiu aumentar a quantidade de

água na amassadura em 13kg/m^3 para a mesma razão A/C, por conseguinte, este aumento permitiu reduzir em 0,05% a quantidade de super plastificante..

Além do referido, reduziu-se também a percentagem de brita 10/20 em detrimento dos restantes agregados.

As alterações citadas nos parágrafos anteriores, proporcionaram às novas composições de betão as propriedades de autocompatibilidade requeridas para este estudo.

O quadro 4.12, já exposto na página 70, apresenta as composições anteriores e as estudadas, permitindo a comparação entre elas.

No que respeita às resistências, para a mesma razão água/cimento os betões auto-compactáveis atingiram, em geral, valores ligeiramente mais altos. Exceptua-se o betão da classe C60/75, para as resistências em idades mais jovens (até aos 7d). (ver quadro 4.19).

Quadro 4.19 – Propriedades dos betões BAC e anterior

		BAC [m3]			Betão anterior [m3]		
Temperatura betão fresco °C		C45/55 22	C55/67 22	C60/75 22	C45/55 23	C55/67 23	C60/75 23.8
Resistência à compressão (MPa)	10h	18,2	20,5	21,2	18	20	23
	1d	41,1	48,9	50,1	37,8	42,6	61,2
	7d	58,3	67,1	72,1	59,8	64,0	78,8
	28d	71,2	80,2	86,4	70,0	73,9	85,9
Razão A/C		0,43	0,40	0,34	0,43	0,40	0,35
Espalhamento (mm)		690	690	690	670	680	650
T500mm (s)		3,2	4,3	4,5	-	-	-
Anel J [mm]	Δh_a	100	100	90	-	-	-
	ΔH_0	110	110	105	-	-	-
	Espalhamento	670	670	660	-	-	-

Quanto ao aspecto final dos segmentos betonados com betão autocompactável verificou-se uma melhoria significativa em relação aos segmentos produzidos com os primeiros betões, como se pode observar nas figuras 4.11, 4.12 e 4.13.

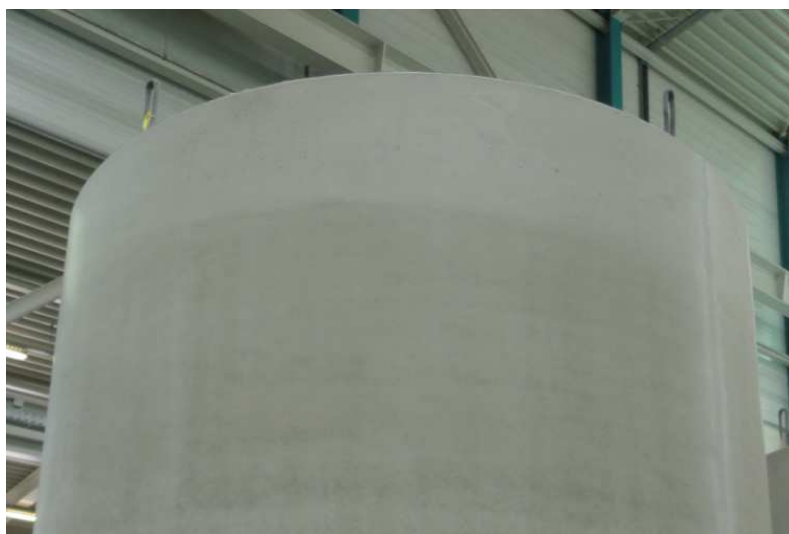


Figura 4.11 – Segmento betonado com C55/67 auto-compactável



Figura 4.12 – Segmento betonado com C45/55 auto-compactavel



Figura 4.13 – Segmento18 betonado com BAC

Refiro novamente que todos os ensaios foram realizados em ambiente fabril, de acordo com o ritmo imposto pelas exigências da produção, pelo que se espera no decorrer dos trabalhos futuros aperfeiçoar os métodos de produção e de controlo destes novos betões de modo a otimizar o seu desempenho.

Numa análise mais geral deste trabalho, podemos afirmar que os objectivos deste estudo foram cumpridos, na medida em que foi melhorado substancialmente o aspecto final dos elementos e eliminada quase totalmente a necessidade de vibração para a compactação do betão, atualmente apenas se utiliza o vibrador na base do segmento, para uma melhor compactação em volta da armadura e espaçadores..

5

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

5.1. SÍNTESE

O estudo desenvolvido teve como objetivo a definição de novas composições de betões de modo a possibilitar a correta compactação do betão pelo seu peso próprio, bem como melhorar a superfície final das peças betonadas, para a produção das torres eólicas em Portugal.

Deste modo foram desenvolvidas novas composições de betões autocompactáveis, e caracterizadas as suas propriedades relevantes.

Estes novos betões foram utilizados, com sucesso, na produção em série das torres eólicas.

5.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como considerações finais refere-se, novamente, que todo o trabalho se desenvolveu em ambiente fabril; por este motivo as exigências da produção em série bem como do cumprimento de prazos de entrega, não possibilitaram a exploração e realização de outras composições optimizadas de betões autocompactáveis, o que se prevê desenvolver em trabalhos futuros.

Não foi também possível ainda contabilizar de forma correcta as vantagens económicas do uso destes novos betões. No entanto, em termos de matéria-prima, verifica-se um aumento do preço do m³ do betão em cerca de 3%; em contrapartida, reduziu-se a mão-de-obra na compactação do betão e em reparações das peças betonadas.

Nos Quadros 5.1 e 5.2 apresentam-se as análises de custos relativas às matérias-primas utilizadas nas composições do betão corrente (utilizado anteriormente) e do betão autocompactável, agora em produção.

Quadro 5.1 – Análise de custos da matéria-prima usada nas composições anteriores

€/ton	<i>Preço (€/Ton) do betão anterior</i>						
	Cem II/A-L42,5	Ag. 0/1	Ag. 0/4	Ag. 4/14	Ag. 10/20	Filler	Adjuvante
	85,00 €	10,00 €	8,25 €	11,00 €	10,20 €	26,00 €	1.680,00 €
C45/55	33,15 €	2,11 €	4,30 €	4,39 €	6,36 €	2,21 €	4,92 €
C55/67	35,28 €	2,10 €	3,98 €	4,17 €	6,85 €	2,21 €	5,93 €
C60/75	39,53 €	1,71 €	4,31 €	3,91 €	6,72 €	2,21 €	7,81 €

Quadro 5.2 – Análise de custos da matéria-prima usada nas composições BAC

€/ton	Preço (€/Ton) do BAC						
	Cem II/A-L42,5	Ag. 0/1	Ag. 0/4	Ag. 4/14	Ag. 10/20	Filler	Adjuvante
	85,00 €	10,00 €	8,25 €	11,00 €	10,20 €	26,00 €	1.680,00 €
C45/55	34,00 €	2,33 €	4,46 €	3,96 €	5,31 €	3,90 €	5,85 €
C55/67	35,70 €	2,33 €	4,52 €	4,00 €	5,31 €	3,38 €	6,70 €
C60/75	42,50 €	2,01 €	4,55 €	4,40 €	5,34 €	1,04 €	7,98 €

No Quadro 5.3 avaliam-se comparativamente os custos associados aos dois tipos de betões.

Quadro 5.3 – Comparação dos custos

	Total (€/m3)		
	BAC	Betão Anterior	Diferença
C45/55	59,81 €	57,44 €	2,37 €
C55/67	61,94 €	60,52 €	1,42 €
C60/75	67,83 €	66,20 €	1,63 €

Embora os valores unitários - por m³ - sejam pouco significativos, quando analisamos o volume total envolvido na produção da torre, correspondente a 211 m³ de betão, a diferença é de 388,59 €/torre (ver Quadro 5.4 e 5.4), e para um ano com produção de 200 torres, 77.717,22 €/ano.

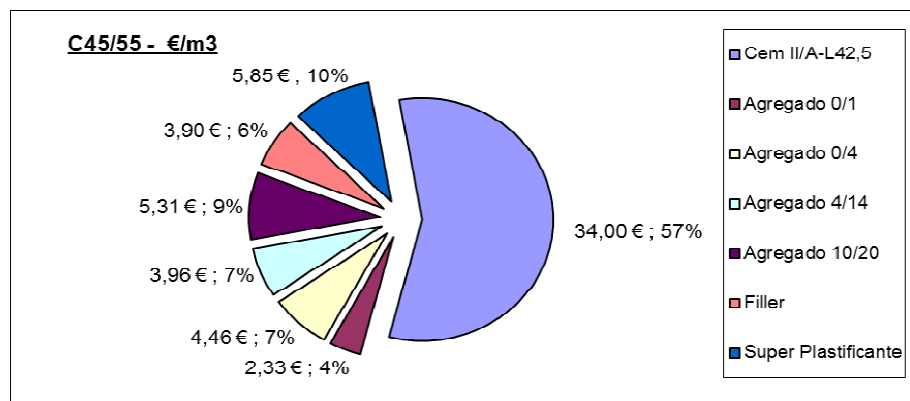
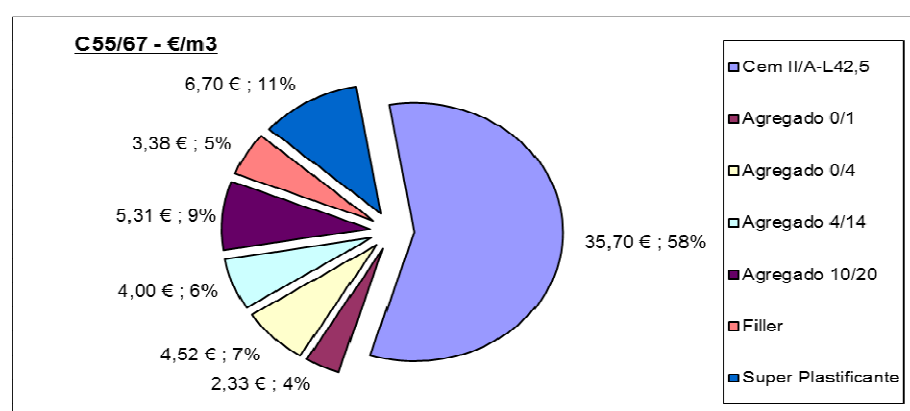
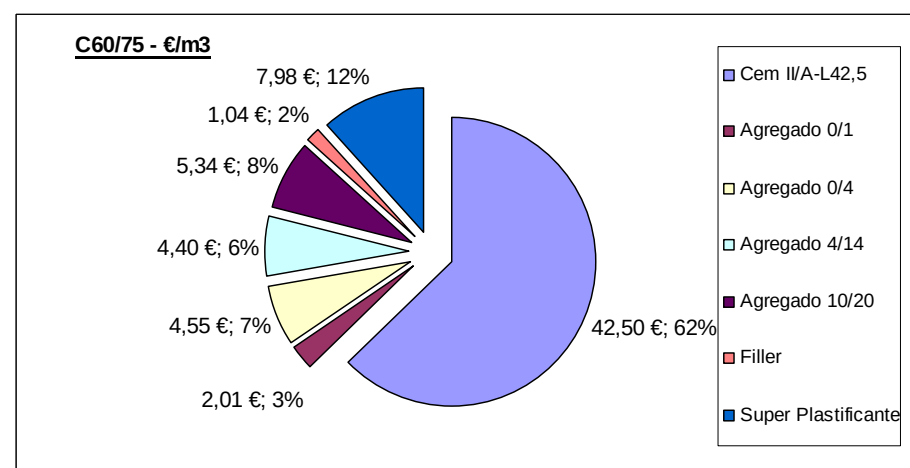
Quadro 5.4 – Custo da matéria-prima da composição actual (BAC) por torre

Total custo de matéria-prima (BAC) por torre		
C45/55	5.326 €	12.957,03 €
C55/67	6.931 €	
C60/75	700 €	

Quadro 5.5 – Custo da matéria-prima da composição anterior por torre

Total custo de matéria-prima por torre		
C45/55	5.115 €	12.568,44 €
C55/67	6.770 €	
C60/75	683 €	

Nas figuras 5.1, 5.2 e 5.3, são apresentados os pesos (em %) de cada um dos constituintes no valor do m³ de betão.

Figura 5.1 – Peso de cada constituinte no m³ de betão de classe de resistência C45/55Figura 5.2 – Peso de cada constituinte no m³ de betão de classe de resistência C55/67Figura 5.3 – Peso de cada constituinte no m³ de betão de classe de resistência C60/75

O valor apresentado é mais elevado para as novas composições (BAC); no entanto, a qualidade da peça final é superior quando comparada como a anterior.

Além do referido, com o uso destes betões a abrasão é menor, facto que irá reduzir o desgaste dos equipamentos e, certamente, trazer vantagens económicas ao processo.

O consumo energético também não foi contabilizado; no entanto, o esforço do binário da misturadora é inferior ao esforço aquando da utilização das misturas anteriores; por este motivo o consumo de energia será igualmente inferior.

Podemos, assim, concluir que o objectivo desta tese foi atingido, na medida em que o betão estudado atingiu os objectivos inicialmente propostos, nomeadamente: melhoria da superfície final da peça betonada e eliminação da vibração para compactação do betão.

5.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Há ainda muitos aspectos a analisar, entre eles, a quantificação da retracção e da fluência das diferentes composições de betão e o teor em ar.

Em particular, o comportamento no tempo da aderência nas interfaces resina epoxy/betão e revestimento/betão, será analisado brevemente, através de ensaios de envelhecimento acelerado.

BIBLIOGRAFIA

ACM Centre, University of Paisley, UK. (2005) *Measurement of properties of fresh self-compacting concrete. Final report*

Aitcin, P.C. (2004). *High-Performance concrete*. Taylor & Francis, Québec

ACI Committee 363(1984). *State of Art Report on High Strength Concrete*. ACI Journal 81.

Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto – APEB, 4.^a Edição: Maio 2008. *Guia para a utilização da norma NP EN 206-1*.

Conselho de Ministros da República Portuguesa (2006). *PNAC - Programa Nacional para as Alterações Climáticas*

Coutinho, A. De Sousa (1988). *Fabrico e propriedades do betão*, Volume I, II e III. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

CONCRETE CENTRE AND GIFFORD (2006). *Concrete Towers for Onshore and Offshore Wind Farms*

Caldarone, Michael A.(2008) *High-Strength Concrete, A practical guide*. Taylor & Francis, New York

Dirk Aßmann, Ulrich Laumanns and Dieter Uh. (2006). *Renewable Energy- A Global Review of Technologies, Policies and Markets*. Earthscan, UK

Dimitri Feys and Kamal Henri Khayat (2010). *Design, Production and Placement of Self-Consolidating Concrete*. RILEM, Québec Canada

Directivas 2009/28/CE, 2009/29/CE e 2009/31/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009

Day, Ken W. (2006) *Concrete Mix Design, Quality Control and Specification. Third Edition*. Taylor & Francis, New York

E.J. Hobsbawm, (1999). *Industry and Empire: From 1750 to the Present Day*. Penguin Books Ltd

EUROPEAN COMMISSION (2009). *EU energy trends to 2030*, Office of the European Union, Luxembourg

ERMCO, European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use, May (2005), Available at: www.efca.info or www.efnarc.org;

Eric P. Koehler, David W. Fowler (2007). *Inspection manual for Self-Consolidating Concrete in Precast members*. VCTR, Austin

IEA (2011). *Clean energy Progress Report*. www.iea.org

International Energy Agency (2010). *Key World Energy Statistics*. Paris www.eia.org

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change www.ipcc.ch

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. [Em linha]. <http://www.e-concreto.com.br/>

Instituto Superior Técnico, (2003/2004). *Materiais de Construção I, Documento de apoio nº6, Argamassas e Betões*.

Joana de Sousa Coutinho, (2006). *Apontamentos da disciplina de Materiais de Construção 2 – 1ª Parte*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

John R. Fanchi (2004). *Energy: TECHNOLOGY AND DIRECTIONS FOR THE FUTURE*

José Perdigoto, (2010). *A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA HÍDRICA NO MIX ENERGÉTICO PORTUGUÊS*, in Aproveitamento Hidroelétrico em Portugal – Um Novo Ciclo.

Maria José Brenhas, Rosário Machado, Maria Alzira Dinis *Vantagens do Ciclo Combinado a Gás Natural face a outras Tecnologias de Produção de Energia. Estudo de Caso: A Central da Tapada do Outeiro, Portugal*. UFP

Mário N. NINA, M. J. VALE. (2006) *Impacte Ambiental sobre os rios Tejo e Douro associado às centrais termoelétricas*. 8º Congresso da Água

Nepomuceno, Miguel C. S., (2005). *Metodologia para a composição de betões autocompactáveis*, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil pela UBI – Covilhã

Nunes, Sandra Conceição Barbosa (2001). *BETÃO AUTO-COMPACTÁVEL: TECNOLOGIA E PROPRIEDADES* dissertação de mestrado, FEUP

NP EN 206-1 (2007) - Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade.

NP EN 206-9 (2010) - Betão. Parte 9: Regras adicionais para betão auto-compactável (BAC)

NP EN 12350-1 (2009) - Ensaios do betão fresco. Parte 1: Amostragem

NP EN 12350-5 (2009) - Ensaios de betão fresco. Parte 5: Ensaio da mesa de Espalhamento

NP EN 12350-6 (2009)- Ensaios do betão fresco. Parte 6: Massa volúmica

NP EN 12350-8 (2010) - Ensaios do betão fresco. Parte 8: Betão autocompactável. Ensaio de espalhamento.

NP EN 12350-12 (2010) - Ensaios do betão fresco. Parte 12: Betão autocompactável. Ensaio de espalhamento no Anel J

NP EN 12390-1 (2003) - Ensaios do betão endurecido. Parte 1: Forma, dimensões e outros requisitos para o ensaio de provetes e para os moldes

NP EN 12390-2 (2009) - Ensaios do betão endurecido. Parte 2: Execução e cura dos provetes para ensaios de resistência mecânica

NP EN 12390-3 (2009) - Ensaios do betão endurecido. Parte 3: Resistência à compressão dos provetes de ensaio

NP EN 12390-7 (2009) - Ensaios do betão endurecido. Parte 7: Massa volúmica do betão endurecido

NP EN 12620 (2004) - Agregados para betão

NP EN 1097-6 (2003) - Ensaios das propriedades mecânicas e físicas dos agregados

NP EN 197-1 (2001) - Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.

NP EN 1008 (2003) - Água de amassadura para betão. Especificação para a amostragem, ensaio de avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão

LNEC E 464 (2007) - Conceito de mistura, Limites prescritivos, Desempenho equivalente.

LNEC E 460 (2008) – Varões de aço A500 NR de ductilidade especial para armaduras de betão armado.

Okamura H., Ouchi M., Self-compacting concrete – Journal of Advanced Concrete Technology, vol. 1, No 1, April (2003) pp. 5-15;

Ouchi M., *History of development and applications of self-compacting concrete in Japan*, Technical Session: Current Conditions of SCC in Each Country – International Workshop on self-compacting Concrete 23 – 26 August (1998) pp. 1-10;

Ozawa K, Maekawa K, Kunishima M & Okamura H., *Development of high performance concrete based on the durability design of concrete structures*, Proceedings 2nd East-Asia and Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-2), Chiang-Mai - Thailand, Vol. I, January (1989), pp. 445-450;

Robert K. Barnhart. (1986). *The American Heritage Dictionary of Science*. Houghton Mifflin Company, Boston.

VICTOR BAPTISTA, (2010). *O PLANEAMENTO ENERGÉTICO E A HIDROELECTRICIDADE*, in Aproveitamento Hidroelétrico em Portugal – Um Novo Ciclo.

www.REN.PT. (2011)

www.EDP.PT. (2011)

www.iea.org/techno/iaresults.asp?id_ia=5. (2011)

www.concretecentre.com. (2011)

www.enercon.de. (2011)

www.nordex-online.com. (2011)

www.bwea.com. (2011)

<http://maps.grida.no/go/graphic>.(2011)

World Energy Outlook 2010, www.iea.org

Anexos

- A1 - Estudo das composições actualmente utilizadas e ensaios preliminares**
- A2 - Fichas técnicas dos materiais utilizados no processo produtivo**
- A3 - Resultados de alguns ensaios actualmente realizados**

Anexo

A1

Estudo das composições actualmente utilizadas e ensaios
preliminares

Tese MIEC - FEUP 2011	Fórmula dos materiais constituintes N.º da Fórmula: C45/55 - BAC ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Página 1 de 2
-----------------------	--	---------------

1. Requisitos

Objectivo de utilização <i>Betão auto compactável (SCC)</i>					
Particularidades <i>de acordo EN 206-1 e SCC Guidelines May 2005</i>					
Classe de exposi. exigi. 1	XF1(P)	Classe de exposi. exigi. 3	XS1(P)	Espalham.	690
Classe de exposi. exigi. 2	XC4(P)	Máx. Teor de Cloretos	Cl 0,2	Consist.	SF2
Resistência escolh.	C45/55	Possib. bombear	sim	Dim. máx. Agreg. [mm]	20
Razão água/cimento inicial	0,43	Classe de fiscal.	3	Passados < 4 mm	47%
Água / finos(<0,125mm) (volume)	0,94	Comprovação resist.	28 d	Agregados < 0,125 mm	0,86%
Ar introduzido escolh. [%]	1,5%	Desenvol. Resistên.	rápido	Modulo de finura	4,47
Agre.grosso / Agre.total	0,530	< 0,125mm (kg/m3)	564	% < 0,125	26%

2. Matérias-primas

Designação	Empresa fornecedora	Sólidos [%]	Tipo / Factor-k	Densidade	Quantid. / Teor
Cimento 1	CEM II A-L 42,5 R			3,00	400 kg/m³
Cimento 2					
Água				1,00	100%
Água recuperada	Recuperada			1,03	0%
Água de absorção					10 kg/m³
Agregado 1	0/4		Gross Sand	2,65	33,0%
Agregado 2	4/14		Areão	2,64	22,0%
Agregado 3	10/20		Granit	2,68	31,0%
Agregado 4	0/1		Fine Sand	2,66	14,0%
Adjuvante 1	Powerfl. 1113	30,0%	FM	1,06	0,87%
Adjuvante 2					
Adição 1	Filler A	100%	0,00	2,70	150 kg/m³
Adição 2					

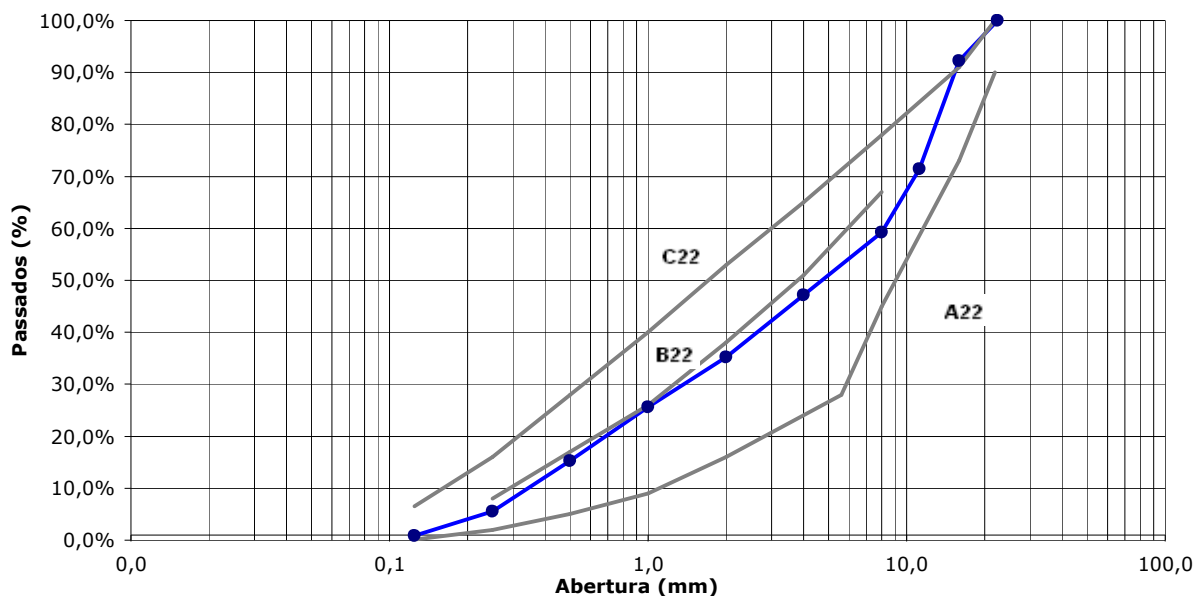
3. Fórmula dos materiais constituintes

Mistura de água e cimento				Volume do agregado = 1000 - 377 = 623 dm³	
	Quantidade [dm³/m³]	Água [kg/m³]		Quantid. [dm³/m³]	
Cimento	133	Água	168		
Água + água recuperada	168	Água recuperada	0	0/4	33,0%
Ar introduzido	15	Adjuvantes	4	4/14	22,0%
Adjuvantes	5,0	Adição (Slurry)	0	10/20	31,0%
Adições	56	Água de absorção	10	0/1	14,0%
Soma	377		182	Soma	100,0%
					623
Quant. de fileres	[kg/m³]	Quant. de argamassa fina < 4 mm		[dm³/m³]	
Cimento + adição	550 (=total do ligante hidráulico)	Agregados < 4 mm		294	
Agregados	14	Ligantes hidráulicos		189	
Água recuperada	0	Adjuvante, água, ar		188	
Soma	564	Soma		671	
		Areia / argamassa [0,4 ; 0,5]		0,44	

4. Composição e instrução de mistura para 1,00 m³

	Quantidade	[kg/m³]
Cimento 1	CEM II A-L 42,5 R	400
Cimento 2		0
Água	(w/z) _{eq} = 0,430	178
Agregado 1	0/4	33,0%
Agregado 2	4/14	22,0%
Agregado 3	10/20	31,0%
Agregado 4	0/1	14,0%
Adjuvante 1	Powerfl. 1113	FM
Adjuvante 2		0,87%
Adição 1	Filler A	
Adição 2		
	Densidade	2386

5. Curva granulométrica



	0/4		4/14		10/20		0/1		Factor-k = 4,47 Soma
Peneiro	100%	33,0%	100%	22,0%	100%	31,0%	100%	14,0%	100,0%
22,4	100,00%	33%	100,00%	22%	100,00%	31%	100,00%	14%	100,0%
16	100,00%	33%	100,00%	22%	74,80%	23%	100,00%	14%	92,2%
11,2	100,00%	33%	75,10%	17%	25,60%	8%	100,00%	14%	71,5%
8	100,00%	33%	46,50%	10%	6,40%	2%	100,00%	14%	59,2%
4	98,00%	32%	2,30%	1%	1,10%	0%	100,00%	14%	47,2%
2	63,60%	21%	1,10%	0%	0,00%	0%	100,00%	14%	35,2%
1	35,70%	12%	0,00%	0%	0,00%	0%	98,60%	14%	25,6%
0,5	12,50%	4%	0,00%	0%	0,00%	0%	79,20%	11%	15,2%
0,25	2,80%	0,9%	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	33,40%	4,7%	5,6%
0,125	0,70%	0,2%	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	4,50%	0,6%	0,9%
0	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	0,0%

6. Verificação do teor de cloretos

Matéria-prima	Quantidade [kg/m³]	Teor de cloretos ⁴⁾ [%]	Quant. de cloretos [kg/m³]
Cimento 1 CEM II A-L 42,5 R	400	0,1000%	0,400
Cimento 2			
Água Recuperada	178	0,0100%	0,018
Agregado 1 0/4	541	0,0100%	0,054
Agregado 2 4/14	360	0,0100%	0,036
Agregado 3 10/20	521	0,0100%	0,052
Agregado 4 0/1	233	0,0100%	0,023
Adjuvante 1 Powerfl. 1113	3,48	0,1000%	0,003
Adjuvante 2			
Adição 1 Filler A	150	0,0100%	0,015
Adição 2			
Soma			0,602 kg/m³
Referente ao teor de cimento			0,150%

4) De acordo com as instruções do fabricante ou o valor limite máx.

Tese MIEC - FEUP 2011	ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS			Página 1 de 2
	Ensaio preliminar	N.º da Fórmula:	C45/55 - BAC	

Date: 24-02-2011	Time (water added): 10h	Formulation: C45/55 -21	Strength: C45/55	Consistency: f6	Location: VC
Brief description of concrete: TEST BAC					for plant:

<u>Composition of concrete</u>							Batch [dm³]: 25	
	Designation	Supplier (plant)	Solids [%]	Gauge factor	Density [kg/m³]	Content [%]	Content [kg/m³]	Content [kg/batch]
Cement 1	CEM II / A-L 42,5 R		100%		3,05		400	10,000
Cement 2								
Fresh water							178	4,450
Recycled water								
Aggregate 1	0/1				2,66	14%	233	5,825
Aggregate 2	0/4				2,65	33%	541	13,525
Aggregate 3	4/14				2,64	22%	360	9,000
Aggregate 4	10/20				2,68	31%	521	13,025
Chemical admixture 1	Powerfl. 1113		30,0%		1,06	0,87%	3,48	0,087
Chemical admixture 2								
Mineral admixture 1	Filler A		100%	0	2,70		150	3,750
Mineral admixture 2								

<u>Properties of fresh concrete</u>				
Slump d _{5min} [cm]	70	entrainment mtr + comp. concrete [kg]		bulk density of fresh concrete [kg/m³] 2386
Slump d _{30min} [cm]	-	Wt: air entrainment mtr, empty [kg]		Air content [Vol.-%]
Segregation? [Y/N]	n	Weight: concrete [kg]		(w/c) _{eq} water/cement ratio calc. [-] 0,451
Air / concrete temp. [°C]	20,1 °C / 22 °C	crete bulk density, air entr. mtr [kg/m³]		
Notes: Preliminar test nº1				

Elaborado por: Luís Queirós	Tese MIEC - FEUP 2011 ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Data: 02-02-2011
--------------------------------	---	---------------------

Tese MIEC - FEUP 2011	ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS						Página 2 de 2
	Ensaio preliminar	N.º da Fórmula:				C45/55 - BAC	
<u>Cubes</u>							
Consecutive no.:	Cub1	Cub2	Cub3	Cub4	Cub5	Cub6	
Mould no.:	24	8	17	15	30	20	
Sample no.:							
Weight of filled mould m _f [g]							
Weight of empty mould m _e [g]							
Wt of concrete m _c = m - m _e [g]							
Volume of mould V [dm³]	3.375	3.375	3.375	3.375	3.375	3.375	
Bulk density ρ = ^{m_c} / _V [g/dm³]							
Average value ρ _m [g/dm³]							
Test date	25-02-2011	03-03-2011	03-03-2011	24-03-2011	24-03-2011	24-03-2011	
Specimen age [d]	1	7	7	28	28	28	
Length l [mm]	150	150	150	150	150	150	
Width w [mm]	150	150	150	150	150	150	
Height h [mm]	150,5	150	150	150	150	150	
V = ^{l × w × h} / _{1,000,000} [dm³]	3,386	3,375	3,375	3,375	3,375	3,375	
Weight m _C [g]	8119	8133	8103	8102	8101	8050	
Bulk density ρ = ^{m_c} / _V [g/dm³]	2398	2410	2401	2401	2400	2385	
Breaking load F [kN]	950	1386	1395	1582	1565	1600	
Mould or storage factor ¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
f _{c,i} = ^{F × 1,000} / _(w × h) [N/mm²]	42,1	61,6	62,0	70,3	69,6	71,1	
f _{cm} ≥ f _{ck} + 12							
criteria 1: f _{cm} ≥ f _{ck} + 12 → 70,3259259259259 ≥ 67 → fulfilled							
70.33							

70.33

Elaborado por: Luís Queirós	Tese MIEC - FEUP 2011 ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Data: 02-02-2011
--------------------------------	---	---------------------

Tese MIEC - FEUP 2011	Fórmula dos materiais constituintes N.º da Fórmula: C55/67 - BAC ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Página 1 de 2
-----------------------	---	---------------

1. Requisitos

Objectivo de utilização Betão auto compactável (SCC)					
Particularidades de acordo EN 206-1 e SCC Guidelines May 2005					
Classe de exposi. exigi. 1	XF1(P)	Classe de exposi. exigi. 3	XS1(P)	Espalham.	690
Classe de exposi. exigi. 2	XC4(P)	Máx. Teor de Cloretos	Cl 0,2	Consist.	SF2
Resistência escolh.	C55/67	Possib. bombear	sim	Dim. máx. Agreg. [mm]	20
Razão água/cimento inicial	0,40	Classe de fiscal.	3	Passados < 4 mm	47%
Água / finos(<0,125mm) (volume)	0,92	Comprovação resist.	28 d	Agregados < 0,125 mm	0,86%
Ar introduzido escolh. [%]	1,5%	Desenvol. Resistên.	rápido	Modulo de finura	4,47
Agre.grosso / Agre.total	0,530	< 0,125mm (kg/m3)	564	% < 0,125	25%

2. Matérias-primas

Designação	Empresa fornecedora	Sólidos [%]	Tipo / Factor-k	Densidade	Quantid. / Teor
Cimento 1 CEM II A-L 42,5 R				3,00	420 kg/m³
Cimento 2					
Água				1,00	100%
Água recuperada Recuperada				1,03	0%
Água de absorção					10 kg/m³
Agregado 1 0/4			Gross Sand	2,65	33,0%
Agregado 2 4/14			Areão	2,64	22,0%
Agregado 3 10/20			Granit	2,68	31,0%
Agregado 4 0/1			Fine Sand	2,66	14,0%
Adjuvante 1 Powerfl. 1113		30,0%	FM	1,06	0,90%
Adjuvante 2					
Adição 1 Filler A		100%	0,00	2,70	130 kg/m³
Adição 2					

3. Fórmula dos materiais constituintes

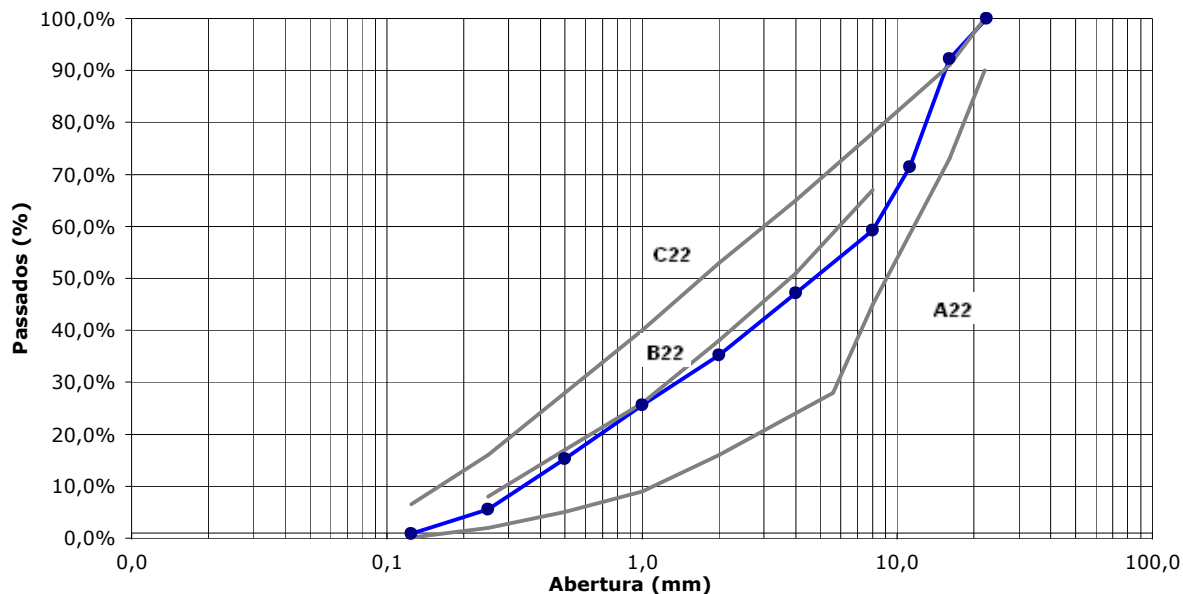
Mistura de água e cimento				Volume do agregado = 1000 - 373 = 627 dm³	
Quantidade [dm³/m³]		Água [kg/m³]		Quantid. [dm³/m³]	
Cimento	140	Água	164	0/4	33,0%
Água + água recuperada	164	Água recuperada	0	4/14	22,0%
Ar introduzido	15	Adjuvantes	4	10/20	31,0%
Adjuvantes	6,0	Adição (Slurry)	0	0/1	14,0%
Adições	48	Água de absorção	10		
Soma	373		178	Soma	100,0%
					627
Quant. de fileres	[kg/m³]	Quant. de argamassa fina < 4 mm		[dm³/m³]	
Cimento + adição	550 (=total do ligante hidráulico)	Agregados < 4 mm		296	
Agregados	14	Ligantes hidráulicos		188	
Água recuperada	0	Adjuvante, água, ar		185	
Soma	564	Soma		669	
		Areia / argamassa [0,4 ; 0,5]		0,44	

4. Composição e instrução de mistura para 1,00 m³

	Quantidade	[kg/m³]
Cimento 1 CEM II A-L 42,5 R		420
Cimento 2		0
Água	(w/z) _{eq} = 0,400	174
Agregado 1 0/4	0/4	33,0%
Agregado 2 4/14	4/14	22,0%
Agregado 3 10/20	10/20	31,0%
Agregado 4 0/1	0/1	14,0%
Adjuvante 1 Powerfl. 1113	FM	0,90%
Adjuvante 2		0,00
Adição 1 Filler A		130
Adição 2		0
	Densidade	2394

Elaborado por: Luís Queirós	Tese MIEC - FEUP 2011 ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Data: 02-02-2011
--------------------------------	---	---------------------

5. Curva granulométrica



	0/4		4/14		10/20		0/1		Factor-k = 4,47 Soma
Peneiro	100%	33,0%	100%	22,0%	100%	31,0%	100%	14,0%	100,0%
22,4	100,00%	33%	100,00%	22%	100,00%	31%	100,00%	14%	100,0%
16	100,00%	33%	100,00%	22%	74,80%	23%	100,00%	14%	92,2%
11,2	100,00%	33%	75,10%	17%	25,60%	8%	100,00%	14%	71,5%
8	100,00%	33%	46,50%	10%	6,40%	2%	100,00%	14%	59,2%
4	98,00%	32%	2,30%	1%	1,10%	0%	100,00%	14%	47,2%
2	63,60%	21%	1,10%	0%	0,00%	0%	100,00%	14%	35,2%
1	35,70%	12%	0,00%	0%	0,00%	0%	98,60%	14%	25,6%
0,5	12,50%	4%	0,00%	0%	0,00%	0%	79,20%	11%	15,2%
0,25	2,80%	0,9%	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	33,40%	4,7%	5,6%
0,125	0,70%	0,2%	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	4,50%	0,6%	0,9%
0	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	0,00%	0,0%	0,0%

6. Verificação do teor de cloretos

Matéria-prima	Quantidade [kg/m³]	Teor de cloretos ⁴⁾ [%]	Quant. de cloretos [kg/m³]
Cimento 1 CEM II A-L 42,5 R	420	0,1000%	0,420
Cimento 2			
Água Recuperada	174	0,0100%	0,017
Agregado 1 0/4	548	0,0100%	0,055
Agregado 2 4/14	364	0,0100%	0,036
Agregado 3 10/20	521	0,0100%	0,052
Agregado 4 0/1	233	0,0100%	0,023
Adjuvante 1 Powerfl. 1113	3,78	0,1000%	0,004
Adjuvante 2			
Adição 1 Filler A	130	0,0100%	0,013
Adição 2			
Soma			0,621 kg/m³
Referente ao teor de cimento			0,148%

4) De acordo com as instruções do fabricante ou o valor limite máx.

Tese MIEC - FEUP 2011	ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS			Página 1 de 2
	Ensaio preliminar	N.º da Fórmula:	C55/67- BAC	

Date: 24-02-2011	Time (water added): 10h	Formulation: C55/67	Strength: C55/67	Consistency: f6	Location: VC
Brief description of concrete: TEST BAC					for plant:

<u>Composition of concrete</u>							Batch [dm³]:	25
	Designation	Supplier (plant)	Solids [%]	Gauge factor	Density [kg/m³]	Content [%]	Content [kg/m³]	Content [kg/batch]
Cement 1	CEM II / A-L 42,5 R		100%		3,00		420	10,500
Cement 2								
Fresh water							174	4,350
Recycled water								
Aggregate 1	0/1				2,66	14%	233	5,825
Aggregate 2	0/4				2,65	33%	548	13,700
Aggregate 3	4/14				2,64	22%	364	9,100
Aggregate 4	10/20				2,68	31%	521	13,025
Chemical admixture 1	Powerfl. 1113		30,0%		1,06	0,90%	3,78	0,095
Chemical admixture 2								
Mineral admixture 1	Filler A		100%	0	2,70		130	3,250
Mineral admixture 2								

<u>Properties of fresh concrete</u>				
Slump d _{5min} [cm]	69	entrainment mtr + comp. concrete [kg]	bulk density of fresh concrete [kg/m³]	2394
Slump d _{30min} [cm]	-	Wt: air entrainment mtr, empty [kg]	Air content [Vol.-%]	
Segregation? [Y/N]	n	Weight: concrete [kg]	(w/c) _{eq} water/cement ratio calc. [-]	0,421
Air / concrete temp. [°C]	20,1 °C / 22 °C	crete bulk density, air entr. mtr [kg/m³]		
Notes: Preliminar test nº1				

Elaborado por: Luís Queirós	Tese MIEC - FEUP 2011 ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Data: 02-02-2011
--------------------------------	---	---------------------

Tese MIEC - FEUP 2011	ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS					Página 2 de 2
	Ensaio preliminar	N.º da Fórmula:		C55/67- BAC		
<u>Cubes</u>						
Consecutive no.:	Cub1	Cub2	Cub3	Cub4	Cub5	Cub6
Mould no.:	24	8	17	15	30	20
Sample no.:						
Weight of filled mould m _f [g]						
Weight of empty mould m _e [g]						
Wt of concrete m _c = m - m _e [g]						
Volume of mould V [dm³]	3.375	3.375	3.375	3.375	3.375	3.375
Bulk density ρ = ^{m_c} / _V [g/dm³]						
Average value ρ _m [g/dm³]						
Test date	25-02-2011	03-03-2011	03-03-2011	24-03-2011	24-03-2011	24-03-2011
Specimen age [d]	1	7	7	28	28	28
Length l [mm]	150	150	150	150	150	150
Width w [mm]	150	150	150	150	150	150
Height h [mm]	150,5	150	150	150	150	150
V = ^{l × w × h} / _{1,000,000} [dm³]	3,386	3,375	3,375	3,375	3,375	3,375
Weight m _C [g]	8210	8220	8212	8160	8210	8200
Bulk density ρ = ^{m_c} / _V [g/dm³]	2425	2436	2433	2418	2433	2430
Breaking load F [kN]	1105	1501	1510	1750	1801	1790
Mould or storage factor ¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f _{c,l} = ^{F × 1,000} / _(w × h) [N/mm²]	48,9	66,7	67,1	77,8	80,0	79,6
f _{cm} ≥ f _{ck} + 12						
criteria 1: f _{cm} ≥ f _{ck} + 12 → 79,1259259259259 ≥ 79 → fulfilled						
79.13						

79,13

Elaborado por: Luís Queirós	Tese MIEC - FEUP 2011 ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Data: 02-02-2011
--------------------------------	---	---------------------

Tese MIEC - FEUP 2011	Fórmula dos materiais constituintes N.º da Fórmula: C60/75 - BAC ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Página 1 de 2
-----------------------	---	---------------

1. Requisitos

Objectivo de utilização Betão auto compactável (SCC)					
Particularidades <i>de acordo EN 206-1 e SCC Guidelines May 2005</i>					
Classe de exposi. exigi. 1	XF1(P)	Classe de exposi. exigi. 3	XS1(P)	Espalham.	690
Classe de exposi. exigi. 2	XC4(P)	Máx. Teor de Cloretos	Cl 0,2	Consist.	SF2
Resistência escolh.	C60/75	Possib. bombear	sim	Dim. máx. Agreg. [mm]	20
Razão água/cimento inicial	0,34	Classe de fiscal.	3	Passados < 4 mm	45%
Água / finos(<0,125mm) (volume)	0,96	Comprovação resist.	28 d	Agregados < 0,125 mm	0,77%
Ar introduzido escolh. [%]	1,5%	Desenvol. Resistên.	rápido	Modulo de finura	4,57
Agre.grosso / Agre.total	0,550	< 0,125mm (kg/m3)	553	% < 0,125	25%

2. Matérias-primas

Designação	Empresa fornecedora	Sólidos [%]	Tipo / Factor-k	Densidade	Quantid. / Teor
Cimento 1 CEM II A-L 42,5 R				3,00	500 kg/m³
Cimento 2					
Água				1,00	100%
Água recuperada Recuperada				1,03	0%
Água de absorção					10 kg/m³
Agregado 1 0/4			Gross Sand	2,65	33,0%
Agregado 2 4/14			Areão	2,64	24,0%
Agregado 3 10/20			Granit	2,68	31,0%
Agregado 4 0/1			Fine Sand	2,66	12,0%
Adjuvante 1 Powerfl. 1113		30,0%	FM	1,06	0,95%
Adjuvante 2					
Adição 1 Filler A		100%	0,00	2,70	40 kg/m³
Adição 2					

3. Fórmula dos materiais constituintes

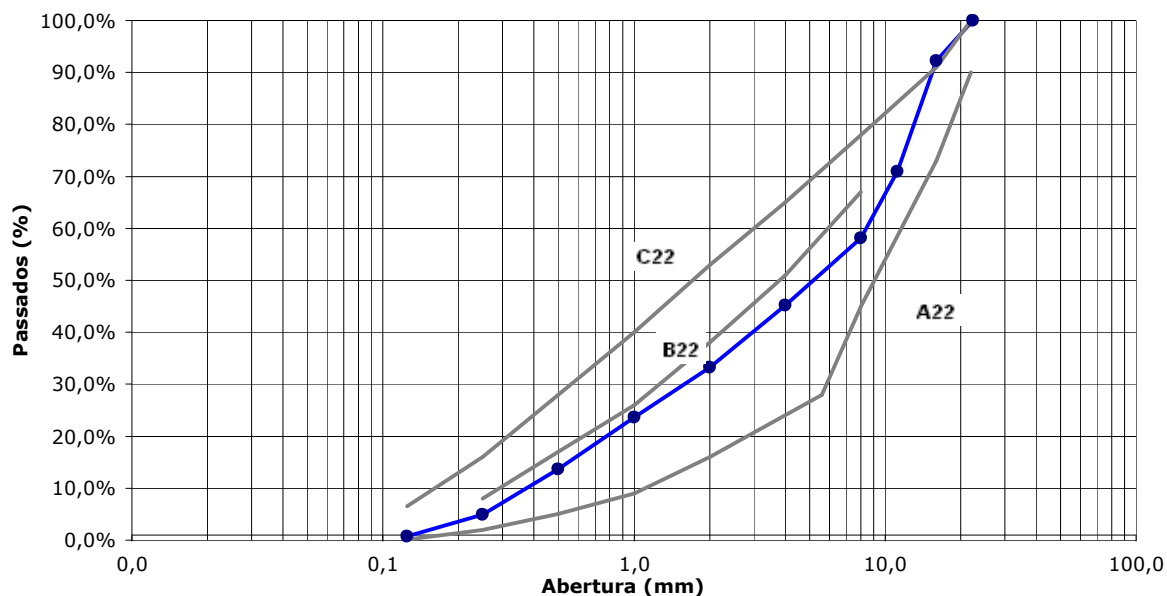
Mistura de água e cimento				Volume do agregado = 1000 - 369 = 631 dm³	
Quantidade [dm³/m³]		Água [kg/m³]		Quantid. [dm³/m³]	
Cimento	167	Água	166	0/4	33,0%
Água + água recuperada	166	Água recuperada	0	4/14	24,0%
Ar introduzido	15	Adjuvantes	4	10/20	31,0%
Adjuvantes	6,0	Adição (Slurry)	0	0/1	12,0%
Adições	15	Água de absorção	10		
Soma	369		180	Soma	100,0%
					631
Quant. de fileres	[kg/m³]	Quant. de argamassa fina < 4 mm		[dm³/m³]	
Cimento + adição	540 (=total do ligante hidráulico)	Agregados < 4 mm		285	
Agregados	13	Ligantes hidráulicos		182	
Água recuperada	0	Adjuvante, água, ar		187	
Soma	553	Soma		654	
		Areia / argamassa [0,4 ; 0,5]		0,44	

4. Composição e instrução de mistura para 1,00 m³

	Quantidade	[kg/m³]
Cimento 1 CEM II A-L 42,5 R		500
Cimento 2		0
Água	(w/z) _{eq} = 0,340	176
Agregado 1 0/4	0/4	33,0%
Agregado 2 4/14	4/14	24,0%
Agregado 3 10/20	10/20	31,0%
Agregado 4 0/1	0/1	12,0%
Adjuvante 1 Powerfl. 1113	FM	0,95%
Adjuvante 2		0,00
Adição 1 Filler A		40
Adição 2		0
	Densidade	2398

Elaborado por: Luís Queirós	Tese MIEC - FEUP 2011 ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Data: 02-02-2011
--------------------------------	---	---------------------

5. Curva granulométrica



	0/4		4/14		10/20		0/1		Factor-k = 4,57 Soma
Peneiro	100%	33,0%	100%	24,0%	100%	31,0%	100%	12,0%	100,0%
22,4	100,0%	33%	100,0%	24%	100,0%	31%	100,0%	12%	100,0%
16	100,0%	33%	100,0%	24%	74,8%	23%	100,0%	12%	92,2%
11,2	100,0%	33%	75,1%	18%	25,6%	8%	100,0%	12%	71,0%
8	100,0%	33%	46,5%	11%	6,4%	2%	100,0%	12%	58,1%
4	98,0%	32%	2,3%	1%	1,1%	0%	100,0%	12%	45,2%
2	63,6%	21%	1,1%	0%	0,0%	0%	100,0%	12%	33,3%
1	35,7%	12%	0,0%	0%	0,0%	0%	98,6%	12%	23,6%
0,5	12,5%	4%	0,0%	0%	0,0%	0%	79,2%	10%	13,6%
0,25	2,8%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,4%	4,0%	4,9%
0,125	0,7%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,5%	0,5%	0,8%
0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

6. Verificação do teor de cloretos

Matéria-prima	Quantidade [kg/m³]	Teor de cloretos ⁴⁾ [%]	Quant. de cloretos [kg/m³]
Cimento 1 CEM II A-L 42,5 R	500	0,1000%	0,500
Cimento 2			
Água Recuperada	176	0,0100%	0,018
Agregado 1 0/4	552	0,0100%	0,055
Agregado 2 4/14	400	0,0100%	0,040
Agregado 3 10/20	524	0,0100%	0,052
Agregado 4 0/1	201	0,0100%	0,020
Adjuvante 1 Powerfl. 1113	4,75	0,1000%	0,005
Adjuvante 2			
Adição 1 Filler A	40	0,0100%	0,004
Adição 2			
Soma			0,694 kg/m³
Referente ao teor de cimento			0,139%

4) De acordo com as instruções do fabricante ou o valor limite máx.

Tese MIEC - FEUP 2011	ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS			Página 1 de 2
	Ensaio preliminar	N.º da Fórmula:	C60/75 - BAC	

Date: 04-08-2011	Time (water added): 10h	Formulation: C60/75	Strength: C60/75	Consistency: f6	Location: VC
Brief description of concrete: TEST BAC					for plant:

<u>Composition of concrete</u>							Batch [dm³]: 25	
	Designation	Supplier (plant)	Solids [%]	Gauge factor	Density [kg/m³]	Content [%]	Content [kg/m³]	Content [kg/batch]
Cement 1	CEM II / A-L 42,5 R		100%		3,00		500	12,500
Cement 2								
Fresh water							176	4,400
Recycled water								
Aggregate 1	0/1				2,66	12%	201	5,025
Aggregate 2	0/4				2,65	33%	552	13,800
Aggregate 3	4/14				2,64	24%	400	10,000
Aggregate 4	10/20				2,68	31%	524	13,100
Chemical admixture 1	Powerfl. 1113		30,0%		1,06	0,95%	4,75	0,119
Chemical admixture 2								
Mineral admixture 1	Filler A		100%	0	2,70		40	1,000
Mineral admixture 2								

<u>Properties of fresh concrete</u>			
Slump d _{5min} [cm]	69	entrainment mtr + comp. concrete [kg]	bulk density of fresh concrete [kg/m³] 2398
Slump d _{30min} [cm]	-	Wt: air entrainment mtr, empty [kg]	Air content [Vol.-%]
Segregation? [Y/N]	n	Weight: concrete [kg]	(w/c) _{eq} water/cement ratio calc. [-] 0,359
Air / concrete temp. [°C]	20,1 °C / 22 °C	crete bulk density, air entr. mtr [kg/m³]	
Notes: Preliminar test nº1			

Elaborado por: Luís Queirós	Tese MIEC - FEUP 2011 ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Data: 02-02-2011
--------------------------------	---	---------------------

Tese MIEC - FEUP 2011	ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS						Página 2 de 2
Ensaio preliminar	N.º da Fórmula: C55/67- BAC						
<u>Cubes</u>							
Consecutive no.:	Cub1	Cub2	Cub3	Cub4	Cub5	Cub6	
Mould no.:	33	7	18	14	35	16	
Sample no.:							
Weight of filled mould m _f [g]							
Weight of empty mould m _e [g]							
Vt of concrete m _c = m - m _e [g]							
Volume of mould V [dm³]	3.375	3.375	3.375	3.375	3.375	3.375	
Bulk density ρ = ^{m_c} / _V [g/dm³]							
Average value ρ _m [g/dm³]							
Test date	05-08-2011	11-08-2011	11-08-2011	01-09-2011	01-09-2011	01-09-2011	
Specimen age [d]	1	7	7	28	28	28	
Length l [mm]	150	150	150	150	150	150	
Width w [mm]	150	150	150	150	150	150	
Height h [mm]	150,5	150	150	150	150	150	
V = ^{l × w × h} / _{1,000,000} [dm³]	3,386	3,375	3,375	3,375	3,375	3,375	
Weight m _c [g]	8251	8290	9285	8300	8310	8290	
Bulk density ρ = ^{m_c} / _V [g/dm³]	2437	2456	2751	2459	2462	2456	
Breaking load F [kN]	1185	1700	1650	2001	2002	1950	
Mould or storage factor ¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
f _{c,i} = ^{F × 1,000} / _(w × h) [N/mm²]	52,5	75,6	73,3	88,9	89,0	86,7	
f _{cm} ≥ f _{ck} + 12	criteria 1: f _{cm} ≥ f _{ck} + 12 → 88,1925925925926 ≥ 87 → fulfilled						

88.10

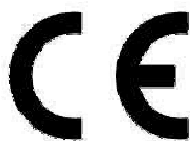
88.19

Elaborado por: Luís Queirós	Tese MIEC - FEUP 2011 ESTUDO DE BETÕES PARA TORRES EÓLICAS	Data: 02-02-2011
--------------------------------	---	---------------------

Anexo

A2

Fichas técnicas dos materiais utilizados no processo produtivo



0866

Mibal – Minas de Barqueiros, S.A., Quinta Grande, Apúlia, 4740 Esposende

05

0866-CPD-2004/CE.021

NP EN 12620, NP EN 13139, NP EN 13242
Agregado Fino 0/1 – Areia Fina Amarela Nova

Forma das Partículas				
Massa Volúmica	ρ_a = 2.52 ρ_{rd} = 2.48 ρ_{ssd} = 2.50 (Mg/m³)			
Baridade e Volume de Vazios do Agregado	ρ_b = 1.15 V = 53.41 (Mg/m³) (%)			
Dimensão das partículas	NP EN 12620	NP EN 13139	NP EN 13242	
	0/1	0/1	0/1	(d/D)
	G _F 85	0/1	G _F 85; GT _F 20	
Limpeza				
Teor de finos	NP EN 12620	NP EN 13139	NP EN 13242	
	f ₁₀	Categoria 3	f ₇	
Qualidade dos finos	≥ 50			
Teor de conchas				
Resistência a fragmentação ou ao esmagamento				
Resistência ao polimento				
Resistência à abrasão				
Resistência ao desgaste				
Composição/teor				
Cloretos	0.01			
	(‰CL)			
Sulfatos solúveis em água				
Sulfatos solúveis em ácido	AS _{0,2}			
Sulfuretos solúveis em ácido				
Enxofre total				
Constituintes que alterem a velocidade de hidratação e a resistência do betão	Não contém			
Contaminantes orgânicos leves	<0.1			
	(‰)			
Teor de carbonato				
Estabilidade volumétrica				
Retracção por secagem				
	(‰WS)			
Constituintes que afectam a estabilidade volumétrica das escórias de alto-forno arrefecidas por ar				
Absorção de água	0.60			
	(‰WA)			
Emissão radioactiva *	Actividade em: ²²⁶ Ra= (22.5±0.5) ²³² Th= (28.7±0.8) ⁴⁰ K= (1188±22)			
	Bq Kg ⁻¹			
Libertação de metais pesados **	Arsénio, Cádmio, Cobre, Chumbo e Mercúrio <Limite de Quantificação			
	Crómio = 3.7	Níquel = 2.1	Zinco = 18	(mg/Kg)
Libertação de hidrocarbonetos poliaromáticos ***	<Limites de Quantificação			
	(mg/Kg)			
Libertação de outras substâncias perigosas				
Durabilidade face ao gelo-degelo				
Resistência ao sulfato de magnésio				
Durabilidade face à reacção alcali-silica ****				
	24 horas	48 horas	72 horas	96.horas
Reactividade alcali-silica e alcali-silicato	0.084	0.131	0.239	0.291
	SiO ₂ (mmol/l)/Na ₂ O(mmol/l)			

* Método Utilizado: Espectrometria Gama

** Método Utilizado: DIN EN ISO 11885 (Arsénio); EPA 3015, EPA 3050B, EPA 6010 B (Cádmio, Cobre, Crómio, Níquel, Chumbo e Zinco) e M.M.5.3 (EEA-VF) (Mercúrio)

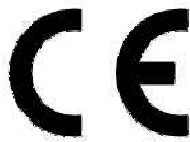
*** Método Utilizado: DIN 38414-23

**** Método Utilizado: UNE 146507-1:99 EX

QD016r6

QD16r6 areia fina amarela mibal nova

DATA: 04/09/2009 (Revisão nº 6)



0866

IMNP – Indústria de Mineração do Norte de Portugal, S.A. – R. Valverde, Vila Fria, 4935 V. Castelo
07

0866-CPD-2004/CE.021

NP EN 12620, NP EN 13139, NP EN 13242
Agregado Fino 0/4 – Meia Areia Amarela

Forma das Partículas				
Massa Volúmica	$\rho_a = 2.65$ $\rho_{rd} = 2.58$ $\rho_{ssd} = 2.60$ (Mg/m³)			
Baridade e Volume de Vazios do Agregado	$\rho_b = 1.38$ $V = 46.33$ (Mg/m³) (%)			
Dimensão das partículas	NP EN 12620	NP EN 13139	NP EN 13242	
	0/4	0/4	0/4	(d/D)
	G _F 85	0/4	G _F 85; GT _F 10	
Limpeza				
Teor de finos	NP EN 12620 f ₃	NP EN 13139 Categoria 1	NP EN 13242 f ₃	
Qualidade dos finos	≥ 70			(%SE)
Teor de conchas				
Resistência a fragmentação ou ao esmagamento				
Resistência ao polimento				
Resistência à abrasão				
Resistência ao desgaste				
Composição/teor				
Cloretos	<0.01			(%CL)
Sulfatos solúveis em água				
Sulfatos solúveis em ácido	AS _{0,2}			
Sulfuretos solúveis em ácido				
Enxofre total				
Constituintes que alterem a velocidade de hidratação e a resistência do betão	Não contém			
Resistência à compressão	94			S(%)
Contaminantes orgânicos leves	<0.1			(%)
Teor de carbonato				
Estabilidade volumétrica				
Retracção por secagem				(%WS)
Constituintes que afectam a estabilidade volumétrica das escórias de alto-forno arrefecidas por ar				
Absorção de água	1.1			(%WA)
Emissão radioactiva *	Actividade em: ²²⁶ Ra= (11.0±0.978) ²³² Th= (14.5±1.12) ⁴⁰ K= (95.2±9.07)			Bq Kg ⁻¹
Libertação de metais pesados **	Arsénio, Cádmio, Cobre, Crómio, Níquel, Mercúrio, Chumbo e Zinco <Limite de Quantificação			(mg/Kg)
Libertação de hidrocarbonetos poliaromáticos ***	<Limites de Quantificação			(mg/Kg)
Libertação de outras substâncias perigosas				
Durabilidade face ao gelo-degelo				
Resistência ao sulfato de magnésio				
Durabilidade face à reacção alcali-silica ****				
Reactividade alcali-silica e alcali-silicato	24 horas	48 horas	72 horas	96.horas
	0.112	0.217	0.368	0.594
	SiO ₂ (mmol/l)/Na ₂ O(mmol/l)			

* Método Utilizado: Espectrometria Gama

** Método Utilizado: DIN EN ISO 11885 (Arsénio); EPA 3015, EPA 3050B, EPA 6010 B (Cádmio, Cobre, Crómio, Níquel, Chumbo e Zinco) e M.M.5.3 (EEA-VF) (Mercúrio)

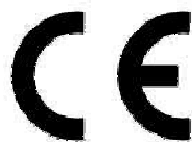
*** Método Utilizado: DIN 38414-23

**** Método Utilizado: UNE 146507-1:99 EX

QD23r1

CE-MeiaAreiaAmarela/IMNP_2009

DATA: 23/04/2009 (Revisão nº 1)



0866

**IMNP – Indústria de Mineração do Norte de Portugal, S.A. – R. Valverde, Vila Fria, 4935 V. Castelo
10**

0866-CPD-2004/CE.021

**NP EN 12620, NP EN 13242
Agregado Grosso 4/14 – Areão 4/14**

Forma das Partículas					
Massa Volúmica	$\rho_a = 2.65$ $\rho_{rd} = 2.61$ $\rho_{ssd} = 2.62$				(Mg/m³)
Baridade e Volume de Vazios do Agregado	$\rho_b = 1.51$ $V = 42.23$				(Mg/m³) (%)
Dimensão das partículas	NP EN 12620	NP EN 13242			(d/D)
	4/14	4/14			
	G _C 90/15; G _T 15	G _C 85-15; GT _C 20/15			
Limpeza					
Teor de finos	NP EN 12620	NP EN 13242			
	f _{1,5}	f ₂			
Qualidade dos finos					
Teor de conchas					
Resistência a fragmentação ou ao esmagamento	LA ₅₀				
Resistência ao polimento					
Resistência à abrasão					
Resistência ao desgaste					
Composição/teor					
Cloretos *	<0.01				(%CL)
Sulfatos solúveis em água					(%)
Sulfatos solúveis em ácido *	AS _{0,2}				
Sulfuretos solúveis em ácido					(%)
Enxofre total					
Constituintes que alterem a velocidade de hidratação e a resistência do betão *	Não contém				
Contaminantes orgânicos leves *	<0.1				(%)
Teor de carbonato					
Estabilidade volumétrica					
Retracção por secagem					(%WS)
Constituintes que afectam a estabilidade volumétrica das escórias de alto-forno arrefecidas por ar					
Absorção de água	0.60				(%WA)
Emissão radioactiva **	Actividade em: ²²⁶ Ra= (11.0±0.978) ²³² Th= (14.5±1.12) ⁴⁰ K= (95.2±9.07)				Bq Kg ⁻¹
Libertação de metais pesados ***	Arsénio, Cádmio, Cobre, Crómio, Níquel, Mercúrio, Chumbo e Zinco <Limite de Quantificação				(mg/Kg)
Libertação de hidrocarbonetos poliaromáticos ****	<Limites de Quantificação				(mg/Kg)
Libertação de outras substâncias perigosas					
Durabilidade face ao gelo-degelo	F ₁				
Resistência ao sulfato de magnésio					
Durabilidade face à reacção alcali-silica *****					
Reactividade alcali-silica e alcali-silicato *	24 horas	48 horas	72 horas	96.horas	SiO ₂ (mmol/l)/Na ₂ O(mmol/l)
	0.112	0.217	0.368	0.594	

* Ensaio efectuado em agregado de diferente granulometria mas da mesma origem

** Método Utilizado: Espectrometria Gama

*** Método Utilizado: DIN EN ISO 11885 (Arsénio); EPA 3015, EPA 3050B, EPA 6010 B (Cádmio, Cobre, Crómio, Níquel, Chumbo e Zinco) e M.M.5.3 (EEA-VF) (Mercúrio)

**** Método Utilizado: DIN 38414-23

***** Método Utilizado: UNE 146507-1:99 EX



Superinertes
de Lopes & Filhos, SA

www.superinertes.pt | geral@superinertes.pt

PRESERVE O AMBIENTE
Entregue na Superinertes
os RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO
E CONSTRUÇÃO

Ficha de Produto - 427 A
Revista em 7-05-2010
Válida até: 30-06-2010

10/20

CE

0866-CPD-2005/CE.026

Conforme: NP EN 13242:2005 Agregados para materiais granulares não tratados e para materiais tratados com ligantes hidráulicos para utilização em trabalhos de engenharia civil e construção rodoviária; NP EN 12620:2004 Agregados para betão; NP EN 13043:2004 Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação.

Designação Comercial: Brita Azul 10/20

Descrição Petrográfica: MonzoGranito ou Granito comum

Série de Peneiros ISO 565:1990 R 20	Percentagens de Passantes em massa		Intervalo de Variação de 90% das distribuições granulométricas determinadas nos ensaios realizados ao produto, assumindo uma distribuição t-Student.
	Requisitos Gerais	Valor	Tolerância
40 31,5 20 14 10 5,6	100 98 - 100 85 - 99 25 - 70 0-15 0-2	100 100 90 32 2 0	- - - ± 15 - -
13242 12620 13043			
4.3.1 4.3.2 4.1.3	Categoria	13242	12620 13043
4.6 4.6 4.1.4	Teor de Finos (<63µm)	G _{0.85/15} GT ₁₅	G _{0.85/15} GT _{20/15}
4.4 4.4 4.1.6	Índice de Forma	f _{1.5}	f _{0.5}
	Índice de Achatamento	SI ₁₅	SI ₁₅
5.4 5.5 4.2.7	Massa Volumica $\rho_{rel} / \rho_{ref} / \rho_{sólido}$	FI ₁₅	FI ₁₀
5.5	Absorção de água WA ₂₄	2.66Mg/m³ / 2.63Mg/m³ / 2.64Mg/m³	
6.2	Teor de Cloretos (% Cl)	0.4%	0.4%
6.2 6.3.1	Compostos que contêm Enxofre - Sulfatos solúveis em ácido	<0.01%	
6.3 6.3.2	- Enxofre Total	AS _{0.2}	AS _{0.2}
6.4.1 6.4.1	Constituintes que alteram a presa e o endurecimento: Ácido Fulvo Teor em húmus Ensaio Comparativo de Resistência Resistência à compressão relativa Variação do tempo de presa	S ₁	<1%
6.4.4 6.4.1 4.3.3	Contaminantes Orgânicos Leves	Ausência	Ausência
5.7.2	Retração por secagem	Ausência	m _{LP0.1}
5.4.1 4.2.3	Resistência ao polimento PSV	0.03%WS	
4.2.1.1	Afinidade aos ligantes betuminosos (valor obtido com velocidade de rotação de 60 rpm)	PSV ₅₈	PSV ₅₆
5.4.2 4.2.4	Resistência à abrasão superficial		5h 24h 68% 18%
5.3 5.3 4.2.5	Resistência ao desgaste (Micro-Deval) Frequência 10/14	AAV _{NR}	AAV _{NR}
4.2.1.0	Resistência ao choque térmico	M _{DE20}	M _{DE15}
7.3.3 5.7.1 4.2.9.2	Resistência ao Gelo/Degelo		V _{LA23}
		F ₁ (WA ₂₄₁)	F ₁ (WA ₂₄₁)

Declaração de Conformidade CE

Dando cumprimento ao artigo nº 9 da Directiva dos Produtos da Construção (89/106/CE) o produtor **Superinertes de Lopes & Filhos S.A.**, com morada em Lage, Gondomar 4800-440 Guimarães, declara que este produto cumpre as exigências estabelecidas nos anexos ZA1 das Normas NP EN 13242:2005, NP EN 12620:2004 e NP EN 13043:2004, assim como a especificação LNEC E467-2006, e aplica-se em materiais tratados com ligantes hidráulicos e não tratados, utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária, em betão, bem como em misturas betuminosas e tratamentos superficiais em estradas, aeroportos e outras áreas de circulação.

O actual sistema de controlo de produção industrial encontra-se certificado pela APCER sob o número
0866-CPD-2005/CE.026

Guimarães, 07 de Maio de 2010

O responsável:

José M. Lopes

Resp. Controlo Prod. Ind.

Prod427A.doc

mod.172/GQ.1

FICHA TÉCNICA DE PRODUTO: FILLER A

IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO

Descrição do Produto: Filler A

Utilização (referências normativas): NP EN 12620 – Agregados para Betão
 NP EN 13043 – Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação
 NP EN 13139 – Agregados para argamassas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO

 1328			
Parapedra, Soc. Trans. de Pedras, S.A. Casal da Fisga, Apartado 70, 2040-998 Rio Maior 05 1328 – CPD – 034			
Características	NP EN 12620	NP EN 13043	NP EN 13139
Finura/dimensão das partículas	De acordo com a tabela da distribuição granulométrica		
Massa Volúmica	2,57 Mg/m ³	2,57 Mg/m ³	2,57 Mg/m ³
Características rigidificantes:			
Vazios do filler seco compactado	NPD	v _{NR}	NPD
Varição da temperatura anel e bola	NPD	Δ _{R&B} NR	NPD
Número de betume do filler	NPD	BN _{NR}	NPD
Solubilidade em água		NPD	
Susceptibilidade à água	NPD	WS _{NR}	NPD
Limpeza: Azul-de-metileno	<10 gr./Kg	MB _{F10}	<10 gr./Kg
Teor de água	NPD	<1%	NPD
Composição/teor:			
Teor de enxofre total	<1 %	NPD	<1 %
Constituintes que alteram o tempo de presa e resistência do betão	Diminuição da resistência à compressão	<20%	<20 %
	Tempo de presa	<120 min.	<120 min.
	Teor de húmus	Mais claro	Mais claro
	Contaminantes orgânicos leves	< 0,1%	< 0,1%
Durabilidade face ao gelo degelo: Teor de Sulfato de Magnésio		MS ₂₅	MS ₂₅
Libertação de substâncias perigosas		NPD	

Distribuição Granulométrica

Peneiro (mm)	Valores Típicos (%)	Limites Máximos (%)	Limites Mínimos (%)
2	100	100	100
0,125	99,6	100	89,6
0,063	92,5	100	82,5

Data: 07-09-2009

Assinatura:



RESULTADOS DO AUTOCONTROLO VALORES MÉDIOS

FÁBRICA: Secil - Outão

BOLETIM Nº

4

DATA:

05-05-2009

REFERÊNCIA: CEM III/A - L 42,5 R

Resultados Referentes a Março / 2009

ENSAIOS MECÂNICOS [NP EN 196-1]

IDADE	RESISTÊNCIAS (MPa)			
	FLEXÃO		COMPRESSÃO	
	MENSAL	ANUAL	MENSAL	ANUAL
2 dias	5,9	5,9	32,5	31,5
7 dias	7,0	7,2	43,3	43,4
28 dias	7,9	8,2	52,4	52,9

ENSAIOS FÍSICOS

	MENSAL	ANUAL	
Peso Específico (g/cm³)	2,98	3,05	
Resíduo de Penetração (%)	90 µm	3,2	4,0
	63 µm		
	45 µm		
	32 µm		
Superfície Específica de Blaine (cm² /g) [NP EN 196-6]	5234	5054	
Água na Pasta Normal (%) [NP EN 196-3]	28,2	28,1	
Tempo de Presa (min) [NP EN 196-3]	Início	110	114
	Fim	138	144
Expansibilidade (mm) [NP EN 196-3]	0,7	0,6	
Índice de Brancura (0 a 100)			

ANÁLISE QUÍMICA

		MENSAL	ANUAL
PERDA AO FOGO	% P.F.	8,22	8,53
RESÍDUO INSOLÚVEL	% R.I.	1,68	1,54
ÓXIDO DE SILÍCIO	% SiO ₂	17,12	17,46
ÓXIDO DE ALUMÍNIO	% Al ₂ O ₃	3,57	3,52
ÓXIDO DE FERRO	% Fe ₂ O ₃	2,42	3,00
ÓXIDO DE CÁLCIO	% CaO	61,73	61,45
ÓXIDO DE MAGNÉSIO	% MgO	1,99	1,65
SULFATOS	% SO ₃	2,88	2,78
ÓXIDO DE POTÁSSIO	% K ₂ O		
ÓXIDO DE SÓDIO	% Na ₂ O		
CLORETOS	% Cl ⁻	0,04	0,03
CAL LIVRE	%	1,99	1,41

OBSERVAÇÕES:

ANUAL - Valor médio dos últimos 12 meses.

NOTA: todos os parâmetros são determinados por métodos internos com exceção dos que indicam a [norma aplicada].

VISTO

APROVADO



MC-PowerFlow 1113

Superplastificante de alto desempenho da nova geração MC

Propriedades

- Redução de água acima da média
- Dosagem económica
- Alta resistência inicial
- Superfícies finais de alta qualidade
- Livre de componentes que provoquem a corrosão

Áreas de aplicação

- Elementos pré-fabricados
- Betão auto-compactante
- Betão com elevada resistência em ambientes agressivos
- Betão de alto desempenho
- Betão com alta resistência
- Betão com alta fluidez
- Betão pronto

Aplicação

MC-PowerFlow 1113 é um superplastificante baseado na nova tecnologia MC – Policarboxilato. O desenvolvimento da resistência inicial é reforçado. Portanto MC-PowerFlow 1113 é especialmente apropriado para utilização na indústria de elementos pré-fabricados e na produção de betão pré-esforçado.

O seu funcionamento específico permite utilizar quantidades mínimas de água na produção de betão. Deste modo obtém-se um betão de elevado desempenho com excelentes propriedades utilizando uma dosagem económica.

Mantendo a quantidade de água constante é possível incrementar a consistência desejada em várias classes de consistência.

A combinação especial dos agentes activos permitem produzir um betão homogéneo sem que ocorra segregação. MC-PowerFlow 1113 permite que a superfície final do betão seja de alta qualidade diminuindo consideravelmente os trabalhos de cosmética.

MC-PowerFlow 1113 pode ser usado em combinação com outros adjuvantes MC. Em casos específicos, pedir informações ao departamento técnico.

MC-PowerFlow 1113 é adicionado ao betão durante a mistura. Torna-se mais eficiente quando é adicionado após a adição da água. Também é possível doseá-lo juntamente com a água. O tempo de mistura deve durar tempo suficiente de modo a que o adjuvante desenvolva todos os efeitos plastificantes durante a mistura.

No caso de a dosagem ser feita em camiões-betoneiras, seguir as normas correspondentes.

Por favor ler "Informação geral para o uso de adjuvantes para betão".



Dados técnicos – MC-PowerFlow 1113

Características	Unidades	Valores*	Comentários
Densidade	kg/cm ³	Aprox. 1,06	
Dosagem recomendada	g	2 - 50	Por kg de cimento
Conteúdo máximo de Cloretos	% por peso	< 0,10	
Conteúdo máximo de alcalis	% por peso	< 1,0	

Características do produto MC-PowerFlow 1113

Tipo de adjuvante	Superplastificante EN 934-2: T3.1/3.2 (plastificante para betão EN 934-2: T2)
Nome do Adjuvante	MC-PowerFlow 1113
Cor	Amarelado
Consistência	Líquido
Certificado de Conformidade	0754 – CPD – 08 – 0578
Autoridade Notificada	MPA, Karlsruhe
Supervisão Interna de Produção de acordo com	DIN EN ISO 9001 / DIN EN 934-2/6
Código de cor	Cinzentos / amarelo
Apresentação	Bidões 200 kg Containers 1000L Camiões cisterna

As propriedades específicas são baseadas em testes laboratoriais e podem variar na aplicação prática. Para determinar as características específicas individuais, testes preliminares devem ser feitos de acordo com as condições de aplicação em causa.

Conselhos de segurança

Respeitar sempre as informações e conselhos de segurança apresentados nas etiquetas das embalagens nas folhas de informação de segurança.

Nota: Todas as precauções são tomadas nas nossas fábricas a fim de que os produtos obedeçam o alto padrão de qualidade MC. As recomendações e propriedades do produto são baseadas no que se acreditam ser as informações mais seguras disponíveis, e não devem ser entendidas como recomendações que infringam outras patentes. Apesar de todos os produtos MC serem submetidos a rígidos testes de qualidade, nenhuma garantia específica pode ser dada, porque os resultados não dependem só da qualidade do produto, mas também de outros factores além do nosso controle. Estamos à disposição para esclarecimentos relativos à aplicação ou rendimento dos produtos, ressalvando que as recomendações verbais diferem das instruções contidas aqui, não são válidas sem a confirmação por escrito da MC. Todas as transações estarão sujeitas aos nossos termos e condições de venda, entrega e serviço. Esta ficha técnica substitui a anterior e caso seja necessária uma nova actualização, uma nova ficha técnica pode ser impressa em substituição a esta edição, que perderá sua validade. Edição 01/2007.

QUALIDADE/Grade	
NORMA	LNEC E 460
Nº DOCUMENTO DE CLASSIFICAÇÃO LNEC	
LNEC Classification Document Nr.	
DC 291	
A500 NR SD	
TÍPO	
LNEC E 460	
Nº DA LICENÇA MARCA CERTIF PRODUCTO CERTIFICADO	
Licence Nr CERTIF Certified Product Mark	
PSG-023/2010	

* NOTAS / Remarks

Dimensões em mm.	
Seção em mm ²	C, SL, Cr, NI, Cu, Mn e Ceq.
	C, SL, Cr, NI, Cu, Mn and Ceq. x 100
	P, S, V e pesantes elementos em Milésimas
	P, S, V and others x 1000
Tensão de Cedência e Tensão de Ruptura em MPa (N/mm ²)	
Alongamento e Aq ₁ em %	



SN Seixal - Siderurgia Nacional SA

2840 - 996 Aldeia de Paio Pires - SEIXAL - PORTUGAL
Tel.: +351 212 278 500 - Fax.: +351 212 278 505

MEGA[®]FER

Vazamento			Composição química do aço no V.C. EM % DE:										Medição de nervuras				Ensaio de tração			
Nº	Ø	Comp.	C	P	S	Cu	N	Ceq.	a med	Cmed	Sum (ft)	ft	So	Re	Rm	Re/500	Rm/Re	Agt	Dob-Des.	
557172/4	12	BOBINA	20	20	29	38	10	43	,82	7,4	3,2	,067	113,1	539	664	1,08	1,23	11,1	S	
557175/2	12	BOBINA	22	27	39	51	11	47	,87	7,4	2,8	,072	113,1	538	674	1,08	1,25	11,6	S	
557177/2	12	BOBINA	21	29	34	37	10	45	,84	7,4	3,1	,069	113,1	546	672	1,09	1,23	10,4	S	

MARCACÃO DOS VARÕES/Identification Marks



Eva Fraguera

DEPARTAMENTO DA QUALIDADE/Quality Department

DOCUMENTO DE CLASSIFICAÇÃO

SN Seixal – Siderurgia Nacional, S.A.
Aldea de Paio Pires
2840-996 PAIO PIREs
tel: +351 21 227 85 00
fax: +351 21 227 85 05

MEGAFER 500SD – SEIXAL (A500 NR DE DUCTILIDADE ESPECIAL)

ESTRUTURAS
STRUCTURES

MAIO DE 2010

O presente documento anula e substitui o DC 195, de Setembro de 2009
A situação de validade do DC pode ser verificada no portal do LNEC (www.lnec.pt)

1 OBJECTO

O presente Documento de Classificação classifica os varões MEGAFER 500SD – SEIXAL para efeitos do seu emprego como armaduras ordinárias em estruturas de betão armado e pré-esforçado, de acordo com a regulamentação em vigor.

2 CARACTERIZAÇÃO

Os varões MEGAFER 500SD – SEIXAL são obtidos directamente por laminação a quente e podem ser fornecidos em comprimentos rectos ou em rolos. Apresentam um perfil com duas séries opostas de nervuras de secção variável e oblíquas em relação ao eixo dos varões. Nas duas séries as nervuras oblíquas têm inclinações alternadas em relação ao eixo dos varões. O espaçamento entre nervuras contíguas é igual nas duas séries.

As características de forma e de dimensões dos varões MEGAFER 500SD – SEIXAL são as seguintes:

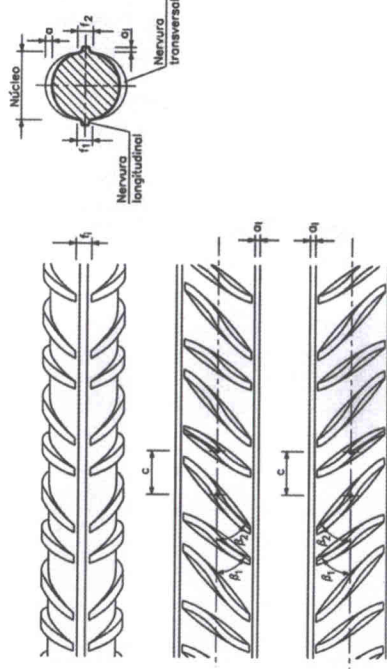


TABELA 1

Características de forma e dimensões dos varões MEGAFER 500SD – SEIXAL

Diâmetro nominal (mm)	Secção nominal (mm ²)	Massa nominal (kg/m)	Nervura transversal		
			Afastamento entre nervuras c (mm)	Altura máxima das nervuras a (mm)	Valor mínimo
6	28,3	0,222	Valor nominal	Tolerância (%)	
8	50,3	0,395	5,0	± 20	0,39
10	78,5	0,617	5,7		0,52
12	113	0,888	6,5		0,65
16	201	1,58	7,2		0,78
20 ^(*)	314	2,47	9,6		1,04
25 ^(*)	491	3,85	12,0	± 15	1,30
32 ^(*)	804	6,31	15,0		1,63
40 ^(*)	1257	9,86	19,2		2,08
			24,0		2,60

(*) Produto produzido exclusivamente sob a forma de comprimentos rectos.

Número guia

Data emissão

Qualidade

Diâmetro

Cliente

Número encomenda

Matrícula

Destino

3378SC11

20/05/2011

A500 NR SD

12

J. SOARES CORREIA - ARMAZENS DE FERRO, S.

11/169SC/1

C61611

ENERCON GMBH- AVENIDA CABO VERDE 36- PARQUE EMI

VIANA DO CASTELO

VIANA DO CASTELO

PORTUGAL

Vazamentos

557172/4

557175/2

557177/2

DECLARAÇÃO

A certificação dos varões de aço para estruturas de betão armado laminado a quente do tipo nervurado, tem carácter obrigatório em Portugal pelo disposto no Decreto-Lei nº 128/99 de 21 de Abril, alterado pelo Decreto-Lei nº 441/99 de 2 de Novembro.

A SN Seixal - Siderurgia Nacional SA, declara o cumprimento dos requisitos estabelecidos nos Decretos Lei atrás citados, conforme se pode constatar nos certificados concedidos pela Associação para a Certificação de Produtos (CERTIF) mostrados nesta declaração.

MEGAFAER®



SN Seixal - Siderurgia Nacional SA

SEIXAL

2840 - 996 Aldeia de Paio Pires - SEIXAL - PORTUGAL

Tel.: +351 212 278 500 - Fax.: +351 212 278 505

Certif		Certificado		PRODUTO Certif CERTIFICADO	
Certificado nº Certificate no.		PSG - 026/2010			
Nome e morada do titular do certificado: Name and address of the certificate holder:		SN Seixal - Siderurgia Nacional SA 2840 - 996 Aldeia de Paio Pires - Seixal PORTUGAL			
Nome e morada do fabricante: Manufacturer's name and address:		SN Seixal - Siderurgia Nacional SA 2840 - 996 Aldeia de Paio Pires - Seixal PORTUGAL			
Produto: Product:		Varão de aço de ductilidade especial para armaduras de para armaduras de betão armado Steel bars of special ductility for reinforced concrete			
Referências: Type references:		MEGAFAER 400SD - SEIXAL (A400 NR de Ductilidade Especial)			
Marca(s) comercial(is): Trademark(s):		...			
Características técnicas: Technical characteristics:		Classe / Class: A400 NR SD Diâmetros produzidos sob a forma de / Diameters produced as: Comprimento recto / Straight length (mm): 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 Rolo / Coil (mm): 8, 10, 12, 16			
Este produto está em conformidade com: This product is in conformity with:		Especificação / Specification LNEC E 455 - 2010			
Relatórios de ensaios nº(s) / emitidos por: Test report(s) no. / issued by:		Notas Técnicas nºs 46/2008 e / and 13/2010 - NCEDE / LNEC			
Informação adicional (se existir): Additional information (if any):		Documento de Classificação / Classification Document LNEC DC 290 O produto fabricado até 31 de Dezembro de 2011 poderá cumprir com as marcações constantes do DC 194 / The product manufactured until 31st December 2011 may comply with the marking mentioned on DC 194			
Este certificado é válido até: This certificate is valid until: e substitui o certificado nº: and supersedes the certificate no:		2015-06-30 PSG-02/2009			
Data de emissão: Date of issue:		2010-07-01			
					
Francisco Barroca Director Geral / General Manager		Rua José Afonso, 9 E - 2810-237 Almada - Portugal - Tel.: 351 21 258 69 40 - Fax: 351 21 258 69 59			

Certif		Certificado		PRODUTO Certif CERTIFICADO	
Certificado nº Certificate no.		PSG - 023/2010			
Nome e morada do titular do certificado: Name and address of the certificate holder:		SN Seixal - Siderurgia Nacional SA 2840 - 996 Aldeia de Paio Pires - Seixal PORTUGAL			
Nome e morada do fabricante: Manufacturer's name and address:		SN Seixal - Siderurgia Nacional SA 2840 - 996 Aldeia de Paio Pires - Seixal PORTUGAL			
Produto: Product:		Varão de aço de ductilidade especial para armaduras de para armaduras de betão armado Steel bars of special ductility for reinforced concrete			
Referências: Type references:		MEGAFAER 500SD - SEIXAL (A500 NR de Ductilidade Especial)			
Marca(s) comercial(is): Trademark(s):		...			
Características técnicas: Technical characteristics:		Classe / Class: A500 NR SD Diâmetros produzidos sob a forma de / Diameters produced as: Comprimento recto / Straight length (mm): 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32, 40 Rolo / Coil (mm): 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20			
Este produto está em conformidade com: This product is in conformity with:		Especificação / Specification LNEC E 460 - 2010			
Relatórios de ensaios nº(s) / emitidos por: Test report(s) no. / issued by:		Notas Técnicas nºs 59/2009 e / and 13/2010 - NCEDE / LNEC			
Informação adicional (se existir): Additional information (if any):		Documento de Classificação / Classification Document LNEC DC 291 O produto fabricado até 31 de Dezembro de 2011 poderá cumprir com as marcações constantes do DC 195 / The product manufactured until 31st December 2011 may comply with the marking mentioned on DC 195			
Este certificado é válido até: This certificate is valid until: e substitui o certificado nº: and supersedes the certificate no:		2015-06-30 PSG-02/2009			
Data de emissão: Date of issue:		2010-06-21			
					
Francisco Barroca Director Geral / General Manager		Rua José Afonso, 9 F - 2810-237 Almada - Portugal - Tel.: 351 21 258 69 40 - Fax: 351 21 258 69 59			

A marcação dos varões nervurados de aço para estruturas de betão armado da SN Seixal - Siderurgia Nacional SA, é a seguinte:

A400 NR SD

SENTIDO DA LEITURA →



INICIO PAÍS: PORTUGAL (7)

FABRICANTE (34)

A500 NR SD

SENTIDO DA LEITURA →



INICIO PAÍS: PORTUGAL (7)

FABRICANTE (34)

Sikadur® WEA PCJ 09

Ligante epoxi autonivelante para juntas entre elementos prefabricados, em torres eólicas

Descrição do produto

Sikadur® WEA PCJ 09 é ligante estrutural fluido de base epoxi em dois componentes, autonivelante e bombável, para uso a temperaturas entre +18 °C e +25 °C.

Utilizações

- Regularização e selagem de juntas entre segmentos de betão prefabricado.

Características / Vantagens

- Fácil de misturar e aplicar.
- Não necessita de primário.
- Boa aderência ao betão.
- Adesivo de alta resistência.
- Bombável.
- Não abrasivo.
- Excelente fluidez.
- Componentes de cor diferentes (para controlo da mistura).
- Elevadas resistências mecânicas inicial e final.

Dados do produto

Aspecto / Cor

Componente A: cinza claro.
Componente B: azul (translúcido, sem cargas).
Mistura A+B: azul claro.

Fornecimento

335 kg (A).
200 kg (B).

Armazenagem e conservação

O produto conserva-se durante 12 meses a partir da data de fabrico, na embalagem original não encetada, a temperaturas entre +10 °C e +30 °C. Armazenar em local seco e ao abrigo da luz solar directa.

Dados técnicos

Base química

Resina epoxi.

Massa volúmica

Mistura A+B: 1,73 kg/dm³ (± 0,1 kg/dm³) (a +23 °C).

Ensaio de fluidez

Aprox. 90 seg. a +20 °C (cone 6 mm). (DIN EN ISO 2431)
Aprox. 80 seg. a +30 °C (cone 6 mm). (DIN EN ISO 2431)

Espessura da camada

Máximo: 3 – 4 mm

Estabilidade Térmica

Temperatura de deflexão ao calor (HDT): (ISO 75 A)

Tempo de cura	Temperatura	HDT
7 dias	+23 °C	Aprox. +52 °C



**Propriedades físicas /
Mecânicas**

Resistência à compressão (ASTM D 695)

Tempo de cura	Temperatura de cura		
	+10 °C*	+23 °C	+30 °C
1 dia	Aprox. 88 N/mm ²	Aprox. 92 N/mm ²	Aprox. 98 N/mm ²
3 dias	Aprox. 95 N/mm ²	Aprox. 96 N/mm ²	Aprox. 102 N/mm ²
7 dias	Aprox. 100 N/mm ²	Aprox. 100 N/mm ²	Aprox. 104 N/mm ²

* Temperatura da base e do material: +23 °C

Resistência à tracção (ISO 527)

Tempo de cura	Temperatura de cura		
	+10 °C*	+23 °C	+30 °C
1 dia	Aprox. 37 N/mm ²	Aprox. 38 N/mm ²	Aprox. 39 N/mm ²
3 dias	Aprox. 42 N/mm ²	Aprox. 45 N/mm ²	Aprox. 47 N/mm ²
7 dias	Aprox. 46 N/mm ²	Aprox. 47 N/mm ²	Aprox. 50 N/mm ²

* Temperatura da base e do material: +23 °C

Tensão de aderência (EN ISO 4624, EN 1542 e EN 12188)

Tempo de cura	Temperatura	Base	Tensão de aderência
7 dias	+20 °C	Betão húmido	> 2 N/mm ² *

* Ruptura 100% coesiva no betão.

Módulo de elasticidade E Compressão: aprox. 5.400 N/mm² (14 dias a +23 °C) (ASTM D 695)

Alongamento à ruptura 0,8 ± 0,1% (7 dias a +23 °C) (ISO 527)

Dureza Shore D (ISO 53505)

Tempo de cura	Temperatura de cura*		
	+10 °C*	+23 °C	+30 °C
2 horas	-	-	-
4 horas	-	Aprox. 20	Aprox. 70
6 horas	-	Aprox. 76	Aprox. 83
8 horas	-	Aprox. 83	Aprox. 84
10 horas	Aprox. 30	Aprox. 84	Aprox. 85
12 horas	Aprox. 55	Não medido	Não medido
16 horas	Aprox. 69	Não medido	Não medido
24 horas	Aprox. 85	Aprox. 86	Aprox. 86

* Temperatura da base e do material: +20 °C.

Informação sobre o sistema

Qualidade da base

O betão deve ter pelo menos 28 dias, (dependendo das resistências mínimas exigidas) e deve ter uma superfície com textura de poro aberto. Qualquer leitança de cimento deve ser removida.
A base deve estar sólida e sem quaisquer partículas soltas ou friáveis, limpa e sem contaminantes como sujidade, óleos, gorduras, tratamentos superficiais ou revestimentos, etc.
Pode apresentar-se seca ou com alguma humidade (superfície mate) e sem água à superfície, gelo, etc.

Preparação da base**Betão:**

A base deve estar sólida, seca, limpa e isenta de leitança, gelo, água, gorduras, óleos, antigos tratamentos de superfície ou revestimentos, e todas as partículas soltas ou friáveis devem ser removidas para se conseguir uma superfície aberta texturada, livre de leitança e contaminantes.

Betão fresco:

A aplicação em betão fresco (2 horas de idade) foi ensaiada segundo as normas EN ISO 4624 e EN 1542 com uma humidade inferior a 10% (pp). A qualidade e a intensidade da tensão de aderência dependem do tempo de cura e da resistência do próprio betão. No entanto ela é alcançada aos 28 dias.

O betão fresco deve ser lixado com uma escova de aço antes da aplicação de Sikadur® WEA PCJ 09.

A tensão de aderência de Sikadur® WEA PCJ 09 ao betão fresco deve ser verificada em cada obra Enercon, nas condições locais e qualidade do betão local. (De acordo com os procedimentos padrão Enercon, versão mais recente, e com a devida notificação para a Sika).

Condições de aplicação / Limitações

Temperatura da base Mínima: +15 °C. / Máxima: +40 °C.

Temperatura ambiente Mínima: +15 °C. / Máxima: +30 °C.

Temperatura do material Sikadur® WEA PCJ 09 deve ser aplicado a temperaturas entre +20 °C e +35 °C.

Humidade da base Quando aplicado sobre betão húmido mate, injectar com 1 – 2 bar no molde do betão fresco.

Ponto de orvalho A temperatura da base deve estar no mínimo 3 °C acima do ponto de orvalho, para reduzir o risco de condensação ou formação de bolhas no revestimento final.

Instruções de aplicação

Relação de mistura Componente A : componente B = 10 : 1 (partes em peso).
Componente A : componente B = 5,2 : 1 (partes em volume).

Mistura O componente A tende a sedimentar. Mexer o componente A durante pelo menos 3 minutos com um misturador eléctrico de baixa rotação até que o material se torne suave e de consistência homogênea e tenha uma cor uniforme. Evitar introdução de ar durante a mistura.
Misturar o componente A e o componente B na correcta proporção dentro do tanque de alimentação do equipamento de mistura de 2 componentes.
Misturar apenas a quantidade de produto que pode ser usado durante o tempo de vida útil da mistura.

Aplicação Aplicação com máquina de 2 componentes com misturador estático.
Uma vez endurecido verificar a aderência através de ensaio pull-off.

Limpeza de ferramentas Limpar todas as ferramentas e equipamento com Solutivo de Limpeza Colma imediatamente após a utilização. Material curado/endurecido só pode ser removido mecanicamente.

Tempo de vida útil da mistura (pot-life)

Tempo aberto (120 g) (EN ISO 9514)

Temperatura	+20 °C	+30 °C	+40 °C
Tempo aberto	Aprox. 40 minutos	Aprox. 28 minutos	Aprox. 14 minutos

O tempo de vida útil começa quando a resina e o endurecedor são misturados. É mais curto a altas temperaturas e mais longo a baixas temperaturas. Quanto maior a quantidade de mistura, menor será a vida útil. Para aumentar o tempo de trabalhabilidade a altas temperaturas o adesivo misturado pode ser dividido em partes.

**Nota**

Todos os dados técnicos referidos nesta Ficha de Produto são baseados em ensaios laboratoriais. Resultados obtidos noutras condições podem divergir dos apresentados, devido a circunstâncias que não podemos controlar.

Risco e segurança**Medidas de segurança**

Para informações complementares sobre o manuseamento, armazenagem e eliminação de resíduos do produto consultar a respectiva Ficha de Dados de Segurança e o rótulo da embalagem.

"O produto está seguro na Cª Seguros XL Insurance Switzerland (Apólice nºCH00003018LI05A), a título de responsabilidade civil do fabricante".

A informação e em particular as recomendações relacionadas com aplicação e utilização final dos produtos Sika são fornecidas em boa fé e baseadas no conhecimento e experiência dos produtos sempre que devidamente armazenados, manuseados e aplicados em condições normais, de acordo com as recomendações da Sika. Na prática, as diferenças no estado dos materiais, das superfícies, e das condições de aplicação em obra, são de tal forma imprevisíveis que nenhuma garantia a respeito da comercialização ou aptidão para um fim em particular nem qualquer responsabilidade decorrente de qualquer relacionamento legal poderão ser inferidas desta informação, ou de qualquer recomendação por escrito, ou de qualquer outra recomendação dada. O produto deve ser ensaiado para aferir a adequabilidade do mesmo à aplicação e fins pretendidos. Os direitos de propriedade de terceiros deverão ser observados. Todas as encomendas aceites estão sujeitas às nossas condições de venda e de entrega vigentes. Os utilizadores deverão sempre consultar a versão mais recente da nossa Ficha de Produto específica do produto a que diz respeito, que será entregue sempre que solicitada.

Sika Portugal, SA

R. de Santarém, 113 Tel. +351 22 377 69 00
4400-292 V. N. Gaia Fax +351 22 370 20 12
Portugal www.sika.pt



Implementado na fábrica de Ovar

Diretiva de Processamento para *dresco*® Sistema de Revestimento de Concreto**1. Área de aplicação/Características:**

Proteção das superfícies exteriores em concreto de torres de energia eólica contra influências atmosféricas. O sistema de revestimento obtém, em superfícies de concreto limpas e quando o processamento é correto, uma grande aderência, e dispõe de uma capacidade mecânica de carga muito boa, com uma resistência atmosférica duradoura com elevada estabilidade de UV. O sistema de revestimento de concreto é adequado à constituição decorativa de superfícies.

Em função da exigência do cliente, é possível se conseguir o desejado brilho do revestimento de cobertura através do respectivo ajuste da tinta de acabamento 2K-PUR da *dresco*® diluível em água.

O revestimento de cobertura não é sensível à sujeira e é fácil de limpar. O revestimento total bloqueia a superfície de concreto contra influências atmosféricas e corrosivas. Possui um elevado bloqueio de difusão contra a umidade e produtos líquidos.

Os produtos do sistema de revestimento de concreto da *dresco*® podem ser aplicados segundo as tecnologias habituais.

A adequação do sistema de revestimento de concreto da *dresco*® foi comprovada por controles abrangentes.

No instituto de pinturas e cores Magdeburg o sistema de revestimento de concreto da *dresco*® foi controlado segundo um sistema de controle orientado para o usuário. O relatório de controle comprova a excelente qualidade do sistema.

2. Produtos:

- cola para tecidos 2K-EP GK01 da *dresco*®, componentes base, branco (para misturar com GH01)
- endurecedor de cola para tecidos EP GH01 da *dresco*®, componentes de endurecedor para GK01
- manto de fibra de vidro têxtil especial GV01 da *dresco*®, preparado
- tinta de acabamento 2K-PUR da *dresco*®, diluível em água BD60, componentes base, (para misturar com o endurecedor ZH79)
- endurecedor PUR da *dresco*®, diluível em água ZH79, componentes de endurecedor para BD60/BD65
- tinta de acabamento 2K-PUR da *dresco*®, diluível em água BD65, componentes base, (para misturar com o endurecedor ZH79)

Sistema de revestimento de concreto da *dresco*®:
sistema *sandwich*,

- cola para tecidos 2K-EP GK01/GH01 da *dresco*® aprox. 250 µm de espessura da película molhada
- manto de fibra de vidro têxtil especial GV01 da *dresco*®, preparado qualidade 35 g/m²
- tinta de acabamento 2K-PUR da *dresco*®, diluível em água 100 µm a 150 µm de espessura da película seca

FICHA INFORMATIVA TÉCNICA



Descrição do produto:

Sistema de revestimento *sandwich* composto por componentes do sistema:

- | | |
|---|--|
| cola para tecidos 2K-EP GK01 da dresco ® | - sem solvente, contém resina líquida EP, para misturar com GH01 na proporção peso peças= 5 : 1 |
| cola para tecidos 2K-EP GH01 da dresco ®: | - sem solvente, endurecedor à base de aduto de poliamina |
| manto de fibra de vidro têxtil especial GV01 da dresco ®, preparado: | - manto de fibra de vidro têxtil com preparação especial |
| tinta de acabamento 2K-PUR da dresco ®, BD60: | - tinta de acabamento PUR diluível em água, contém resinas de elevada qualidade, pigmentos e corantes para garantir a resistência ao tempo e UV, para misturar com endurecedor ZH79, na proporção peso peças= 85 : 10 |
| endurecedor 2K-PUR da dresco ®, ZH79:
com isocianato | - endurecedor para tinta de acabamento PUR BD60/BD65, |
| tinta de acabamento 2K-PUR da dresco ® BD65: | - tinta de acabamento PUR diluível em água, contém resinas de elevada qualidade, pigmentos e corantes para garantir a resistência ao tempo e UV, para misturar com endurecedor ZH 79, na proporção peso peças= 70 : 30 |

3. Forma de fornecimento:

Todos os produtos do sistema de revestimento da **dresco** ® são fornecidos prontos para serem trabalhados. Os produtos 2K são misturados na forma em que são fornecidos e obtêm, após a mistura, a viscosidade de processamento para a aplicação com rolo.

Tamanhos das embalagens/empacotamentos:

- | | |
|---|---|
| cola para tecidos 2K-EP GK01 da dresco ® | Tonéis 25kg, barricas 200kg |
| endurecedor 2K-EP GH01 da dresco ®: | Tonéis 5kg, barricas 200kg
O empacotamento em tonéis é feito na proporção de mistura necessária, de maneira que pela mistura se possam obter as colas para tecido prontas para trabalhar |
| manto de fibra de vidro têxtil especial GV01 da dresco ®, preparado: | rolo 1,00m x 50m
rolo 1,00m x 100
são possíveis outras medidas |
| tinta de acabamento wv 2K-PUR da dresco ®, BD60: | baldes em plástico 17kg, barricas de 200kg
O empacotamento em baldes de plástico é feito na proporção de mistura necessária BD60 para ZH 79, de maneira que pela mistura se obtém a tinta de acabamento 2K-PUR-Decklack wv pronta para trabalhar |
| endurecedor 2K-PUR da dresco ®, ZH79: | baldes em plástico barricas de 2kg, 9kg e 100kg |

tinta de acabamento vv 2K-PUR da **dresco**®, BD65: baldes em plástico 21 kg, barricas de 200 kg
O enchimento em baldes de plástico é feito na proporção de mistura necessária BD65 para ZH79, de maneira que pela mistura se possa obter a tinta de acabamento 2K-PUR-Decklack vv pronto para trabalhar

Explicação: vv = diluível em água

Normalmente os tamanhos das embalagens podem ser combinados em função da necessidade. Dependendo da exigência do cliente, podem ser feitos ajustes concretos de processamento para fornecimento.

4. Execução dos trabalhos de revestimento:

Os trabalhos de revestimento do sistema *sandwich* são executados de acordo com os conhecimentos técnicos. Se utilizam processos de aplicação habituais da profissão dos pintores. Uma condição essencial é trabalhar de forma limpa, cuidadosa e exata. Isto se refere a todos os níveis de trabalho, começando pela base preparada, a aplicação da cola para tecidos, a introdução do manto de fibra de vidro têxtil ou tecido para cola, pressionando a cola para tecido, a aplicação adicional da cola para tecidos e a aplicação da tinta de acabamento 2K-PUR diluível em água. Vamos descrever por alto cada operação, sendo que devem ser levadas em conta todas as medidas necessárias à garantia de qualidade sob responsabilidade única daquele que executa o trabalho. O responsável pela qualidade final do revestimento de concreto da **dresco**® deve garantir as medidas de controle autônomas.

Qualidade do concreto – Preparação da superfície de concreto para o revestimento:

A base do concreto tem que ser resistente, firme e estável. A superfície do concreto não pode ter pó nem peças soltas. A superfície de concreto tem que ser visualmente controlada quanto a cavidades/buracos cobertos. As cavidades/buracos cobertos têm que ser tratados com aparelhos adequados, como por exemplo com uma vassoura.

Toda a superfície de concreto deve ser correspondentemente trabalhada.

A superfície de concreto e a base não podem conter nenhuma substância separadora, como p. ex. pó, óleos, gorduras, produtos para descascar etc., que influenciem, reduzam ou impeçam a aderência do revestimento que será aplicado. O concreto tem que estar seco.

O revestimento com a cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® pode ser aplicado sobre concreto quente até uma temperatura máxima de 38°C.

As cavidades e buracos da superfície do concreto com um diâmetro/comprimento superior a 10mm, devem ser cimentados com um cimento rápido mineral para aplanar. Deve se respeitar o tempo de endurecimento recomendado pelo fornecedor de cimento rápido antes de prosseguir o processamento, pois é necessário garantir um endurecimento total.

O revestimento da superfície do concreto com a cola para tecido 2K-EP da **dresco**® molha a superfície de concreto e penetra nos desnivelamentos da superfície. A superfície de concreto é bloqueada pelo posterior endurecimento da cola para tecido 2K-EP da **dresco**® e garante, pelas características mencionadas, a elevada aderência do sistema de revestimento do concreto da **dresco**® à superfície do concreto.

FICHA INFORMATIVA TÉCNICA



Desta maneira, a primeira camada na superfície do concreto, a cola para tecido 2K-EP da **dresco**® garantem as condições essenciais para obter a elevada capacidade de todo o sistema.

Deve haver, por isso, o maior cuidado na preparação da base para limpar a superfície do concreto.

A adequação do sistema de revestimento de concreto da **dresco**® deve ser controlada pelo usuário em termos gerais, antes de utilizar no concreto específico e as resultantes superfícies de concreto específicas. Sob as condições correntes da produção, devem ser sistematicamente executadas verificações de controle para garantir a qualidade. Deve se certificar que a capacidade do sistema de revestimento de concreto da **dresco**® permita seguramente valores de aderência superior a 3,0 N/mm². Se os valores da aderência ficarem abaixo de 3,0N/mm², deve procurar as causas e eliminar as falhas.

Estes valores de aderência pressupõem uma qualidade de concreto B 55 e superior, uma vez que a aderência tem que ser tão alta como o permite a resistência do concreto na área de controle.

Segundo os conhecimentos técnicos gerais, os valores da aderência no controle de ruptura para revestimentos exteriores no produto têm que ser pelo menos de 1,5 N/mm², não devendo o menor valor individual ficar abaixo de 1,0 N/mm². Estes reconhecimentos técnicos não são significativos para o sistema de revestimento do concreto da **dresco**®.

Em alterações da receita de concreto, ou no caso de alterações tecnológicas do processo de produção dos segmentos/peças de concreto, o usuário deve controlar a adequação do sistema de revestimento do concreto da **dresco**® para obter a aderência necessária à superfície do concreto.

Considerando o processamento do manto de fibra de vidro têxtil, a superfície do concreto tem que estar plana, de maneira que o manto de fibra de vidro têxtil se possa adaptar completamente à superfície de concreto sem permanecerem espaços ociosos. Os desnivelamentos, como as elevações (polir, etc.), devem ser eliminados. Deve se evitar a permanência de espaços ociosos entre o manto de fibra de vidro têxtil e a superfície de concreto aplicada com cola para tecido em fibra de vidro têxtil. As superfícies que servem de guia à lâmina para cortar o manto de fibra de vidro têxtil, como por exemplo os suportes triangulares, devem se manter limpas e lisas (polir).

Aplicação:

Cola para tecidos 2K-EP da **dresco**®:

A cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® deve ser misturada conforme a proporção de mistura prescrita. O tempo de preparação da mistura é de aprox. 30min a 45 min (dependendo da quantidade misturada) a uma temperatura ambiente de aprox. 23°C, de maneira que a mistura possa ser rapidamente preparada. Uma vez aplicada na superfície do concreto, a cola para tecidos é, porém, durante mais tempo líquida, não criando nenhum problema à colocação das folhas contínuas de manto de fibra de vidro têxtil especial da **dresco**®.

Temperatura de processamento (temperatura do ar de recirculação, base e material de revestimento):

Limite inferior: 10°C, se possível acima dos 15°C

Limite superior: 38°C

A aplicação da cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® sobre o concreto pode ser feita muito facilmente com rolos. Utilizando rolos longos (18mm) é fácil aplicar a quantidade necessária/m². A orientação é uma espessura de película molhada de 250µm. Além disso, deve se atender ao fato de se pretender encher com os rolos cavidades/buracos menores com a cola para tecidos da **dresco**®.

É necessário aplicar cola suficiente para que o manto de fibra de vidro têxtil seja completamente molhado e penetrado pela cola.

Depois de trabalhar o manto de fibra de vidro têxtil, a cola para tecidos é pressionada com um cimento de material sintético e, para uma ocupação total, deve ser novamente aplicada cola para tecidos com os rolos. Passando o rolo várias vezes, se obtém uma estrutura áspera, que vai de fina a média. Isto também se consegue sem ter que utilizar muitas vezes o rolo, se usar um rolo curto.

Controle de qualidade:

- controlar proporção da mistura
- espessura da película molhada aprox. 250µm sobre a superfície de concreto
- consumo de material: aprox. 600 a 670g/m² no total

Manto de fibra de vidro têxtil:

O manto de fibra de vidro têxtil especial GV 01 da **dresco**® é colocado na cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® de maneira sobreposta em folhas contínuas verticais. A superfície de concreto deve ser aplicada, de forma exata, por corte duplo.

Uma vez executado o corte duplo, a cola para tecidos é pressionada pelo manto de fibra de vidro têxtil através do cimento de material sintético. É necessário molhar completamente, não podendo permanecer espaços ociosos na superfície do concreto. O processamento do manto de fibra de vidro têxtil no leito da cola, tem que garantir uma penetração completa do manto de fibra de vidro têxtil na cola para tecidos.

Controle de qualidade:

- penetração completa do manto de fibra de vidro têxtil através da cola para tecidos
- nenhum espaço ocioso entre o manto de fibra de vidro têxtil e a superfície do concreto

tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**® diluível em água:

A tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**® diluível em água é misturada na proporção prescrita. A mistura de ambos os componentes deve ser intensivamente feita com um misturador.

Na utilização de empacotamentos pequenos deve respeitar o tempo de aprox. 10min de pré-reação.

Após um tempo intermédio de secagem na última aplicação da cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® de 1h a 2h, dependendo da temperatura do objeto e do ar, pode-se aplicar a tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**®.

Não requer liberdade de colagem da cola para tecidos 2K-EP da **dresco**®.

O revestimento que se segue com a tinta de acabamento 2K-PUR diluível em água da **dresco**® pode ser executado por meio de conhecidos processos de aplicação, sendo que se utilizar rolos obtém uma estrutura superficial áspera para laminar desnivelamentos na superfície.

Condições de aplicação para a tinta de acabamento 2K-PUR diluível em água da **dresco**®:

- Umidade do ar: a umidade relativa do ar não pode exceder os 80%.
- Temperatura de processamento (temperatura do ar de recirculação, base e material de revestimento):
- Limite inferior: 10°C, se possível acima dos 15°C
- Limite superior: 35°C
- A temperatura da base deve situar, no mínimo, 3°C acima do ponto de orvalho do ar ambiente.
- Ventilação: a boa ventilação (circulação do ar) tem um efeito muito positivo na secagem e pode ser obrigatória quando as temperaturas são baixas

Rolos

O tratamento é feito no estado de fornecimento. No tratamento com rolos o material de revestimento tem que ser uniformemente aplicado. Para a aplicação por rolo deve se selecionar rolos de pele de carneiro de pêlos curtos.

Nas grandes superfícies se utiliza rolo para garantir uma unidade ótica.

Pode marcar pequenos melhoramentos.

Com o processo por rolo não se pode aplicar decorativamente grande espessura de camada em uma operação para se obter, “molhado sobre molhado” com 2 operações, a espessura necessária da película seca e a superfície fica óticamente uniforme.

Entre as duas operações deve existir um intervalo de aprox. 20min.

Por operação deve ser aplicada uma espessura de película molhada de 100µm a 150µm.

Pulverização

As tintas de acabamento 2K-PUR da **dresco**®, wv. podem ser aplicadas por pulverização. No processo pneumático de pulverização as passagens entre cada “tom verde” devem ser graduais.

Em revestimentos de grandes superfícies deve trabalhar tintas de água 2K no processo Airless com ar adicional (Air-Mix ou Air-Coat). A espessura necessária de película seca de aprox. 100µm requer uma espessura de película molhada de aprox. 200 µm a 225 µm.

Limpeza das ferramentas de trabalho:

Cola para tecidos 2K-EP da **dresco**®: Diluente de limpeza Universal VN 99 da dresco®

tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**®, wv: devem ser limpas com água,

5. Reparação dos danos de transporte e montagem:

- Danificações no sistema de revestimento de concreto da **dresco**® no caso de superfície de concreto intacta: Para efeito de reparação, é necessário retirar peças soltas do sistema *sandwich* para preparar a superfície. As margens do sistema *sandwich* têm que aderir firmemente nos pontos que serão reparados. Em seguida, o ponto danificado é parcialmente reparado, em função do tamanho, com o sistema de revestimento do concreto da **dresco**®.

- Falhas menores podem ser reparadas com o cimento 2K-EP da **dresco**® ou outro cimento 2K-EP comprovado (pelo responsável e pela fábrica de tintas de Dresden).

- Danificações no concreto:

Uma vez feitas as reparações no concreto deve ser parcialmente aplicado o sistema de revestimento do concreto da **dresco**®.

6. Armazenagem e identificação conforme o regulamento respeitante às substâncias perigosas:

Consulte as fichas técnicas de segurança e as etiquetas.

Identificação conforme diretiva CE 1999/45/CE

Cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® GK 01, componentes base, branco

Xi irritante

N poluente

FICHA INFORMATIVA TÉCNICA



Endurecedor da cola para tecidos 2K-EP GH 01 da **dresco**®

C corrosivo

Tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**®, diluível em água BD 60

Endurecedor 2K-PUR da **dresco**®, diluível em água ZH 79

Tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**®, diluível em água BD 65

Sem identificação segundo regulamento de substâncias perigosas.

Consulte as fichas técnicas de segurança sob o ponto 15 ou as etiquetas relativamente aos respectivos direitos R e S.

Prazo de armazenagem:

Produtos 2K-EP da **dresco**®:

Tinta base e endurecedor: cerca de 12 meses, no caso da devida armazenagem das embalagens não abertas, ou seja, entre +5°C e +25°C.

Produtos 2K-PUR da **dresco**®, diluível em água:

Verniz base: cerca de 12 meses, no caso da devida armazenagem das embalagens não abertas, ou seja, entre +5 °C e +25 °C.

Endurecedor: cerca de 6 meses, no caso da devida armazenagem das embalagens não abertas, ou seja, entre +5°C e +25°C.

Atenção: Os endurecedores PUR são isocianatos e, conseqüentemente, sensíveis à umidade. Embalagens não intactas não devem ser utilizadas.

7. Medidas de segurança e de proteção:

Assegurar a ventilação suficiente e aspiração durante os trabalhos de revestimento em espaços fechados. Os produtos no estado líquido representam um perigo para a água e por isso, nunca devem ser jogados na mesma. Os dados obrigatórios estão nas fichas técnicas atuais de segurança e nas recomendações de GISBAU.

Os dados e recomendações correspondem à letra aos nossos conhecimentos atuais e servem para informação do comprador. Não desresponsabilizam o comprador de verificar os produtos em relação à sua adequação e utilização. Garantimos a qualidade no âmbito das nossas condições gerais de venda. Assim sendo, todas as fichas informativas técnicas anteriores perdem a sua validade. 01/07

Dados técnicos dos produtos do sistema de revestimento do concreto da **dresco**®:

ver anexo Fichas Informativas Técnicas

FICHA INFORMATIVA TÉCNICA

Anexo: Indicações relativas ao controle de qualidade:

Medidas:

1. Manter a receita de concreto inalterada
2. Tecnologia de produção, inclusive óleo de separação, inalterado
3. Controle da superfície do concreto quanto à limpeza, remoção de desnivelamentos, abrir cavidades/buracos.
4. Fechar cavidades/buracos superiores a 10mm de diâmetro com cimento rápido mineral
5. Verificar se os suportes triangulares estão limpos e lisos, senão deve polir
6. Medição temperatura da superfície, limite +38°C
7. Misturar cola para tecidos 2K-EP da **dresco**®, controlar proporção da mistura, atenção ao prazo de aplicação
8. Espessura da camada molhada de cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® sobre superfície de concreto aprox. 250µm
9. Consumo de material da cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® total aprox. 600 a 670g/m², controlar
10. A cola para tecidos 2K-EP da **dresco**® tem que ter penetrado completamente no manto de fibra de vidro têxtil
11. Não podem permanecer nenhum espaço oco entre a superfície de concreto e o manto de fibra de vidro têxtil após a aplicação da cola para tecidos 2K-EP da **dresco**®
12. A tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**® diluível em água deve ser misturada na proporção prescrita.
13. Use um misturador para misturar bem os componentes da tinta de acabamento eK-PUR da **dresco**® diluível em água
14. Depois de misturar os componentes da tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**® diluível em água, deve registrar o tempo da mistura na embalagem e estar atento ao período de tratamento indicado (prazo de aplicação) – Atenção! A mistura continua líquida no fim do tempo de tratamento – por isso, tenha muito cuidado!
15. Deve controlar as condições de tratamento da tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**® diluível em água:
 - umidade relativa do ar abaixo dos 80%
 - temperatura de tratamento ar/objeto: limite inferior: 10°C, se possível acima dos 15°C
 - limite superior do objeto: 35°C
 - limite superior do ar: 30°C
16. A temperatura da base deve se situar, no mínimo, 3°C acima do ponto de orvalho do ar ambiente.
17. Entre as duas operações “Aplicar rolos” da tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**® diluível em água deve ser mantido um intervalo de aprox. 20 min
18. Por cada aplicação de rolo da tinta de acabamento 2K-PUR da **dresco**® diluível em água deve aplicar uma espessura de película molhada de 100 µm a 150 µm

**Descrição:**

HEMPEL PLASTIMAT 58410 é uma tinta plástica baseada em dispersão aquosa de copolímero estireno-acrílico, com boa opacidade. Classificação como grupo a) segundo a Directiva 2004/42/CE.

Uso recomendado:

Pintura de estuques, gesso cartonado, reboco, betão e outros substratos comuns em Construção Civil, em interior.

CONSTANTES FÍSICAS

Cores / N ^{os} de Cor:	Branco / 10000
Acabamento:	Fosco
Volume de sólidos, %:	29
Rendimento teórico:	9,7 m ² /litro - 30 µm
Ponto de inflamação:	> 66°C
Massa volúmica:	1,4 kg/litro
Secagem ao tacto:	1 hora a 20°C
COV:	21 g/litro

Nota:

Os valores das constantes físicas são dados nominais de acordo com as fórmulas aprovadas pelo grupo HEMPEL. Poderão variar de acordo com as tolerâncias normais de fabrico, casos em que tal será assinalado, estando os desvios padrão sempre dentro do estipulado pela norma ISO 3534-1. Para maior detalhe consulte nas NOTAS EXPLICATIVAS do Livro Técnico HEMPEL.

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Trincha / Rolo	Pistola airless
Diluyente (vol. max.):	Água (5-10%)	Água (5-10%)
Bico:	.018"- .023"	
Pressão de saída:	100 bar/1450 psi	
	<i>(Os dados para pistola airless são indicativos e sujeitos a ajustamento)</i>	
Limpeza de ferramentas:	Água	
Espessura do filme, seca:	30 µm	
Espessura do filme, húmida:	100 µm	
Intervalo de recobrimento, min:	2 horas (20°C)	
Intervalo de recobrimento, max:	Não tem	

Segurança:

Manusear com cuidado. Antes e durante a utilização, ler e observar as recomendações dos rótulos das embalagens, consultar as fichas de segurança e seguir a regulamentação local ou nacional relativa a segurança. Não ingerir, e evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, bem como o contacto com a pele e os olhos. Devem sempre ser tomadas precauções contra o risco de incêndio ou explosão, bem como com a protecção do ambiente. Aplicar, unicamente em locais bem ventilados.

HEMPEL



HEMPEL PLASTIMAT 58410

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE:	Betão, rebocos e estuques (curados e secos) Em caso de contaminação com óleos, gorduras, sais e outros contaminantes lavar com detergente adequado, eliminar resíduos com água limpa e deixar secar completamente. Remover partículas soltas e eliminar poeiras. Superfícies já pintadas Remover todas as películas que não ofereçam garantia de boa aderência. Descontaminar, eliminar resíduos com água limpa e deixar secar completamente. Remover partículas soltas e eliminar poeiras. Casos particulares Zonas infestadas com fungos devem ser tratadas antes da pintura, com HEMPEL SOLUÇÃO FUNGICIDA 99P04 (consultar a respectiva Informação Técnica). Outras situações Consultar a Especificação de Pintura ou a Assistência Técnica da HEMPEL.
CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO:	As recomendadas por uma boa prática de pintura. Durante a aplicação e a secagem as temperaturas de ambiente e de substrato devem encontrar-se acima dos 5°C mas preferencialmente acima dos 10°C. A humidade relativa deve ser inferior a 80%. Em espaços confinados, providenciar ventilação adequada.
DEMÃO ANTERIOR:	HEMPACRYL SELANTE OPACO AQUOSO 28830, HEMPEL PLASTIMAT 58410 diluído com cerca de 25% de água ou de acordo com Especificação.
APLICAÇÃO:	Aplicar uma ou mais demãos de HEMPEL PLASTIMAT 58410 até se obter uma cobertura total.
OBSERVAÇÕES:	
Diluição:	Não utilizar água salobra, quimicamente contaminada, turva ou excessivamente calcária para diluição, uma vez que pode deteriorar o produto.
Embalagens:	Preservar as embalagens de temperaturas negativas e da exposição directa ao sol.
Nota:	HEMPEL PLASTIMAT 58410 destina-se unicamente a uso profissional. HEMPEL (Portugal) Lda.

Esta informação técnica anula as previamente emitidas. Para definição e âmbito, consultar as notas explicativas das informações técnicas de produtos.

Os dados, especificações, directivas e recomendações apresentadas representam apenas o resultado de testes ou experiência obtida em condições bem definidas e controladas. O seu rigor, complementaridade e adequabilidade a quaisquer outras condições de utilização dos produtos são da exclusiva responsabilidade do Comprador e/ou Utilizador. A forma de entrega dos produtos e a assistência técnica estão definidas nas CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA, ENTREGA e ASSISTÊNCIA da Hempel, salvo se diferentemente acordadas pelo Vendedor, por escrito. O Produtor e Vendedor não terá que assumir, e não assumirá, e o Comprador e/ou Utilizador renuncia a qualquer reclamação ou responsabilidade, incluindo mas não limitado a negligência, excepto conforme expresso nas CONDIÇÕES GERAIS por resultados, prejuízos directos ou indirectos, decorrentes do uso dos produtos conforme recomendados acima, no verso ou de qualquer outro modo. Estes dados podem ser alterados em qualquer momento, sem aviso prévio, e perdem efeito cinco anos após a data de emissão.

Anexo

A3

Resultados de alguns ensaios actualmente realizados

Controlo de qualidade dos agregados

Areia 0/1 mm

		Remainder [g]										Pass.[%]										k-Value
		siev: 31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0	
		average										100,00	100,00	100,00	99,96	99,40	94,79	66,15	25,84	4,63	0	2,09
		minimum										100,00	100,00	100,00	99,70	98,47	88,82	53,91	18,32	1,47	0	1,67
		maximum										100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	98,97	85,00	40,60	8,60	0	2,36
		standard deviation										0,00	0,00	0,00	0,08	0,40	2,43	7,54	5,63	1,91	0	0,17
Date	Laborant	count										35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
04-01-2011		0	0	0	0	10,1	49,8	286,2	726,7	962,9	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	98,99	95,02	71,38	27,33	3,71	0,00	2,04
31-01-2011		0	0	0	0	8,9	47,9	289,5	755,3	983,6	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,11	95,21	71,05	24,47	1,64	0,00	2,09
02-02-2011		0	0	0	0	6,6	47,6	323,6	761,1	979,2	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,34	95,24	67,64	23,89	2,08	0,00	2,12
03-02-2011		0	0	0	0	8,8	61,4	360,5	794,1	985,3	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,12	93,86	63,95	20,59	1,47	0,00	2,21
07-02-2011		0	0	0	0	8,3	54,4	315,5	749,9	975,1	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,17	94,56	68,45	25,01	2,49	0,00	2,10
10-02-2011		0	0	0	0	7,9	52,2	330,1	761,6	973,1	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,21	94,78	66,99	23,84	2,69	0,00	2,12
15-02-2011		0	0	0	0	7,9	45,4	319,6	771,7	977,1	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,21	95,46	68,04	22,83	2,29	0,00	2,12
16-03-2011		0	0	0	0	3,3	40,1	340,6	784,6	974,2	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,67	95,99	65,94	21,54	2,58	0,00	2,14
25-03-2011		0	0	0	0	6,6	69,8	399	806,8	974,7	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,34	93,02	60,10	19,32	2,53	0,00	2,26
30-03-2011		0	0	0	1,8	12,7	92	433,1	804,2	971,2	1000	100,00	100,00	100,00	99,82	98,73	90,80	56,69	19,58	2,88	0,00	2,32
05-04-2011		0	0	0	1,3	10,7	72,6	368,3	774,9	962,4	1000	100,00	100,00	100,00	99,87	98,93	92,74	63,17	22,51	3,76	0,00	2,19
07-04-2011		0	0	0	3	15,3	111,8	454	804,8	967,3	1000	100,00	100,00	100,00	99,70	98,47	88,82	54,60	19,52	3,27	0,00	2,36
12-04-2011		0	0	0	1,5	8,4	54	334	713	941	1000	100,00	100,00	100,00	99,85	99,16	94,60	66,60	28,70	5,90	0,00	2,05
14-04-2011		0	0	0	1,2	7,7	51	352	736	950	1000	100,00	100,00	100,00	99,88	99,23	94,90	64,80	26,40	5,00	0,00	2,10
02-05-2011		0	0	0	1	8,7	78	405,7	763,6	955	1000	100,00	100,00	100,00	99,90	99,13	92,20	59,43	23,64	4,50	0,00	2,21
06-05-2011		0	0	0	1,2	12,7	91,5	430,8	787,7	960,5	1000	100,00	100,00	100,00	99,88	98,73	90,85	56,92	21,23	3,95	0,00	2,28
11-05-2011		0	0	0	2	12,7	73,4	391	756,3	949,2	1000	100,00	100,00	100,00	99,80	98,73	92,66	60,90	24,37	5,08	0,00	2,18
18-05-2011		0	0	0	0	3,8	35,1	338,1	729,4	949,5	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,62	96,49	66,19	27,06	5,05	0,00	2,06
24-05-2011		0	0	0	0	1,9	55,5	405,3	775,5	949,9	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,81	94,45	59,47	22,45	5,01	0,00	2,19
30-05-2011		0	0	0	0	2,7	43,9	375,4	763,2	948,1	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,73	95,61	62,46	23,68	5,19	0,00	2,13
07-06-2011		0	0	0	0	1,9	49,7	377,9	768	948,9	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,81	95,03	62,21	23,20	5,11	0,00	2,15
14-06-2011		0	0	0	0	4,2	65,7	407,5	782,2	953,6	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,58	93,43	59,25	21,78	4,64	0,00	2,21
17-06-2011		0	0	0	0	7,3	87,4	460,9	805,2	960,9	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,27	91,26	53,91	19,48	3,91	0,00	2,32
28-06-2011		0	0	0	0	6,5	84,4	417	816,8	966,7	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,35	91,56	58,30	18,32	3,33	0,00	2,29
05-07-2011		0	0	0	0	3	32	286,4	681	923,8	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,70	96,80	71,36	31,90	7,62	0,00	1,93
12-07-2011		0	0	0	0	2,9	29,5	261,5	674,4	931	998	100,00	100,00	100,00	100,00	99,71	97,04	73,80	32,42	6,71	0,00	1,90
18-07-2011		0	0	0	0	4,2	34,5	250,4	677,4	937,8	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,58	96,55	74,96	32,26	6,22	0,00	1,90
20-07-2011		0	0	0	0	3	35,8	286,3	678,6	924,1	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,70	96,42	71,37	32,14	7,59	0,00	1,93
25-07-2011		0	0	0	0	1	10,3	150	594	914	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,90	98,97	85,00	40,60	8,60	0,00	1,67
29-07-2011		0	0	0	0	0,7	22,7	277,9	689,5	934	1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,93	97,73	72,21	31,05	6,60	0,00	1,92

Controlo de qualidade dos agregados

Areia 0/4 mm

	Remainder [g]											Pass.[%]											k-Value
	siev:	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0		
Date	Laborant	average											100,00	100,00	100,00	92,96	67,36	31,35	8,86	2,30	0,73	0	3,96
		minimum											100,00	100,00	100,00	90,81	60,71	24,20	5,73	1,09	0,25	0	3,78
		maximum											100,00	100,00	100,00	95,36	74,26	38,73	14,89	5,06	1,57	0	4,17
		standard deviation											0,00	0,00	0,00	1,37	3,60	3,87	1,91	0,74	0,29	0	0,10
		count											30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
04-01-2011		0	0	0	120,7	505	1026	1371	1474	1494	1500	100,00	100,00	100,00	91,95	66,33	31,59	8,59	1,71	0,41	0,00	3,99	
03-02-2011		0	0	0	102,3	485,3	1055	1386	1476	1493	1500	100,00	100,00	100,00	93,18	67,65	29,68	7,60	1,61	0,45	0,00	4,00	
09-02-2011		0	0	0	137,8	589,4	1137	1414	1483	1495	1500	100,00	100,00	100,00	90,81	60,71	24,20	5,73	1,13	0,31	0,00	4,17	
15-02-2011		0	0	0	93,8	484,8	1088	1399	1478	1492	1500	100,00	100,00	100,00	93,75	67,68	27,47	6,76	1,50	0,52	0,00	4,02	
16-03-2011		0	0	0	118,2	552,7	1082	1393	1484	1496	1500	100,00	100,00	100,00	92,12	63,15	27,90	7,15	1,09	0,25	0,00	4,08	
22-03-2011		0	0	0	117,6	451,2	949,6	1310	1450	1491	1500	100,00	100,00	100,00	92,16	69,92	36,69	12,67	3,33	0,60	0,00	3,85	
30-03-2011		0	0	0	116,9	540	1099	1396	1473	1490	1500	100,00	100,00	100,00	92,21	64,00	26,71	6,93	1,79	0,65	0,00	4,08	
05-04-2011		0	0	0	132,9	571,5	1077	1378	1471	1491	1500	100,00	100,00	100,00	91,14	61,90	28,21	8,15	1,91	0,59	0,00	4,08	
07-04-2011		0	0	0	128,7	556,3	1124	1404	1475	1492	1500	100,00	100,00	100,00	91,42	62,91	25,04	6,41	1,66	0,56	0,00	4,12	
12-04-2011		0	0	0	94	462	1029	1373	1468	1480	1500	100,00	100,00	100,00	93,73	69,20	31,40	8,47	2,13	1,33	0,00	3,94	
14-04-2011		0	0	0	125,7	508,9	1037	1371	1463	1485	1500	100,00	100,00	100,00	91,62	66,07	30,87	8,63	2,44	0,99	0,00	3,99	
02-05-2011		0	0	0	171,6	719,3	1452	1842	1955	1982	2000	100,00	100,00	100,00	91,42	64,04	27,40	7,91	2,24	0,88	0,00	4,06	
06-05-2011		0	0	0	176,3	738,4	1461	1849	1955	1984	2000	100,00	100,00	100,00	91,19	63,08	26,95	7,55	2,25	0,81	0,00	4,08	
11-05-2011		0	0	0	93,6	578,8	1339	1822	1957	1988	2000	100,00	100,00	100,00	95,32	71,06	33,05	8,88	2,18	0,59	0,00	3,89	
18-05-2011		0	0	0	128	648,7	1351	1824	1955	1987	2000	100,00	100,00	100,00	93,60	67,57	32,45	8,82	2,27	0,68	0,00	3,95	
24-05-2011		0	0	0	151,2	668,2	1394	1842	1958	1987	2000	100,00	100,00	100,00	92,44	66,59	30,28	7,92	2,08	0,65	0,00	4,00	
30-05-2011		0	0	0	126,6	629	1349	1817	1950	1985	2000	100,00	100,00	100,00	93,67	68,55	32,57	9,17	2,48	0,75	0,00	3,93	
07-06-2011		0	0	0	92,9	514,8	1252	1802	1954	1989	2000	100,00	100,00	100,00	95,36	74,26	37,39	9,90	2,31	0,55	0,00	3,80	
14-06-2011		0	0	0	122,8	629,6	1386	1843	1959	1988	2000	100,00	100,00	100,00	93,86	68,52	30,71	7,86	2,06	0,60	0,00	3,96	
17-06-2011		0	0	0	96,4	523,5	1279	1787	1943	1985	2000	100,00	100,00	100,00	95,18	73,83	36,04	10,67	2,86	0,74	0,00	3,81	
28-06-2011		0	0	0	114,3	563,9	1247	1770	1948	1986	2000	100,00	100,00	100,00	94,29	71,81	37,66	11,52	2,61	0,71	0,00	3,81	
05-07-2011		0	0	0	119,7	604,6	1335	1818	1947	1982	2000	100,00	100,00	100,00	94,02	69,77	33,25	9,12	2,63	0,89	0,00	3,90	
13-07-2011		0	0	0	117,5	581,1	1271	1777	1945	1985	2000	100,00	100,00	100,00	94,13	70,95	36,44	11,16	2,77	0,74	0,00	3,84	
18-07-2011		0	0	0	148,4	693,9	1397	1829	1955	1984	2000	100,00	100,00	100,00	92,58	65,31	30,14	8,56	2,26	0,78	0,00	4,00	
20-07-2011		0	0	0	125,6	617,6	1321	1791	1937	1978	2000	100,00	100,00	100,00	93,72	69,12	33,97	10,47	3,17	1,09	0,00	3,88	
29-07-2011		0	0	0	168,1	740,3	1422	1826	1943	1976	2000	100,00	100,00	100,00	91,60	62,99	28,88	8,70	2,85	1,20	0,00	4,04	
06-08-2011		0	0	0	171,9	729,3	1428	1847	1960	1988	2000	100,00	100,00	100,00	91,41	63,54	28,62	7,65	1,99	0,62	0,00	4,06	
08-08-2011		0	0	0	96,3	567,5	1337	1825	1954	1986	2000	100,00	100,00	100,00	95,19	71,63	33,15	8,74	2,28	0,70	0,00	3,88	
17-08-2011		0	0	0	136,7	614,7	1337	1814	1954	1988	2000	100,00	100,00	100,00	93,17	69,27	33,14	9,31	2,32	0,61	0,00	3,92	
23-08-2011		0	0	0	148,1	613	1226	1702	1899	1969	2000	100,00	100,00	100,00	92,60	69,35	38,73	14,89	5,06	1,57	0,00	3,78	

Controlo de qualidade dos agregados

Areão 4/14 mm

	Remainder [g]											Pass.[%]										k-Value
	siev:	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0	
											average	100,00	98,87	48,48	3,55	1,85	1,37	1,27	1,23	1,19	0,00	7,20
											minimum	100,00	94,25	33,26	0,62	0,23	0,23	0,23	0,23	0,16	0,00	6,07
											maximum	100,00	100,00	67,43	9,94	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	0,00	33,00
											standard deviation	0,00	1,50	7,42	1,97	1,13	0,92	0,91	0,94	0,96	0,00	4,56
Date	Laborant										count	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
04-01-2011		0	0	1984	3374	3432	3457	3460	3465	3468	3500	100,00	100,00	43,30	3,60	1,95	1,22	1,14	1,00	0,91	0,00	6,47
03-02-2011		0	70,9	1684	3420	3440	3451	3470	3483	3493	3500	100,00	97,97	51,88	2,29	1,72	1,41	0,87	0,47	0,19	0,00	6,43
08-02-2011		0	33,6	1915	3398	3430	3445	3468	3482	3494	3500	100,00	99,04	45,29	2,91	2,01	1,58	0,92	0,51	0,16	0,00	6,48
17-03-2011		0	0	2130	3467	3475	3481	3484	3484	3487	3500	100,00	100,00	39,14	0,95	0,71	0,53	0,47	0,46	0,37	0,00	6,57
22-03-2011		0	0	1676	3431	3476	3488	3490	3492	3493	3500	100,00	100,00	52,10	1,97	0,69	0,34	0,29	0,23	0,20	0,00	6,44
30-03-2011		0	0	1917	3392	3422	3444	3455	3461	3469	3500	100,00	100,00	45,24	3,09	2,24	1,61	1,29	1,11	0,89	0,00	6,45
05-04-2011		0	0	1717	3345	3405	3435	3435	3435	3435	3500	100,00	100,00	50,95	4,44	2,72	1,87	1,87	1,87	1,87	0,00	6,34
05-04-2011		0	0	2077	3400	3471	3479	3479	3479	3479	3500	100,00	100,00	40,66	2,86	0,83	0,60	0,60	0,60	0,60	0,00	6,53
07-04-2011		0	0	1582	3310	3388	3409	3409	3409	3409	3500	100,00	100,00	54,80	5,43	3,20	2,60	2,60	2,60	2,60	0,00	6,26
12-04-2011		0	0	1788	3344	3436	3460	3460	3460	3460	3500	100,00	100,00	48,93	4,46	1,84	1,15	1,15	1,15	1,15	0,00	6,40
14-04-2011		0	6,6	1600	3411	3467	3477	3481	3485	3490	3500	100,00	99,81	54,30	2,55	0,95	0,66	0,54	0,44	0,28	0,00	6,40
18-04-2011		0	0	1580	3300	3388	3399	3399	3399	3399	3500	100,00	100,00	54,86	5,71	3,20	2,89	2,89	2,89	2,89	0,00	6,25
19-04-2011		0	13,6	1936	3315	3381	3418	3445	3445	3445	3500	100,00	99,61	44,69	5,29	3,39	2,33	1,58	1,57	1,57	0,00	6,40
28-04-2011		0	13,5	1945	3478	3492	3492	3492	3492	3492	3500	100,00	99,61	44,44	0,62	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,00	6,54
03-05-2011		0	0	1623	3354	3463	3463	3463	3463	3463	3500	100,00	100,00	53,63	4,18	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	0,00	6,37
04-05-2011		0	10,8	1377	3152	3342	3342	3342	3342	3342	3500	100,00	99,69	60,66	9,94	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	0,00	6,07
06-05-2011		0	41,3	2336	3413	3462	3462	3462	3462	3462	3500	100,00	98,82	33,26	2,50	1,07	1,09	1,09	1,09	1,09	0,00	6,60
12-05-2011		0	97,5	2105	3319	3388	3423	3423	3423	3423	3500	100,00	97,21	39,87	5,17	3,19	2,19	2,19	2,19	2,19	0,00	6,46
19-05-2011		0	146,8	1918	3343	3407	3441	3464	3464	3464	3500	100,00	95,81	45,21	4,49	2,65	1,69	1,02	1,02	1,02	0,00	6,47
23-05-2011		0	52,7	1925	3378	3447	3468	3468	3468	3468	3500	100,00	98,49	45,00	3,50	1,51	0,92	0,92	0,92	0,92	0,00	6,48
01-06-2011		0	54,6	1871	3409	3463	3480	3480	3480	3480	3500	100,00	98,44	46,55	2,60	1,06	0,57	0,57	0,57	0,57	0,00	6,49
03-06-2011		0	171	2041	3411	3460	3475	3475	3475	3475	3500	100,00	95,11	41,69	2,53	1,15	0,72	0,72	0,72	0,72	0,00	6,57
08-06-2011		0	78,3	1897	3438	3473	3480	3480	3480	3480	3500	100,00	97,76	45,79	1,77	0,77	0,57	0,57	0,57	0,57	0,00	6,52
17-06-2011		0	79,5	1728	3400	3466	3466	3466	3466	3466	3500	100,00	97,73	50,62	2,85	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,00	6,44
28-06-2011		0	33,8	1744	3389	3436	3460	3460	3460	3460	3500	100,00	99,03	50,19	3,19	1,82	1,14	1,14	1,14	1,14	0,00	6,41
06-07-2011		0	44,4	1760	3464	3479	3481	3481	3481	3481	3500	100,00	98,73	49,73	1,03	0,61	0,55	0,55	0,55	0,55	0,00	6,48
13-07-2011		0	35	1505	3408	3454	3454	3454	3454	3454	3500	100,00	99,00	57,01	2,64	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	0,00	6,35
20-07-2011		0	0	1443	3281	3380	3429	3429	3429	3429	3500	100,00	100,00	58,78	6,27	3,44	2,03	2,03	2,03	2,03	0,00	6,23
29-07-2011		0	0	1140	3252	3363	3405	3405	3405	3405	3500	100,00	100,00	67,43	7,09	3,92	2,72	2,72	2,72	2,72	0,00	6,11
06-08-2011		0	44,5	1477	3323	3398	3435	3435	3435	3435	3500	100,00	98,73	57,80	5,06	2,93	1,86	1,86	1,86	1,86	0,00	6,28
10-08-2011		0	201,4	2146	3469	3486	3490	3490	3490	3490	3500	100,00	94,25	38,69	0,89	0,39	0,27	0,27	0,27	0,27	0,00	6,65
19-08-2011		0	75,1	2149	3427	3465	3478	3478	3478	3478	3500	100,00	97,85	38,60	2,09	1,01	0,63	0,63	0,63	0,63	0,00	6,58
25-08-2011		0	0	1798	3389	3432	3455	3455	3455	3455	3500	100,00	100,00	48,64	3,18	1,94	1,28	1,28	1,28	1,28	0,00	6,41

Controlo de qualidade dos agregados																								
Brita 10/20 mm																								
Date	Laborant	Remainder [g]										Pass.[%]										k-Value		
		siev:	31,5	20	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0	31,5	20	16	8	4	2	1	0,5		0,25	0,125
										average	100,00	96,17	68,24	3,40	1,44	1,33	1,28	1,22	1,12	1,00	0,00		7,03	
										minimum	100,00	87,39	35,31	0,73	0,40	0,40	0,38	0,33	0,27	0,21	0,00		5,93	
										maximum	100,00	99,48	87,34	8,21	3,74	3,20	2,86	2,41	2,40	2,40	0,00		32,00	
										standard deviation	0,00	2,90	12,40	2,16	0,83	0,74	0,69	0,63	0,57	0,60	0,00		4,49	
										count	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
04-01-2011		0	112,5	1227	4658	4750	4764	4775	4791	4814	4859	4900	100,00	97,70	74,95	4,95	3,07	2,77	2,54	2,23	1,76	0,84	0,00	6,09
03-02-2011		0	369	2277	4964	4969	4970	4970	4970	4973	4990	5000	100,00	92,62	54,46	0,73	0,61	0,61	0,61	0,59	0,53	0,21	0,00	6,49
10-02-2011		0	280,8	1983	4924	4952	4954	4958	4962	4969	4981	5000	100,00	94,38	60,34	1,52	0,97	0,91	0,84	0,75	0,62	0,38	0,00	6,39
23-02-2011		0	630,6	3235	4960	4960	4960	4962	4966	4973	4983	5000	100,00	87,39	35,31	0,81	0,81	0,79	0,75	0,68	0,54	0,34	0,00	6,73
16-03-2011		0	495	2636	4947	4957	4959	4962	4966	4973	4983	5000	100,00	90,10	47,27	1,06	0,85	0,83	0,76	0,68	0,54	0,34	0,00	6,58
22-03-2011		0	505,8	2985	5949	5972	5974	5977	5980	5984	5987	6000	100,00	91,57	50,26	0,85	0,47	0,43	0,38	0,33	0,27	0,22	0,00	6,55
30-03-2011		0	417,1	2803	5952	5970	5973	5975	5978	5982	5987	6000	100,00	93,05	53,28	0,80	0,50	0,45	0,42	0,37	0,30	0,22	0,00	6,51
05-04-2011		0	274,5	2505	5852	5901	5907	5916	5928	5945	5971	6000	100,00	95,43	58,24	2,47	1,65	1,55	1,41	1,20	0,92	0,48	0,00	6,37
07-04-2011		0	246	1558	5630	5888	5888	5888	5888	5888	5888	6000	100,00	95,90	74,03	6,17	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	0,00	6,13
12-04-2011		0	195	1918	5765	5856	5856	5856	5856	5856	5856	6000	100,00	96,75	68,03	3,92	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	0,00	6,17
14-04-2011		0	127,5	1226	4867	4941	4944	4945	4947	4947	4947	5000	100,00	97,45	75,47	2,67	1,17	1,12	1,11	1,07	1,07	1,07	0,00	6,18
18-04-2011		0	120	1221	4870	4980	4980	4980	4980	4980	4980	5000	100,00	97,60	75,58	2,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00	6,22
19-04-2011		0	201,6	1731	5719	5817	5833	5847	5867	5909	5957	6000	100,00	96,64	71,15	4,69	3,06	2,79	2,55	2,21	1,52	0,71	0,00	6,15
03-05-2011		0	176,1	1869	5783	5887	5900	5900	5900	5900	5900	6000	100,00	97,07	68,85	3,63	1,88	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	0,00	6,20
06-05-2011		0	373,5	3049	5877	5908	5910	5912	5918	5932	5932	6000	100,00	93,78	49,19	2,05	1,54	1,51	1,46	1,37	1,13	1,13	0,00	6,47
12-05-2011		0	150	2006	5861	5906	5912	5918	5918	5918	5918	6000	100,00	97,50	66,57	2,31	1,58	1,47	1,37	1,37	1,37	1,37	0,00	6,25
19-05-2011		0	452,7	2613	5912	5941	5941	5941	5941	5941	5941	6000	100,00	92,46	56,45	1,47	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,00	6,44
23-05-2011		0	297,1	2214	5872	5925	5935	5940	5943	5943	5943	6000	100,00	95,05	63,10	2,13	1,24	1,08	1,01	0,94	0,94	0,94	0,00	6,34
01-06-2011		0	153,1	1510	5786	5907	5918	5925	5925	5925	5925	6000	100,00	97,45	74,83	3,57	1,55	1,37	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00	6,16
03-06-2011		0	64,3	1082	5728	5908	5916	5923	5923	5923	5923	6000	100,00	98,93	81,96	4,54	1,54	1,40	1,29	1,29	1,29	1,29	0,00	6,06
08-06-2011		0	110,4	1650	5885	5948	5955	5955	5955	5955	5955	6000	100,00	98,16	72,50	1,91	0,87	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,00	6,23
14-06-2011		0	86,2	759,9	5546	5867	5867	5867	5867	5867	5867	6000	100,00	98,56	87,34	7,57	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	0,00	5,93
17-06-2011		0	190,1	1620	5847	5936	5941	5941	5941	5941	5941	6000	100,00	96,83	73,00	2,55	1,06	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,00	6,22
28-06-2011		0	76,8	887,1	5753	5959	5965	5965	5965	5965	5965	6000	100,00	98,72	85,22	4,12	0,69	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,00	6,08
06-07-2011		0	61,1	1326	5871	5958	5958	5958	5958	5958	5958	6000	100,00	98,98	77,90	2,14	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,00	6,17
13-07-2011		0	91,4	1229	5507	5776	5808	5829	5856	5898	5943	6000	100,00	98,48	79,52	8,21	3,74	3,20	2,86	2,41	1,71	0,95	0,00	5,99
20-07-2011		0	126,9	1563	5829	5973	5975	5975	5975	5975	5975	6000	100,00	97,89	73,95	2,85	0,44	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,00	6,23
29-07-2011		0	197,2	1441	5670	5866	5884	5884	5884	5884	5884	6000	100,00	96,71	75,98	5,50	2,24	1,94	1,93	1,93	1,93	1,93	0,00	6,10
06-08-2011		0	169,8	2207	5811	5903	5911	5918	5918	5918	5918	6000	100,00	97,17	63,21	3,15	1,62	1,48	1,37	1,37	1,37	1,37	0,00	6,28
10-08-2011		0	54,3	1224	5516	5878	5899	5899	5899	5899	5899	6000	100,00	99,10	79,61	8,07	2,03	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	0,00	6,03
19-08-2011		0	31,2	1546	5822	5931	5931	5931	5931	5931	5931	6000	100,00	99,48	74,24	2,96	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	0,00	6,16
25-08-2011		0	77,5	1086	5587	5929	5935	5935	5935	5935	5935	6000	100,00	98,71	81,89	6,89	1,19	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	0,00	6,06

Controlo da água Reciclada 2011

No.	date	time	initial weight [kg]	volume V0 [dm³]	volume V30 [dm³]	temperature [°C]	oil ?	foam > 2 min	smell ?	density [kg/m³]	solid content [kg/dm³]	solid content [Vol.-%]
average						22,3				1,03	0,06	41,0%
max						27,2				1,05	0,10	68,5%
min						17,3				1,01	0,02	17,0%
standard deviation						2,1				0,01	0,02	15,5%
1	03-01-2011	9:00	0,969	0,920	0,630	22,3	n	n	n	1,05	0,10	68,5%
2	04-01-2011	9:10	0,951	0,910	0,610	22,3	n	n	n	1,05	0,10	67,0%
3	05-01-2011	9:30	0,981	0,940	0,540	22,3	n	n	n	1,04	0,08	57,4%
4	06-01-2011	9:20	0,969	0,930	0,510	22,6	n	n	n	1,04	0,08	54,8%
5	07-01-2011	9:40	0,941	0,900	0,500	23,0	n	n	n	1,05	0,10	55,6%
6	02-02-2011	9:05	0,940	0,920	0,280	17,3	n	n	n	1,02	0,04	30,4%
7	03-02-2011	9:20	0,956	0,920	0,470	18,7	n	n	n	1,04	0,08	51,1%
8	04-02-2011	8:45	0,967	0,930	0,470	19,1	n	n	n	1,04	0,08	50,5%
9	07-02-2011	8:55	0,964	0,930	0,530	20,4	n	n	n	1,04	0,08	57,0%
10	08-02-2011	9:00	0,950	0,920	0,400	19,7	n	n	n	1,03	0,06	43,5%
11	09-02-2011	9:00	0,978	0,950	0,420	20,0	n	n	n	1,03	0,06	44,2%
12	10-02-2011	9:10	0,963	0,930	0,440	20,4	n	n	n	1,04	0,08	47,3%
13	11-02-2011	8:35	0,947	0,920	0,380	20,8	n	n	n	1,03	0,06	41,3%
14	14-02-2011	8:40	0,950	0,920	0,410	21,6	n	n	n	1,03	0,06	44,6%
15	15-02-2011	9:05	0,924	0,890	0,430	20,8	n	n	n	1,04	0,08	48,3%
16	16-02-2011	8:50	0,978	0,940	0,450	20,4	n	n	n	1,04	0,08	47,9%
17	17-02-2011	9:20	0,958	0,920	0,480	19,9	n	n	n	1,04	0,08	52,2%
18	18-02-2011	10:00	0,986	0,950	0,500	19,3	n	n	n	1,04	0,08	52,6%
19	21-02-2011	8:40	0,976	0,950	0,630	19,8	n	n	n	1,03	0,06	66,3%
20	22-02-2011	8:50	0,919	0,880	0,530	20,6	n	n	n	1,04	0,08	60,2%
21	23-02-2011	8:50	0,909	0,870	0,500	20,9	n	n	n	1,04	0,08	57,5%
22	24-02-2011	8:45	0,944	0,910	0,540	20,8	n	n	n	1,04	0,08	59,3%
23	25-02-2011	8:55	0,948	0,910	0,550	21,1	n	n	n	1,04	0,08	60,4%
24	28-02-2011	8:50	1,006	0,970	0,620	22,6	n	n	n	1,04	0,08	63,9%
25	01-03-2011	9:20	0,979	0,940	0,580	21,6	n	n	n	1,04	0,08	61,7%
26	02-03-2011	8:50	0,966	0,930	0,580	21,4	n	n	n	1,04	0,08	62,4%
27	03-03-2011	9:05	0,959	0,920	0,600	21,3	n	n	n	1,04	0,08	65,2%
28	04-03-2011	8:40	0,984	0,950	0,630	22,1	n	n	n	1,04	0,08	66,3%
29	09-03-2011	8:40	0,940	0,910	0,530	22,8	n	n	n	1,03	0,06	58,2%
30	10-03-2011	8:40	0,955	0,920	0,450	22,1	n	n	n	1,04	0,08	48,9%
31	11-03-2011	8:25	0,949	0,920	0,340	21,5	n	n	n	1,03	0,06	37,0%

Controlo da densidade do superplastificante

No.	date	time	name of the product	producer	no. of delivering note	initial weight [g]	volume [ml]	density ρ [g/ml]
							average	1,06
							maximum	1,06
							minimum	1,06
							count	3
							nominal value	1,06
1	25-03-2011	10:00	MC-Powerflow 1113	MC-Bauchemie Portugal	7201100012	263,8	250	1,06
2	12-05-2011	8:00	MC-Powerflow 1113	MC-Bauchemie Portugal	7201100018	263,9	250	1,06
3	24-06-2011	11:20	MC-Powerflow 1113	MC-Bauchemie Portugal	7201100027	263,8	250	1,06
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								

Initial production 2011 - results concrete test factory Viana do Castelo, Portugal C45/55														
Nr.	date of sample	nr. of sample	spread cm	tempera- ture °C	unset concr. density kg/m³	w/c- ratio	set concr. dens. kg/m³	1d MPa	strength 7d MPa	28d MPa	average fci N/mm²	criteria 1 fci ≥ fck + 4 fulfilled?	criteria 2 fci ≥ fck - 4 fulfilled?	Criteria fci €] fci ave.X1,15 ; fci ave.X0,85]
1	04-04-2011	12 33	69	21	2420 2420	0,43	2397 2406			64,1 65,0	64,6	yes	yes	OK
		6 4			2405 2388	0,42	2383 2391			62,0 64,4	63,2		yes	OK
		30 25			2415 2401	0,43	2391 2401			62,2 64,0	63,1		yes	OK
	05-04-2011	31 2	68	23	2411 2417	0,42	2381 2412	40,4	61,3					
		20 34			2418 2417		2404 2412			69,0 70,2	69,6		yes	OK
	06-04-2011	33 15	67	25	2414 2409	0,41	2408 2411			68,3 70,6	69,5		yes	OK
	07-04-2011	2 18	69	23	2428 2416	0,41	2432 2407			68,6 68,6	68,6		yes	OK
	08-04-2011	6 33	70	24	2429 2424	0,42	2422 2418			64,8 66,3	65,6		yes	OK
2	11-04-2011	29 10	70	23	2410 2407	0,42	2417 2415			69,1 67,9	68,5	yes	yes	OK
		23 3			2417 2417	0,43	2411 2410			71,2 70,8	71,0		yes	OK
		4 19			2407 2415		2404 2410			70,1 70,3	70,2		yes	OK
	12-04-2011	20 15	68	24	2415 2410	0,43	2389 2399	40,3	57,4					
		10 12			2404 2408		2384 2402			65,2 67,3	66,3		yes	OK
	13-04-2011	11 2	69	24	2409 2414	0,42	2404 2417			67,7 67,4	67,6		yes	OK
	14-04-2011	2 6	70	23,6	2418 2412	0,44	2428 2410			67,9 65,2	66,6		yes	OK
	15-04-2011	30 6	71	24,3	2409 2407	0,43	2395 2394			65,1 63,6	64,4		yes	OK
	16-04-2011	2 22	70	24,4	2412 2412	0,43	2397 2407			64,7 65,0	64,9		yes	OK
3	18-04-2011	29 18	70	25,0	2424 2424	0,43	2415 2413			65,2 65,3	65,3	yes	yes	OK
		14 24			2424 2427	0,42	2415 2412			66,4 65,2	65,8		yes	OK
		2 22			2428 2424	0,43	2411 2407			66,3 65,7	66,0		yes	OK
	19-04-2011	6 8	67	23,9	2418 2409	0,44	2422 2405			63,8 64,5	64,2		yes	OK
	20-04-2011	3 31	67	22,8	2420 2408	0,42	2416 2405			69,2 68,5	68,9		yes	OK
	21-04-2011	19 15	68	23,3	2427 2427	0,43	2429 2421			77,4 78,4	77,9		yes	OK
	22-04-2011	11 33	61	22,7	2407 2421	0,43	2407 2402			71,8 65,9	68,9		yes	OK
	26-04-2011	6 4	61	23,8	2426 2419	0,43	2427 2419			71,3 72,3	71,8		yes	OK
	27-04-2011	17 22	65	25,1	2406 2413	0,41	2380 2400	40,1	58					
		30 33			2416 2419		2401 2412			68,5 66,7	67,6		yes	OK
	28-04-2011	22 11	68	25,6	2408 2396	0,41	2400 2393			68,6 66,3	67,5		yes	OK
	29-04-2011	12 22	65	25,7	2405 2409	0,42	2397 2401			67,3 67,1	67,2		yes	OK
4	02-05-2011	18 11	66	24,8	2408 2410	0,41	2412 2409			70,5 69,7	70,1	yes	yes	OK
		25 23			2419 2408	0,42	2413 2411			69,5 68,3	68,9		yes	OK
		2 35			2040 2398	0,42	2403 2401			69,0 67,8	68,4		yes	OK
	03-05-2011	19 10	66	25	2424 2409	0,42	2397 2399	41,5	59,4					
		12 29			2398 2404		2392 2398			68,5 70,0	69,3		yes	OK
	04-05-2011	10 18	70	23	2412 2407	0,43	2397 2401			69,2 68,2	68,7		yes	OK
	05-05-2011	2 11	70	24	2416 2412	0,42	2409 2403			69,1 67,1	68,1		yes	OK
	06-05-2011	10 18	68	25	2411 2396	0,43	2401 2378			68,4 65,3	66,9		yes	OK
	09-05-2011	20 3	66	23	2416 2409	0,44	2405 2403			71,4 69,5	70,5		yes	OK
		4 25			2412 2411	0,43								

Initial production 2011 - results concrete test factory Viana do Castelo, Portugal C45/55														
Nr.	date of sample	nr. of sample	spread cm	tempera- ture °C	unset concr. density kg/m³	w/c- ratio	set concr. dens. kg/m³	1d MPa	strength 7d MPa	28d MPa	average fci N/mm²	criteria 1 fci ≥ fck + 4 fulfilled?	criteria 2 fci ≥ fck - 4 fulfilled?	Criteria fci €] fci ave.X1,15 ; fci ave.X0,85]
		34 23			2421 2425	0,44	2409 2419			72,2 71,8	72,0		yes	OK
	10-05-2011	10 29	68	23	2401 2412	0,41	2378 2396	42,9	61,6					
		3 2			2409 2409		2403 2398			69,6 70,1	69,9		yes	OK
	11-05-2011	6 16	69	25	2418 2405	0,43	2409 2401			65,6 68	66,8		yes	OK
	12-05-2011	4 2	67	26	2400 2402	0,41	2389 2393			67,6 65,8	66,7		yes	OK
	13-05-2011	6 12	70	27	2413 2398	0,43	2403 2390			65,3 66,0	65,7		yes	OK
5	16-05-2011	34 22	69	24,6	2411 2413	0,43	2394 2391			65,0 64,7	64,9	yes	yes	OK
		18 30			2420 2425		2407 2413			64,3 65,1	64,7		yes	OK
		20 5			2424 2415		2411 2402			65,6 63,4	64,5		yes	OK
	17-05-2011	6 25	66	25,6	2417 2419	0,44	2384 2410	42	58					
		22 17			2412 2408		2398 2394			63,4 64,5	64,0		yes	OK
	18-05-2011	2 10	65	25,3	2413 2420	0,42	2407 2414			62,9 65,3	64,1		yes	OK
	19-05-2011	6 2	69	25,3	2423 2405	0,42	2415 2407			68,2 64,4	66,3		yes	OK
	20-05-2011	16 25	67	27,6	2415 2411	0,42	2405 2412			69,4 69,5	69,5		yes	OK
6	23-05-2011	12 31 17	70	25,4	2422 2421 2433	0,42	2415 2415 2425			67,2 67,8 70,1	68,4	yes	yes	OK
		17 4			2433 2423		2425 2416			70,1 69,4	69,8		yes	OK
		11 24			2426 2411		2428 2412			71,6 69,1	70,4		yes	OK
	24-05-2011	31 17	69	26,2	2416 2427	0,43	2391 2416	43,6	61,4					
		4 34			2414 2416		2408 2410			71,5 70,8	71,2		yes	OK
	25-05-2011	24 11	69	27,2	2410 2415	0,43	2413 2405			67,4 70,2	68,8		yes	OK
	26-05-2011	12 6	66	27,2	2419 2428	0,41	2410 2406			72,9 70,5	71,7		yes	OK
	27-05-2011	4 34	69	26,2	2422 2424	0,43	2414 2416			71,9 71,4	71,7		yes	OK
7	30-05-2011	29 25	70	27,3	2419 2416	0,43	2412 2425			70,4 71,1	70,8	yes	yes	OK
		10 5			2420 2423	0,42	2420 2416			74,9 72,5	73,7		yes	OK
		18 30			2431 2428	0,43	2419 2421			74,6 72,9	73,8		yes	OK
	31-05-2011	24 20	70	26,2	2403 2417	0,43	2373 2400	41,5	60,4					
		17 30			2413 2408		2402 2405			68,4 68,8	68,6		yes	OK
	01-06-2011	6 16	67	26,1	2412 2428	0,43	2402 2407			67,9 69,4	68,7		yes	OK
	02-06-2011	24 20	68	25,6	2391 2419	0,42	2384 2422			71,6 73,6	72,6		yes	OK
	03-06-2011	6 16	70	26	2423 2437	0,44	2414 2426			70,3 70,6	70,5		yes	OK
8	06-06-2011	2 34	68	26,1	2429 2431	0,42	2421 2422			71,6 72,3	72,0	yes	yes	OK
		25 22			2408 2421	0,42	2406 2416			72,8 72,8	72,8		yes	OK
		33 10			2425 2433	0,42	2427 2420			72,4 71,4	71,9		yes	OK
	07-06-2011	24 23	70	23,9	2444 2460	0,43	2412 2437	45,9	67					
		20 17			2426 2445		2412 2426			72,9 74,7	73,8		yes	OK
	08-06-2011	22 25	66	24,2	2425 2415	0,43	2415 2405			69,3 69,5	69,4		yes	OK
	09-06-2011	11 33	70	23,9	2410 2414	0,43	2416 2404			66,8 68,4	67,6		yes	OK
9	13-06-2011	18 35	69	25	2406 2424	0,43	2402 2421			70,0 73,3	71,7		yes	OK
		29			2426	0,43	2422			73,2				

Initial production 2011 - results concrete test factory Viana do Castelo, Portugal C45/55														
Nr.	date of sample	nr. of sample	spread cm	tempera- ture °C	unset concr. density kg/m³	w/c- ratio	set concr. dens. kg/m³	1d MPa	strength 7d MPa	28d MPa	average fci N/mm²	criteria 1 fci ≥ fck + 4 fulfilled?	criteria 2 fci ≥ fck - 4 fulfilled?	Criteria fci €] fci ave.X1,15 ; fci ave.X0,85]
		5			2438		2435			71,5	72,4	yes	yes	OK
		30 16			2436 2411	0,43	2425 2418			73,0 70,4	71,7		yes	OK
	14-06-2011	35 5	65	26,2	2410 2419	0,42	2401 2414			71,0 71,2	71,1		yes	OK
	15-06-2011	30 18	64	25,9	2431 2416	0,42	2411 2402	43,6	62,3					
		17 2			2429 2419		2416 2410			71,6 73,4	72,5		yes	OK
	16-06-2011	33 5	63	26,6	2433 2425	0,42	2423 2414			66,5 69,7	68,1		yes	OK
	17-06-2011	23 22	68	25,6	2410 2419	0,43	2401 2409			64,6 65,9	65,3		yes	OK
	21-06-2011	11 33	66	25,6	2414 2422	0,42	2407 2414			65,3 65,3	65,3		yes	OK
	22-06-2011	23 34	68	25,7	2423 2431	0,41	2413 2421			68,1 68,0	68,1		yes	OK
	27-06-2011	5 17	66	26	2389 2412	0,41								
10	28-06-2011	6 33	63	26,4	2410 2409	0,42						#DIV/0!		
		25 17			2421 2418	0,42								
		5 22			2410 2424	0,42								
	29-06-2011	33 17	65	26,1	2422 2424	0,43	2393 2406	39,3	56,6					
		25 11			2427 2411									
	30-06-2011	5 10	70	26	2408 2406	0,43								
average			68	24,9	2414	0,424	2408	41,5	59,6	68,6	68,6	MAX MIN		78,9
maximum			71	27,6	2460	0,440	2437	43,6	61,6	78,4	77,9			58,3
minimum			61	20,5	2040	0,405	2373	40,1	57,4	62,0	63,1			
standard deviation			2	1,4	29	0,008	12	1,4	1,8	3,1	3,0			
number			60	60	187	77	173	7	7	151	75			

criteria 1: $f_{cm} \geq f_{ck} + 4 \rightarrow 68,6 \geq 59 \rightarrow$ fulfilled

Initial production 2011 - results concrete test factory Viana do Castelo, Portugal C55/67													
date of sample	nr. of sample	spread cm	tempera- ture °C	unset concr. density kg/m³	w/c- ratio	set concr. dens. kg/m³	1d MPa	strength 7d MPa	28d MPa	average fci N/mm²	criteria 1 fci ≥ fck + 4 fulfilled?	criteria 2 fci ≥ fck - 4 fulfilled?	Criteria fci €] fci ave.X1,15 ; fci ave.X0,85]
04-04-2011	18 20	67	22	2416 2417	0,39	2406 2409			71,0 71,7	71,4	yes	yes	OK
	34 15			2422 2415		2414 2409			71,2 72,4			yes	OK
	31 2			2419 2414		2408 2407			70,9 71,2			yes	OK
05-04-2011	25 15	68	23	2419 2419	0,40	2395 2421	43,6	63					
	6 18			2420 2420		2404 2406			71,3 72,0	71,7		yes	OK
06-04-2011	2 18	67	23	2418 2415	0,40	2413 2419			71,9 69,6	70,8		yes	OK
07-04-2011	31 6	69	25	2418 2429	0,40	2412 2425			70,8 70,7	70,8		yes	OK
08-04-2011	2 18	69	25	2415 2412	0,40	2409 2406			70,7 70,1	70,4		yes	OK
11-04-2011	30 20	67	25	2432 2422	0,39	2425 2416			75,2 75,0	75,1	yes	yes	OK
	25 34			2424 2421		2410 2412			72,4 72,7			yes	OK
	11 12			2409 2403		2396 2399			70,0 73,0			yes	OK
12-04-2011	34 2	67	25	2424 2425	0,40	2403 2400	42,1	60,1					
	3 30			2412 2414		2399 2393			65,1 69,4	67,3		yes	OK
13-04-2011	34 12	68	25	2420 2414	0,40	2414 2408			70,5 71,7	71,1		yes	OK
14-04-2011	11 34	68	25	2403 2415	0,40	2402 2406			68,9 67,8	68,4		yes	OK
15-04-2011	3 2	72	23,9	2417 2412	0,41	2409 2412			68,3 68,7	68,5		yes	OK
18-04-2011	3 6	68	24,0	2409 2439	0,41	2394 2411			66,3 68,4	67,4	no	yes	OK
	10 8			2402 2398		2394 2389			69,4 70,1			yes	OK
	19 30			2430 2435		2420 2410			69,5 70,4			yes	OK
19-04-2011	22 14	68	23,8	2415 2402	0,40	2399 2396			65,0 66,3	65,7		yes	OK
20-04-2011	6 22 8	69	23	2397 2413 2404	0,42	2369 2340 2403		55	65,2 67,4	66,3		yes	OK
21-04-2011	4 16	60	23,6	2408 2421	0,42	2417 2418			69,4 70,3	69,9		yes	OK
26-04-2011	15 11	67	22,1	2432 2431	0,38	2438 2440			70,8 69,2	70,0	no	yes	OK
	33 30			2394 2394		2406 2403			69,9 70,5			yes	OK
	10 22			2415 2406		2415 2401			68,0 69,5			yes	OK
27-04-2011	6 8	66	25	2412 2401	0,41	2398 2422	43,6	64,8					
	15 18			2408 2411		2393 2396			69,8 68,6	69,2		yes	OK
28-04-2011	16 17	70	25	2416 2415	0,40	2408 2407	46,1	62,9					
	6 14			2421 2415		2414 2407			71,2 75,1	73,3		yes	OK
29-04-2011	20 29	68	25	2432 2437	0,40	2422 2428			73,5 73,4	73,5		yes	OK
02-05-2011	30 10	68	24,5	2417 2416	0,40	2407 2409			71,3 73,3	72,3	yes	yes	OK
	15 33			2407 2412		2384 2397			72,3 70,2			yes	OK
	19 4			2426 2418		2403 2419			72,7 71,3			yes	OK
03-05-2011	22 20	68	25	2421 2418	0,39	2399 2407	45,9	61,7					
	30 18			2417 2403		2406 2396			72,9 69,7	71,3		yes	OK
04-05-2011	19 30	66	24	2405 2404	0,38	2399 2397			73,6 71,7	72,7		yes	OK
05-05-2011	19 30	69	23	2430 2431	0,40	2421 2421			73,7 72,4	73,1		yes	OK
06-05-2011	19 30	69	25	2425 2425	0,40	2415 2406			74,2 69,8	72,0		yes	OK

Initial production 2011 - results concrete test factory Viana do Castelo, Portugal C55/67													
date of sample	nr. of sample	spread cm	tempera- ture °C	unset concr. density kg/m³	w/c- ratio	set concr. dens. kg/m³	1d MPa	strength 7d MPa	28d MPa	average fci N/mm²	criteria 1 fci ≥ fck + 4 fulfilled?	criteria 2 fci ≥ fck - 4 fulfilled?	Critério fci €] fci ave.X1,15 ; fci ave.X0,85]
09-05-2011	12 29 34	68	24	2416 2411 2439	0,40	2408 2403 2441			71,3 69,4	70,4		yes	OK
	35 22 33			2427 2432 2415		2419							
10-05-2011	12 23	70	24	2431 2422	0,40	2406 2410	43,7	61,3					
	30 22			2428 2419		2418 2409			71,0 70,2	70,6		yes	OK
11-05-2011	15 31	69	25	2439 2423	0,39	2426 2411			72,7 72,9	72,8		yes	OK
12-05-2011	22 35 19	65	26	2424 2414 2410	0,39	2413 2404 2414			67,9 70,2	69,1		yes	OK
	30 3 10			2421 2425 2421		2413							
13-05-2011	31 11	68	27,3	2425 2417	0,40	2414 2414			70,0 71,0	70,5		yes	OK
16-05-2011	2 25	67	26,6	2421 2413	0,40	2415 2405			67,9 68,3	68,1	no	yes	OK
	4 33			2435 2424		2419 2417			69,2 67,0	68,1		yes	OK
	16 24			2415 2400		2408 2390			68,3 66,0	67,2		yes	OK
17-05-2011	2 11	67	24,5	2421 2420	0,40	2408 2409	45	59,9					
	5 16			2432 2425		2422 2415			71,2 70,1	70,7		yes	OK
18-05-2011	22 20	71	25,2	2436 2422	0,40	2427 2414			71,6 72,8	72,2		yes	OK
19-05-2011	16 25	67	25,1	2433 2431	0,40	2426 2422			77,2 75,1	76,2		yes	OK
20-05-2011	6 2	68	25,6	2445 2435	0,39	2432 2425			68,7 68,8	68,8		yes	OK
23-05-2011	22 34	67	26,2	2433 2430	0,39	2431 2431			74,2 74,9	74,6	yes	yes	OK
	10 33			2438 2433		2438 2422			76,5 75,3	75,9		yes	OK
	20 5			2441 2432		2430 2424			76,9 73,8	75,4		yes	OK
24-05-2011	24 22	69	26,0	2439 2444	0,39	2429 2431	49,2	65,1					
	20 16			2436 2428		2428 2420			71,4 75,0	73,2		yes	OK
25-05-2011	4 34	69	27,7	2430 2425	0,40	2422 2416			75,9 72,4	74,2		yes	OK
26-05-2011	31 17	70	26,7	2416 2417	0,40	2417 2411			73,2 74,5	73,9		yes	OK
27-05-2011	31 17	67	26,6	2426 2428	0,38	2418 2419			76,4 76,0	76,2		yes	OK
30-05-2011	24 11	68	26,7	2431 2424	0,39	2423 2421			77,0 75,7	76,4	yes	yes	OK
	22 16		27,8	2430 2418		2421 2411			75,2 77,4	76,3		yes	OK
	20 33			2415 2428		2418 2419			76,8 74,8	75,8		yes	OK
31-05-2011	6 35	69	26,2	2431 2411	0,40	2416 2412	48,5	65,7					
	29 8			2433 2410		2422 2401			72,6 73,9	73,3		yes	OK
01-06-2011	30 17	69	25,6	2432 2429	0,39	2427 2421			75,5 74,7	75,1		yes	OK
02-06-2011	30 17	69	26,2	2439 2439	0,40	2425 2430			78,3 75,8	77,1		yes	OK
03-06-2011	30 17	69	26,2	2437 2432	0,40	2419 2419			73,1 71,1	72,1		yes	OK
06-06-2011	11 35	69	26,2	2421 2426	0,40	2414 2415			76,4 77,1	76,8	yes	yes	OK
	29 8			2434 2417		2426 2420			76,4 77,5	77,0		yes	OK
	23 18			2431 2423		2421 2414			76,2 76,6	76,4		yes	OK
07-06-2011	34 22	70	25	2436 2444	0,39	2409 2423	47,4	65,1					
	25 11			2439 2425		2432 2415			77,1 74,4	75,8		yes	OK
08-06-2011	20 34	68	24,1	2433 2437	0,39	2423 2427			77,7 78,1	77,9		yes	OK
09-06-2011	24 23	69	24,3	2431 2431	0,40	2427 2429			76,0 75,0	75,5		yes	OK
13-06-2011	23 25	68	25,7	2430 2430	0,39	2423 2422			72,1 72,4	72,3		yes	OK

Initial production 2011 - results concrete test factory Viana do Castelo, Portugal C55/67													
date of sample	nr. of sample	spread cm	tempera- ture °C	unset concr. density kg/m³	w/c- ratio	set concr. dens. kg/m³	1d MPa	strength 7d MPa	28d MPa	average fci N/mm²	criteria 1 fci ≥ fck + 4 fulfilled?	criteria 2 fci ≥ fck - 4 fulfilled?	Criteria fci €] fci ave.X1,15 ; fci ave.X0,85]
	34 22			2442 2432		2431 2425			76,1 74,3	75,2	yes	yes	OK
	24 20			2424 2420		2423 2414			77,3 75,3	76,3		yes	OK
14-06-2011	23 16	67	26,5	2425 2418	0,38	2403 2405	48,1	64,9					
	33 24			2427 2408		2410 2399			72,8 73,7	73,3		yes	OK
16-06-2011	34 22	64	26,1	2444 2428	0,40	2432 2420			73,5 70,8	72,2		yes	OK
17-06-2011	16 18	66	26,2	2442 2435	0,39	2433 2421			74,2 70,7	72,5		yes	OK
	29 34			2426 2412		2415 2402			72,0 71,6	71,8		yes	OK
18-06-2011	33 18	68	24,3	2443 2433	0,40	2424 2422			72,6 73,1	72,9		yes	OK
20-06-2011	34 16	67	25,0	2432 2414	0,40	2420 2402			73,5 72,6	73,1	yes	yes	OK
	11 17		25,7	2418 2423		2403 2404			72,1 71,5	71,8		yes	OK
	5 24			2431 2431		2410 2411			69,4 70,9	70,2		yes	OK
21-06-2011	16 5	64	26,6	2421 2416	0,39	2404 2401	47	63,1					
	24 23	69	26,1	2441 2445		2430 2432			71,7 69,6	70,7		yes	OK
22-06-2011	11 33	64	26	2421 2436	0,40	2410 2424			73,2 72,3	72,8		yes	OK
	17 16			2448 2442		2430 2431			71,9 74,5	73,2		yes	OK
24-06-2011	6 25 10	66	25,7	2434 2428 2426	0,40	2417 2428 2416			73,3 73,7 72,4	73,1		yes	OK
	average	68	25,0	2423	0,397	2413	46	62	72,2	72,2			
	maximum	72	27,8	2445	0,420	2441	49	66	78,3	77,9			83,0
	minimum	60	21,7	2394	0,380	2340	42	55	65,0	65,7			61,4
	standard deviation	1,80	1,3	11	0,008	12,8	2	3	3,0	2,9			
	number	53	54	180	53	176	11	12	149	74			

criteria 1: $f_{cm} \geq f_{ck} + 4 \rightarrow 72,195045045045 \geq 71 \rightarrow$ fulfilled

Initial production 2010 - results concrete test factory Viana do Castelo, Portugal C60/75												
date of sample	nr. of sample	spread cm	tempera- ture °C	unset concr. density kg/m³	w/c- ratio	set concr. dens. kg/m³	1d MPa	strength 7d MPa	28d MPa	average fci N/mm²	criteria 2 fci ≥ fck - 4 fulfilled?	Criteria fciaverageX(15%)≥fci
12-05-2011	33 25	68,5	25,2	2434 2435	0,349	2430 2421			85,8 82,6	84,2	yes	OK OK
13-05-2011	10 17	69	27,1	2441 2433	0,360	2428 2418			81,0 80,8			OK OK
16-05-2011	11 17 12	65	26,6	2432 2449 2422	0,360	2425 2440 2423			80,7 80,4 78,8	80,0	yes	OK OK OK
	10 6 31			2428 2449 2433		2427 2442 2426			78,9 80,9 76,4	78,7	yes	OK OK OK
17-05-2011	20 33	67	24,5	2457 2457	0,360	2431 2443	51,5	68,9				
	10 34			2433 2439		2408 2413			74,5 75,2	74,9	yes	OK OK
18-05-2011	25 16	67	25,6	2449 2453	0,357	2440 2452			78,8 82,2	80,5	yes	OK OK
19-05-2011	10 33	68	25,6	2446 2436	0,360	2444 2427			82,8 82,7	82,8	yes	OK OK
20-05-2011	30 18	67	25,9	2444 2449	0,350	2442 2445			85,0 81,6	83,3	yes	OK OK
23-05-2011	16 25 2	68	26,1	2447 2441 2447	0,360	2438 2434 2438			83,7 83,5 80,5	82,6	yes	OK OK OK
	6 30 18			2441 2452 2442		2441 2450 2433			79,8 80,7 79,7	80,1	yes	OK OK OK
24-05-2011	11 12	67	24,8	2444 2447	0,360	2429 2418	53,5	64,0				
	6 33			2453 2441		2442 2431			75,9 76,9	76,4	yes	OK OK
25-05-2011	31 17	68	27,2	2447 2445	0,353	2438 2437			80,0 82,3	81,2	yes	OK OK
26-05-2011	24 11	68	25,5	2439 2436	0,353	2428 2424			77,9 77,1	77,5	yes	OK OK
27-05-2011	12 6	70	25,0	2434 2447	0,357	2423 2435			81,2 79,0	80,1	yes	OK OK
30-05-2011	17 4 12	69	26,4	2467 2463 2447	0,360	2456 2452 2436			82,3 84,2 84,9	83,8	yes	OK OK OK
	6 34 31			2455 2454 2438		2444 2442 2429			81,5 80,9 84,6	82,3	yes	OK OK OK
31-05-2011	16 18	69	26,2	2432 2441	0,360	2410 2428	54,3	73,6				
	23 2			2432 2432		2424 2424			82,1 81,4	81,8	yes	OK OK
01-06-2011	24 20	68	25,2	2445 2449	0,360	2432 2437			86,6 85,4	86,0	yes	OK OK
02-06-2011	6 16	69	25,2	2463 2449	0,358	2440 2443			84,3 82,3	83,3	yes	OK OK
03-06-2011	24 20	69	25,9	2446 2441	0,358	2448 2438			84,4 81,9	83,2	yes	OK OK
06-06-2011	17 30 6	69	25,7	2459 2452 2449	0,360	2445 2442 2437			78,4 82,8 82,2	81,1	yes	OK OK OK
	24 20 16			2456 2448 2440		2443 2436 2429			83,7 80,1 82,5	82,1	yes	OK OK OK
07-06-2011	33 2	68	25,0	2453 2453	0,353	2437 2439	54,8	69,3				
	8 10			2452 2456		2442 2445			81,4 83,4	82,4	yes	OK OK
08-06-2011	24 23	70	23,9	2463 2455	0,353	2453 2446			88,6 83,4	86,0	yes	OK OK
09-06-2011	22 20	70	23,5	2455 2449	0,360	2442 2436			82,1 80,2	81,2	yes	OK OK
13-06-2011	33 2 8	70	25,1	2454 2464 2457	0,360	2444 2447 2444			81,0 81,1 79,9	80,7	yes	OK OK OK
	11 17 10			2451 2451 2434		2440 2435 2424			80,3 79,4 79,3	79,7	yes	OK OK OK
14-06-2011	22 11	68	24,5	2457 2439	0,360	2443 2441	55,0	75,6				
	30 18			2447 2440		2434 2429			87,3 84,5	85,9	yes	OK OK

Initial production 2010 - results concrete test factory Viana do Castelo, Portugal C60/75												
date of sample	nr. of sample	spread cm	tempera- ture °C	unset concr. density kg/m³	w/c- ratio	set concr. dens. kg/m³	1d MPa	strength 7d MPa	28d MPa	average fci N/mm²	criteria 2 fci ≥ fck - 4 fulfilled?	Criteria fciaverageX(15%)≥fci
15-06-2011	35 5 25	64	26,2	2438 2448 2451	0,353	2434 2436 2437			84,1 82,6 85,1	83,9	yes	OK OK OK
	20 33 24		27,2	2447 2438 2445 2444		2438 2445 2444			83,4 84,5 86,1	84,7	yes	OK OK OK
16-06-2011	30 18 17	68	25,0	2459 2452 2446	0,360	2447 2438 2443			82,8 83,9 81,3	82,7	yes	OK OK OK
	20 2 35		26,7	2457 2447 2449	0,350	2440 2435 2435			80,4 89,7 84,2	84,8	yes	OK OK OK
17-06-2011	33 2	63	25,3	2444 2453	0,339	2421 2439	56,9	75,4				
	11 5		26,7	2451 2447		2439 2439			86,5 84,3	85,4	yes	OK OK
18-06-2011	29 2	67	24,5	2459 2460	0,346	2445 2445			85,3 80,5	82,9	yes	OK OK
	22 23		25,6	2453 2474		2442 2462			86,0 83,9	85,0	yes	OK OK
20-06-2011	22 33 18	65	24,4	2447 2433 2450	0,346	2435 2425 2451			81,2 82,4 81,7	81,8	yes	OK OK OK
	29 23 2			2443 2454 2454		2433 2457 2455			81,9 81,6 81,6	81,7	yes	OK OK OK
21-06-2011	17 34	65	25,0	2452 2457	0,354	2438 2439	55,6	71,7				
	29 22			2452 2454		2441 2442			80,4 80,1	80,3	yes	OK OK
22-06-2011	5 24	67	26,2	2439 2438	0,340	2436 2433			80,9 80,5	80,7	yes	OK OK
24-06-2011	34 23 29	65	26,6	2448 2444 2457	0,350	2436 2431 2444			81,5 78,5 81,6	80,5	yes	OK OK OK
	18 20 35			2447 2440 2441		2437 2431 2431			81,7 83,2 81,0	82,0	yes	OK OK OK
25-06-2011	6 25	65	26,0	2451 2447	0,344	2422 2427			79,3 82,0	80,7	yes	OK OK
	34 35			2449 2441		2427 2423			78,4 75,0	76,7	yes	OK OK
27-06-2011	2 11	67	26,2	2430 2425	0,350	2421 2404			76,0 75,0	75,5	yes	OK OK
30-06-2011	35 25	63	27,2	2425 2426	0,341	2417 2427			78,0 79,0	78,5	yes	OK OK
01-07-2011	35 25	63	28,2	2437 2441	0,347	2412 2417			78,8 78,6	78,7	yes	OK OK
05-07-2011	20 23 34	65	25,6	2440 2437 2434	0,360	2412 2420 2425			82,1 79,7 81,8	81,2	yes	OK OK OK
06-07-2011	8 35 2	67	26,7	2449 2445 2449	0,350	2449 2440 2451			83,7 82,1 82,3	82,7	yes	OK OK OK
11-07-2011	35 30 8	67	26,2	2451 2463 2440	0,356	2443 2451 2432			85,5 84,8 83,3	84,5	yes	OK OK OK
	2 6 22			2452 2445 2445		2443 2436 2436			83,4 82,9 82,6	83,0	yes	OK OK OK
12-07-2011	25 2	64	28,7	2435 2435	0,350	2411 2421	54,3	70,6				
	33 24			2431 2448		2421 2437			81,6 79,3	80,5	yes	OK OK
12-07-2011	8 22	65	28,4	2432 2444	0,352	2422 2434			82,5 80,0	81,3	yes	OK OK
13-07-2011	30 29	63	27,2	2428 2428	0,355	2421 2418			81,5 82,7	82,1	yes	OK OK
14-07-2011	35 2	67	26,1	2430 2436	0,360	2420 2427			83,8 83,1	83,5	yes	OK OK
14-07-2011	34 6	65	26,7	2441 2434	0,344	2431 2429			82,4 83,0	82,7	yes	OK OK
15-07-2011	29 35	63	26,2	2444 2421	0,351	2432 2419			81,6 83,7	82,7	yes	OK OK
18-07-2011	10 34 30	63	26,3	2446 2466 2451	0,350	2433 2445 2441			80,7 80,5 79,0	80,1	yes	OK OK OK
	29 2 35			2448 2449 2448		2437 2439 2439			79,4 79,5 79,4	79,4	yes	OK OK OK
19-07-2011	23 29	66	26,0	2469 2462	0,347	2446 2437	50,0	68,9				

[illegible]

criteria 1: $f_{cm} \geq f_{ck} + 4 \rightarrow 81,5603825136612 \geq 79 \rightarrow$ fulfilled

Ensaio ao aço utilizado na produção

Supplier	J.Souares Correia
Diameter [mm]	12
Strength Re [Mpa]	500

General				Resistência à tracção e deformabilidade						Parâmetros geométricos							
Sample nº	Coil nº	Melting nº	Date of Sample	Re [Mpa]	Rm [Mpa]	Rm/Re	Re/500	A _g [%]	A ₁₀ [%]	As [mm2]	a _m [mm]	a _{1/4} [mm]	C [mm]	b [mm]	β [°]	f _R	Σfi [mm]
	Nominal Value			500	550		1,20	8	10	113	0,78	0,54	7,2	1,2	60	0,056	7,5
	Toleranz			≥ 500	≥ 550	1,15-1,35		≥ 8	≥ 10	108,5 -119,8			± 1,08	≤ 2,4	40 - 70	≥ 0,056	≤ 7,5
	Average			688,5172414	1,204863982	1,14	10,56	16,5	112,796552	0,81862069	0,746206897	7,52068966	1,16275862	62,7931034	0,06665517	2,98793103	#DIV/0!
	Minimum			656	1,166953528	1,04	8,80	14,7	112,1	0,78	0,7	7,39	1,13	62	0,063	2,73	0
	Maximum			708	1,256704981	1,20	12,40	18,4	113,5	0,91	0,84	7,69	1,19	63	0,075	3,32	0
	Standard deviation			13,80895333	0,024127469	0,03	1,03	1,09087121	0,33645501	0,03492074	0,039043364	0,08021983	0,0190669	0,41225082	0,00301515	0,16736144	#DIV/0!
	Count			29	29	29,00	29,00	29	29	29	29	29	29	29	29	29	0
27B	410	556566	03-05-2011	574	689	1,20	1,15	9,8	15,2	112,9	0,8	0,73	7,47	1,13	63	0,065	3,2
28A	404	556569	05-05-2011	570	694	1,22	1,14	10,5	17,1	113,0	0,82	0,73	7,5	1,15	63	0,066	3,14
28B	404	556569	05-05-2011	588	690	1,17	1,18	11,1	18,1	112,7	0,8	0,73	7,62	1,18	63	0,064	3,32
29A	410	556570	10-05-2011	585	689	1,18	1,17	11,9	17,3	113,1	0,82	0,73	7,65	1,19	63	0,065	3,18
29B	410	556570	10-05-2011	569	687	1,21	1,14	10,3	16,1	112,9	0,85	0,78	7,59	1,13	63	0,069	2,87
30A	409	556357	12-05-2011	581	678	1,17	1,16	11,4	17	113,5	0,79	0,71	7,6	1,18	63	0,064	2,94
30B	409	556357	12-05-2011	583	682	1,17	1,17	10,9	16,3	112,7	0,79	0,71	7,69	1,17	63	0,063	2,81
35A	417	557200	26-05-2011	554	674	1,22	1,11	9	15,8	112,9	0,91	0,84	7,44	1,17	63	0,075	2,73
35B	417	557200	26-05-2011	553	672	1,22	1,11	12,3	14,9	112,8	0,83	0,72	7,56	1,15	62	0,068	3,04
36A	419	557145	31-05-2011	563	677	1,20	1,13	11,8	15,9	112,1	0,89	0,81	7,44	1,13	63	0,074	2,98
36B	419	557145	31-05-2011	569	681	1,20	1,14	10	14,7	112,8	0,87	0,81	7,6	1,17	63	0,07	3,21
37A	403	557152	02-06-2011	575	690	1,20	1,15	9,1	15,2	112,3	0,8	0,73	7,43	1,17	62	0,066	3,05
37B	403	557152	02-06-2011	578	690	1,19	1,16	10,7	18,1	113,3	0,81	0,77	7,43	1,15	62	0,066	3,19
38A	405	557222	07-06-2011	598	706	1,18	1,20	12,1	16,3	113,1	0,82	0,71	7,59	1,18	63	0,066	2,89
38B	405	557222	07-06-2011	594	705	1,19	1,19	9,9	15,7	113,1	0,83	0,77	7,55	1,17	63	0,068	2,84
39A	403	557195	09-06-2011	585	694	1,19	1,17	8,8	16,8	112,7	0,78	0,71	7,47	1,15	63	0,063	3,24
39B	403	557195	09-06-2011	572	690	1,21	1,14	10	16,8	112,1	0,82	0,75	7,5	1,17	63	0,067	3,24
40A	415	557203	14-06-2011	573	676	1,18	1,15	11,2	17,1	112,4	0,79	0,73	7,43	1,13	62	0,065	2,93
40B	415	557203	14-06-2011	563	675	1,20	1,13	10	17,3	112,8	0,78	0,7	7,42	1,17	63	0,065	2,78
41A	416	557208	15-06-2011	564	702	1,24	1,13	11,1	17,3	112,6	0,87	0,8	7,58	1,18	62	0,07	2,81
41B	416	557208	15-06-2011	575	701	1,22	1,15	9,8	16,3	112,5	0,79	0,72	7,55	1,18	63	0,064	2,84
42A	416	557175	18-06-2011	522	656	1,26	1,04	11,8	15,5	112,7	0,78	0,72	7,55	1,15	63	0,063	2,95
42B	416	557175	18-06-2011	527	658	1,25	1,05	10,3	14,7	113,0	0,79	0,72	7,48	1,17	63	0,065	3,11
43A	403	557133	21-06-2011	569	708	1,24	1,14	12,4	14,9	112,6	0,81	0,76	7,4	1,14	62	0,067	2,83
43B	403	557133	21-06-2011	575	707	1,23	1,15	9,1	17,3	113,2	0,82	0,74	7,58	1,18	63	0,066	2,9
44A	424	557192	24-06-2011	575	697	1,21	1,15	10,3	17,7	112,4	0,79	0,71	7,54	1,14	63	0,065	2,87
44B	424	557192	24-06-2011	586	696	1,19	1,17	9,9	17	112,8	0,79	0,71	7,48	1,18	63	0,065	2,88
45A	403	557174	28-06-2011	584	699	1,20	1,17	11,1	18,4	113,0	0,83	0,77	7,39	1,19	63	0,069	3,04
45B	403	557174	28-06-2011	575	704	1,22	1,15	9,7	17,7	113,1	0,87	0,82	7,57	1,17	63	0,07	2,84

GR

Medição da planura do Sistema de Junta

1

Por favor escolha uma Língua		Portuguese									
Anel											
Ponto medição	Média	Standard-abweichung	Nº do segmento 30-1N-066-01 18-07-2011		Nº do segmento 30-1N-066-02 19-07-2011		Nº do segmento 30-1N-066-03 20-07-2011		Nº do segmento 30-1N-066-04 21-07-2011		
Pontos de medição	Média	Desvio P.	Valor total da diferença na junta								
	0,18	0,01	0,19		0,17		0,17		0,18		
A = 1	0,01		-0,01	-0,01	0,01	-0,03	-0,02	-0,02	0,04	0,09	
2	0,01		-0,05	-0,04	0,07	0,09	0,02	0,03	-0,03	-0,01	
3	-0,01		-0,04	-0,04	0,01	0,02	0,02	0	-0,04	-0,02	
4	0,00		0,01	0,03	-0,05	0,02	-0,05	0,03	0,02	0	
5	0,01		-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	0	-0,01	0,08	0,09	
6	-0,01		-0,04	-0,04	-0,07	0	-0,04	0,02	0,05	0,01	
7	-0,01		-0,03	-0,04	-0,05	-0,01	-0,03	0	0,03	0,03	
8	0,03		0,05	0,02	0	0,06	0,01	0	0,02	0,04	
9	0,05		0,06	0,08	0	0,07	0,04	0,1	0,02	-0,01	
10	0,00		0,01	0,03	-0,03	0,07	-0,01	0,07	-0,09	-0,08	
11	-0,01		0,07	0,03	-0,02	0,03	0,02	0,01	-0,09	-0,09	
12	0,00		0,03	0,07	-0,03	0,05	-0,05	0,04	-0,05	-0,09	
13	-0,01		-0,02	0,04	-0,07	0,03	-0,02	0,04	-0,08	0,01	
14	-0,02		-0,04	-0,04	0,01	-0,03	-0,07	-0,06	0	0,07	
15	-0,04		-0,06	-0,11	-0,06	-0,07	-0,06	-0,05	0,06	0,05	
16	-0,01		-0,03	-0,06	-0,07	-0,02	-0,04	0,05	0,06	0,07	
17	-0,01		0,01	-0,07	0,05	0,03	-0,04	-0,02	0,04	-0,06	
18	0,04		0,02	0	0,03	0,07	0,01	0,05	0,07	0,07	
19	0,02		0	0	0,05	0,07	-0,04	-0,01	0,04	0,01	
20	-0,01		0,01	0	0,03	-0,01	-0,07	0,03	-0,03	0	
21	0,04		0,07	-0,01	0,04	0,05	0,07	0,1	0	-0,03	
22	0,02		0,05	-0,02	0	0	0,07	0,03	0,02	0,02	
23	-0,01		0,05	0	-0,08	-0,06	0,04	0,03	0,03	-0,06	
24	-0,03		0,03	-0,04	-0,05	-0,08	0,01	-0,04	-0,05	-0,02	
25	-0,04		0,04	-0,02	-0,04	-0,07	-0,04	-0,04	-0,07	-0,09	
26	-0,01		0,04	0,01	0,02	-0,03	-0,03	0	-0,05	-0,04	
27	0,02		0,05	0,01	-0,04	0,09	0	-0,01	0,02	0,02	
28	0,00		-0,02	-0,04	0,02	0,08	-0,04	-0,02	-0,01	0,01	
Sistema junta medido molde											
Pontos de medição	Média	Desvio P.	Valor total da diferença na junta								
	0,39	0,14	0,29		0,3		0,6		0,38		
A = 1	-0,09		0,04	-0,12	0,01	-0,06	-0,19	-0,23	-0,1	-0,04	
2	-0,14		0,01	-0,07	0	-0,11	-0,29	-0,28	-0,19	-0,15	
3	-0,14		0,05	-0,07	-0,11	-0,15	-0,28	-0,26	-0,16	-0,14	
4	-0,08		0,08	-0,03	0,02	-0,02	-0,17	-0,26	-0,17	-0,09	
5	0,00		0,09	0,05	0,01	-0,05	-0,05	-0,07	-0,03	0,03	
6	0,11		0,13	0,03	0,13	0,11	0,13	0,04	0,16	0,15	
7	0,14		0,13	0,03	0,15	0,11	0,18	0,18	0,16	0,14	
8	0,10		0,03	-0,01	0,14	0,06	0,09	0,12	0,19	0,18	
9	0,03		-0,07	-0,1	-0,14	-0,04	0,24	0,09	0,09	0,15	
10	-0,02		-0,13	-0,14	-0,1	-0,15	0,2	0,17	-0,01	0,01	
11	-0,06		-0,12	-0,14	-0,15	-0,07	0,07	0,06	-0,07	-0,09	
12	-0,04		0,01	0,01	-0,03	-0,07	0,02	0,02	-0,16	-0,12	
13	-0,08		-0,06	-0,07	-0,08	-0,08	-0,03	-0,06	-0,17	-0,09	
14	0,01		0,14	0,1	0,08	0,07	0,03	-0,06	-0,15	-0,13	
15	0,02		0,15	0,09	0,01	0,06	-0,01	-0,16	-0,07	0,08	
16	0,04		0,15	-0,05	-0,02	0,14	0,01	-0,02	0,04	0,08	
17	0,03		0,06	-0,11	0,1	0,13	-0,09	-0,14	0,12	0,16	
18	-0,03		-0,02	-0,12	0,13	0,05	-0,14	-0,23	-0,08	0,14	
19	0,08		0,1	0,14	0,09	0,11	-0,02	-0,01	0,05	0,16	
20	-0,07		-0,02	-0,01	-0,03	-0,02	-0,17	-0,11	-0,12	-0,1	
21	-0,09		-0,06	0	-0,11	-0,1	-0,15	-0,1	-0,1	-0,1	
22	-0,07		-0,07	-0,09	-0,11	-0,12	-0,01	-0,02	-0,05	-0,06	
23	0,00		-0,01	-0,06	-0,13	-0,13	0,17	0,13	-0,01	0,06	
24	0,07		0,11	-0,09	-0,04	-0,1	0,27	0,25	0,05	0,08	
25	0,11		0,02	0,02	0,08	-0,03	0,28	0,31	0,09	0,13	
26	0,12		0,03	-0,02	0,13	0,06	0,31	0,23	0,09	0,09	
27	0,05		0,01	-0,07	0,15	0,09	0,16	0,04	-0,03	0,02	
28	0,02		0,13	-0,03	0,09	0,08	-0,07	-0,1	0,01	0,07	

