



# **Formulação de Betão Autocompactável com resíduos de Pedreiras do Alentejo**

Aproveitamento de resíduos no fabrico do betão

**Guida Alexandra de Jesus Faria**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Civil**



Orientador: António Carlos Bettencourt Simões Ribeiro

**Évora, 30 de Abril de 2010**

# Formulação de Betão Autocompactável com resíduos de Pedreiras do Alentejo

**Guida Alexandra de Jesus Faria**

Orientador: António Carlos Bettencourt Simões Ribeiro



174689

*Para os meus pais,*

*José e Clara.*

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho não seria possível sem a colaboração de várias pessoas, as quais foram muito importantes para a realização desta dissertação. A colaboração foi efectuada por trabalhadores da IBERA e professores da Universidade de Évora. Assim os sinceros agradecimentos a todos os participantes neste trabalho, que são:

Ao orientador desta dissertação, Eng.º António Bettencourt Ribeiro;

Ao José Fernandes, Director Técnico da Qualidade da IBERA, pela ajuda intensiva e total apoio à realização do trabalho, bem como na preparação do texto da dissertação.

Ao Luís Paixão, operador do Laboratório Central da IBERA, pela participação intensiva e disponibilidade nos trabalhos laboratoriais, nos ensaios efectuados e preparação dos respectivos provetes e no protótipo.

O meu apreço e gratidão à Empresa IBERA, sem a qual, com os seus equipamentos, o laboratório e os materiais que disponibilizou, não teria sido possível a realização laboratorial deste trabalho.

# **Formulação de Betão Autocompactável com resíduos de Pedreiras do Alentejo**

## **Aproveitamento de resíduos no fabrico do betão**

### **RESUMO**

Os betões autocompactáveis (BAC) são betões que se definem pela capacidade de fluir no interior das cofragens, preenchendo-as e envolvendo as armaduras só por acção do seu próprio peso, sem bloqueio dos agregados e mantendo-se homogéneo em todo o seu volume.

As adições activas do tipo II nomeadamente as cinzas volantes, utilizadas na fabricação do BAC irão escassear no futuro pelo facto de provirem da queima do carvão da qual resulta uma quantidade elevada de CO<sub>2</sub>. Para minimizar estas emissões, o carvão começa a ser substituído por gás natural. Mas, como o BAC necessita duma grande quantidade de finos, há necessidade de encontrar outros subprodutos que a substituam.

Tendo em conta o que atrás se afirma introduziram-se na fabricação do BAC resíduos de pedra do Alentejo, identificaram-se as suas características no estado fresco e no estado endurecido. Este estudo teve também em conta o factor económico da sua produção.

# **Formulation of Self-Compacting Concrete using waste material from Alentejo Quarries**

Utilization of waste in the manufacture of concrete

## **ABSTRACT**

Self-Compacting (SCC) is concrete which may be defined by the ability to flow inside the formwork, filling them and involving the reinforcements only by action of its own weight, without blocking and maintaining uniformity throughout its volume.

Type II additions, as fly ash, are used in the manufacture of SCC. The supply of fly ash in the future will be difficult because they come from the burning of coal resulting in a high amount of CO<sub>2</sub>. To minimize these emissions, coal is being replaced by natural gas. But, as the BAC requires a large amount of fine materials, the formulation of SCC requires other fine products.

Having this in mind, the use of waste from Alentejo quarries in concrete was tested. The characteristics of SCC with waste material were identified in fresh and hardened state. This study also took into account the economic factor of production.

# ÍNDICE GERAL

1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento Geral .....	1
1.2 Objectivo .....	1
1.3 Estrutura da dissertação.....	2
2. Betão Autocompactável.....	4
2.1 Propriedades.....	5
2.1.1 Resistência à Compressão .....	5
2.1.2 Resistência à Tracção.....	5
2.1.3 Retracção.....	5
2.1.4 Resistência ao Corte entre Camadas.....	6
2.1.5 Durabilidade.....	7
2.2 Vantagens .....	8
2.3 Desvantagens .....	8
2.4 Fabrico e Transporte .....	9
3. Materiais Utilizados .....	10
3.1 Agregados.....	10
3.1.1 Massa volúmica e absorção de água.....	11
3.1.2 Resistência mecânica.....	11
3.1.3 Forma das partículas.....	11
3.1.4 Determinações necessárias para o cálculo da composição do betão .....	11
3.1.5 Granulometria .....	12
3.2 Cimento .....	12
3.2.1 Características químicas e mineralógicas do cimento .....	12
3.2.2 Características físicas do cimento .....	13
3.3 Cinzas .....	14
3.4 Escórias.....	16
3.5 Pó de Mármore .....	17
3.6 Adjuvantes.....	18
3.6.1 Plastificantes.....	20
3.6.2 Superplastificantes.....	21

3.7 Água.....	22
4. Requisitos da composição.....	24
5. Métodos de Ensaios.....	27
5.1 Preparação das amassaduras.....	27
5.2 Ensaio no Estado Fresco.....	28
5.2.1 Espalhamento (Slump-Flow).....	28
5.2.2 Funil.....	29
5.3 Ensaio no Estado Endurecido.....	30
5.3.1 Ensaio de Resistência à Compressão.....	30
6. Descrição experimental – Amassaduras.....	31
7. Resultados Obtidos.....	33
7.1 Betão fresco.....	33
7.2 Betão Endurecido.....	36
8. Análise de Resultados.....	37
8.1 Capacidade de preencher e de fluir dos betões.....	37
8.2 Características do betão endurecido.....	37
8.2.1 Superfícies Moldadas.....	39
9. Caso Prático – parede.....	41
9.1 Ensaio.....	44
9.1.1 No Estado Fresco.....	44
9.1.2 No Estado endurecido.....	45
9.4 Análise de Resultados.....	48
10. Custos dos BAC.....	49
11. Conclusões Finais.....	50
Bibliografia.....	51
Anexo A - Fichas técnicas dos agregados.....	52
Anexo B - Análise Granulométrica dos Agregados.....	56
Anexo C - Ficha técnica do cimento e controlo estatístico.....	60
Anexo D - Cinzas Volantes: Ficha técnica e relatório de ensaio.....	64
Anexo E - Relatório de Ensaio do Pó de pedra.....	76
Anexo F - Ficha técnica dos adjuvantes.....	79
Anexo G - Amassaduras Laboratoriais.....	85
Anexo H - Certificado da Prensa de Compressão.....	96
Anexo I - Fpr EN 206-9.....	99

Anexo J - Determinação da Massa Volúmica, do Índice de Vazios e da Tensão de rotura das carote ..... 102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Pó de mármore.....	17
Figura 2- Misturadora utilizada na produção dos betões.....	27
Figura 3 – Funil V .....	29
Figura 4 – Máquina de ensaio à compressão .....	30
Figura 5 - Imagem de betão com ar .....	31
Figura 6 – Espalhamento dos betões .....	34
Figura 7- Frente de espalhamento dos betões para visualização de sinais de segregação .....	35
Figura 8 - Resistência à compressão em função da relação a/l .....	38
Figura 9- Evolução da resistência à compressão com a idade .....	39
Figura 10- Imagens dos provetes .....	40
Figura 11 - Cofragem do protótipo .....	41
Figura 12 - Imagem interior da betonagem da parede (Protótipo) .....	42
Figura 13 - Cone de Abrams acoplado com um tubo .....	42
Figura 14 - Parede depois de descofrada (Protótipo) .....	44
Figura 15 .....	45
Figura 16 - Carotes extraídas do Protótipo.....	46
Figura 17 - Corte Vertical da Parede (Protótipo) .....	46
Figura 18 - Corte Vertical da Parede (Protótipo) .....	47
Figura 19 .....	47
Figura 20 .....	48

## **ÍNDICES DE TABELAS**

Tabela 1 - Massas volúmicas a absorção dos agregados.....	11
Tabela 2 – Composição dos Betões (kg/m <sup>3</sup> ).....	32
Tabela 3 – Resultados dos ensaios dos betões BAC no estado fresco .....	33
Tabela 4 – Classificação da consistência dos betões BAC .....	33
Tabela 5 – Resultados dos ensaios dos betões BAC 1 a BAC 4 no estado endurecido.....	36
Tabela 6 – Classes de resistência à compressão.....	37
Tabela 7 – Composição do Protótipo (kg/m <sup>3</sup> ) .....	43
Tabela 8 – Resultados dos ensaios dos betões BAC no estado fresco .....	44
Tabela 9 .....	45
Tabela 10 .....	49

## **ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

$\text{Al}_2\text{O}_3$  - Óxido de Alumínio

A/L – Razão água/ligante

BAC – Betão Autocompactável

Ca O – Óxido de Cálcio

EN – Norma Europeia

$f_{ck}$  – resistência característica à compressão do betão determinada em cubos

$f_{cm}$  – resistência média à compressão do betão

MVimperme – Massa volúmica do material impermeável

MV sat – Massa volúmica do material saturado com a superfície seca

MV seca – Massa volúmica do material seco

NP- Norma Portuguesa

rpm – rotações por minutos

$\text{SiO}_2$  - Óxido de Silício

SF – Slump-Flow

$t_{500}$  - tempo decorrido até o betão atingir um espalhamento de 500mm

$t_v$  - tempo de fluxo do funil em V

## **LETRAS GREGAS**

$\sigma$  - Desvio padrão da resistência à compressão

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 ENQUADRAMENTO GERAL**

Na construção das grandes estruturas e até ao século XIX foi utilizado o aço. A partir desta altura e após a descoberta do betão armado, pelos alemães, o betão foi progressivamente utilizado sendo hoje o elemento essencial de qualquer construção, embora o aço continue ainda a estar presente nas estruturas. A sua crescente utilização deve-se ao facto de poder ser moldado nas formas e tamanhos que se pretender, é económico, porque utiliza os agregados disponíveis nos locais de construção e eles representam aproximadamente 75% do seu volume.

O betão é um material compósito com uma base cimentícia e que resulta da mistura de água e de ligante, na qual são envolvidas as partículas constituintes dos agregados utilizados, areias e britas.

O ligante é geralmente constituído por cimento, ou por cimento e adições.

São utilizados, também, na sua fabricação adjuvantes que lhe conferem características e propriedades para diversos desempenhos.

## **1.2 OBJECTIVO**

O objectivo deste trabalho foi conceber um betão autocompactável utilizando agregados britados compostos por brita 1, bago de arroz e também resíduos provenientes do corte do mármore alentejano, da zona do Alandroal, sendo esta adição designada doravante por pó de mármore. É utilizada também uma areia natural fina, siliciosa, rolada e extraída da zona de Alcáçer do Sal. Não sendo a brita 1 nem o bago de arroz, nem sequer o pó de mármore os constituintes ideais para a fabricação do BAC devido à sua forma multifacetada, são os convenientes para se conseguir um betão económico e competitivo.

Os ligantes utilizados foram constituídos por CEM II A/L 42,5 R, fabricado pela CIMPOR no centro de produção de Alhandra, por cinzas volantes, proveniente da termoelétrica de Sines e fornecida pela EDP, por escórias moídas, proveniente da Siderurgia Nacional e por resíduos do corte e polimento de mármore (pó de mármore), proveniente de uma pedreira da zona de Alandroal, pertencente à empresa Alandromar.

Para se atingir o objectivo proposto realizaram-se as seguintes acções:

- Recolha de informação sobre como formular um betão autocompactável;
- Recolha do pó de mármore, agregados, cimento, cinzas, escórias e adjuvantes;
- Formulação e realização das amassaduras das várias composições de betão autocompactável com a incorporação de adições;
- Análise dos resultados.

### 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente documento está dividido em 11 capítulos.

O primeiro, introdutório, apresenta sucintamente os objectivos estabelecidos para a realização do trabalho e a exposição da estrutura do documento.

No segundo capítulo, com o título "Betão Autocompactável", apresenta, com base na bibliografia existente, uma descrição das características dos betões autocompactáveis, das suas vantagens e desvantagens, em relação ao betão corrente, bem como, o cuidado a ter no seu fabrico e transporte.

Os constituintes utilizados na realização deste trabalho, bem como, as suas propriedades são descritos no Capítulo 3.

No Capítulo 4 apresentam-se os requisitos necessários para a formulação da composição.

Os métodos de ensaios utilizados nesta dissertação são descritos no Capítulo 5, bem como, a preparação das amassaduras e os ensaios do betão no estado fresco e no estado endurecido.

No Capítulo 6 estão descritas as composições efectuadas, e a quantidade dos espécimes moldados.

Os resultados dos ensaios efectuados ao betão, no estado fresco e no estado endurecido, apresentam-se no capítulo 7.

No capítulo 8 faz-se uma análise às características obtidas no betão aquando no estado fresco e endurecido.

O capítulo 9 refere-se ao enchimento de uma parede vertical com 110x90x8 cm, para verificação do bom funcionamento das características do BAC 3, aquele que após o estudo efectuado reunia as melhores características.

No décimo capítulo, com o título "Custos dos BAC", determinaram-se os custos de cada composição.

Por último, no capítulo 11 encontram-se descritas as conclusões finais deste trabalho.

## **2. BETÃO AUTOCOMPACTÁVEL**

Desde o princípio dos anos 70 que se têm vindo a utilizar na Europa betões que requerem pouca vibração ou compactação, mas a verdade é que o Betão Autocompactável só foi desenvolvido a partir de finais dos anos 80, no Japão. A nível europeu, acredita-se que terá sido usado inicialmente em meados dos anos 90 em obras de construção civil de redes rodoviárias, na Suécia.

O Betão Autocompactável (BAC) é um tipo de betão inovador que não requer vibração para a sua colocação e compactação, já que tem a capacidade de fluir sob a acção do seu próprio peso, enchendo completamente as cofragens e os moldes, e atingindo uma plena compactação, mesmo em presença de uma elevada densidade de armaduras e tendo uma melhor ligação entre a argamassa e os agregados.

Este betão, depois de endurecido é denso, homogéneo e possui as mesmas propriedades estruturais e durabilidade idêntica às do betão convencional compactado e vibrado por processos tradicionais.

O BAC exhibe propriedades que permitem um ritmo rápido de colocação do betão, o que diminui o prazo de construção e os problemas de escoamento através de zonas com grande densidade de armadura. A fluidez e a resistência à segregação do BAC asseguram um bom nível de homogeneidade, uma porosidade mínima do betão e uma resistência uniforme, contribuindo para um nível superior de acabamento e uma maior durabilidade da estrutura. O BAC é normalmente confeccionado com uma razão água/ligante muito baixa, pelo que se obtêm resistências mais elevadas e descofragens mais rápidas.

A eliminação ou dispensa dos equipamentos de vibração reduz o impacto ambiental, tanto na obra como nas suas proximidades, ou mesmo nas unidades de pré-fabricação, minorando o tempo e a intensidade de exposição dos trabalhadores ao ruído e às vibrações.

Deste modo, a crescente facilidade de utilização na construção, combinada com os benefícios no campo da segurança e saúde, e também no domínio ambiental, tornam o BAC numa atractiva solução tecnológica para as indústrias do betão e da construção civil. [2]

## 2.1 PROPRIEDADES

### 2.1.1 Resistência à Compressão

O betão corrente ao ser compactado por vibração horizontal desloca o centro de gravidade das partículas que o constituem, estas, quando em repouso, tendem a retomar a sua posição natural, este movimento pode provocar uma chamada de água à superfície de contacto podendo, assim, diminuir a ligação entre a pasta e o agregado.

O BAC tem normalmente um valor da resistência à compressão ligeiramente superior, devido ao facto de a falta de vibração lhe permitir uma maior interface entre o agregado e a pasta endurecida e a baixa razão água/ligante. O desenvolvimento das resistências é similar a um betão normal pelo que o ensaio de maturidade pode constituir um meio eficiente de controlar o desenvolvimento da resistência, independentemente de se utilizarem processos de cura térmica acelerada. [2]

### 2.1.2 Resistência à Tracção

O BAC pode e deve ser fornecido para qualquer classe de resistência à compressão que seja especificada. Para uma determinada classe e grau de maturidade, a tensão de tracção pode ser assumida com segurança, como idêntica à de um betão corrente, visto que o volume da pasta não tem um efeito significativo no valor da resistência à tracção. [2]

### 2.1.3 Retracção

A Retracção é a soma da retracção autogénea e da retracção por secagem. A retracção autogénea ocorre também durante a presa e é

causada pelo consumo interno da água durante o processo de hidratação. O volume de produtos hidratados é menor que o volume original do cimento não hidratado e da água, e esta redução de volume causa tensões provocando a chamada retracção autogénea.

A retracção por secagem é provocada pela perda de água do betão para a atmosfera. Geralmente, esta perda de água é da pasta de cimento, mas com alguns tipos de agregados uma parcela significativa pode provir dos agregados. A retracção por secagem é relativamente lenta e as tensões que induz são parcialmente atenuadas pela fluência do betão.

Os agregados opõem-se à retracção da pasta de cimento, pelo que quanto maior o volume de agregados e do valor do seu módulo de elasticidade menor será a retracção por secagem. Uma diminuição na dimensão máxima do agregado, que implica um maior volume de pasta, aumenta a retracção de secagem.

Como a resistência à compressão do betão está relacionada com a razão água/ligante, num BAC com uma baixa razão água/ligante a retracção por secagem é menor e a retracção autogénea pode ser superior àquela.

Ensaio realizados para determinar a fluência e a retracção de diferentes tipos de BAC e de um betão de referência mostram que [2]:

- A deformação causada pela retracção pode ser maior;
- A deformação causada pela fluência pode ser menor;
- Os valores para a soma das deformações devidas à retracção e à fluência são quase idênticos.

#### 2.1.4 Resistência ao Corte entre Camadas

A superfície do BAC endurecido depois de colocado e curado pode apresentar-se bastante lisa e impermeável. Sem haver qualquer tratamento da superfície após a colocação da primeira camada, a capacidade de resistência ao corte entre a primeira e a segunda camada pode ser menor que para o betão vibrado convencional, e pode, por isso, ser insuficiente para suportar esforços de corte. Um tratamento de superfície à base de

retardadores, escovagem ou criação de rugosidade superficial, deverá ser então suficiente. [2]

### 2.1.5 Durabilidade

A durabilidade de uma estrutura de betão, relacionada com a corrosão das armaduras, está intimamente associada à permeabilidade da camada superficial, devendo esta limitar o ingresso dos agentes que podem iniciar ou propagar as possíveis acções deletérias. Na prática, a durabilidade depende dos materiais seleccionados, da composição do betão, assim como do grau de supervisão durante a colocação, compactação, acabamento e cura do betão. [2]

A falta de compactação da camada superior, devido a dificuldades de vibração em espaços apertados entre a cofragem e os varões ou outros elementos, tem sido reconhecida como um factor determinante na baixa durabilidade das estruturas de betão armado expostas a ambientes agressivos. Foi para ultrapassar estas situações que surgiram inicialmente o desenvolvimento do BAC no Japão. [2]

O betão vibrado convencional é compactado habitualmente através de vibração, que é um processo descontínuo. No caso da vibração interna, mesmo quando correctamente executada, o volume de betão abrangido pela área de influência do vibrador não recebe igualmente a mesma energia de compactação.

De forma semelhante, no caso da vibração externa, a compactação resultante é essencialmente heterogénea, dependendo da distância à fonte de vibração.

O resultado da vibração é, deste modo, um betão estrutural com compactação irregular e, por isso, com diferentes graus de permeabilidade, o que potencia a entrada selectiva de substâncias agressivas. Naturalmente, as consequências da vibração incorrecta têm um efeito muito mais negativo na permeabilidade, e por conseguinte na durabilidade. [2]

O BAC com propriedades adequadas está isento destes problemas, e apresenta-se como um material com permeabilidade baixa e uniforme, oferecendo menos pontos fracos para o ataque dos agentes agressivos, e contribuindo assim para uma melhor durabilidade. A comparação da permeabilidade entre o BAC e o betão vibrado corrente depende da selecção de materiais e da razão efectiva água/cimento ou água/ligante. [2]

## 2.2 VANTAGENS

Uma das principais vantagens do BAC é aumentar a velocidade de colocação do betão em obra.

Tem uma maior qualidade de acabamento superficial, dada só por si, tendo a capacidade de fluir sob a acção do seu próprio peso, dá também uma maior durabilidade às estruturas.

Sendo um produto estável e resistente à segregação, assegura um bom nível de homogeneidade, uma porosidade mínima e uma resistência uniforme.

Possui uma baixa razão água/cimento obtendo-se resistências elevadas, nas idades jovens, favorecendo descofragens mais rápidas.

O BAC tem a vantagem de dispensar equipamentos de vibração, reduzindo o impacto ambiental.

## 2.3 DESVANTAGENS

Necessita de cofragens mais cuidadas pois o impulso do BAC é superior ao do betão normal.

## 2.4 FABRICO E TRANSPORTE

A produção e o fornecimento do BAC rege-se ainda pelo controlo de produção segundo os requisitos da NP EN 206-1, sendo o responsável o produtor do betão. Brevemente estarão disponíveis normas específicas para este betão.

Para a sua fabricação é importante o produtor saber qual será a sua aplicação, para que sejam atingidos os requisitos necessários do betão durante a produção.

É aconselhável que antes da entrega do produto, sejam testadas todas as amassaduras, para se assegurar as propriedades autocompactáveis, consistentes e estáveis, realizando os ensaios necessários.

Será importante efectuar uma inspecção visual de cada carga produzida, e a realização do ensaio de espalhamento (SF), antes de se iniciar o seu transporte para o local da obra.

Antes da produção do BAC há que analisar a capacidade de produção, o tempo de percurso, e a capacidade de colocação em obra, para garantir que se possa colocar o betão sem paragens ou lapsos de fornecimentos. A presença de paragens de fornecimentos podem afectar a capacidade de preenchimento quando se reinicia a descarga e provocar juntas frias na superfície vertical. [2]

### **3. MATERIAIS UTILIZADOS**

No presente capítulo são apresentadas as características dos materiais constituintes utilizados neste estudo.

O critério que conduziu à escolha dos materiais foi a sua disponibilidade na empresa "IBERA, Indústria de Betão, S.A.", a operar no mercado de Évora. O trabalho experimental que se apresenta foi efectuado no seu Laboratório Central. Com este novo saber adquirido, futuramente a IBERA pode produzir o BAC e satisfazer as necessidades do mercado onde está inserido.

A utilização de adições do tipo II é importante na produção do BAC. Tendo em conta este factor, fez-se uma amassadura padrão, utilizando cinzas volantes e escórias moídas.

É objectivo deste trabalho a substituição destas adições pelos resíduos provenientes das lamas resultantes da indústria processadora de rochas ornamentais, cuja matéria-prima é essencialmente o mármore, já que estamos situados numa zona do país, onde ele existe com alguma abundância, tornando-se pó de mármore.

Relativamente aos restantes materiais escolheram-se dois agregados grossos, britados, de origem calcária, uma areia fina, de origem siliciosa e dois adjuvantes; um, é agente modificador de viscosidade e normalmente utilizado no fabrico do betão fluido, o outro, é um superplastificante. A água utilizada é proveniente da rede pública.

#### **3.1 AGREGADOS**

Os agregados utilizados neste trabalho foram uma brita 1 e o areão, provenientes da zona do Cano, uma areia fina, siliciosa, de origem natural e proveniente da zona de Castelo Ventoso.

No anexo A encontram-se as fichas técnicas dos agregados.

### 3.1.1 Massa volúmica e absorção de água

Os valores inscritos na tabela 1 foram fornecidos pelos nossos fornecedores, e extraídos das fichas técnicas.

Tabela 1 - Massas volúmicas a absorção dos agregados

<b>Agregado</b>	<b>Brita 1</b>	<b>Areão</b>	<b>Areia Fina</b>
<b>MVimpermeável(kg/m³)</b>	2805	2811	—
<b>MV sat (kg/m³)</b>	2699	2737	—
<b>MV seca (kg/m³)</b>	2641	2696	2630
<b>Absorção, %</b>	2,21	1,52	0,3

### 3.1.2 Resistência mecânica

O agregado influi em todas as propriedades do betão, e especialmente na sua resistência através da composição granulométrica, da sua própria tensão de rotura e da resistência da ligação entre a pasta de cimento e a sua superfície.

### 3.1.3 Forma das partículas

A forma das partículas influi muito sobre as propriedades do betão tais como trabalhabilidade, ângulo de atrito interno, compacidade e, em última análise, sobre todas as que dependem da quantidade da água de amassadura.

### 3.1.4 Determinações necessárias para o cálculo da composição do betão

Para o cálculo da composição do betão, isto é, para a determinação das quantidades dos componentes, em peso por unidade de volume do betão, é necessário conhecer:

- Massa volúmica das partículas;
- Absorção;
- Humidade;

- Granulometria.

### 3.1.5 Granulometria

No Anexo B apresentam-se as curvas granulométricas dos agregados efectuadas de acordo com a NP EN 933-1:2000 [5].

A granulometria é talvez a propriedade mais importante do agregado, a seguir à sua resistência. É ela que condiciona a compacidade do betão, e portanto todas as propriedades deste material.

Chama-se granulometria à distribuição das percentagens das partículas de determinadas dimensões que compõem o agregado.

## 3.2 CIMENTO

A selecção do cimento teve os seguintes critérios: estar disponível no mercado, ser do tipo II e ser o cimento mais utilizado na indústria do betão pronto.

O cimento II A/L 42,5 R, constituído por clínquer e calcário moído (fíler), utilizado foi produzido pela CIMPOR no Centro de Produção de Alhandra.

### 3.2.1 Características químicas e mineralógicas do cimento

As determinações das características químicas do cimento foram efectuadas de acordo com os procedimentos descritos na norma NP EN 196-2:2006, "Métodos de ensaio de cimentos. Parte 2:Análise química dos cimentos".

No anexo C encontra-se a ficha técnica do cimento II A/L 42,5 R, bem como o controlo estatístico.

### 3.2.2 Características físicas do cimento

#### Massa volúmica

A massa volúmica e a finura são características muito importantes no comportamento reológico dos sistemas cimentícios.

A massa volúmica é uma propriedade que se torna fundamental conhecer para calcular correctamente a composição do betão. [1]

A finura é o parâmetro que rege a capacidade de adsorção superficial dos materiais.

Estas características podem ser determinadas seguindo os procedimentos da norma NP EN 196-6:1990, e LNEC E 412.

Etimologicamente a palavra cimento deriva do latim caementum, palavra que parece ter sido criada pelos romanos para designar a mistura de pedras e pedaços de tijolo, cascalho, areia, cal e água, ou seja, o que hoje se designa por argamassa (ou betão).

Só nos fins do século XVIII, com a revolução industrial, se começou a fazer distinção entre argamassa e o ligante, que passa então a chamar-se cimento. Daqui resultou a designação, ainda hoje corrente em certos meios, do cimento armado, pavimentos de cimento, etc.

O cimento portland artificial é obtido a partir de uma mistura devidamente proporcionada de calcário (carbonato de cálcio), argila (silicatos de alumínio e ferro) e, eventualmente, outra ou outras substâncias apropriadas ricas em sílica, alumina ou ferro, reduzida a pó muito fino, que se sujeita à acção de temperaturas da ordem de 1450°C, obtidos geralmente em grandes fornos rotativos.

Pode-se resumir as transformações sofridas pelas matérias-primas pela acção da temperatura até à obtenção do clínquer.

A operação final da fabricação do cimento é a redução do clínquer a pó, de modo a aumentar a superfície do material em contacto com a água, pois só os componentes que ocupam a superfície do grão estão em condições de reagir.

O cimento é medido pelas suas tensões de rotura: esta é a característica mais importante que o cimento deve possuir. Todas as especificações fixam os valores mínimos desta característica do cimento. [1]

### 3.3 CINZAS

Cinzas volantes têm como designação o material obtido pela precipitação electrostática, ou captação mecânica, em filtros de saco ou dispositivos semelhantes, das poeiras contidas no fumo produzido pela queima de combustível nas centrais termoeléctricas a carvão. A designação de volantes resulta da leveza das partículas, as quais, na ausência de dispositivos de filtração, seriam arrastadas pelos gases para a atmosfera como fumo. As cinzas volantes são um pó mineral fino, em grande parte constituído por pequenas partículas esféricas com dimensões que variam entre 0.5  $\mu\text{m}$  e 100  $\mu\text{m}$ , que resulta da fusão e calcinação das impurezas minerais incombustíveis contidas no carvão que foi queimado a altas temperaturas e pressões. Os grãos de cinza são sólidos amorfos que ganham a sua estrutura tendencialmente esférica por solidificarem em suspensão no fluxo gasoso resultante da queima. Dado que estas cinzas apresentam propriedades pozolânicas acentuadas, são em geral valorizadas pela sua utilização como aditivo em argamassas e betões, sendo por essa razão as pozolanas artificiais mais comuns, e como aditivo numa variedade de produtos.

O material que constitui as cinzas volantes solidifica em suspensão nos gases de escape dos queimadores, sendo colectado por precipitadores electrostáticos ou removido por filtração mecânica. A solidificação em suspensão num fluxo gasoso leva a que as partículas sejam tendencialmente esféricas, em muitos casos ocas, com dimensões que variam dos 0.5  $\mu\text{m}$  aos

100 µm. Dada a sua origem nas impurezas minerais contidas no carvão, as cinzas são maioritariamente constituídas por dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sendo por isso uma interessante fonte de alumínio e silício para geopolímeros. Exibem também actividade pozolânica, reagindo à temperatura normal e em presença de água com o hidróxido de cálcio e com álcalis para formar hidratos de silicato de cálcio, compostos com capacidade de presa, isto é, que actuam como cimento em agregados.

As cinzas volantes podem ser usadas no betão como substituto parcial do cimento, como correcção da granulometria do inerte fino ou nas duas funções em simultâneo. Regra geral, a primeira aplicação é a mais interessante, por permitir economia de cimento.

A utilização de cinzas como substituto de parte do cimento diminui a exsudação, facilita a bombagem, retarda o início de presa e, ao contrário do que acontece com as outras pozolanas, faz aumentar a trabalhabilidade.

Quando a percentagem de cinzas volantes é superior a 30 ou 40%, o betão resiste melhor à acção dos sulfatos e à reacção expansiva entre a sílica do inerte e os álcalis do cimento, mas a resistência mecânica pode começar a diminuir. As cinzas com baixo teor em óxido de cálcio são especialmente indicadas para o fabrico de betões resistentes a estas acções agressivas. [1]

As cinzas volantes têm demonstrado ser uma adição eficaz para o BAC, contribuindo para aumentar a coesão e reduzir a sensibilidade às variações no teor de água. Contudo, elevados teores de cinzas podem originar uma fracção da pasta que seja tão coesa, que acabe por ser resistente ao escoamento. [3]

Em anexo, encontra-se a ficha técnica das cinzas volantes e uma análise química (Anexo D).

### 3.4 ESCÓRIAS

A escória é o material resultante da combinação da ganga dos minérios dos metais com os fundentes apropriados, normalmente calcário, e cinzas de carvão utilizado.

A escória é constituída pelos seguintes elementos: óxidos de cálcio, silício e alumínio, mas com diferentes proporções.

Cabe aqui referir que a composição química da escória é igual á do cimento só que os constituintes principais entram em proporções diferentes.

A composição química média das escórias de alto-forno empregadas como aditivo dos cimentos é muito variável, mas está compreendida entra os seguintes limites:

$\text{SiO}_2$  — 25 a 34%

$\text{Al}_2\text{O}_3$  — 12 a 20%

$\text{Ca O}$  — 42 a 50%

A composição química e a estrutura das escórias utilizáveis com os cimentos têm um teor em cal suficiente para permitir a formação, sem qualquer adição, de silicatos e aluminatos de cálcio hidratados; são verdadeiros cimentos mas que reagem com extrema lentidão quando aplicados isoladamente.

A diferença essencial entre a cinza e a escória é que a primeira não tem por si só propriedades hidráulicas, enquanto a escória as possui. A cinza combina-se com a cal do cimento ou óxido de cálcio, enquanto a escória apenas necessita de um meio altamente alcalino para provocar o aparecimento das propriedades hidráulicas.

### 3.5 PÓ DE MÁRMORE

O processamento da pedra natural produz grandes quantidades de resíduos, em particular sólidos, que são depositados em aterros ao ar livre, promovendo a ocorrência de impactos paisagísticos consideráveis e constituem um encargo para as empresas.

Durante a extração e a transformação da pedra é utilizada uma grande quantidade de água para evitar o sobreaquecimento dos equipamentos. Esta água misturada com as partículas extraídas do corte forma uma lama, que é considerada um resíduo por não ter aplicação. Esta lama é usualmente depositada ao ar livre, cuja evaporação da água conduz à formação de um material pulverulento com alguma aglomeração. [3]

A maior parte do material que se encontra aglomerado facilmente se desagrega, exigindo pouca energia de britagem, para o transformar em finos. Para este trabalho, o pó de mármore (figura 1), foi obtido por um processo manual de esmagamento.

No anexo E encontra-se o relatório de ensaio de pó de mármore realizado pelo Laboratório Central do Grupo CIMPOR.



Figura 1 – Pó de mármore

## 3.6 ADJUVANTES

Foram utilizados dois adjuvantes, um é agente modificador de viscosidade para betão fluido, sendo um produto inovador, consiste na mistura de polímeros solúveis em água que modificam as propriedades reológicas do betão. Os polímeros ajustam a viscosidade da pasta para obter uma melhor estabilização. Este adjuvante, de acordo com a informação do fornecedor a dosagem recomendada é entre 0,1 e 1,5% sobre o peso do cimento (ligante).

O outro adjuvante é um superplastificante de nova geração, com um mecanismo de libertação gradual proporcionado pelas cadeias de éter carboxílico. A dosagem recomendada pelo fornecedor, situa-se entre 1 e 1,6 kg por 100kg de finos inferiores a 0,1 mm.

No anexo F encontram-se as fichas técnicas dos adjuvantes.

A massa volúmica do agente modificador é de 1000 kg/m<sup>3</sup>, enquanto, a do superplastificante é 1030 kg/m<sup>3</sup>.

A utilização dos adjuvantes é tão antiga como a do próprio cimento, ou dos ligantes hidráulicos. Os romanos utilizavam já o sangue, a clara do ovo, a banha e o leite como adjuvantes no betão de pozolana, talvez com o fim de melhorar a trabalhabilidade. Hoje sabe-se que estas substâncias provocam a introdução de ar, sob a forma de bolhas, o que pode ter contribuído para aumentar a duração do betão romano.

Designa-se por adjuvantes, a substância utilizada em percentagem inferior a 5% da massa do cimento, adicionada durante a amassadura, aos componentes normais das argamassas e betões, com o fim de modificar certas propriedades deste materiais, quer no estado fluido, quer no estado sólido, quer ainda no momento da passagem dum estado a outro. [1]

Deve chamar-se aditivo a toda a substância que se adiciona ao cimento, numa argamassa ou betão, em quantidade superior a 5% da massa do cimento, ou quando adicionada em quantidade inferior a esta, não tenha

qualquer acção quer no estado fluido, quer no sólido, ou ainda na passagem do estado líquido ao estado sólido.

Quando utilizado em quantidade inferior a 5% o aditivo é a substância mineral que se junta ao clínquer na ocasião da moedura, apenas para melhorar o rendimento da produção do cimento (aditivo inerte). Quando adicionado em proporção superior a 5%, o aditivo é normalmente utilizado apenas com o cimento portland, para alterar certas propriedades específicas, com muito maior intensidade do que o adjuvante, como por exemplo baixar a alcalinidade ou melhorar a concentração em hidróxido de cálcio do cimento hidratado. [1]

Um adjuvante, que portanto se adiciona ao betão em quantidades inferiores a 5% da massa do cimento, possui, simultaneamente, várias propriedades. Por exemplo, certos plastificantes redutores da água de amassadura podem ser também retardadores da presa; como permitem diminuir a dosagem de água, aumentam a tensão de rotura, diminuem a permeabilidade e diminuem a fluência. Um agente introdutor de ar, como aumenta a resistência à acção alternada da congelação e descongelação, pela formação de bolhas de ar, tem por efeito secundário aumentar a trabalhabilidade do betão antes da presa e diminuir a sua capilaridade. [1]

Devido ao facto, que se acaba de referir a classificação racional dos adjuvantes é dificultada por aquela multiplicidade de efeitos e, por isso, é necessário determinar ou atribuir-lhe uma acção principal.

Os agentes redutores de água (ou plastificantes) tornam os cimentos hidrófilos, e os introdutores de ar tornam-nos hidrófobos, mas ambos os tipos reduzem a água e fluidificam o betão fresco. As causas da redução da água e da fluidificação são totalmente diferentes para os dois tipos de adjuvantes citados.

Os efeitos que se procura alcançar com os adjuvantes são [1]:

- 1) Melhorar a trabalhabilidade;
- 2) Acelerar a presa;

- 3) Retardar a presa;
- 4) Acelerar o endurecimento nas primeiras idades;
- 5) Aumentar as tensões de rotura pelo menos nos primeiros meses;
- 6) Aumentar a resistência aos ciclos de congelação e descongelação;
- 7) Diminuir a permeabilidade aos líquidos;
- 8) Impedir a segregação e a sedimentação do cimento nas caldas de injeção;
- 9) Criar uma ligeira expansão no betão ou argamassa;
- 10) Aumentar a aderência ao inerte e às argamassas e betões endurecidos;
- 11) Produzir betão ou argamassa coloridos;
- 12) Produzir argamassa leve, celular;
- 13) Produzir propriedades fungicidas, germicidas e insecticidas;
- 14) Inibir a corrosão das armaduras;
- 15) Ajudar a bombagem dos betões pobres.

### 3.6.1 Plastificantes

A designação de plastificante deriva das primeiras adições que se fizeram aos betões e argamassas, de produtos pulverulentos e reduzidos a uma grande finura, que se lhes juntavam em quantidade muito reduzida, como 2 a 3% da massa do cimento, permitindo diminuir a água de amassadura, mantendo a trabalhabilidade desejada, ou aumentando a trabalhabilidade sem subir a dosagem de água.

Os plastificantes são empregados no betão com as seguintes finalidades:

- a) Aumentar a tensão de rotura;
- b) Reduzir a dosagem de cimento, sem alterar a tensão de rotura nem a trabalhabilidade;
- c) Aumentar a trabalhabilidade, mantendo as dosagens de água e cimento;
- d) Diminuir a permeabilidade.

O plastificante é uma substância constituída por moléculas tensio-activas que compreendem uma parte hidrófila, cujo efeito é baixar a tensão

superficial da água na intersuperfície em que está absorvida, e outra parte, hidrófoba. Como grupo hidrófilo é predominante apresentarem forte tendência para serem absorvidas pelas partículas mais finas do inerte, e especialmente pelas do cimento.

Devido à camada das moléculas de água orientadas à roda das partículas, o atrito entre estas é muito reduzido, não sendo já necessária para a sua redução a existência de camadas muito espessas de água, o que permite aproximá-las umas das outras sem que aumente o atrito. Daqui o chamar-se a estes adjuvantes agentes redutores da água de amassadura. [1]

Deste mecanismo resultam dois efeitos fundamentais da dispersão, o primeiro é expor maior área superficial do cimento à hidratação, que progride portanto a uma velocidade mais elevada obtendo-se também uma distribuição de cimento mais uniforme por todo o betão. Por esta simples razão há um aumento na tensão de rotura, comparada com a de um betão com a mesma relação A/C mas sem adjuvante.

O outro efeito é permitir a redução da água de amassadura, quando se pretende manter a trabalhabilidade igual à do betão sem esse tipo de adjuvante.

Todo o dispersante do cimento que permita uma redução na água de amassadura de, pelo menos, 5% sem alterar a trabalhabilidade, é um redutor da água de amassadura.

### 3.6.2 Superplastificantes

As curvas de absorção de certos adjuvantes típicos, como os baseados nos linhossulfonatos ou no ácido salicílico, sobre os componentes puros do cimento, permitem notar que grande parte do plastificante é absorvida pelo aluminato tricálcico. [1]

Ora, existe uma nova classe de adjuvantes que serve para fluidificar o betão ou para aumentar a sua resistência, que permite ultrapassar estas dificuldades. Pode ser utilizada em dosagens mais elevadas sem

inconvenientes, isto é, sem originar qualquer inibição das reacções de hidratação.

A subida do preço do cimento, consequência do aumento do custo do petróleo, que se tem verificado a partir do meio da década de 70, permitiu o desenvolvimento de tipo de adjuvantes que não são apenas subprodutos industriais, como os linhossulfonatos mais ou menos purificados, mas verdadeiros produtos industriais, polímeros sintéticos fabricados especialmente para dispersantes do cimento. São os chamados superplastificantes que, apesar de já terem sido descobertos no Japão na década de 60, só na de 70 foram induzidos na Alemanha e se desenvolveram em todos o mundo com a crise do petróleo, que provocou a subida do preço do cimento. [1]

Os superplastificantes permitem reduzir a água de amassadura de 30 a 40 litros por metro cúbico, pois provocam a passagem do betão com um abaixamento do cone de Abrams de 2 a 3 cm para um abaixamento de 20 cm, tornando o betão seco ou pouco plástico num betão fluido. Querendo manter o abaixamento no valor que o betão tinha sem o adjuvante, 2 a 3 cm, a dosagem de água pode ser reduzida de 30 a 40 litros por metro cúbico.

O mecanismo da sua acção é idêntico ao já referido para os plastificantes mas é mais intenso embora muito menos durável: ao fim de meia hora a uma hora o seu efeito desapareceu, mesmo com o betão em movimento, como acontece nas autobetoneiras. Mas não há qualquer inconveniente em o adicionar de novo: o betão retoma a sua fluidez sem qualquer inconveniente. [1]

### 3.7 ÁGUA

A água utilizada provinha da rede pública. Sendo uma água potável e de acordo com a NP EN 1008:2003 [6] é apta para o fabrico de betão. Ainda assim, não foi caracterizada por não se considerar relevante a contribuição das características da água utilizada para este trabalho.

Todas as águas potáveis e ainda as que não o sendo, não tenham cheiro nem sabor podem ser utilizadas na amassadura do betão.

A água de amassadura influi nas propriedades do betão através das substâncias dissolvidas e em suspensão. As substâncias dissolvidas podem afectar as resistências mecânica e química do betão e das armaduras. As substâncias em suspensão podem afectar a compacidade e especialmente o crescimento cristalino dos produtos da hidratação do cimento.

## **4. REQUISITOS DA COMPOSIÇÃO**

As composições foram calculadas com o auxílio do programa Matwin, desenvolvido pelo LNEC.

As composições foram definidas para responder aos seguintes propósitos:

1. Avaliar a influência da substituição de cimento por pó de mármore no comportamento do BAC;
2. Avaliar os custos que estão associados às composições com cimento e as respectivas adições;

A composição e dosificação da mistura é escolhida de forma a satisfazer todos os critérios de desempenho do betão, quer no estado fresco quer no estado endurecido. No caso do betão pronto, estes critérios são fornecidos como uma especificação do cliente e devem cumprir com os requisitos especificados para o BAC.

Existem princípios básicos para a obtenção da composição, para se obter uma combinação de propriedades requeridas para o BAC, devem adoptar-se os seguintes princípios:

- A fluidez e a viscosidade da pasta devem ser ajustadas e equilibradas através da proporção do cimento e adições, limitando-se a relação água/finos e adicionando depois um superplastificante e (opcionalmente) um agente modificador de viscosidade, para obter uma boa capacidade de passagem entre as armaduras e elementos embebidos, e uma adequada resistência à segregação.
- A pasta é o veículo para o transporte dos agregados; assim, o volume da pasta deve ser maior que o volume de vazios dos agregados já que desse modo todas as partículas individuais dos agregados serão totalmente recobertas e lubrificadas por uma camada de pasta.
- A relação entre agregados grossos e finos na mistura deve ser tal que cada partícula grossa possa ficar plenamente recoberta por uma camada de argamassa. Isto reduz a possibilidade de bloqueamento e

a segregação dos agregados quando o betão passa através de aberturas estreitas ou nos intervalos entre a armadura, e aumenta a capacidade de passagem do BAC.

Estes princípios de concepção da composição conduzem a um betão que, comparado com um betão vibrado tradicional, apresenta normalmente:

- ✓ Menor teor de agregados grossos;
- ✓ Maior teor de pasta;
- ✓ Baixa relação água/finos;
- ✓ Aumento das percentagens de superplastificantes;
- ✓ Introdução ocasional de agentes modificadores de viscosidade.

#### Abordagem ao Estudo da Composição

Para verificar as propriedades de uma composição inicial da mistura relativamente às propriedades e classes especificadas, procedeu-se a uma campanha de ensaios prévios. Verificou-se, que por vezes há necessidade de ajustar à composição. Uma vez que se cumpram todos os requisitos, a composição dever ser ensaiada na central, em obra ou na fábrica, e proceder à verificação das suas propriedades no estado fresco e endurecido.

O estudo da composição da mistura é geralmente baseado nos seguintes pressupostos:

- Avaliação da quantidade de água e optimização do fluxo e estabilidade da pasta.
- Determinação da dosagem de areia e da dosagem de adjuvante para obter a desejada estabilidade.
- Testar a sensibilidade a pequenas variações das quantidades (estabilidade).
- Adicionar uma quantidade adequada de agregados grossos.
- Produzir um BAC no estado fresco numa misturadora de laboratório realizando os ensaios necessários.
- Realizar ensaios sobre as propriedades do BAC no estado endurecido.



- Produzir amassaduras experimentais na central.

No caso de não se obter um resultado satisfatório, deve-se considerar a revisão do estudo da mistura. Em função do tipo de problema aparente, podem seguir-se os seguintes passos:

- Ajustar a razão cimento/finos e a razão água/finos, e ensaiar o escoamento e outras propriedades da pasta.
- Experimentar diferentes tipos de adição (se for possível).
- Considerar o uso de um agente modificador da viscosidade para reduzir a susceptibilidade da mistura.
- Ajustar a proporção ou a granulometria dos agregados grossos.

#### Estabilidade do Betão no Estado Fresco

O estudo da composição do BAC tem por objectivo a obtenção de um equilíbrio razoável entre as propriedades no estado fresco (fluidez e resistência à segregação). **Qualquer variação na uniformidade dos constituintes pode perturbar aquele equilíbrio**, provocando uma falta de capacidade de preenchimento e de capacidade de passagem do BAC, ou a sua segregação. Muitas das variações dos constituintes podem equiparar-se a uma mudança na quantidade de água requerida, ou devido a alterações no teor de humidade dos materiais, ou mudanças na granulometria/superfície específica, ambas as quais modificam a necessidade de água da mistura. [2]

## **5. MÉTODOS DE ENSAIOS**

### **5.1 PREPARAÇÃO DAS AMASSADURAS**

As amassaduras com o volume de 20 l foram efectuadas na misturadora que a figura 2 ilustra.

A betoneira possui as seguintes características: eixo oblíquo, pás simples e de 23 rpm.



Figura 2- Misturadora utilizada na produção dos betões

A entrada dos constituintes processou-se com a seguinte ordem:

1. Colocaram-se os agregados grossos;
2. Adicionou-se o cimento e as adições;
3. Juntou-se a água;
4. Colocou-se o superplastificante;
5. Estes constituintes foram amassados durante 10 minutos e de seguida adicionaram-se os agregados finos (areia fina);
6. Por último adicionou-se o estabilizador, Rheomatrix;

7. A amassadura teve um tempo total de 20 minutos.

## 5.2 ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

### 5.2.1 Espalhamento (Slump-Flow)

Este método de ensaio será objecto de uma futura norma europeia, a EN 12350-8, existindo já um esboço desse documento no qual se descreve o procedimento de ensaio.

O ensaio consiste em medir o espalhamento após se ter elevado o cone de Abrams previamente cheio de betão, sem compactação. A medida do espalhamento final é a média, que resulta, da medida de dois diâmetros ortogonais, sendo um deles o maior e outro o menor da massa espalhada. Determinou-se, também, o tempo da passagem da forma tronco-cónica do betão até se obter a maior dimensão diametral,  $t_{500}$ .

O ensaio de espalhamento e a determinação do tempo  $t_{500}$  constituem meios de avaliar a fluidez e a velocidade de escoamento do BAC na ausência de obstruções. É baseado no ensaio de abaixamento do Cone de Abrams, descrito na NP EN 12350-2. O resultado dá uma indicação da capacidade de preenchimento do BAC. O tempo  $t_{500}$  é uma medida da velocidade de escoamento e uma indicação da viscosidade relativa do betão autocompactável. [2]

A ocorrência de uma frente não controlada, a formação de um aro de argamassa ou de pasta e existência à superfície de um claro excesso de pasta são indícios de fraca resistência à segregação dinâmica.

Apesar de não existir nenhum método de ensaio convencional para avaliar a **resistência à segregação dinâmica**, é consensual que a observação da frente do betão após o ensaio de espalhamento permite retirar conclusões sobre a segregação estática. Esta resulta da separação de fases após a colocação, verificando assim, se a pasta de cimento ou argamassa está a segregar-se relativamente ao agregado grosso, provocando um anel de pasta/argamassa.

Caso exista ou não segregação, há que registar, e caso se verifique, indicar que o ensaio não foi satisfatório.

### 5.2.2 Funil

O ensaio do Funil em V é utilizado para avaliar a viscosidade e a capacidade de preenchimento do BAC.



Figura 3 – Funil V

Após se encher o funil (figura 3), mantendo a saída fechada e sem compactar, determina-se o tempo desde a abertura da comporta da saída até que se possa ver, verticalmente através do funil, e pela primeira vez, o interior do recipiente colocado sob o funil. Este valor é o tempo de fluxo do funil em V,  $t_v$ . [3]

Este ensaio tem como referência a futura norma NP EN 12350-9. [2]

## 5.3 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

### 5.3.1 Ensaio de Resistência à Compressão

A resistência mecânica dos betões foi medida por meio do ensaio de resistência à compressão efectuado de acordo com a norma NP EN 12390-3 [7]. Estes ensaios foram realizados em cubos de 150 mm de aresta.

Os ensaios à compressão foram efectuadas na Prensa, Tridente, Modelo SCP 3000 e com o número de série SCP 0209, figura 4 e o certificado de calibração encontra-se no anexo H.



Figura 4 – Máquina de ensaio à compressão

## **6. DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL – AMASSADURAS**

Inicialmente pensou-se utilizar como agregados finos no betão uma areia média e outra fina, mas, após ensaios prévios verificou-se que a areia média introduzia muito ar, como se pode observar na figura 5.

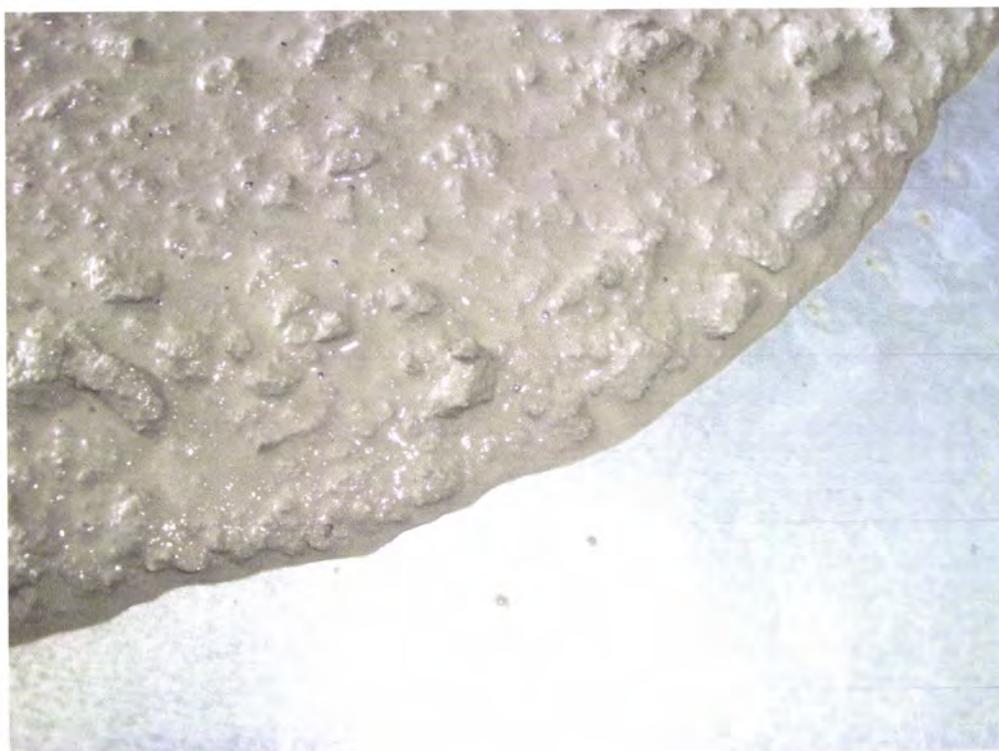


Figura 5 - Imagem de betão com ar

Pelo facto, decidiu-se retirá-la e fazer os betões utilizando somente a areia fina. Houve, também, necessidade nesta fase inicial de ajustar a dosagem do adjuvante, em função da dosagem do ligante.

Entenda-se, como ligante, a mistura de cimento, escórias e cinzas ou cimento e pó de mármore.

Foram efectuadas 4 amassaduras de 20 litros e identificadas como BAC 1, BAC 2, BAC 3 e BAC 4.

Nestas amassaduras laboratoriais os agregados não continham qualquer humidade, isto é, trabalhou-se com os agregados secos.

No Anexo G encontra-se os formulários das amassaduras laboratoriais.

As quantidades dos constituintes utilizados estão inscritas na tabela 2.

Tabela 2 – Composição dos Betões

Designação	BAC 1	BAC 2	BAC 3	BAC 4
Brita 1 (kg/m <sup>3</sup> )	598	519	505	472
Areão (kg/m <sup>3</sup> )	502	543	561	588
Areia Fina (kg/m <sup>3</sup> )	642	603	536	492
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	200	300	300	300
Cinzas Volantes (kg/m <sup>3</sup> )	100	---	---	---
Escórias (kg/m <sup>3</sup> )	70	---	---	---
Pó de Mármore (kg/m <sup>3</sup> )	---	150	200	250
Glenium 26 scc (kg/m <sup>3</sup> )	3,70	5,40	7,00	7,70
Rheomatrix 100 (kg/m <sup>3</sup> )	0,74	0,90	1,00	1,10
Água (kg/m <sup>3</sup> )	185	190	194	194
Razão Água/Ligante	0,5	0,4	0,4	0,4

Em cada amassadura foi medida a trabalhabilidade do betão através do ensaio de espalhamento, a viscosidade, ou seja, a capacidade de preenchimento através do funil V, e também se determinou o tempo do espalhamento, o  $t_{500}$ .

No capítulo 7 encontram-se os resultados obtidos dos respectivos ensaios.

Das amassaduras realizadas retirou-se 1 amostra, constituída por 4 e/ou 5 provetes cúbicos, com 150 mm de aresta, para ensaios de compressão aos 1, 7 e 28 dias. Após 16h a 18h foram desmoldados e curados em água a uma temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . No BAC 2 e no BAC 4 só foram efectuados ensaios aos 7 e 28 dias de idade.

Os valores de tensão obtidos encontram-se inscritos na tabela 5.

## **7. RESULTADOS OBTIDOS**

### **7.1 BETÃO FRESCO**

Os valores obtidos nos ensaios do betão no estado fresco encontram-se inscritos na tabela 3.

Na figura 6 (pág. 35) encontra-se as fotografias referentes ao espalhamento (slump-flow) dos respectivos betões.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios dos betões BAC no estado fresco

<b>Designação</b>	<b>BAC 1</b>	<b>BAC 2</b>	<b>BAC 3</b>	<b>BAC 4</b>
<b>Espalhamento (SF), mm</b>	600	680	690	700
<b>T<sub>500</sub>, s</b>	3,0	2,0	1,5	2,0
<b>Tempo no funil V, s</b>	9,0	6,0	6,5	12,0

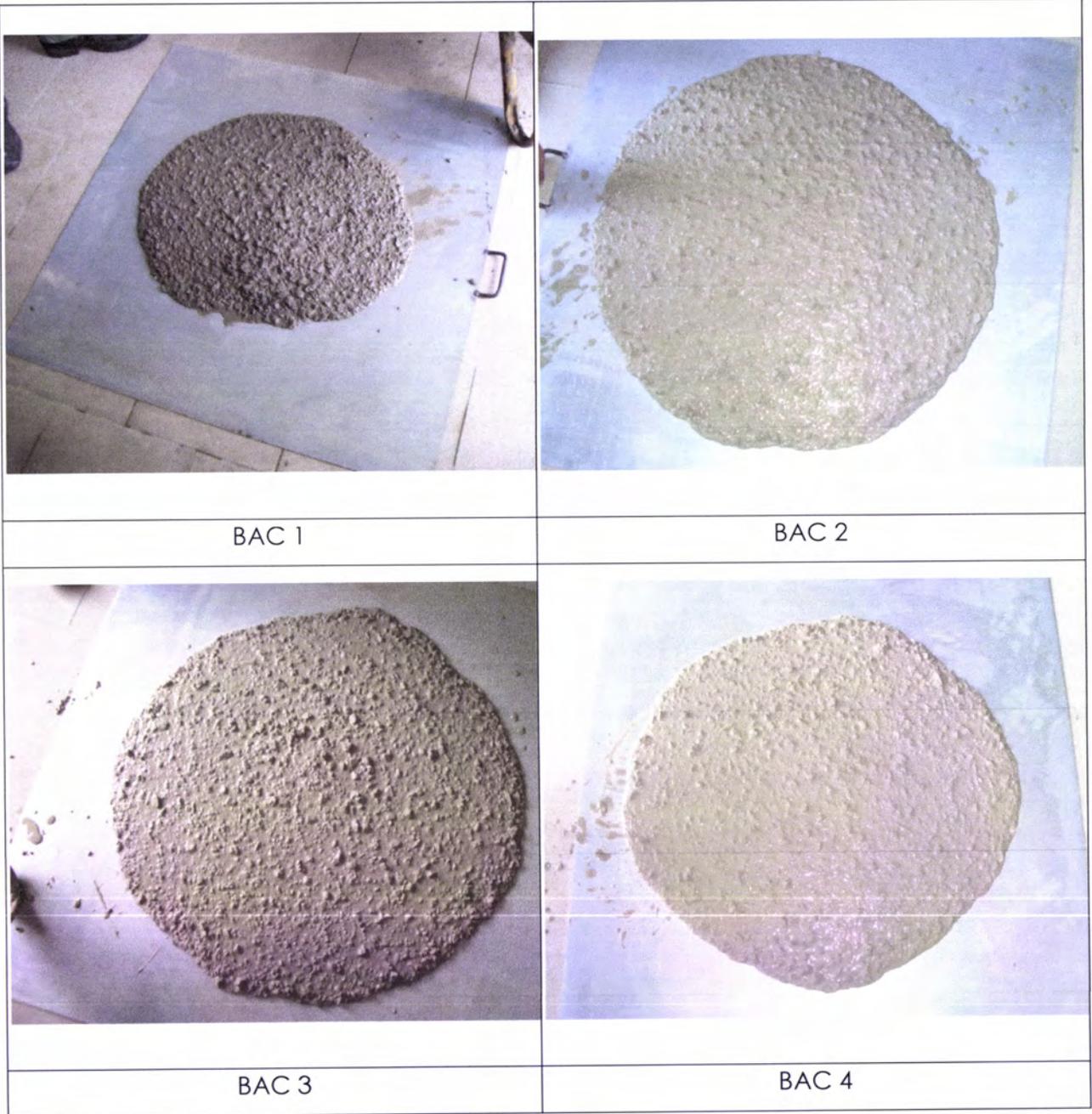
Em função dos valores obtidos, na tabela 3, é possível fazer a classificação da consistência dos betões, de acordo com o projecto de norma Fpr EN 206-9:2009 (E), tabela 4.

No anexo I encontra-se duas páginas de referida norma, onde se encontram as tabelas do Slump-flow, T<sub>500</sub> e Tempo no funil V.

Tabela 4 – Classificação da consistência dos betões BAC

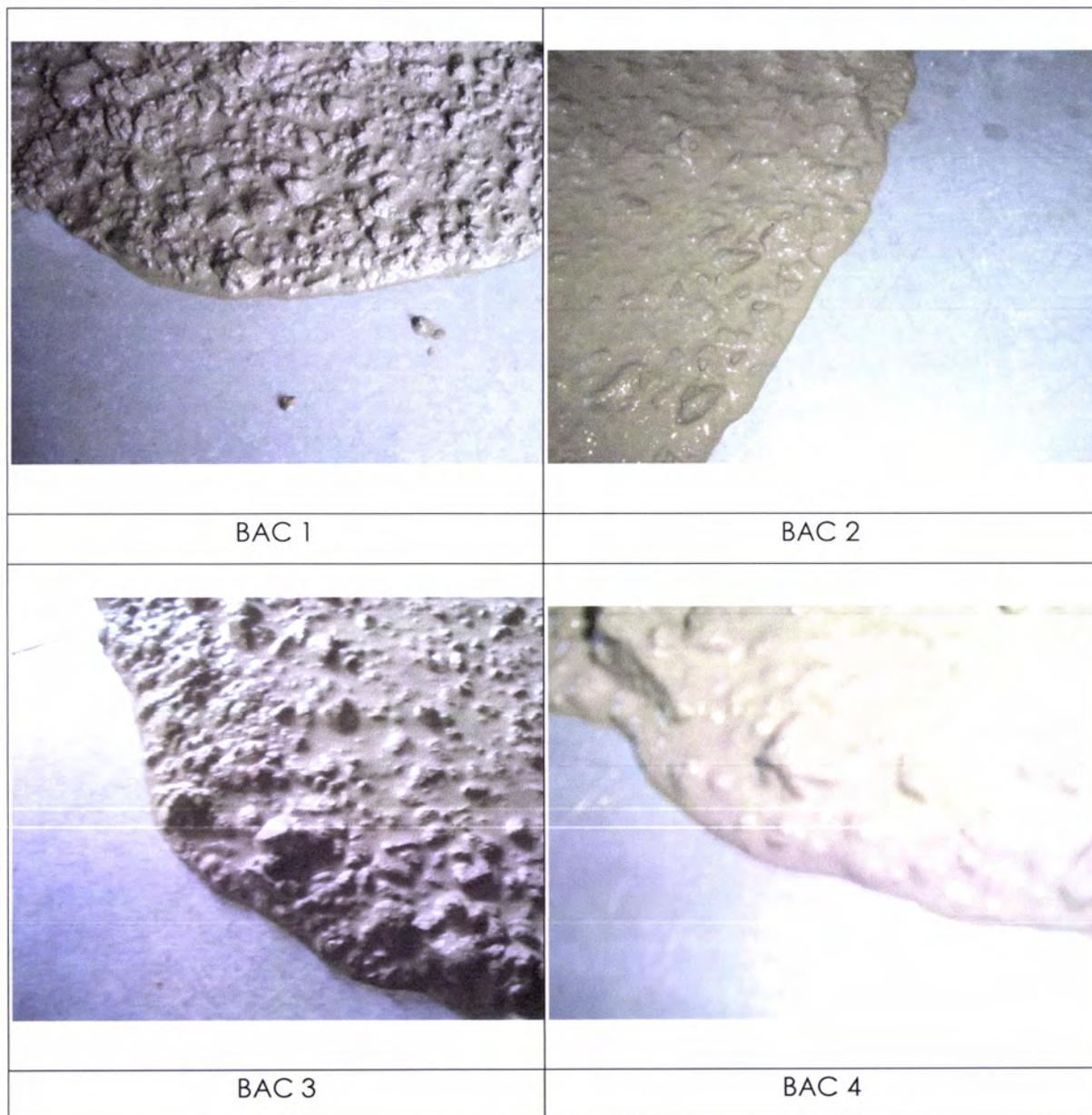
<b>Designação</b>	<b>BAC 1</b>	<b>BAC 2</b>	<b>BAC 3</b>	<b>BAC 4</b>
<b>Espalhamento, mm</b>	SF1	SF2	SF2	SF2
<b>T<sub>500</sub>, s</b>	VS2	VS1	VS1	VS1
<b>Tempo no funil V, s</b>	VF2	VF1	VF1	VF2

Figura 6 – Espalhamento dos betões



Ainda na Figura 7 apresentam-se pormenores das frentes do espalhamento dos betões ensaiados, para visualização de sinais de segregação.

Figura 7- Frente de espalhamento dos betões para visualização de sinais de segregação



## 7.2 BETÃO ENDURECIDO

Os valores de tensão obtidos no ensaio à compressão dos provetes moldados estão inscritos na tabela 5. Sendo os resultados da tensão à compressão aos 7 e 28 dias de idade a média das tensões.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios dos betões BAC 1 a BAC 4 no estado endurecido.

<b>Designação</b>	<b>BAC 1</b>	<b>BAC 2</b>	<b>BAC 3</b>	<b>BAC 4</b>
<b>Compressão 1 d, MPa</b>	8,3	15,6*	17,7	20,1*
<b>Compressão 7 d, MPa</b>	23,1	34,1	37,2	35,7
<b>Compressão 28 d, MPa</b>	40,2	39,8	42,6	42,3

\*- Estes valores foram estimados, para possibilitar a apresentação da curva de crescimento dos betões, figura 8 e 9.

## 8. ANÁLISE DE RESULTADOS

De seguida, é apresentada a análise dos resultados das determinações que melhor caracterizam as propriedades definidoras dos BAC: capacidade de preencher e de fluir, resistência à segregação e capacidade de passagem. No entanto, neste estudo vamos só analisar a capacidade de preencher e de fluir a partir dos ensaios de espalhamento e de escoamento no funil V.

### 8.1 CAPACIDADE DE PREENCHER E DE FLUIR DOS BETÕES

Após análise dos valores inscritos na tabela 3 e num olhar atento às figuras 6 e 7, verifica-se que no BAC 1 existe uma pequena segregação e que o BAC 2 e 3 apresentam uma textura granulométrica perfeita.

### 8.2 CARACTERÍSTICAS DO BETÃO ENDURECIDO

Tendo em conta que se está em presença de tensões de roturas médias e considerando um desvio padrão de 3 MPa, aplicando a expressão  $f_{ck} = f_{cm} - 1,48\sigma$ , resulta que os betões estudados podem ser classificados na classe de resistência à compressão conforme indicado na Tabela 6.

Na expressão apresentada,  $f_{ck}$  é a resistência à compressão característica,  $f_{cm}$  corresponde ao valor médio da resistência à compressão aos 28 dias e  $\sigma$  é o desvio padrão considerado.

Tabela 6 – Classes de resistência à compressão

BAC 1	BAC 2	BAC 3	BAC 4
C 30/37	C 30/37	C 30/37	C 30/37

Da análise da figura 8 conclui-se que as resistências seguem a lei geral, aos 7 e 28 dias de idade, ou seja, que a resistência é função da razão água/ligante.

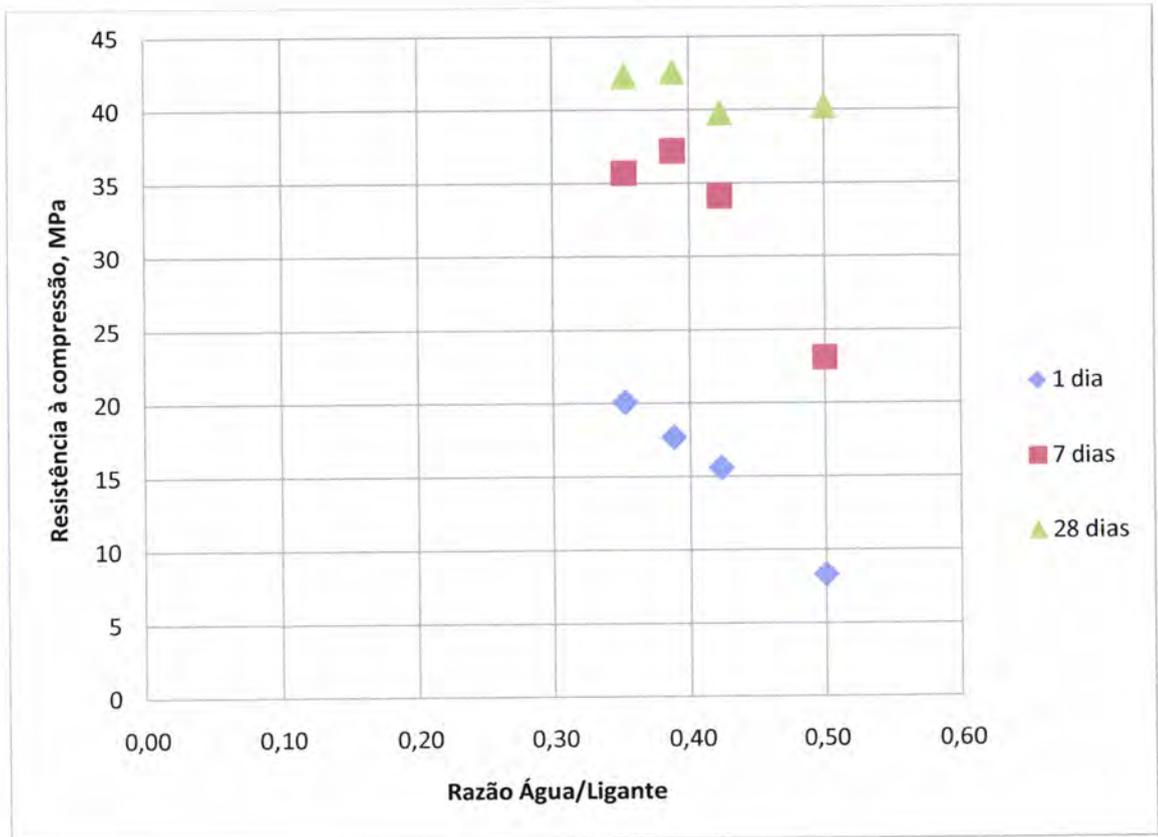


Figura 8 - Resistência à compressão em função da razão água/ligante

A conclusão que se retira da análise da figura 9 é a de que os betões com adições do tipo I têm crescimentos normais para os betões fabricados só com cimento e superplastificante. A percentagem de adição do pó de mármore não altera significativamente a resistência nem o endurecimento. O BAC 1 tem um crescimento normal para betões feitos com cimento e adições do tipo II, nas percentagens de 40 a 50.

Confirma-se que a adição de cinzas e escórias retardam o endurecimento, mas que a longo prazo e desde que a cura húmida se mantenha, as tensões de rotura continuam em ascensão.

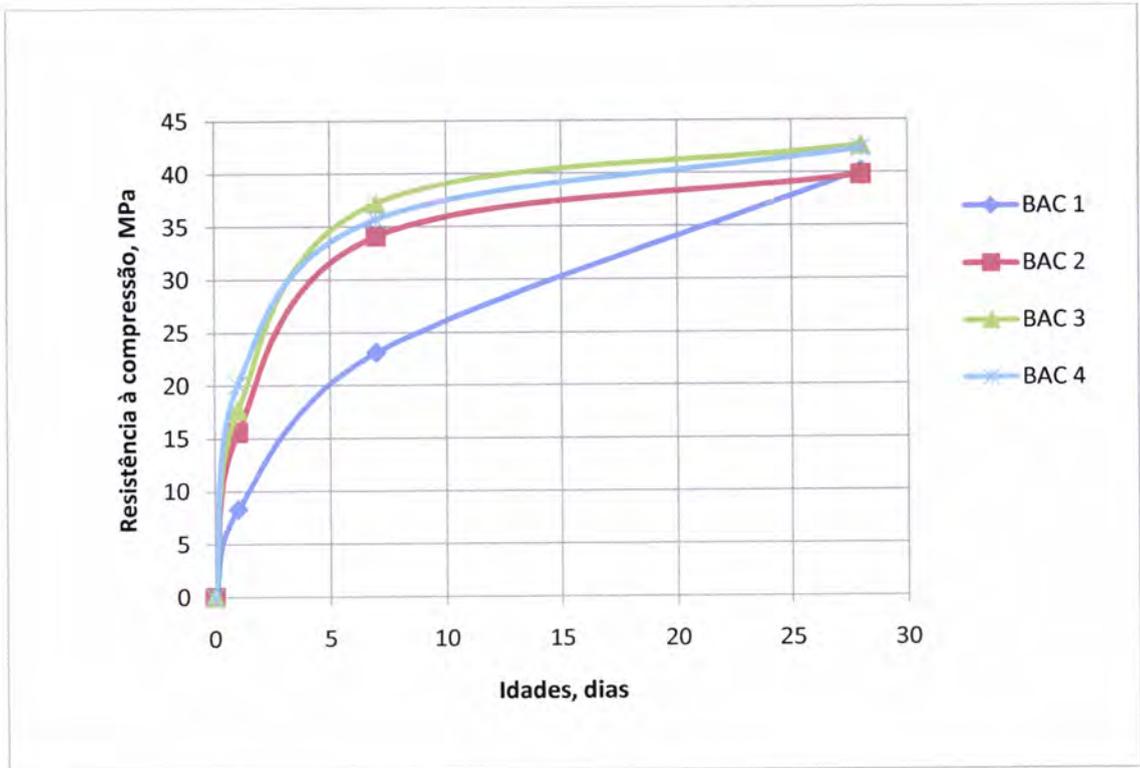


Figura 9- Evolução da resistência à compressão com a idade

### 8.2.1 Superfícies Moldadas

Na tentativa de se eliminar a fixação de bolhas de ar nas superfícies moldadas do betão, não foi utilizado qualquer óleo descofrante.

Após análise da figura 10 verifica-se que as melhores superfícies (ausência de bolhas de ar) são as dos betões com a utilização do pó de mármore.

De seguida visualizar-se o aspecto do BAC em provetes, figura 10.

Figura 10- Imagens dos provetes



BAC 1



BAC 2



BAC 3



BAC 4

## 9. CASO PRÁTICO – PAREDE

Para avaliar efectivamente o comportamento do BAC decidiu-se criar um protótipo vertical, que consiste numa parede de 110x90x8 cm. Decidiu-se, também, que a betonagem se fizesse no sentido de baixo para cima, para evitar a introdução de ar.

Para realizar este método de enchimento não se fez mais do que acoplar um tubo a um cone de Abrams como se pode ver nas figuras 11, 12 e 13.



Figura 11 - Cofragem do protótipo



Figura 12 - Imagem interior da betonagem da parede (Protótipo)



Figura 13 - Cone de Abrams acoplado com um tubo

Decidiu-se utilizar a composição do BAC 3 para o enchimento do protótipo, pois se verificou que reunia as melhores condições.

Fez-se uma primeira amassadura e verificou-se que havia falta de finos. Por isso, recalculou-se o betão, alterando o parâmetro de cálculo A de Faury de 41 para 43.

Esta situação verificou-se pelo facto de termos mudado de lote de agregados.

Realizou-se um ensaio de rendimento e verificou-se que o cálculo não estava a calcular para 1000L, isto é 1 m<sup>3</sup>, por isso ajustou-se à mão as quantidades do cálculo do BAC 3, para o protótipo, com o parâmetro de Faury A igual a 43.

As quantidades utilizadas dos constituintes no betão para a moldagem do protótipo estão inscritas na tabela 7.

Tabela 7 – Composição do Protótipo

<b>Designação</b>	<b>Quantidades</b>
<b>Brita 1 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	518
<b>Areão (kg/m<sup>3</sup>)</b>	638
<b>Areia Fina (kg/m<sup>3</sup>)</b>	644
<b>Cimento (kg/m<sup>3</sup>)</b>	300
<b>Cinzas Volantes (kg/m<sup>3</sup>)</b>	---
<b>Escórias (kg/m<sup>3</sup>)</b>	---
<b>Pó de Mármore (kg/m<sup>3</sup>)</b>	200
<b>Glenium 26 scc (kg/m<sup>3</sup>)</b>	7,00
<b>Rheomatrix 100 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1,00
<b>Água (kg/m<sup>3</sup>)</b>	188
<b>Razão Água/Ligante</b>	0,4



Figura 14 - Parede depois de descofrada (Protótipo)

## 9.1 ENSAIOS

### 9.1.1 No Estado Fresco

Os valores obtidos nos ensaios ao betão no estado fresco encontram-se inscritos na tabela 8.

Na figura 15 encontra-se a fotografia referente ao espalhamento (slump-flow).

Tabela 8 – Resultados dos ensaios dos betões BAC no estado fresco

Designação	Protótipo	Classificação da respectiva Classe
Espalhamento (SF), mm	640	SF1
T <sub>500</sub> , s	2,6	VS2
Tempo no funil V, s	7,7	VF1



Figura 15

### 9.1.2 No Estado endurecido

Foram extraídas do protótipo três carotes, com 94 mm de diâmetro, as quais foram cortadas, rectificadas e ensaiadas à compressão no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, com uma idade de 5 meses. A estas carotes foi também determinada a massa volúmica e o índice de vazios.

A relação altura/diâmetro é igual a 1.

Os valores obtidos encontram-se na tabela 9, os quais foram transcritos do documento enviado pelo LNEC, o qual se encontra no anexo J.

Identificação da carote	Massa (g)	Secção (mm <sup>2</sup> )	Massa Volúmica (kg.m <sup>-3</sup> )	Carga de rotura (kN)	Tensão de rotura (MPa)	Índice de vazios (%)
1	1544	6940	2370	408	58,8	0,5
2	1535	6940	2350	400	57,6	0,5
3	1532	6940	2350	389	56,1	0,5

Tabela 9

Na figura 16 encontra-se visualizada as carotes extraídas do protótipo.



Figura 16 - Carotes extraídas do Protótipo

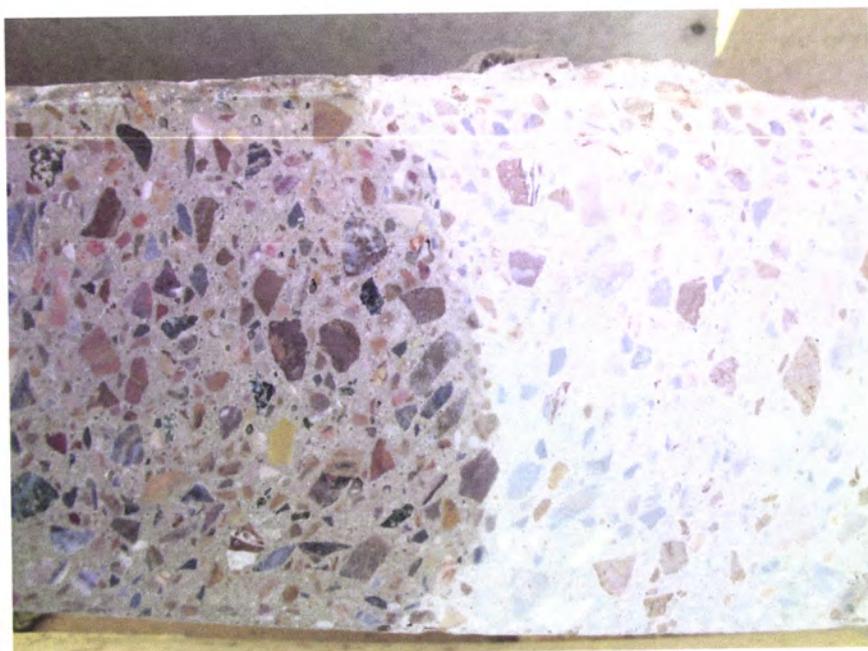


Figura 17 - Corte Vertical da Parede (Protótipo)



Figura 18 - Corte Vertical da Parede (Protótipo)



Figura 19



Figura 20

#### 9.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Em função das massas volúmicas obtidas em carotes podemos concluir que:

- O betão está homogéneo;
- Não existe assentamento;

Pode então concluir-se que a quantidade de argamassa está proporcionada para a quantidade de agregados grossos.

O Índice de vazios de 0,5% obtido no BAC é indicativo que a utilização do pó de mármore tem um comportamento semelhante aos betões fabricados com cimento e adições do tipo II em que a vibração foi cuidada.

As tensões de rotura obtidas em carotes apresentam valores superiores ao espectável.

## 10. CUSTOS DOS BAC

O custo dos constituintes utilizados já contempla o custo de transporte:

Brita 1 = 7,22 €

Areão = 5,14 €

Areia Fina = 6,70 €

Cimento II/A-L 42,5 R = 93,76 €

Cinzas Volantes = 33,45 €

Escórias = 44,76 €

Pó de Mármore = 5,90 € (valor estimado considerando 2 € do custo do pó de mármore e 3,90€ o custo de transporte)

Glenium 26 SCC = 1,095 €

Rheomatrix 100 = 2,35 €

O custo das matérias-primas será de:

<b>Designação</b>	<b>BAC 1</b>	<b>BAC 2</b>	<b>BAC 3</b>	<b>BAC 4</b>
<b>Custos por m<sup>3</sup></b>	36,44€	39,60€	39,44€	39,34€

Tabela 10

Da análise da tabela 10 podemos concluir que os custos das matérias-primas são de 36,44€, 39,34€, 39,44€ e de 39,60€, respectivamente para o BAC 1, 4, 3 e 2.

## **11. CONCLUSÕES FINAIS**

O objectivo proposto foi conseguido. A utilização de pó de mármore no fabrico do BAC é assim possível.

Em função do índice de vazios obtido nas carotes extraídas do protótipo confirma-se que o BAC não necessita de vibração interna nem externa, para atingir níveis excelentes de compactação.

Nas figuras 17 e 18 (corte vertical do protótipo) verifica-se uma distribuição homogénea dos constituintes, excepto nos últimos 5 a 6 cm da parte superior, como se pode visualizar na figura 20

Apesar dos betões fabricados com pó de mármore serem mais caros do que os fabricados com as adições do tipo II, cinzas volantes e escórias, são alternativa no presente e quando da falta sazonal de cinzas volantes.

É, também, alternativa no futuro, quando se deixar de utilizar carvão na produção de energia eléctrica.

A incorporação de pó de mármore no betão (BAC) é solução para a diminuição dos impactos ambientais que provoca, devido a não ter aproveitamento.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] – “Fabrico e Propriedades do betão”, Volume I, A. Sousa Coutinho
- [2] – “Betão Autocompactável, Guia para a Especificação, Produção e Utilização”, Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto;
- [3] – “Betões Autocompactáveis – Reologia do betão no estado fresco”-  
Dissertação, Manuel Gomes Vieira, Dezembro 2008;
- [4] – “NP EN 206-1:2007 – Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade”, Versão portuguesa da norma europeia EN 206-1:2000 + A1:2004+A2:2005, IPQ, 2007;
- [5] – “NP EN 933-1:2000 – Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Naálise granulométrica. Método de Peneiração”, Versão portuguesa da norma europeia EN 933-1:1997, IPQ, 2000;
- [6] – “NP EN 1008:2002 – Água de amassadura para betão. Especificações para amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para fabrico de betão”, Versão portuguesa da norma europeia EN 1008:2002, IPQ, 2003;
- [7] – “NP EN 12390-3:2003 – Ensaio do betão endurecido. Parte 3: Resistência à compressão dos provetes de ensaio”, Versão portuguesa da norma europeia EN 12390-3:2001, IPQ, 2003;

## **ANEXO A**

### FICHAS TÉCNICAS DOS AGREGADOS

**IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO**

Designação comercial: Brita 1 (AG 6,3-14)

Código produto: 11

Classificação (NP EN 932-3): Doloesparite dolomitizada, com níveis ricos em quartzo

Local de extração: Unidade do Cano

Composição mineralógica: Dolomite (Ca, Mg) (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (>50%), calcite (CaCO<sub>3</sub>), opacos (óxidos de ferro), quartzo (SiO<sub>2</sub>) e micas

Utilização (Ref. normativas): NP EN 13043 - Agregados para misturas betuminosas

NP EN 12620 - Agregados para betão

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO**

Características Técnicas do Produto

Utilização		NP EN 12620 Agregados para betão	NP EN 13043 Agregados para misturas betuminosas
 1515 Catebrita - Sociedade Industrial de Britas, Lda Olival à Serra de São Bartolomeu 7470-077 Cano 05 1515-CPD-0047			
Dimensão do agregado d/D	Designação	6,3/14	6,3/14
Granulometria	Categoria	G <sub>C</sub> 90/15	G <sub>C</sub> 90/20
Finura	Categoria	G <sub>r</sub> 17.5	G <sub>NR</sub>
Teor de finos	Categoria	f <sub>1,5</sub>	f <sub>2</sub>
Qualidade dos finos	Aceit-rej/Categoria	NA	NA
Forma das partículas	Categoria	DND	DND
Porcentagem de partículas esmagadas ou partidas	Categoria	DND	DND
Angulosidade	Categoria	NA	NA
Resistência à fragmentação	Categoria	LA <sub>35</sub>	LA <sub>40</sub>
Resistência ao polimento	Categoria	DND	DND
Resistência à abrasão	Categoria	DND	DND
Resistência ao desgaste por atrito	Categoria	DND	DND
Resistência à abrasão por pneus pitonados	Categoria	DND	DND
Massa volumica:			
Partículas secas	Valor declarado	2,68 Mg/cm <sup>3</sup>	2,68 Mg/cm <sup>3</sup>
Material impermeável	Valor declarado	2,80 Mg/cm <sup>3</sup>	2,80 Mg/cm <sup>3</sup>
Partículas saturadas	Valor declarado	2,72 Mg/cm <sup>3</sup>	2,72 Mg/cm <sup>3</sup>
Absorção de água	Valor declarado	1,6 %	1,6 %
Baridade	Valor declarado	DND	DND
Resistência gelo-degelo	Categoria	DND	DND
Resistência ao choque térmico	Valor declarado	NA	DND
Afinidade ligantes betuminosos	Valor declarado	NA	DND
Teor de conchas	Categoria	DND	NA
Teor de cloretos	Valor declarado	DND	NA
Teor de sulfatos solúveis em ácido	Categoria	DND	NA
Teor de enxofre total	Valor lim aceit/rej	0,047% <sup>1</sup>	NA
Teor de carbonatos	Valor declarado	NA	NA
Constituintes que alteram o tempo de presa e resistência do betão - Teor de húmus	Valor lim aceit/rej	Cor mais clara que as cores-padrão	NA
Estabilidade volumétrica: retração por secagem	Valor lim aceit/rej	0,021% <sup>2</sup>	NA
Reacção álcalis-silica	Valor declarado	DND	NA
Contaminantes orgânicos leves	Categoria	NA	DND

Distribuição Granulométrica

EN 12620 - Agregados para betão

Peneiro (mm)	Valores típicos (%)	Limites máximos (%)	Limites mínimos (%)
31.5	100	100	100
20	100	100	98
16	100		
14	96	99	90
12.5	79		
10	47	70	20
8	16		
6.3	10	15	0
4	3	5	0
2	1		
1	1		
0,500	1		
0,250	1		
0,125	1		
0,063	1.0		

EN 13043 - Agregados para misturas betuminosas

Peneiro (mm)	Valores típicos (%)	Limites máximos (%)	Limites mínimos (%)
31.5	100	100	100
20	100	100	98
16	100		
14	96	99	85
12.5	79		
10	47		
8	16		
6.3	10	35	0
4	3	5	0
2	1		
1	1		
0,500	1		
0,250	1		
0,125	1		
0,063	1.0		

NA - Não aplicável  
DND - Desempenho Não Determinado

<sup>1</sup> <0,075% - Aceite

<sup>2</sup> <1% S - Aceite

A Gerência

Data: 16/06/2009

**IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO**

Designação comercial: Areão lavado (AG 2-5,6)

Código produto: 63

Classificação (NP EN 932-3): Dolosparita dolomitizada, com níveis ricos em quartzo

Local de extracção: Unidade do Cano

Composição mineralógica: Dolomite (Ca, Mg) (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (>50%), calcite (CaCO<sub>3</sub>), opacos (óxidos de ferro), quartzo (SiO<sub>2</sub>) e micas

Utilização (Ref. normativas): NP EN 13043 - Agregados para misturas betuminosas

NP EN 12620 - Agregados para betão

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO**

Características Técnicas do Produto

 1515 Catebrita - Sociedade Industrial de Britas, Lda Olival à Serra de São Bartolomeu 7470-077 Cano 05 1515-CPD-0047			
Utilização		NP EN 12620 Agregados para betão	NP EN 13043 Agregados para misturas betuminosas
Dimensão do agregado d/D	Designação	2/5,6	2/5,6
Granulometria	Categoria	G <sub>c</sub> 80/20	G <sub>c</sub> 85/20
Finura	Categoria	NA	NA
Teor de finos	Categoria	f <sub>1,5</sub>	f <sub>2</sub>
Qualidade dos finos	Aceit-rej/Categoria	NA	NA
Forma das partículas	Categoria	DND	DND
Porcentagem de partículas esmagadas ou partidas	Categoria	NA	DND
Angulosidade	Categoria	NA	NA
Resistência à fragmentação	Categoria	NA	NA
Resistência ao polimento	Categoria	NA	NA
Resistência à abrasão	Categoria	NA	NA
Resistência ao desgaste por atrito	Categoria	NA	NA
Resistência à abrasão por pneus pitonados	Categoria	NA	NA
Massa volumétrica:			
Partículas secas	Valor declarado	2,63 Mg/cm <sup>3</sup>	2,63 Mg/cm <sup>3</sup>
Material Impermeável	Valor declarado	2,79 Mg/cm <sup>3</sup>	2,79 Mg/cm <sup>3</sup>
Partículas saturadas	Valor declarado	2,68 Mg/cm <sup>3</sup>	2,68 Mg/cm <sup>3</sup>
Absorção de água	Valor declarado	2.2%	2.2%
Baridade	Valor declarado	DND	DND
Resistência gelo-degelo	Categoria	NA	NA
Resistência ao choque térmico	Valor declarado	NA	NA
Afinidade ligantes betuminosos	Valor declarado	NA	NA
Teor de conchas	Categoria	DND	NA
Teor de cloretos	Valor declarado	NA	NA
Teor de sulfatos solúveis em ácido	Categoria	DND	NA
Teor de enxofre total	Valor lim aceit/rej	0,047% <sup>1</sup>	NA
Teor de carbonatos	Valor declarado	NA	NA
Constituintes que alteram o tempo de presa e resistência do betão - Teor de húmus	Valor lim aceit/rej	Cor mais clara que as cores-padrão	NA
Estabilidade volumétrica: retracção por secagem	Valor lim aceit/rej		
Reacção álcalis-silica	Valor declarado	0,021% <sup>2</sup>	NA
Contaminantes orgânicos leves	Categoria	DND	NA
		NA	DND

Distribuição Granulométrica

EN 12620 - Agregados para betão

Peneiro (mm)	Valores típicos (%)	Limites máximos (%)	Limites mínimos (%)
11,2	100	100	100
8	100	100	98
5,6	98	99	80
4	41		
2	7	20	0
1	3	5	0
0,500	2		
0,250	2		
0,125	2		
0,063	0.9		

EN 13043 - Agregados para misturas betuminosas

Peneiro (mm)	Valores típicos (%)	Limites máximos (%)	Limites mínimos (%)
11,2	100	100	100
8	100	100	98
5,6	98	99	85
4	41	61.5	20.5
2	7	20	0
1	3	5	0
0,500	2		
0,250	2		
0,125	2		
0,063	0.9		

NA - Não Aplicável  
DND - Desempenho Não Determinado

A Gerência

Data: 16/06/2009

<sup>1</sup> <1% S - Aceite  
<sup>2</sup> <0,075% - Aceite

# INFORMAÇÃO TÉCNICA

DATA SHEET / NOTICE TECHNIQUE

**PRODUTO: AREIA**  
**REF<sup>ra</sup>: AS-40**


1328 - CPD - 0033

**NATUREZA / NATURE**      **Areia Cristalina / Sand / Quartz**
**VALORES TIPO / TYPICAL VALUES / VALEURS TYPE**
**Matéria Prima / Raw Material / Matière Première**
**CARACTERISTICAS QUÍMICAS / Chemical Specifications / Caractéristiques Chimiques \***

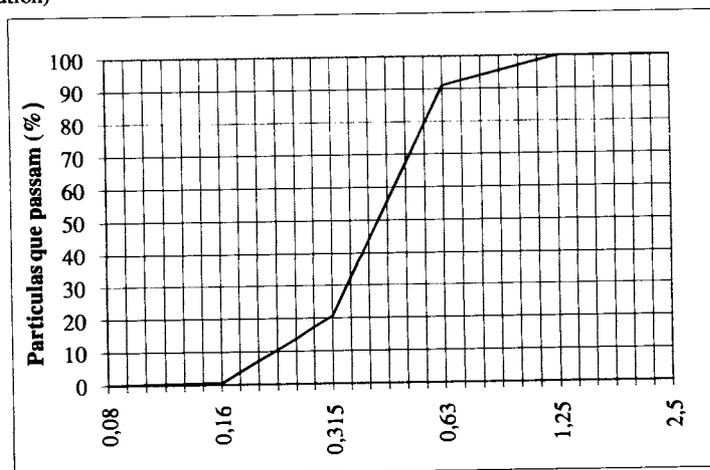
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
95,520%	3,400%	0,123%	0,006%	0,080%	0,280%	0,512%	0,069%	0,018%	0,001%

**CARACTERISTICAS FÍSICAS / Physical Specifications / Caractéristiques Physiques \***

<b>HUMIDADE</b> (Moisture / Humidité)	0,00%	<b>DIN 53198</b>
<b>BRANCURA</b> (Brightness / Blancheur)	49,5	<b>L*</b>
<b>DENSIDADE APARENTE</b> (Non Compacted Bulk Density / D.A. Non Tassée)	1,58g/ml	<b>EN 12902</b>
<b>DUREZA MOHS</b> (Mohs Hardness / Dureté Mohs)	7	
<b>ÍNDICE de REFRACÇÃO</b> (Refractive index / Indice de Réfraction)	1,55	
<b>PESO ESPECÍFICO</b> (Specific Gravity / Poids Spécifique)	2,63mg/m <sup>3</sup>	<b>NP EN 1097-6</b>
<b>Ph</b>	7	<b>ISO 787/9</b>
<b>CORTE SUPERIOR</b> (Top Cut / Coupure)	1mm	

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (Particle size distribution)\***

PENEIROS mm	RETIDO %	ACUMULADO %	PASSA %
2,5	0,00	0,00	100,00
1,25	0,00	0,00	100,00
0,63	8,90	8,90	91,10
0,315	70,36	79,26	20,74
0,16	20,17	99,43	0,57
0,08	0,48	99,91	0,09
<0,08	0,09	100,00	


**PENEIROS DE CONTROLO DIN ISO-3310**

A elaboração deste produto baseia-se numa matéria prima natural, pelo que nos reservamos o direito de alteração dos valores apresentados.

As this product is based on naturally occurring raw materials we reserve the right to change this should it become necessary.

Ce produit étant élaboré à partir d'une matière première naturelle, nous nous réservons le droit de modifier les valeurs données.

\* VALORES INDICATIVOS (Indicatif values / Valeurs indicatives)

## **ANEXO B**

### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS

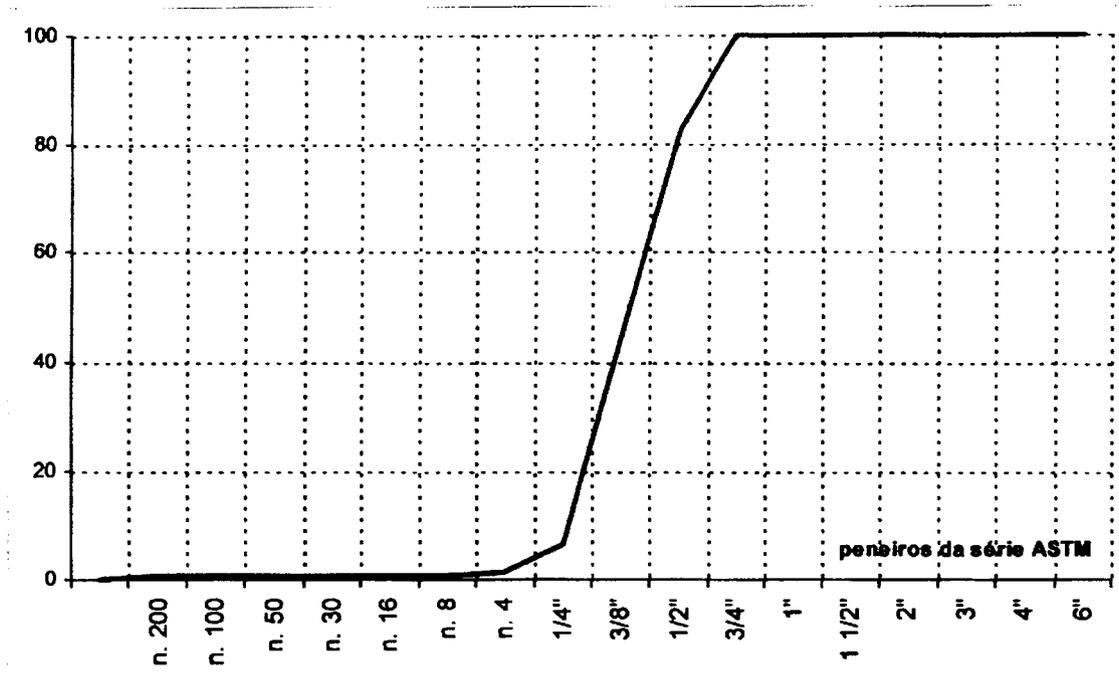
**NP 1379 - Granulometria e massa volúmica de agregados**

designação Brita 1  
 nº amostra 120  
 origem Cano - Sousei  
 fornecedor Catebrita

tipo britado  
 cliente  
 obra  
 central Évora  
 data de colheita 2009-08-13  
 data de ensaio 2009-08-17

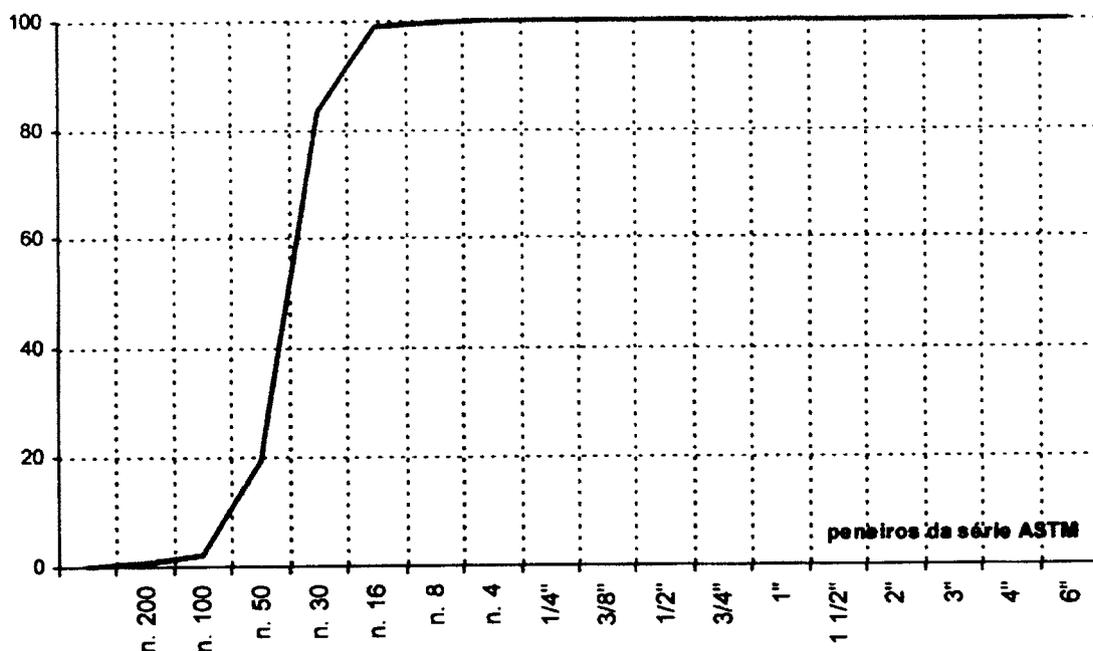
m. vol. (kg/m<sup>3</sup>) 2641  
 massa total (kg) 1.638  
 máx. dim ACI (mm) 19,00  
 máx. dim Faury (mm) 13,82  
 mín. dimensão (mm) 4,75

PENEIRO	MALHA mm	RESÍDUO		RESÍDUOS ACUMULADOS %		ÁGUA DE MOLHAGEM %		
		g	%	passado	retido	COEFICIENTES		agregado
						rolado	britado	
6"	150,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,08	0,08	0,00
4"	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,12	0,13	0,00
3"	75,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,16	0,18	0,00
2"	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,20	0,23	0,00
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,24	0,28	0,00
1"	25,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,39	0,44	0,00
3/4"	19,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,55	0,60	0,00
1/2"	12,5	279,8	17,1	82,9	17,1	0,92	1,10	0,19
3/8"	9,50	637,2	38,9	44,0	56,0	1,30	1,60	0,62
1/4"	6,30	614,6	37,5	6,5	93,5	1,75	2,20	0,83
n. 4	4,75	85,4	5,2	1,3	98,7	2,25	2,80	0,15
n. 8	2,36	8,4	0,5	0,8	99,2	4,0	5,2	0,03
n. 16	1,18	0,0	0,0	0,8	99,2	7,0	8,6	0,00
n. 30	0,600	0,3	0,0	0,8	99,2	10,0	12,3	0,00
n. 50	0,300	0,6	0,0	0,7	99,3	13,0	17,2	0,01
n. 100	0,150	1,0	0,1	0,7	99,3	20,0	24,6	0,02
n. 200	0,075	2,3	0,1	0,5	99,5	26,0	26,0	0,04
refugo		8,5	0,5	0,0	100,0	26,0	26,0	0,13
totais		1638,1	100,0					
módulo de finura					6,51			2,00



designação	Areia AS 40	tipo	rolado	m. vol. (kg/m <sup>3</sup> )	2630
n.º amostra	118	cliente		massa total (kg)	0.814
origem	Casteio Ventoso	obra		máx. dim ACI (mm)	1.18
fornecedor	Sifucel	central	Évora	máx. dim Faury (mm)	1.22
		data de colheita	2009-08-13	min. dimensão (mm)	0.15
		data de ensaio	2009-08-17		

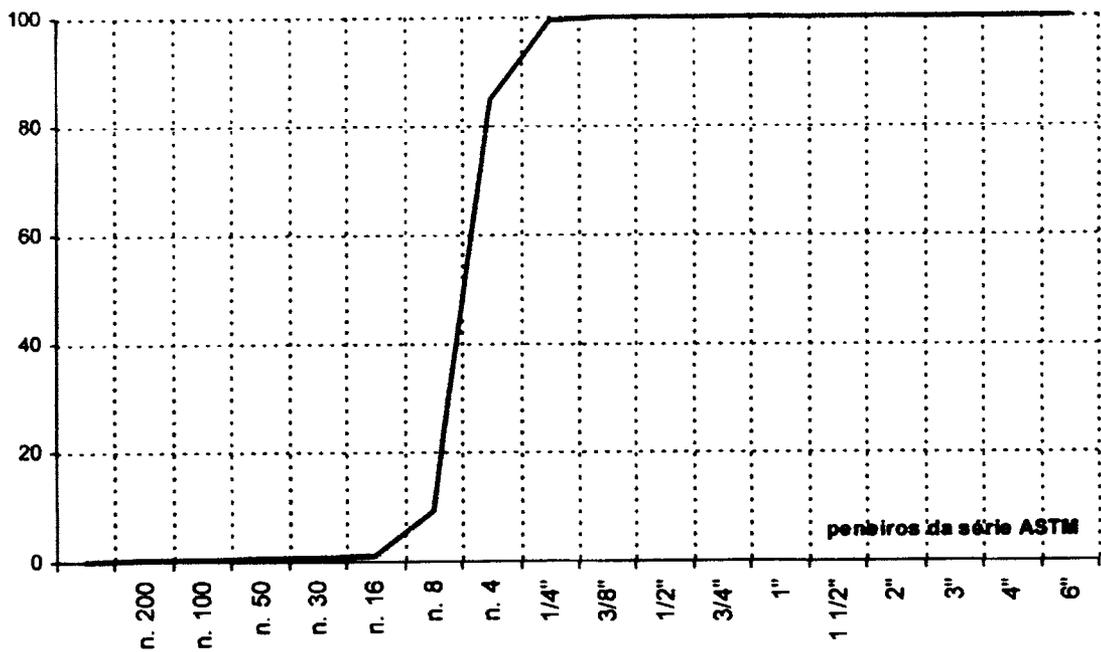
PENEIRO	MALHA mm	RESÍDUO		RESÍDUOS ACUMULADOS		ÁGUA DE MOLHAGEM %		
		g	%	passado	retido	COEFICIENTES		agregado
						rolado	britado	
6"	150,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,08	0,08	0,00
4"	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,12	0,13	0,00
3"	75,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,16	0,18	0,00
2"	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,20	0,23	0,00
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,24	0,28	0,00
1"	25,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,39	0,44	0,00
3/4"	19,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,55	0,60	0,00
1/2"	12,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,92	1,10	0,00
3/8"	9,50	0,0	0,0	100,0	0,0	1,30	1,60	0,00
1/4"	6,30	0,0	0,0	100,0	0,0	1,75	2,20	0,00
n. 4	4,75	0,0	0,0	100,0	0,0	2,25	2,80	0,00
n. 8	2,36	1,6	0,2	99,8	0,2	4,0	5,2	0,01
n. 16	1,18	7,9	1,0	98,8	1,2	7,0	8,6	0,07
n. 30	0,600	124,8	15,3	83,5	16,5	10,0	12,3	1,53
n. 50	0,300	522,6	64,2	19,3	80,7	13,0	17,2	8,34
n. 100	0,150	140,5	17,3	2,1	97,9	20,0	24,6	3,45
n. 200	0,075	10,8	1,3	0,7	99,3	26,0	26,0	0,34
refugo		6,0	0,7	0,0	100,0	26,0	26,0	0,19
<b>totais</b>		<b>814,2</b>	<b>100,0</b>					<b>13,94</b>
<b>módulo de finura</b>					<b>1,96</b>			



**NP 1379 - Granulometria e massa volúmica de agregados**

designação	Areão Lavado	tipo	britado	m. vol. (kg/m <sup>3</sup> )	2696
n.º amostra	119	cliente		massa total (kg)	1.178
origem	Cano - Sousel	obra		máx. dim ACI (mm)	6.30
fornecedor	Catebrita	central	Evora	máx. dim Faury (mm)	6.37
		data de colheita	2009-08-13	mín. dimensão (mm)	1.18
		data de ensaio	2009-08-17		

PENEIRO	MALHA mm	RESÍDUO		RESÍDUOS ACUMULADOS		ÁGUA DE MOLHAGEM %		
		g	%	passado	retido	COEFICIENTES		agregado
						rolado	britado	
6"	150,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,08	0,08	0,00
4"	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,12	0,13	0,00
3"	75,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,16	0,18	0,00
2"	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,20	0,23	0,00
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,24	0,28	0,00
1"	25,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,39	0,44	0,00
3/4"	19,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,55	0,60	0,00
1/2"	12,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,92	1,10	0,00
3/8"	9,50	0,0	0,0	100,0	0,0	1,30	1,60	0,00
1/4"	6,30	7,4	0,6	99,4	0,6	1,75	2,20	0,01
n. 4	4,75	170,8	14,5	84,9	15,1	2,25	2,80	0,41
n. 8	2,36	892,2	75,7	9,1	90,9	4,0	5,2	3,94
n. 16	1,18	95,6	8,1	1,0	99,0	7,0	8,6	0,70
n. 30	0,600	3,1	0,3	0,8	99,2	10,0	12,3	0,03
n. 50	0,300	1,4	0,1	0,7	99,3	13,0	17,2	0,02
n. 100	0,150	1,8	0,2	0,5	99,5	20,0	24,6	0,04
n. 200	0,075	2,0	0,2	0,3	99,7	26,0	26,0	0,04
refugo		3,9	0,3	0,0	100,0	26,0	26,0	0,09
totais		1178,2	100,0					5,28
módulo de finura					5,03			



## **ANEXO C**

### FICHA TÉCNICA DO CIMENTO E CONTROLO ESTATÍSTICO

# Cimento Portland de Calcário

## CEM II/A-L 42,5R

NP EN 197-1 0856



### ▶ Constituintes

- 80% ≤ Clínquer ≤ 94%
- 6% ≤ Calcário ≤ 20%
- Sulfato de cálcio regulador de presa

### ▶ Características

#### ▶ Químicas

- Sulfatos ( $SO_3$ ) ≤ 4,0%
- Cloretos (Cl) ≤ 0,10%

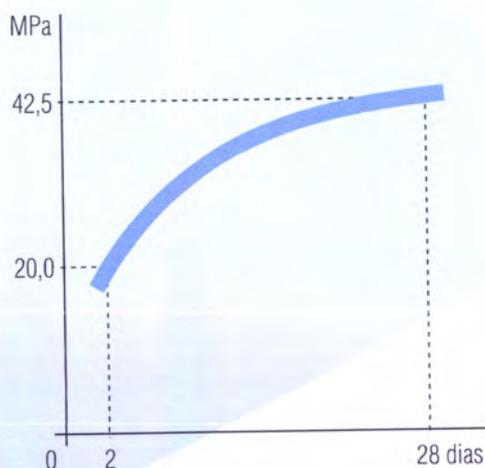
#### ▶ Físicas

- Início de presa (min) ≥ 60
- Expansibilidade (mm) ≤ 10

#### ▶ Mecânicas

- Resistência à compressão
- Valores mínimos
- 2 dias: 20,0 MPa
- 28 dias: 42,5 MPa

Resistência mecânica à compressão  
Curva de crescimento mínimo



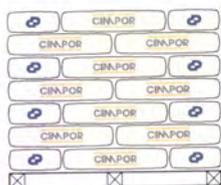
### ▶ Propriedades especiais do betão fabricado com este cimento

- ▶ Desenvolvimento rápido das resistências mecânicas
- ▶ Elevadas resistências a todas as idades
- ▶ Grande leque de utilizações e bom comportamento mesmo em meios moderadamente agressivos
- ▶ Trabalhabilidade elevada
- ▶ Particularmente adequado para Classes de Exposição XC

## ▶ Utilizações recomendadas

- ▶ **Betão armado**  
Indicado indistintamente para todas as classes de resistência com especial vantagem nas de C25/30 a C40/50
- ▶ **Pré-fabricação**  
Artefactos  
Elementos estruturais em betão armado e pré-esforçado  
Blocos de alvenaria e abobadilha em betão leve
- ▶ **Pavimentos rodoviários**  
Camadas de base e sub base em betão pobre  
Solo cimento  
Camadas de desgaste
- ▶ **Betão simples de uso geral**
- ▶ **Caldas de injeção de uso generalizado**
- ▶ **Betão projectado**

## ▶ Acondicionamento



**Palete**

49 Sacos de 35 kg - 1715 kg



**Pacotão**

55 Sacos de 35kg - 1925 kg

Camião de 25 toneladas com meios de descarga próprios devidamente selado



**Granel**  
25 toneladas

## ▶ Precauções na aplicação

- ▶ Evitar betonagens sob temperaturas baixas
- ▶ Assegurar uma cura e protecção adequadas de acordo com as disposições normativas
- ▶ Respeitar as dosagens de cimento mínimas e as relações água/cimento máximas normativas
- ▶ Assegurar uma cura e protecção adequadas de acordo com as disposições normativas

## ▶ Contra-indicações

- ▶ Em ambientes agressivos seguir estritamente as recomendações normativas e os textos técnicos sobre o assunto
- ▶ Betonagem de grandes massas

## ▶ Ambiente e Segurança

- ▶ Usar vestuário de protecção, luvas e equipamento protector para a vista/face adequados
- ▶ Quando ensacado contém redutor de crómio (VI) cujo período de eficácia é de dois meses após a data de ensacagem
- ▶ A produção deste cimento representa uma diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera
- ▶ Para mais informações, consulte a Ficha de Dados de segurança



### ÁREA COMERCIAL

Av. Severiano Falcão, 8 - Edifício CIMPOR - 2689-524 PRIOR VELHO  
Tel.: 21 940 86 43 - Fax: 21 940 87 60

### ÁREA TÉCNICO-COMERCIAL

Av. Severiano Falcão, 8 - Edifício CIMPOR - 2689-524 PRIOR VELHO  
Tel.: 21 940 86 43 - Fax: 21 940 87 54

### ENCOMENDAS, CONTROLO DE VENDAS E CRÉDITO

S. Pedro Fins - Maia - Apartado 1023 - 4449-909 ERMESINDE  
Tel.: 22 968 80 00 - Fax: 22 967 18 38

[www.cimpor-portugal.pt](http://www.cimpor-portugal.pt)  
[Dcomercial@cimpor.com](mailto:Dcomercial@cimpor.com)

**CONTROLO ESTATÍSTICO**

Entidade de Proveniência: C.P. Alhandra  
 Produto: CEM II/A - L 42,5 R  
 Variante:  
 Entidade de Colheita: C.P. Alhandra  
 Natureza de Colheita:  
 Grupo de Naturezas de Colheita: AUT - Conform. com Norma

Ensaio	Unidade	Entidade	Método	ESTATÍSTICAS de a			Estatística mensal dos três últimos meses					
				2008/11/01		2009/10/31	Ago/09		Set/09		Out/09	
				N	Média	Desvio Padrão	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.
Perda ao Fogo	%	CPA		106	7,64	0,63	7,52 (9)	0,70	8,09 (9)	0,30	8,57 (8)	0,29
Óxido de Silício	%	CPA		106	17,06	0,41	17,29 (9)	0,43	16,87 (9)	0,19	16,84 (8)	0,14
Óxido de Alumínio	%	CPA		106	4,89	0,15	5,00 (9)	0,10	4,81 (9)	0,07	4,78 (8)	0,06
Óxido de Ferro	%	CPA		106	2,94	0,14	2,87 (9)	0,14	2,82 (9)	0,04	2,78 (8)	0,08
Óxido de Cálcio Total	%	CPA		106	61,78	0,58	61,47 (9)	0,33	61,12 (9)	0,36	60,76 (8)	0,38
Óxido de Magnésio	%	CPA		106	1,58	0,15	1,68 (9)	0,03	1,76 (9)	0,04	1,70 (8)	0,04
Teor de Sulfatos (SO3) ≤ 4,0	%	CPA		106	2,73	0,29	3,04 (9)	0,14	3,19 (9)	0,15	3,11 (8)	0,09
Teor de Cloretos ≤ 0,10	%	CPA		75	0,02	0,01	0,02 (7)	0,01	0,02 (6)	0,01	0,03 (6)	0,01
Cal Livre	%	CPA		106	1,15	0,34	0,86 (9)	0,19	0,95 (9)	0,13	0,93 (8)	0,26
Resíduo Insolúvel	%	CPA		76	1,32	0,21	1,58 (7)	0,23	1,40 (6)	0,06	1,31 (6)	0,14
Massa Volúmica	g/cm3	CPA		106	3,07	0,01	3,06 (9)	0,02	3,06 (9)	0,01	3,07 (8)	0,01
Sup. Esp. Blaine	cm2/g	CPA		105	3867	115	3902 (9)	32	3898 (9)	56	4000 (8)	110
Granulometria 45 µm	%	CPA		106	6,5	1,3	6,6 (9)	0,7	6,4 (9)	0,8	5,8 (8)	1,4
Água de Pasta	%	CPA		106	28,6	0,4	28,4 (9)	0,2	28,8 (9)	0,2	28,7 (8)	0,1
Início de Presa ≥ 60	min	CPA		106	145	11	140 (9)	6	144 (9)	7	146 (8)	7
Fim de Presa	min	CPA		106	205	14	197 (9)	7	210 (9)	17	206 (8)	9
Expansibilidade ≤ 10	mm	CPA		106	0,6	0,4	0,7 (9)	0,3	0,7 (9)	0,3	0,5 (8)	0,0
Res.Comp.2 dias ≥ 20,0	MPa	CPA		106	29,5	1,3	29,5 (9)	0,8	29,4 (9)	1,0	29,9 (8)	1,6
Res.Comp.7 dias	MPa	CPA		106	42,3	1,5	43,0 (9)	1,4	43,3 (9)	1,0	42,9 (8)	1,1
Res.Comp.28dias ≥42,5 e ≤62,5	MPa	CPA		106	52,2	1,8	53,4 (9)	1,6	52,8 (9)	1,8	52,0 (8)	1,3

(n) Número de resultados para as estatísticas mensais

Página 1 / 1

\* Número de resultados insuficiente para cálculos estatísticos

## **ANEXO D**

### CINZAS VOLANTES: FICHA TÉCNICA E RELATÓRIO DE ENSAIO

ENTRADA	30.12.2009
DESPACHO	20.10.10 10.10.08
DESPACHO	
DESPACHO	
DESPACHO	1.1

### 1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO/PRODUTOR

**Identificação do Produto:** Cinza Volante - Tipo B e Classe N (sem co-combustão)

**Aplicação do Produto:** Adição no betão

**Identificação do Produtor:** EDP - Gestão da Produção de Energia, S.A.  
 Centro de Produção Sines  
 Apartado 46 - São Torpes  
 7520-089 Sines

### 2. CARACTERÍSTICAS DA CINZA (referência)

Características	Valor
Perda ao Fogo (%)	2 - 7
Finura (%)	16 (VD)
Óxido de Cálcio livre (%)	≤ 1,0
Óxido de Cálcio total (%)	≤ 10
Cloretos (%)	≤ 0,10
Sulfatos (%)	≤ 3
Densidade das Partículas (Kg/m³)	2 300 (VD)
Índice de Actividade: (%)	
28 dias	> 75
90 dias	> 85

VD - Valor Declarado

Revisão

A

Data

2007-12-26

Elaborado

Maria José Vales

Aprovado

Jorge do Carmo  
(em documento SGD)



<b>RELATÓRIO DE ENSAIOS</b>	RL N.º 213/09
-----------------------------	---------------

Página 1/1

<b>IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>
Departamento de Condução do Centro de Produção Sines

<b>IDENTIFICAÇÃO DA VOSSA AMOSTRA</b>	
Vossa Informação :	
Amostra :	Cinza Volante
Fornecedora :	Cimenteiras
Período de Recolha da Amostra :	1 a 30-09-2009
N.º Interno da Amostra :	2025/09
Data de recepção da Amostra :	01/10/09
Período Real Ensaios :	01-10-09 a 12-10-2009
Emissão do Relatório :	15/10/09

DETERMINAÇÕES	UNIDADES	NORMA DE ENSAIO	LIMITE NPEN 197-1/ EN 450-1	RESULTADOS
Humidade	%	ASTM C 311-07 secções 11 e 12		0,3
				<i>Base seca</i>
Perda ao Fogo	%	EN 196-2:2005 secção 7 EN 450-1:2005 secção 5.2.2	≤ 7,0%	6,6
SiO <sub>2</sub> (*)	%	EN 196-2:2005 secção 13		54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			23,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			6,4
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			83,4
MgO (*)	%			1,52
SO <sub>3</sub>	%	EN 196-2:2005 secção 8	≤ 3,0%	0,53
CaO livre (*)	%	NP EN 451-1:2006	≤ 1,0%	0,4
CaO total (*)	%	EN 196-2:2005 secção 13		2,9
Na <sub>2</sub> O (*)	%	EN 196-2:2005 secção 17		0,70
K <sub>2</sub> O (*)	%			1,59
Alcalis (Na <sub>2</sub> O + 0,658 x K <sub>2</sub> O) (*)	%			1,75
TiO <sub>2</sub>	%	ASTM D 3682-01 (2006)		1,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (*)	%	PL 35.074.PTSM		0,7
Clarelos (*)	%	EN 196-2:2005 secção 14		0,01
Finura (d>45mm) (*)	%	NP EN 451-2:1995		16,0

**Observações:** (\*) Ensaios fora do âmbito da Acreditação.  
A amostragem não está incluída no âmbito da Acreditação.

O Responsável Técnico do Laboratório

(Maria José Vales)

Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra. A reprodução parcial carece de autorização do LABCC.  
Os resultados constantes deste relatório referem-se apenas às amostras nele identificadas.

Centro de Produção de Sines, Apartado 46, 500 Torres, 7520-089 SINES, PORTUGAL Tel: 269 00 10 00, Fax: 269 00 14 40

LABCC 0694



<b>RELATÓRIO DE ENSAIOS</b>	RL N.º 251/09
-----------------------------	---------------

Página 171

<b>IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>
<i>Departamento de Condução do Centro de Produção Sines</i>

<b>IDENTIFICAÇÃO DA VOSSA AMOSTRA</b>	
<i>Vossa Informação :</i>	
<b>Amostra :</b>	Cinza Volante
<b>Fornecida a :</b>	Cimenteiras
<b>Período de Recolha da Amostra :</b>	1 a 31-10-2009
<b>N.º Interno da Amostra :</b>	2244/09
<b>Data de recepção da Amostra :</b>	02/11/09
<b>Período Real Ensaios :</b>	02-11-09 a 17-11-2009
<b>Emissão do Relatório :</b>	17/11/09

DETERMINAÇÕES	UNIDADES	NORMA DE ENSAIO	LIMITES NP EN 197-1/ EN 450-1	RESULTADOS
Humidade	%	ASTM C 311-07 secções 11 e 12		0,3
				<i>Base seco</i>
Perda ao Fogo	%	EN 196-2:2005 secção 7 EN 450-1:2005 secção 5.2.2	≤ 7,0%	5,2
SiO <sub>2</sub> (*)	%	EN 196-2:2005 secção 13		53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			23,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			6,4
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			83,0
MgO (*)	%			1,62
SO <sub>3</sub>	%	EN 196-2:2005 secção 8	≤ 3,0%	0,47
CaO livre (*)	%	NP EN 451-1:2006	≤ 1,0%	0,5
CaO total (*)	%	EN 196-2:2005 secção 13		3,0
Na <sub>2</sub> O (*)	%	EN 196-2:2005 secção 17		1,03
K <sub>2</sub> O (*)	%			2,07
Alcalis (Na <sub>2</sub> O + 0,658 x K <sub>2</sub> O) (*)	%			2,39
TiO <sub>2</sub>	%	ASTM D 3682-01 (2006)		0,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (*)	%	PL 35.074.PTSN		0,6
Claretos (*)	%	EN 196-2:2005 secção 14		<0,01
Finura (d>45mm) (*)	%	NP EN 451-2:1995		17,5

**OBSERVAÇÕES:** (\*) Ensaio fora do âmbito da Acreditação.  
A amostragem não está incluída no âmbito da Acreditação.

O responsável Técnico do Laboratório

(Manoel José Vales)

Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra. A reprodução parcial carece de autorização do LABCC.  
Os resultados constantes deste relatório referem-se apenas às amostras nele identificadas.

Centro de Produção de Sines, Apartado 46, São Torpes, 7520-089 SINES, PORTUGAL Tel. 269 00 10 00, Fax 269 00 14 40

LABCC 0834



<b>RELATÓRIO DE ENSAIOS</b>	RL N.º 275/09
-----------------------------	---------------

Página 1/1

<b>IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>
Departamento de Condução do Centro de Produção Sines

<b>IDENTIFICAÇÃO DA VOSSA AMOSTRA</b>	
Vossa Informação :	
Amostra :	Cinza Volante
Fornecedora :	Cimenteiras
Período de Recolha da Amostra :	1 a 30-11-2009
N.º Interno da Amostra :	2446/09
Data de recepção da Amostra :	02-12-2009
Período Real Ensaios :	02-12-09 a 12-12-09
Emissão do Relatório :	15-12-2009

DETERMINAÇÕES	UNIDADES	NORMA DE ENSAIO	LIMITES NP/EN 197-1/ EN 450-1	RESULTADOS
Humidade	%	ASTM C 311-07 secções 11 e 12		0,2
				<i>Base seco</i>
Perda ao Fogo	%	EN 196-2:2005 secção 7 EN 450-1:2005 secção 5.2.2	≤ 7,0%	5,0
SiO <sub>2</sub> (*)	%	EN 196-2:2005 secção 13		50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			23,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			6,8
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			80,4
MgO (*)	%			1,22
SO <sub>3</sub>	%	EN 196-2:2005 secção 8	≤ 3,0%	0,61
CaO livre (*)	%	NP EN 451-1:2006	≤ 1,0%	0,6
CaO total (*)	%	EN 196-2:2005 secção 13		3,2
Na <sub>2</sub> O (*)	%	EN 196-2:2005 secção 17		0,65
K <sub>2</sub> O (*)	%			2,14
Alcalis (Na <sub>2</sub> O + 0,658 x K <sub>2</sub> O) (*)	%			2,06
TiO <sub>2</sub>	%	ASTM D 3682-01(2006)		1,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (*)	%	PL 35.074.PTSM		0,6
Cloratos (*)	%	EN 196-2:2005 secção 14		0,01
Finura (d>45mm) (*)	%	NP EN 451-2:1995		17,6

**OBSEVAÇÕES:** (\*) Ensaio fora do âmbito da Acreditação.  
A amostragem não está incluída no âmbito da Acreditação.

O Responsável Técnico do Laboratório

(Maria José Vales)

Este relatório só pode ser reproduzido no íntegro. A reprodução parcial carece de autorização do LABCC.  
Os resultados constantes deste relatório referem-se apenas às amostras nele identificadas.

Centro de Produção de Sines, Apartado 46, São Torpes, 7520-089 SINES, PORTUGAL Tel. 269 00 10 00, Fax: 269 00 14 40

LABCC 083/4

**CENTRO DE PRODUÇÃO SINES**

LABORATÓRIO DE CARVÕES E CINZAS



<b>RELATÓRIO DE ENSAIOS</b>	RL N.º 04/10
-----------------------------	--------------

Página 1/1

<b>IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>
<i>Departamento de Condução do Centro de Produção Sines</i>

<b>IDENTIFICAÇÃO DA VOSSA AMOSTRA</b>	
<i>Vossa Informação :</i>	
<b>Amostra :</b>	Cinza Volante
<b>Fornecedor :</b>	Cimenteiras
<b>Período de Recolha da Amostra :</b>	1 a 31-12-2009
<b>N.º Interno da Amostra :</b>	07/10
<b>Data de receção da Amostra :</b>	04/01/10
<b>Período Real Ensaio :</b>	04-01-10 a 11-01-2010
<b>Emissão do Relatório :</b>	12/01/10

DETERMINAÇÕES	UNIDADES	NORMA DE ENSAIO	LIMITES NPEN 197-1/ EN 450-1	RESULTADOS
Humidade	%	ASTM C 311-07 secções 11 e 12		0,3
<i>Base seca</i>				
Perda ao Fogo	%	EN 196-2:2005 secção 7 EN 450-1:2005 secção 5.2.2	≤ 7,0%	5,7
SiO <sub>2</sub> (*)	%	EN 196-2:2005 secção 13		47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			23,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			8,0
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*)	%			78,7
MgO (*)	%			1,51
SO <sub>3</sub>	%	EN 196-2:2005 secção 8	≤ 3,0%	0,74
CaO livre (*)	%	NP EN 451-1:2006	≤ 1,0%	0,6
CaO total (*)	%	EN 196-2:2005 secção 13		4,2
Na <sub>2</sub> O (*)	%	EN 196-2:2005 secção 17		0,76
K <sub>2</sub> O (*)	%			1,86
Alcalis (Na <sub>2</sub> O + 0,658 x K <sub>2</sub> O) (*)	%			1,98
TiO <sub>2</sub>	%	ASTM D 3682-01 (2006)		1,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (*)	%	PL 35.074.PTSN		0,5
Cloretos (*)	%	EN 196-2:2005 secção 14		0,01
Finura (d>45mm) (*)	%	NP EN 451-2:1995		18,4

**OBSERVAÇÕES:** (\*) Ensaio fora do âmbito da Acreditação.  
A amostragem não está incluída no âmbito da Acreditação.

O Responsável Técnico do Laboratório

*M. José Vales*  
\_\_\_\_\_  
(Maria José Vales)

Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra. A reprodução parcial carece de autorização do LABCC.  
Os resultados constantes deste relatório referem-se apenas às amostras nele identificadas.

Centro de Produção de Sines, Apartado 46, São Tomé, 7520-099 SINES, PORTUGAL Tel. 269 00 10 00, Fax 269 00 14 40

LABCC 063/4

# labelec

Rua Cidade de Goa, 4 2685-039 SACAVÉM  
Apartado 5 2686-997 SACAVÉM CODEX  
Tel.: (351) 21 001 10 00 Fax: (351) 21 941 92 54

EDP Produção  
Direcção de Produção Térmica  
Central Termoeléctrica de Sines  
S. Torpes  
7520-089 SINES

Sua referência

Sua comunicação

Nossa referência

Data

Carta N.º 2163 / LABELEC / 09

1 - 10 - 09

Assunto: Determinação da sílica e cálcio reactivo

Exmos. Senhores

Para os devidos efeitos junto se envia o Boletim B709NB09 do LNEC, relativo às amostras 639/09 e 867/09, referente ao assunto em epígrafe.

Os meus cumprimentos

LABELEC  
Departamento de Ambiente

  
Dr. Lourenço Gil  
(Director Adjunto)

Anexo: o referido

LABELEC - Estudos, Desenvolvimento e Actividades Laboratoriais, S.A.  
Sede Social: R. Cidade de Goa, n.º 4 2685-039 Sacavém  
Matrícula CRC Loures n.º 11533 NIPC 503326/55 Capital Social: € 2 200 000





**Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.**

**Departamento de Materiais**  
Núcleo de Betões

Boletim nº B709NB09  
Pag. 1 de 2  
Pedido nº 677NB09

Visto

*Adelina Pereira T. Rocha*

Data do boletim: 2009-09-07

Data do pedido: 2009-05-18

Requerente:

LABELEC - Grupo EDP

LABELEC - Grupo EDP

Rua Cidade de Goa, nº 4

2685-039 - Sacavém

## CINZA VOLANTE

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÍLICA REACTIVA E DE ÓXIDO DE CÁLCIO REACTIVO

#### 1 - Identificação das amostras

A empresa LABELEC - Grupo EDP solicitou a este Laboratório Nacional a determinação dos teores de sílica reactiva e de óxido de cálcio reactivo em duas amostras de cinza volante, que foram entregues embaladas em sacos de plástico, e identificadas por:

“Ref<sup>a</sup> 639/09”; “Ref<sup>a</sup> 867/09”

#### 2 - Condições de ensaio

Os teores de sílica e óxido de cálcio reactivos foram determinados, conforme a definição da Norma Portuguesa NP EN 197-1:2001, e de acordo com os métodos de ensaio da NP EN 196-2:2006.

O teor de dióxido de carbono foi determinado segundo método interno por tratamento da amostra com ácido fosfórico e o dióxido de carbono libertado adsorvido em ascarite.

LNEC, I.P./DM  
Av. do Brasil, 101 1700-066 LISBOA - Portugal  
Tel. +351.21.844 32 21 Fax +351.21.844 30 23  
Pess. Colectiva 501 389 660

Não é permitida a divulgação parcial dos resultados constantes deste Boletim na qual se faça referência ao LNEC, a não ser que seja obtida expressa autorização. Sem indicação em contrário, os elementos identificadores das amostras ensaiadas são simples transcrição de informações recebidas ou de anotações apostas emendas, não sendo por isso da responsabilidade do LNEC. Os resultados só são válidos para os fins ensaiados.

**Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.**

Departamento de Materiais  
Núcleo de Betões

Boletim nº B709NB09

Pág. 2 de 2

Pedido nº 677NB09

Visto

*Adelina Pereira F. Rocha*

**3 - Resultados**

Os resultados obtidos são apresentados no quadro seguinte:

Determinações	Identificação das amostras*	
	Ref.º 639/09	Ref.º 867/09
Silica reactiva, SiO <sub>2</sub> (%)	40,1	36,2
Óxido de cálcio reactivo, CaO (%)	3,75	3,44

\*Dados da responsabilidade do cliente

Data de início dos ensaios: 2009-06-16

Data final dos ensaios: 2009-08-11

*[Assinatura]* Chefe de Núcleo de Betões

Eng. Arlindo Gonçalves

*[Assinatura]*  
LÍNGUA DE BETÃO

# labelec

Rua Cidade de Goa, 4 2685-039 SACA VÉM  
Aparado 5 2686-997 SACA VÉM CODEX

Tel.: (351) 21 001 10 00 Fax: (351) 21 941 92 54

EDP Produção  
Direcção de Produção Térmica  
Central Termoeléctrica de Sines  
S. Torpes  
7520-089 SINES

Sua referência

Sua comunicação

Nossa referência

Data:

Carta N.º 114 / LABELEC / 10

14 - 1 - 10

Assunto: Determinação da sílica e cálcio reactivo

Exmos. Senhores

Para os devidos efeitos junto se envia o Boletim B171 INB09 do LNEC, relativo às amostras 1536/09 e 1768/09, referente ao assunto em epígrafe.

Os meus cumprimentos

LABELEC  
Departamento de Ambiente



Dr. Lourenço Gil  
(Director Adjunto)

Anexo: o referido

LABELEC - Estudos, Desenvolvimento e Actividades Laboratoriais, S.A.  
Sede Social: R. Cidade de Goa, n.º 4 2685-039 SacaVém  
Matrícula CRC Loures, n.º 11530 NIPC 903326755 Capital Social: € 2.200.000





**Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.**

Departamento de Materiais  
Núcleo de Betões

Boletim nº B1711NB09

Pág. 1 de 2

Pedido nº 1252NB09

Visto

*Ilma Pereira F. Rocha*  
DIRECTOR DO DEPARTAMENTO  
DE MATERIAIS

Data do boletim: 2009-12-10

Data do pedido: 2009-09-16

Requerente:

LABELEC – Grupo EDP

LABELEC – Grupo EDP

Rua Cidade de Goa, nº 4

2685-039 – Sacavém

## CINZA VOLANTE

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÍLICA REACTIVA E DE ÓXIDO DE CÁLCIO REACTIVO

#### 1 – Identificação das amostras

A empresa LABELEC – Grupo EDP solicitou a este Laboratório Nacional a determinação dos teores de sílica reactiva e de óxido de cálcio reactivo em duas amostras de cinza volante, que foram entregues embaladas em saco de plástico, e identificadas por:

“Re<sup>o</sup> 1536/09; re<sup>o</sup> 1768/09 “

#### 2 – Condições de ensaio

Os teores de sílica e óxido de cálcio reactivos foram determinados, conforme a definição da Norma Portuguesa NP EN 197-1:2001, e de acordo com os métodos de ensaio da NP EN 196-2:2006.

O teor de dióxido de carbono foi determinado segundo método interno por tratamento da amostra com ácido fosfórico e o dióxido de carbono libertado adsorvido em ascarite.

LNEC, I.P./DM  
Av. do Brasil, 101 1700-066 LISBOA - Portugal  
Tel. +351.21.844 32 21 Fax +351.21.844 30 23  
Pess. Colectiva 501 389 660

Não é permitida a divulgação parcial dos resultados constantes deste Boletim na qual se faça referência ao LNEC, a não ser que seja obtida expressa autorização. Salvo indicação em contrário, os elementos identificadores das amostras ensaiadas são simples transcrição de informações recebidas ou de anotações apostas enviadas, não sendo por isso da responsabilidade do LNEC. Os resultados só são válidos para os itens ensaiados.

**Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.**

Departamento de Materiais  
Núcleo de Betões

Boletim nº B1711NB09  
Pag: 2 de 2  
Pedido nº 1252NB09

Visão: *Armando*  
Núcleo de Betões  
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS

**3 – Resultados**

Os resultados obtidos são apresentados no quadro seguinte:

Determinações	Identificação das amostras	
	Refº 1536/09	Refº 1768/09
Sílica reactiva, SiO <sub>2</sub> (%)	37,3	38,4
Óxido de cálcio reactivo, CaO (%)	4,30	5,78

Data de início dos ensaios: 2009-09-30

Data final dos ensaios: 2009-12-02

O Chefe de Núcleo de Betões



Eng. Arlindo Gonçalves

## **ANEXO E**

### RELATÓRIO DE ENSAIO DO PÓ DE PEDRA

# Laboratório Central do Grupo CIMPOR

Edifício CIMPOR - Av. Severiano Falcão, 8  
2689-524 Prior Velho  
Tel: 219408600 - Fax: 219422901

# Relatório de Ensaio



<b>Cliente/Endereço:</b> Área Técnico-Comercial Edifício CIMPOR - Av. Severiano Falcão, 8 2689-524 Prior Velho Portugal  Sr. Eng.º António Mesquita	<b>Relatório Nº</b>	9662A
	<b>Processo Nº</b>	3323AO
	<b>Material</b>	Filer de Mármore
	<b>Colheita</b>	2009-09-28
	<b>Entrada</b>	2009-10-27
<b>Saída</b>	2009-11-10	
<b>Proveniência:</b> IBERA - Indústria de Betão S.A.		Página 1 / 1

Este relatório não pode ser reproduzido integral ou parcialmente sem a autorização prévia do LC

Ident. da Amostra no Cliente **Ibera - Central de Évora - origem: Alandroal** Nº da Amostra **9772C**

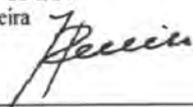
Ensaio	Resultado/Média	Método
Humidade (110°C)	= 0,11 %	Análise Termo-Gravimétrica - IOL 105 (edição 6)
Perda ao Fogo (110-250°C)	= 0,12 %	Análise Termo-Gravimétrica - IOL 105 (edição 6)
Perda ao Fogo (250-500°C)	= 0,18 %	Análise Termo-Gravimétrica - IOL 105 (edição 6)
Perda ao Fogo (500-950°C)	= 42,84 %	Análise Termo-Gravimétrica - IOL 105 (edição 6)
Perda ao Fogo	= 43,15 %	Análise Termo-Gravimétrica - IOL 105 (edição 6)
Óxido de Silício	= 1,67 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Alumínio	= 0,29 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Ferro (III)	= 0,19 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Cálcio Total	= 53,05 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Magnésio	= 0,87 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Trióxido de Enxofre	= 0,03 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Potássio	= 0,13 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Titânio	= 0,04 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Fósforo	= 0,00 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Manganés (II)	= 0,01 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Óxido de Estrôncio	= 0,01 %	FRX Pérola - IOL 114 (edição 5) e 115 (edição 3)
Total	= 99,44 %	Cálculo
Massa Volúmica	= 2,73 g/cm <sup>3</sup>	LNEC E 64: 1979
Superfície Específica Blaine	= 5320 cm <sup>2</sup> /g	NP EN 196-6 : 1990
Granulometria 90 µm	= 1,3 %	Alpine
Granulometria 45 µm	= 7,8 %	Alpine
Granulometria 32 µm	= 13,3 %	Alpine

Data da realização de ensaios: Início 2009-11-03 Fim 2009-11-09

OBS: A colheita da amostra foi da responsabilidade do cliente.

REN 503 13/0

O Técnico:  
Gonçalo Almeida  


O Chefe do LC:  
João Pereira  


Os resultados deste relatório são apenas válidos para os itens ensaiados

**Laboratório Central  
do Grupo Cimpor**

Edifício CIMPOR - Av. Severiano Falcão, 8  
2089-524 Pinar, Velho-Portugal  
Tel. 21 940 8800 - Fax: 21 942 2901

**Relatório  
de Ensaio**



Cliente/Endereço: Área Técnico Coemrcial Sr. Eng.º António Mesquita	Relatório Nº	9663A
	Processo Nº	3323AO
	Material	Filer de Mármore
	Colheita	2009-09-28
	Entrada	2009-10-27
Proveniência: IBERA - Indústria de Betão S.A.	Saída	2009-11-10

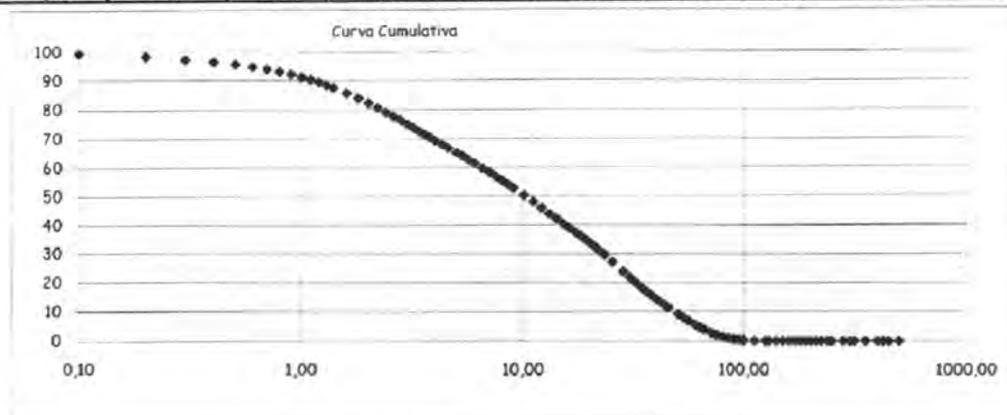
Este relatório não pode ser reproduzido integral ou parcialmente sem a autorização prévia do LC.

Página 1/1

Método de Ensaio: Análise Granulométrica por difracção de raios laser - Via Húmida

Nº Amostra	9772C	Identificação do Cliente	Ibera - Central de Évora - origem: Alandroal
------------	-------	--------------------------	--

Dim. (µm)	Result.								
0,04	99,98	2,40	79,06	9,00	52,71	36,00	16,84	130,00	0,00
0,07	99,69	2,60	77,60	10,00	50,29	38,00	15,45	140,00	0,00
0,10	99,36	2,80	76,21	11,00	48,04	40,00	14,18	150,00	0,00
0,20	98,26	3,00	74,90	12,00	45,96	43,00	12,44	160,00	0,00
0,30	97,25	3,20	73,67	13,00	44,02	45,00	11,39	170,00	0,00
0,40	96,37	3,40	72,50	14,00	42,22	50,00	9,06	180,00	0,00
0,50	95,57	3,60	71,40	15,00	40,55	53,00	7,84	190,00	0,00
0,60	94,76	3,80	70,36	16,00	38,97	56,00	6,73	200,00	0,00
0,70	93,92	4,00	69,37	17,00	37,49	60,00	5,43	212,00	0,00
0,80	93,02	4,30	67,96	18,00	36,07	63,00	4,57	224,00	0,00
0,90	92,11	4,60	66,65	19,00	34,71	66,00	3,81	240,00	0,00
1,00	91,18	5,00	65,02	20,00	33,40	71,00	2,75	250,00	0,00
1,10	90,25	5,30	63,88	21,00	32,11	75,00	2,07	280,00	0,00
1,20	89,32	5,60	62,78	22,00	30,86	80,00	1,39	300,00	0,00
1,30	88,39	6,00	61,39	23,00	29,63	85,00	0,88	315,00	0,00
1,40	87,47	6,50	59,76	25,00	27,22	90,00	0,52	355,00	0,00
1,60	85,67	7,00	58,21	28,00	23,87	95,00	0,29	400,00	0,00
1,80	83,92	7,50	56,74	30,00	21,85	100,00	0,14	425,00	0,00
2,00	82,23	8,00	55,34	32,00	20,02	112,00	0,00	450,00	0,00
2,20	80,61	8,50	54,00	34,00	18,36	125,00	0,00	500,00	0,00



Data da realização de ensaios: Início  Fim

OBS: A colheita da amostra foi da responsabilidade do cliente.

REN 503 13/C

O Técnico:  
Gonçalo Almeida *CA*

O Chefe do LC:  
João Pereira *JP*

Os resultados deste relatório são apenas válidos para os itens ensaiados

## **ANEXO F**

### FICHA TÉCNICA DOS ADJUVANTES

**Superplastificante de nova geração para betão rheodinâmico com grande tempo de trabalhabilidade****Descrição**

A nova tecnologia de betão rheodinâmico permite a produção de betão que se torna compacto sem necessidade de vibração, mesmo em estruturas densamente armadas. Uma mistura auto-compactável deverá ter alta trabalhabilidade e alta viscosidade.

A fluidez da mistura é garantida desde que não exista fricção entre as partículas internas e que o betão possa fluir livremente; a segregação ocorre quando os componentes do betão se separam em argamassa e grandes agregados.

Conseguir o equilíbrio entre a fluidez e a resistência à segregação – aparentemente características opostas – é essencial para este tipo de mistura.

Este equilíbrio não existe quando a fluidez do betão é conseguida através da adição de água.

A utilização de GLENIUM 26 SCC permite a obtenção de alta fluidez assegurando, em combinação com GLENIUM STREAM (agente de viscosidade), as propriedades necessárias para a obtenção de um excelente grau de auto-compactabilidade.

GLENIUM 26 SCC é um superplastificante de nova geração com um mecanismo de libertação gradual proporcionado pelas cadeias de éter carboxílico, indicado para a produção de betão pronto rheodinâmico com alta manutenção de trabalhabilidade e durabilidade de acordo com UNI 9858. GLENIUM 26 SCC é isento de cloretos em conformidade com as normas UNI 8145, ASTM C494 (tipo A e F) e compatível com todos os cimentos aprovados pelas normas italianas e ASTM para betão armado.

**GLENIUM 26 SCC não é compatível com adjuvantes da gama RHEOBUILD.**

**Vantagens**

Graças ao seu mecanismo de acção particular, GLENIUM 26 SCC permite reduzir ainda mais a água de mistura comparado com os superplastificantes tradicionais mais efectivos (NSF ou MSF <sup>(1)</sup>) ou outros produtos de base acrílica.



Isto significa que GLENIUM 26 SCC é absolutamente indispensável para a produção de betão rheodinâmico uma vez que permite uma mais baixa relação a/c e uma melhoria da coesão interna do betão.

GLENIUM 26 SCC permite:

- Produzir betão rheodinâmico com uma baixa relação a/c mantendo a fluidez durante o tempo necessário de transporte e colocação;
- Reduzir drasticamente o problema de re-temperamento (adição de água em obra) e consequentemente a sua implicação na durabilidade do betão;
- Obter um betão particularmente compacto e por isso impermeável aos agentes agressivos externos (cloretos, sulfatos e dióxido de carbono) e mais resistente aos efeitos agressivos dos ciclos de gelo/degelo;
- Aumentar a durabilidade da obra e melhorar consideravelmente as resistências iniciais e finais, a retracção, a aderência às armaduras assim como a impermeabilidade.

Características técnicas	
Aspecto:	líquido castanho
Densidade relativa (20°C):	1,03 – 1,07 g/ml

Os dados técnicos aqui apresentados são fruto de resultados estatísticos. Caso se pretendam valores de controlo, podem ser solicitados ao nosso Departamento Técnico.

### A nova química de GLENIUM 26 SCC

A composição química única de GLENIUM 26 SCC distingue-o dos superplastificantes tradicionais com prolongada trabalhabilidade.

Os polímeros sulfonados tradicionais (NSF ou MSF<sup>(1)</sup>) dispersam os grânulos de cimento devido ao clássico mecanismo de adsorção e repulsão.

Este efeito electrostático resulta numa boa dispersão da pasta de cimento *c/* a conseqüente diminuição da necessidade de água para a mesma trabalhabilidade. No entanto, *c/* o passar do tempo, à medida que os produtos resultantes da hidratação do cimento cobrem a superfície dos grânulos, causam uma diminuição da carga negativa da superfície e a gradual perda de trabalhabilidade da mistura.

Com GLENIUM 26 SCC os grânulos de cimento são dispersos não só pelo efeito electrostático mas também pelo efeito "sterico" devido às dimensões das cadeias hidrofílicas laterais dos polímeros. O resultado é uma muito maior capacidade plastificante e uma redução da relação *a/c*. Este mecanismo permite uma maior e constante repulsão electrostática e como tal:

- Mantém a trabalhabilidade por um longo período de tempo;
- Reduz a água e aumenta as resistências a curto e longo prazo.

O alto e constante poder fluidificante de GLENIUM 26 SCC permite a produção de betão rheodinâmico com trabalhabilidade prolongada e durabilidade de acordo como UNI 9858.

### Rendimento / Dosagem

A dosagem normalmente recomendada situa-se entre 1 e 1,6 Kg por 100 Kg de finos inferiores a 0,1 mm. São possíveis dosagens superiores ou inferiores às indicadas, mediante a realização de ensaios

prévios, em função da relação *a/c*, do tipo de cimento (ligante), da granulometria utilizada, etc. No entanto deverá contactar a BASF C.C. Portugal.

### Modo de aplicação

GLENIUM 26 SCC é um adjuvante líquido pronto a usar que deve ser adicionado ao betão juntamente com todos os seus componentes. Para uma melhor performance deve adicionar-se o adjuvante após introduzida cerca de 70% da água de amassadura no betão.

### Compatibilidade

A utilização de GLENIUM 26 SCC é também recomendada em combinação com:

- GLENIUM STREAM para produção de betão rheodinâmico com grande estabilidade e retenção de água;
- Adjuvantes introdutores de ar MICRO AIR 100 para obter betões que resistem a longo prazo aos efeitos agressivos dos ciclos de gelo/degelo;
- Fibras de polipropileno CRACKSTOP para reduzir drasticamente a fissuração por retracção na fase plástica;
- Agente de cura MASTERKURE para proteger betão fresco exposto ao ar.

### Embalagem e armazenamento

GLENIUM 26 SCC é fornecido em bidons de 210 litros e a granel. Armazenar em local a temperaturas não inferiores a 5°C. Se congelar o produto deve ser aquecido até pelo menos 30°C e misturado até completamente reconstituído.

### Deve ter-se em conta

- Recomenda-se sempre a realização de ensaios prévios à utilização do adjuvante para ajustar a dosagem óptima.

<sup>(1)</sup> NSF – Naftalenosulfonados; MSF - Melaminosulfonados

*O aconselhamento técnico sobre como usar os nossos produtos, verbal ou de forma escrita, é baseado nos nossos melhores conhecimentos científicos e práticos. Não são assumidas quaisquer garantias e/ou responsabilidades em relação aos resultados finais dos trabalhos executados. O dono de obra, o seu representante ou o empreiteiro, devem verificar a adequabilidade dos nossos produtos aos usos e finalidades pretendidas, bem como as dosagens e consumos.*

Revisão 4 em Julho 2006

**Adding Value to Concrete**

**Agente modificador de viscosidade (VMA) para betão fluido****Descrição**

RheoMATRIX 100 é um produto inovador. É uma solução aquosa de um copolímero sintético de elevado peso molecular.

Graças ao seu modo particular de acção, RheoMATRIX 100 introduz um nível de viscosidade na mistura que permite o equilíbrio entre a fluidez, a resistência à segregação e a capacidade de transpor obstáculos, caso das armaduras, propriedades estas aparentemente opostas.

**Smart Dynamic Construction:**

RheoMATRIX 100 é a chave dos componentes para o novo conceito da BASF Smart Dynamic Construction e oferece os seguintes benefícios:

- Económico: Redução de finos (<0.125mm), em cerca de 40%, maior rapidez de colocação e uma produtividade cerca de 5 vezes superior.
- Ecológico: Baixa percentagem de finos, menos emissões de CO<sub>2</sub> e maior durabilidade do betão.
- Ergonómico: Não necessita de ser vibrado, redução de ruído, baixa pegajosidade.

**Campos de aplicação**

RheoMATRIX 100 foi desenvolvido para quando seja vantajoso aumentar a viscosidade da mistura, e em especial para:

- SCC (Betão Auto-compactável) com baixo teor de finos (0.125mm).

**Vantagens**

RheoMATRIX 100 oferece as seguintes vantagens para a indústria do betão:

- Previne a segregação e exsudação;
- Pode ser usado com todo o tipo de cimentos;
- Não afecta a presa nem as resistências iniciais;
- Composição mais robusta relativamente às variações da água de amassadura.

**Mecanismo de acção**

RheoMATRIX 100 consiste na mistura de polímeros solúveis em água que modificam as propriedades reológicas do betão. Os polímeros ajustam a viscosidade da pasta para obter uma melhor estabilização.

RheoMATRIX 100 tem uma dupla acção:

- Mantém a coesão interna do betão durante a sua colocação;
- Resiste à segregação quando o betão é aplicado.

**Rendimento / Dosagem**

RheoMATRIX 100 é doseado sobre o total de finos abaixo de 0,1mm entre 0,1 e 1,5% sobre o peso do cimento.

**Modo de aplicação**

RheoMATRIX 100 é um adjuvante líquido pronto a usar, que deverá ser adicionado ao betão durante o processo de mistura juntamente com a água. Para uma melhor performance é aconselhável continuar a mistura até estar completamente homogénea.

**Embalagem e armazenamento**

RheoMATRIX 100 está disponível em bidons de 200Kg e depósitos de 1000Kg.

RheoMATRIX 100 deve ser armazenado a temperaturas até 5°C, nas embalagens originais, fechadas, protegidas da luz solar e de temperaturas extremas até 12 meses.

<b>Características técnicas</b>	
Aspecto:	Ligeiramente acastanhado
Densidade (20°):	1.0-1.02 g/cm <sup>3</sup>
pH (20°C):	6-9
Conteúdo de cloros:	< 0.1%

Os dados técnicos aqui apresentados são fruto de resultados estatísticos. Caso se pretendam valores de controlo, podem ser solicitados ao nosso Departamento Técnico.

### **Precauções de segurança**

Recomenda-se observar as precauções habituais quando se trabalha com produtos químicos, utilizando luvas e óculos de protecção. Lavar as mãos entre pausas e no final do trabalho. Não comer, beber ou fumar durante a aplicação. Para mais informações consultar a Ficha de Segurança do produto.

### **Compatibilidade**

RheoMATRIX 100 é compactível com todo o tipo de cimentos.

O comportamento reológico induzido pelo RheoMATRIX 100 é optimizado quando utilizado em combinação com os superplastificantes GLENIUM. É incompatível com superplastificantes à base de Naftalenos Sulfonados.

Para produzir betões muito fluidos ou SCC, RheoMATRIX 100 necessita de ser utilizado juntamente com superplastificantes da gama GLENIUM de forma a garantir a máxima eficácia.

*O aconselhamento técnico sobre como usar os nossos produtos, verbal ou de forma escrita, é baseado nos nossos melhores conhecimentos científicos e práticos. Não são assumidas quaisquer garantias e/ou responsabilidades em relação aos resultados finais dos trabalhos executados. O dono de obra, o seu representante ou o empreiteiro, devem verificar a adequabilidade dos nossos produtos aos usos e finalidades pretendidas, bem como as dosagens e consumos.*

**Revisão 0 em Novembro 2007**

**Adding Value to Concrete**

## **ANEXO G**

### AMASSADURAS LABORATORIAIS



UNIVERSIDADE

### AMASSADURA LABORATORIAL

Nº. 1

Estudo: Teste de resistência de BAC com variação de Pedregulho

Data: 01/10/2009

Pedido por: \_\_\_\_\_

Produto: BAC com Cimento, Areia e Pedregulho

#### CONSTITUÍNTES

MATERIAL	Nº.	DESIGNAÇÃO	ORIGEM	FORNECEDOR	OBS.
BRITA		Brita 1 (A6, 6, 3-14)	Cemur	Cemur	
BRITA		Areia lavada (A6, 0-2,5)			
AREIA		Areia Fina (A5, 0-4,75)	Quilómetros	Silva	
AREIA					
CIMENTO		EM 11/42,5	Alhorda	Empex	
ADICÇÃO		Catalisador	Simes	SDP	
		Plasticante	Petrolina	Verde	
ADJUVANTE - _____%		Colóide de Silica		BASE	
		Phenoxianol		BASE	

#### AMASSADURA

Volume: 20 Litros

Hora: 11:30

Temp. Amb.: 23,1 °C

H.R.: \_\_\_\_\_ %

#### COMPOSIÇÃO

MATERIAL	Kg/m³	AMASS. (kg)	CORRIG. (kg)	Abalxamento: _____ mm
BRITA 1	542	11,76		<input checked="" type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Deformado
BRITA Areia	54	1,08		Deslize: <input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input checked="" type="checkbox"/> Bom
AREIA Fina	642	12,84		
AREIA				Tipo de compactação <input type="checkbox"/> Vibração <input checked="" type="checkbox"/> Manual
CIMENTO	20	4,00		Tipo de cura: <input checked="" type="checkbox"/> Água <input type="checkbox"/> _____
ADICÇÃO (Catalisador)	100	2,00		Temperatura Betão: <u>24,6</u> °C
Plasticante	10	0,20		
ADJUVANTE	20	0,40		Aspecto do betão: <input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input checked="" type="checkbox"/> Bom
Phenoxianol	0,14	0,028		
ÁGUA	18	0,36		
Absorção considerada _____ l/m³				

Molde Nº.	Provete Nº.	Data Ensaio	Idade (dias)	Secção (mm²)	Massa (kg)	ENSAIO DE COMPRESSÃO			Rotura	
						Força (kN)	Tensão (MPa)	Média	S	NS
LC-01	1212	01/10/09	28	180	180	6,3	9,3			
LC-04	1213	01/10/09	7	180	519	23,1	23,1	V		
LC-02	1214	01/10/09	28	180	999	40,0	40,2	V		
LC-03	1215	01/10/09	28	180	910	40,4	40,4	V		

**Observações:**

20 x 20 = 1,2

Resistência AS 450 A => 3

fca = 2,15

SF = 600 } fca = 56,1  
                  } fca = 64

fv = 9,25

Resp. Técnico: Guilherme

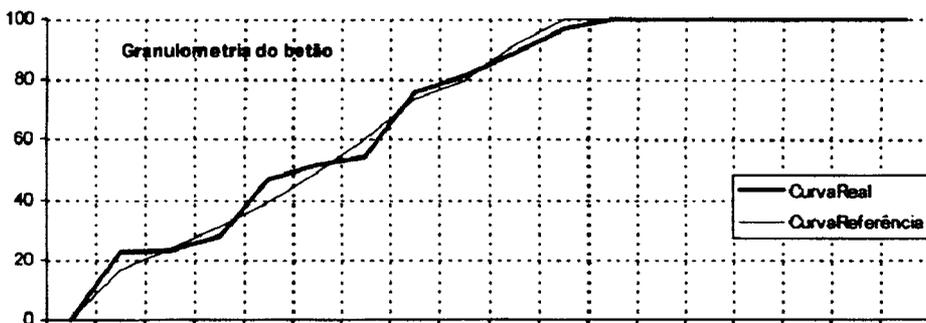
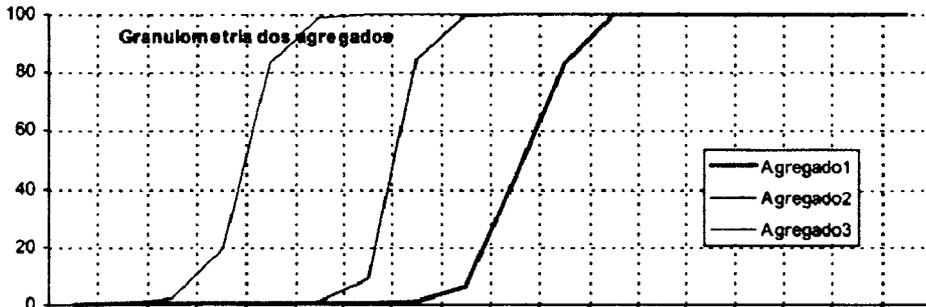


## Estudo de composição de betão

nº 1.00      nome BAC  
data 2009-10-01      família

C	/	EN206	E	Ed	Eg	Eq	cliente	central TESE	ref.				
componentes		nº	origem	fornec.	kg	m.v.	vol	% sol	dmax	granulometria (%)			
ag.1	Brita 1	120	Cano - S	Catebrit	598	2641	0,227	28,8%	13,82	6"	150,0	100,0	100,0
ag.2	Areão Lavad	119	Cano - S	Catebrit	502	2696	0,186	23,7%	6,37	4"	100,0	100,0	100,0
ag.3	Areia AS 40	118	Castelo	Sifucel	642	2630	0,244	31,0%	1,22	3"	75,0	100,0	100,0
ag.4										2"	50,0	100,0	100,0
ag.5										1 1/2"	37,5	100,0	100,0
	cimento	II A/L 42,5R	Alhandra	CIMPO	200	3070	0,065	8,3%		1"	25,0	100,0	100,0
	adição.1	Escórias	Paio Pire	Vermote	70	3170	0,022	2,8%		3/4"	19,0	100,0	100,0
	adição.2	CINZAS	Central P	Tejo En	100	2350	0,043	5,4%		1/2"	12,5	95,1	95,8
	água				185		0,185			3/8"	9,50	83,9	84,8
	água recicl.	% res.								1/4"	6,30	72,9	71,0
	adjuvante.1	26 SCC	%	1 BASF	3,70	1030	0,003592			n. 4	4,75	68,0	65,8
	adjuvante.2	Rheomatrix	%	0,2 BASF	0,74	1000	0,000740			n. 8	2,36	49,9	54,0
	adjuvante.3		%							n. 16	1,18	47,6	43,9
	vazios						0,024			n. 30	0,600	42,8	35,3
										n. 50	0,300	22,9	27,7
										n. 100	0,150	17,4	21,0
										n. 200	0,075	17,0	15,1
total					2302		1,000		13,82				

3 dias	fcm	dias,h	fcm	abaix.	classe	curva ref.	Faury	betão	c.ref.
7 dias				comp.		A	36	mód. finura	3,675
28 dias				VeBe		B	2	af	0,500
90 dias				flow t	F3	R/D	1	emo	3,13%





IBRA

### AMASSADURA LABORATORIAL

Nº. 2

Estudo: Tec. de preparo de BAC com agregado de Pedreira Data: 02/10/2005

Pedido por: de Almeida Produto: BAC com Concreto (30x30x60) e Pó (12x12)

**CONSTITUÍNTES**

MATERIAL	Nº.	DESIGNAÇÃO	ORIGEM	FORNECEDOR	OBS.
BRITA		Brita 1 (AC 6,3-12,5)	Conc	Grubert	
BRITA		Brita 2 (AC 12,5-25)	"	"	
AREIA		Areia fina (AS 0,6)	Consul Vertem	S. Vied	
AREIA					
CIMENTO		II/A 42,5	Alhendic	Compz	
ADIÇÃO		Pó de Pedreira	Alhendic	Alhendic	
ADJUVANTE - <u>    </u> %		Clorato de Sódio		BASF	

**AMASSADURA**

Volume: 20 Litros

Hora: 9:45

Temp. Amb.: 22,2 °C

H.R.:      %

**COMPOSIÇÃO**

MATERIAL	Kg/m³	AMASS. (kg)	CORRIG. (kg)	Abaixamento: <u>    </u> mm <input checked="" type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Deformado
BRITA 1	51,9	11,38		Deslize: <input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input checked="" type="checkbox"/> Bom
BRITA Água	2,2	1,1		
AREIA Fina	60,3	12,06		Tipo de compactação <input type="checkbox"/> Vibração <input checked="" type="checkbox"/> Manual
AREIA				
CIMENTO	300	6,00 + 0,35		Tipo de cura: <input checked="" type="checkbox"/> Água <input type="checkbox"/> <u>    </u>
ADIÇÃO - Pó	350	3,50		
ADJUVANTE	200	0,20 + 0,02		Temperatura Betão: <u>22,6</u> °C
Água	100	2,00		
Absorção considerada <u>    </u> l/m³				Aspecto do betão: <input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input checked="" type="checkbox"/> Bom

Molde Nº.	Proveito Nº.	Data Ensaio	Idade (dias)	Secção (mm²)	Massa (kg)	ENSAIO DE COMPRESSÃO			Rotura	
						Força (kN)	Tensão (MPa)	Média	S	NS
CC-01	122	02/10/05	7	300	8,20	242	34,1	34,1	✓	
CC-02	122	02/10/05	7	300	8,20	242	34,2	34,2	✓	
CC-03	122	02/10/05	28	300	8,20	282	39,1	39,1	✓	
CC-04	123	02/10/05	28	300	8,20	412	40,5	40,5	✓	

**Observações:**

Solna A + 1  
f<sub>ct</sub> = 2,95  
SE: 0,03 } 60%  
6 = 6,5

Resp. Técnico Guilherme

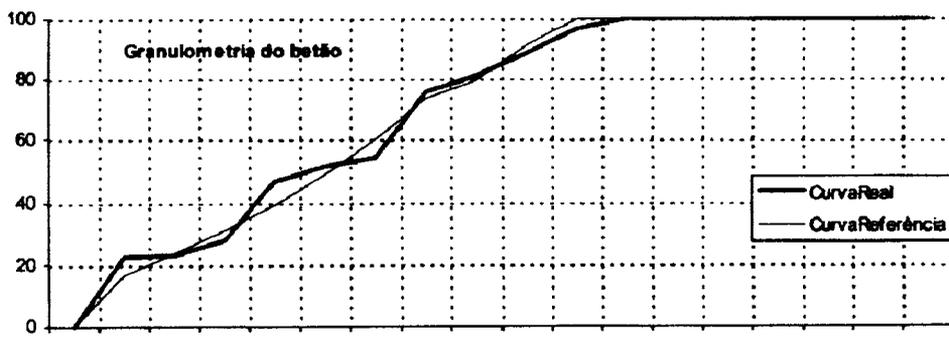
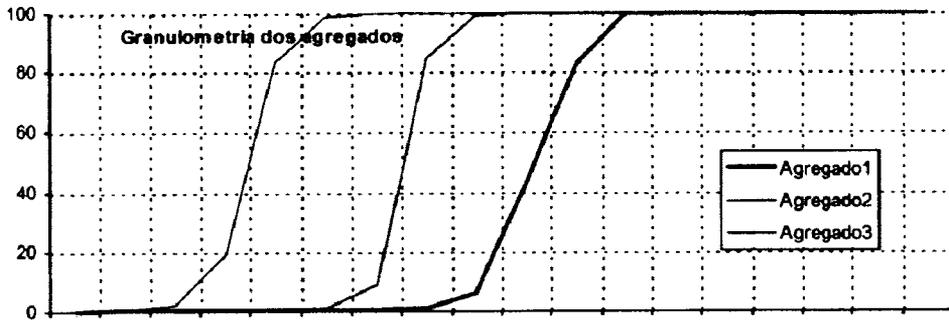


### Estudo de composição de betão

nº 2.00 nome BAC  
 data 2009-10-02 família

C	/	EN206	E	Ecl	Eg	Eq	cliente	central TESE	ref.				
componentes		nº	origem	forneç.	kg	m.v.	vol	% sol	dmax	granulometria (%)			
ag.1	Brita 1	120	Cano - S	Catebrit	519	2641	0,197	25,2%	13,82	6"	150,0	100,0	100,0
ag.2	Areão Lavad	119	Cano - S	Catebrit	543	2696	0,201	25,8%	6,37	4"	100,0	100,0	100,0
ag.3	Areia AS 40	118	Castelo	Sifucel	603	2630	0,229	29,4%	1,22	3"	75,0	100,0	100,0
ag.4										2"	50,0	100,0	100,0
ag.5										1 1/2"	37,5	100,0	100,0
cimento	II A/L 42,5R		Alhandra	CIMPO	300	3070	0,098	12,5%		1"	25,0	100,0	100,0
adição.1	PÓ DE MAR		Alandroal	Alandro	150	2720	0,055	7,1%		3/4"	19,0	100,0	100,0
adição.2										1/2"	12,5	95,7	96,4
água					190		0,190			3/8"	9,50	85,9	87,0
água recicl.	% res.									1/4"	6,30	76,3	74,9
adjuvante.1	26 SCC	%	1,2	BASF	5,40	1030	0,005243			n. 4	4,75	71,2	69,4
adjuvante.2	Rheomatrix	%	0,2	BASF	0,90	1000	0,000900			n. 8	2,38	51,5	57,0
adjuvante.3		%								n. 16	1,18	49,1	46,4
vazios							0,024			n. 30	0,600	44,5	37,3
total					2311		1,000		13,82	n. 50	0,300	25,6	29,2
										n. 100	0,150	20,5	22,1
										n. 200	0,075	20,0	16,0

fcm	dias.h	fcm	classe	curva ref.	Faury	betão	c.ref.
3 dias			abaix.				
7 dias			comp.	A	40	3,516	3,516
28 dias			VeBe	B	2		
90 dias			flow t	R/D	1	0,422	erro 2,99%





## AMASSADURA LABORATORIAL

Nº. 3

Estudo: Teste de Amassadura de BAC com Resíduo de Pedreira Data: 09/10/2025

Pedido por: Dr. Almir Produto: BAC com Cimento (250kg) e Pó (250kg)

### CONSTITUÍNTES

MATERIAL	Nº.	DESIGNAÇÃO	ORIGEM	FORNECEDOR	OBS.
BRITA		Bruta 1 (AG-6.3 14)	Cima	Corte Leste	
BRITA		Amoia 4.000 (AG-6.3 6)			
AREIA		Amoia 3.000 (AS-400)	Casimiro Ventura	Sofitel	
AREIA					
CIMENTO		CE-AM 42.5 R	Alhendim	Comper	
ADIÇÃO		Adiç. 2.000	Alhendim	Alhendim	
ADJUVANTE - <u>  </u> %		Adiç. 20.000		IBAS	

### AMASSADURA

Volume: 20 Litros Hora: 10:15 Temp. Amb.: 24,5 °C H.R.:    %

### COMPOSIÇÃO

MATERIAL	Kg/m³	AMASS. (kg)	CORRIG. (kg)	Abaixamento: <u>  </u> mm
BRITA 1	505	10.10		<input checked="" type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Deformado
BRITA Amoia	561	11.22		Deslize:
AREIA Fino	576	11.52		<input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input checked="" type="checkbox"/> Bom
AREIA				Tipo de compactação
				<input type="checkbox"/> Vibração <input checked="" type="checkbox"/> Manual
CIMENTO	30	6.00		Tipo de cura:
ADIÇÃO	20	4.00		<input checked="" type="checkbox"/> Água <input type="checkbox"/> <u>  </u>
				Temperatura Betão: <u>  </u> °C
ADJUVANTE	3.00	6.00		Aspecto do betão:
	1.00	2.00		<input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input checked="" type="checkbox"/> Bom
ÁGUA	194	3.88		

Absorção considerada    1/m³

Molde Nº.	Provete Nº.	Data Ensaio	Idade (dias)	Secção (mm²)	Massa (kg)	ENSAIO DE COMPRESSÃO			Rotura		Observações:
						Força (kN)	Tensão (MPa)	Média	S	NS	
6.014	1232	09/10/25	24h		4.20	348	47.1	37.7	✓		f <sub>cd</sub> = 1.13 SF = 6.90 / 6.60 ε <sub>v</sub> = 6.43
6.019	123E	09/10/25	7		4.330	566	36.5	37.7	✓		
6.019	1239	09/10/25	7		4.270	411	36.2		✓		
6.020	1240	09/10/25	28		4.220	427	42.5	42.6	✓		
6.031	1241	09/10/25	28		4.220	962	42.4		✓		

Resp. Técnico Carla Faria



### Estudo de composição de betão

nº 3.00 nome BAC  
 data 2009-10-08 família

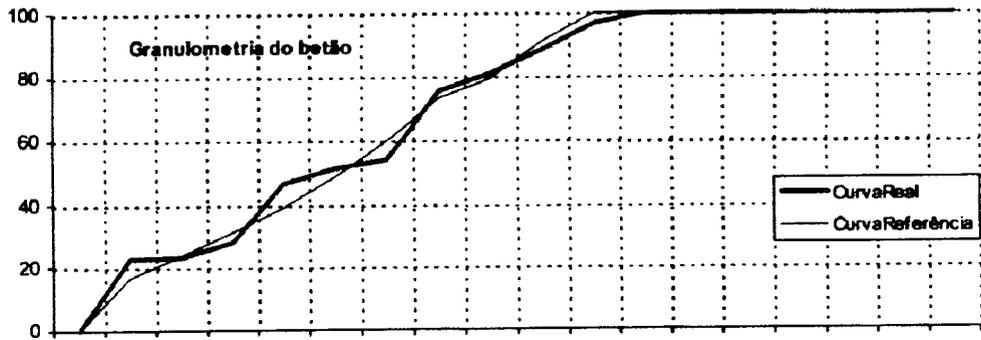
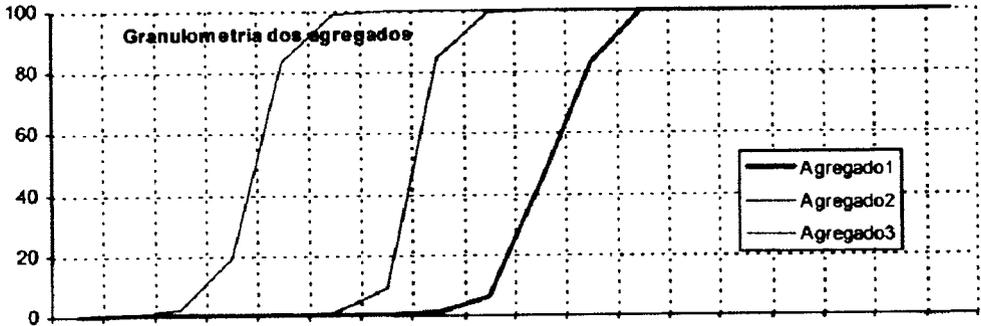
C	/	EN206	E	Ed	Eg	Eq	cliente	central:TESE	ref.		
componentes		nº	origem	fornec.	kg	m.v.	vol	% sol	dmax	granulometria (%)	
ag.1	Brita 1	120	Cano - S	Catebrit	505	2641	0,191	24,7%	13,82	6"	150,0 100,0 100,0
ag.2	Areão Lavad	119	Cano - S	Catebrit	561	2696	0,208	26,9%	6,37	4"	100,0 100,0 100,0
ag.3	Areia AS 40	118	Castelo	Sifucel	536	2630	0,204	26,3%	1,22	3"	75,0 100,0 100,0
ag.4										2"	50,0 100,0 100,0
ag.5										1 1/2"	37,5 100,0 100,0
cimento	II AVL 42,5R		Alhandra	CIMPO	300	3070	0,098	12,6%		1"	25,0 100,0 100,0
adição.1	PO DE PED		Alandroal	Alandro	200	2720	0,074	9,5%		3/4"	19,0 100,0 100,0
adição.2										1/2"	12,5 95,8 96,6
água					194		0,194			3/8"	9,50 86,2 87,6
água recicl.	% res.									1/4"	6,30 76,7 75,9
adjuvante.1	26 SCC	%	1,4	BASF	7,00	1030	0,006796			n. 4	4,75 71,6 70,3
adjuvante.2	Rheomatrix	%	0,2	BASF	1,00	1000	0,001000			n. 8	2,36 51,0 57,8
adjuvante.3		%								n. 16	1,18 48,6 47,0
vazios							0,024			n. 30	0,600 44,5 37,8
total					2304		1,000		13,82	n. 50	0,300 27,6 29,6
										n. 100	0,150 23,0 22,4
										n. 200	0,075 22,5 16,2

fc	dias,h	fc	classe	curva ref.	Faury	betão	c.ref.
3 dias			abaix.		A	41	
7 dias			comp.		B	2	
28 dias			VeBe		R/D	1	
90 dias			flow t	F3			

mód. finura	erro
3,477	2,83%
0,388	





IBERA

### AMASSADURA LABORATORIAL

Nº. 4

Estudo: Tese Brasileira de BAC com Resíduos Pedregosos

Data: 09/10/2005

Pedido por: de Almeida

Produto: BAC com Cimento: 300 Kg + Pó (250 Kg)

#### CONSTITUÍNTES

MATERIAL	Nº.	DESIGNAÇÃO	ORIGEM	FORNECEDOR	OBS.
BRITA		Brita 1 (AC 03-14)	Cerro	Curbite	
BRITA		Ami (Acid (AC 2-56)	"	"	
AREIA		Areia Fina (Acid)	Casimiro Ventura	Silva	
AREIA					
CIMENTO		II A/2500	Alhendia	Cimpor	
ADIÇÃO		Pó de Terrazzo	Alhendia	Alhendia	
ADJUVANTE - %		Colman 2000		BASE	
		Chlorox 500			

#### AMASSADURA

Volume: 25 Litros

Hora: 1:25

Temp. Amb.: 20,5 °C

H.R.:      %

#### COMPOSIÇÃO

MATERIAL	Kg/m³	AMASS. (kg)	CORRIG. (kg)	Abalçamento: <u>    </u> mm
BRITA 1	432	11,500		<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Deformado
BRITA Ami	293	14,150		Desilze:
AREIA Fina	442	12,300		<input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input type="checkbox"/> Bom
AREIA				Tipo de compactação
CIMENTO	300	7,500		<input type="checkbox"/> Vibração <input checked="" type="checkbox"/> Manual
ADIÇÃO - Pó	250	6,250		Tipo de cura:
ADJUVANTE de	7,70	0,6925		<input checked="" type="checkbox"/> Água <input type="checkbox"/> <u>    </u>
Chlorox 500	1,20	0,0275 + 0,250		Temperatura Betão: <u>    </u> °C
ÁGUA	190	4,750 - 0,140		Aspecto do betão:
Absorção considerada <u>    </u> l/m³				<input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input checked="" type="checkbox"/> Bom

Molde Nº.	Provele Nº.	Data Ensaio	Idade (dias)	Secção (mm²)	Massa (kg)	ENSAIO DE COMPRESSÃO			Rotura	
						Força (kN)	Tensão (MPa)	Média	S	NS
6.09	1242	06/10/05	7	31,2	8,13	349	32,5	32,7	✓	
6.09	1243					821	36,0		✓	
6.09	1244	06/10/05	28	31,2	8,25	931	41,4	41,3	✓	
6.09	1245					962	42,4		✓	
069	1246	06/10/05	28	31,2	8,20	462	47,8		✓	

#### Observações:

$f_{ck} = 20,25$

SF:  $f_{ck} / f_{ct}$  }  $f_{ct}$

$f_{ct} = 12,5$

Resp. Técnico Ca de Teive

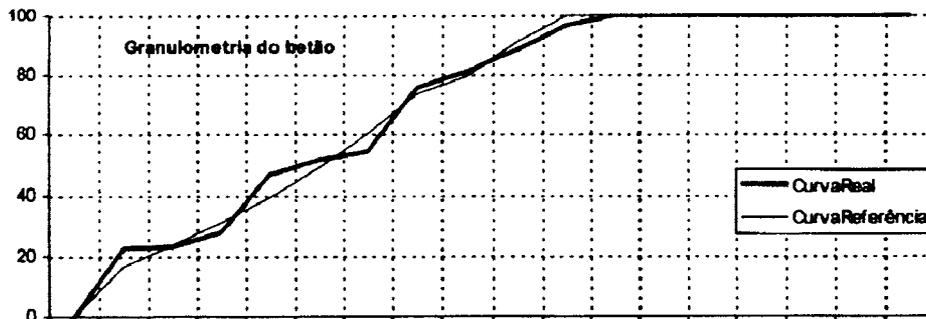
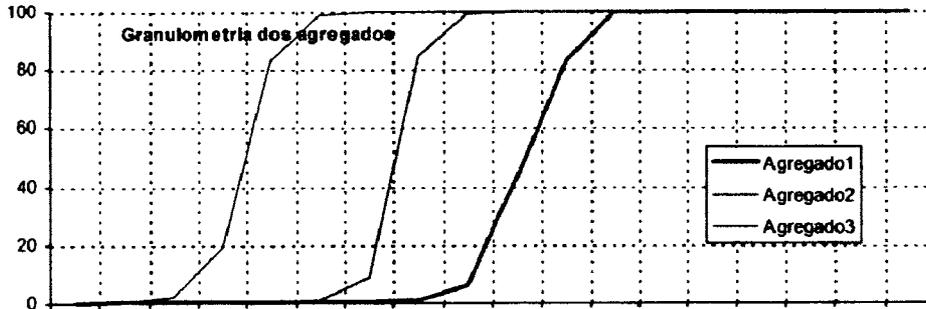


### Estudo de composição de betão

nº 4.00 nome: BAC  
data 2009-10-09 família

C	/	EN206	E	Ed	Eg	Eq	cliente	central TESE	ref.				
componentes		nº	origem	fornec.	kg	m.v.	vol	% sol	dmax	granulometria (%)			
ag.1	Brita 1	120	Cano - S	Catebrit	472	2641	0,179	23,1%	13,82	6"	150,0	100,0	100,0
ag.2	Areão Lavad	119	Cano - S	Catebrit	588	2696	0,218	28,2%	6,37	4"	100,0	100,0	100,0
ag.3	Areia AS 40	118	Castelo	Sifucel	492	2630	0,187	24,2%	1,22	3"	75,0	100,0	100,0
ag.4										2"	50,0	100,0	100,0
ag.5										1 1/2"	37,5	100,0	100,0
	cimento	II AVL 42,5R	Alhandra	CIMPO	300	3070	0,098	12,6%		1"	25,0	100,0	100,0
	adição.1	PÓ DE PED	Alandroal	Alandro	250	2720	0,092	11,9%		3/4"	19,0	100,0	100,0
	adição.2									1/2"	12,5	96,1	96,9
	água				194		0,194			3/8"	9,50	87,1	88,7
	água recicl.	% res.								1/4"	6,30	78,2	77,8
	adjuvante.1	26 SCC	%	1,4 BASF	7,70	1030	0,007476			n. 4	4,75	72,9	72,1
	adjuvante.2	rheomatrix	%	0,2 BASF	1,10	1000	0,001100			n. 8	2,36	51,4	59,2
	adjuvante.3		%							n. 16	1,18	48,9	48,2
	vazios						0,024			n. 30	0,600	45,1	38,7
	total				2305		1,000		13,82	n. 50	0,300	29,5	30,3
										n. 100	0,150	25,3	23,0
										n. 200	0,075	24,9	16,6

	fcm	dias,h	fcm	abaix.	classe	curva ref.	Faury	betão	c.ref.
3 dias				comp.		A	43	mód. finura	3,398
7 dias				VeBe		B	2	af.	0,353
28 dias				flow t	F3	R/D	1	erro	3,01%
90 dias									





## AMASSADURA LABORATORIAL

Nº. 3-BAC

Estudo: Tese de mestrado de SBC com resina e Pedregulhos de Alvenaria

Data: 20/10/2023

Pedido por: \_\_\_\_\_

Produto: Pó de Cimento Portland (Cimento)

### CONSTITUÍNTES

MATERIAL	Nº.	DESIGNAÇÃO	ORIGEM	FORNECEDOR	OBS.
BRITA		Brita (AC 0,25)	Local	Local	
BRITA		Brita (AC 0,75)	Local	Local	
AREIA		Areia (AC 0,75)	Local	Sifon	
AREIA					
CIMENTO		Cimento	Alvenaria	Cimento	
ADICÃO		PS e Pó de	Alvenaria	Alvenaria	
ADJUVANTE - %		Adjuvante		BASE	
				BASE	

### AMASSADURA

Volume: 100 Litros

Hora: 13:30

Temp. Amb.: 20,3 °C

H.R.: \_\_\_\_\_ %

### COMPOSIÇÃO

MATERIAL	Kg/m³	AMASS. (kg)	CORRIG. (kg)	Abaixamento: _____ mm
BRITA				<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Deformado
BRITA 1	200	50,00		Deslize: <input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input type="checkbox"/> Bom
AREIA	600	60,00		
AREIA	600	60,00		Tipo de compactação <input type="checkbox"/> Vibração <input type="checkbox"/> Manual
CIMENTO	200	20,00		Tipo de cura: <input type="checkbox"/> Água <input type="checkbox"/> _____
ADICÃO	20	20,00		Temperatura Betão: <u>20,3</u> °C
ADJUVANTE - X	100	10,00		Aspecto do betão: <input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input type="checkbox"/> Bom
ÁGUA	100	10,00		
Absorção considerada _____ l/m³				

Matr. Nº.	Proveito Nº.	Data Ensaio	Idade (dias)	Secção (mm²)	Massa (kg)	ENSAIO DE COMPRESSÃO			Tubo		Observações:
						Força (kN)	Tensão (MPa)	Média	S	NS	
											<u>f<sub>cu</sub> = 26,3</u> <u>6,57</u> } <u>SE = 6,4</u> <u>6,57</u> } <u>f<sub>v</sub> = 7,1</u>
Resp. Técnico _____											

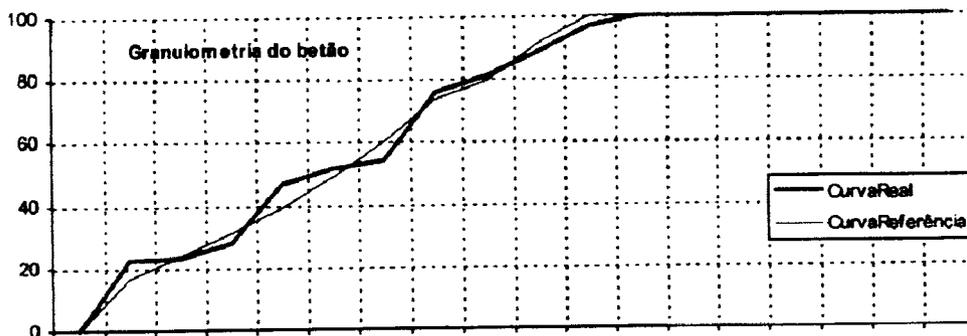
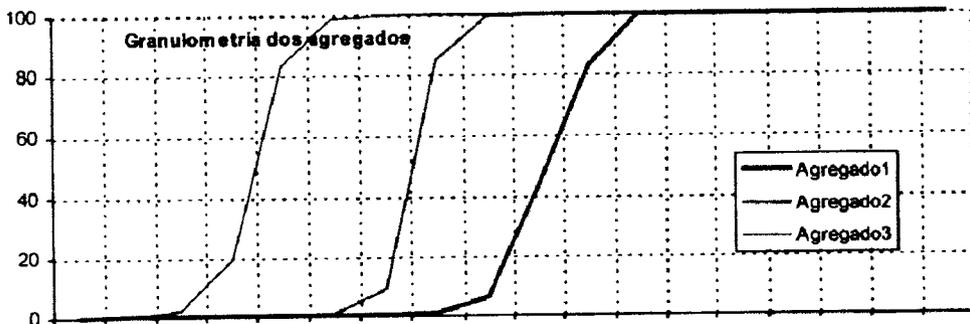
**Estudo de composição de betão**

nº 3.00 nome BAC  
data 2009-10-19 família Protótipo

C	/	EN206	E	Ecl	Eg	Eq	cliente	central	TESE	ref.		
componentes	nº	origem	forneç.	kg	m.v.	vol	% sol	dmax	granulometria (%)			
ag.1 Brita 1	120	Cano - S	Catebrit	518	2641	0,176	22,5%	13,82	6"	150,0	100,0	100,0
ag.2 Areão Lavad	119	Cano - S	Catebrit	638	2696	0,214	27,4%	6,37	4"	100,0	100,0	100,0
ag.3 Areia AS 40	118	Castelo	Sifucel	644	2630	0,219	28,1%	1,22	3"	75,0	100,0	100,0
ag.4									2"	50,0	100,0	100,0
ag.5									1 1/2"	37,5	100,0	100,0
cimento	II A/L 42,5R	Alhandra	CIMPO	300	3070	0,098	12,5%		1"	25,0	100,0	100,0
adição.1	PÓ DE PED	Alandroal	Alandro	200	2720	0,074	9,4%		3/4"	19,0	100,0	100,0
adição.2									1/2"	12,5	96,2	96,9
água				188		0,188			3/8"	9,50	87,4	88,7
água recicl.	% res.								1/4"	6,30	78,8	77,8
adjuvante.1	26 SCC	%	1,4 BASF	7,00	1030	0,006796			n. 4	4,75	73,6	72,1
adjuvante.2	Rheomatrix	%	0,2 BASF	1,00	1000	0,001000			n. 8	2,36	52,7	59,2
adjuvante.3		%							n. 16	1,18	50,2	48,2
vazios						0,024			n. 30	0,600	45,8	38,7
total				2314		1,000		13,82	n. 50	0,300	27,7	30,3
									n. 100	0,150	22,8	23,0
									n. 200	0,075	22,4	16,6

fcm	dias,h	fcm	classe	curva ref.	Fauy	betão	c.ref.
3 dias				A	43	3.398	3.398
7 dias				B	2		
28 dias				R/D	1		
90 dias							



## **ANEXO H**

### CERTIFICADO DA PRENSA DE COMPRESSÃO

# ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DAS EMPRESAS DE BETÃO PRONTO



Sede e Unidade Laboratorial de Lisboa:  
Av.º Conselheiro Barjona de Freitas, 10 A - 1500-204 LISBOA  
Tel.: 21 778 53 65, 21 774 19 25, 21 774 19 32 - Fax : 21 778 58 39

**LABORATÓRIO DE METROLOGIA**



## CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Certificado N.º LPC 050/09      Data de emissão: 2009.03.20      Data do pedido: 2009.01.19

Requerente: Ibera, Indústria de Betão, S.A.

Endereço: Qtº da Madeira - E.N. 114 - Km 85 Apartado 424, 7006-805 ÉVORA

Localização do instrumento: Laboratório de Évora

Instrumento: Máquina de ensaio à compressão (N.º Inventário: PRC 001)

N.º de série: SGP 0209      Modelo: SGP 3000      Fabricante: Tridente

Alcance: 3000 kN      Divisão: 0,1 kN      Gama de medição: 300 a 3000 kN

Temperatura: 14 °C      Humidade relativa: 70 %      Data de execução: 2009.02.19

**Observações:** Gama de medições efectuada de acordo com o solicitado pelo cliente.  
Não foram realizadas medições relativas à reversibilidade da máquina de ensaio.

A máquina de ensaio foi calibrada, no modo à compressão, de acordo com o Procedimento de Calibração APEB PT 01, através de um padrão com a seguinte rastreabilidade:

Transdutor de Força (CGG 05 M) calibrado no(a) PTB (certificado n.º 0290 PTB 08), e amplificador digital (UNL 02 M) calibrado no(a) TAP (certificado n.º 0796 / 08)

\*A incerteza expandida apresentada está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão  $k=2$  (excepto no(s) caso(s) assinalado(s)), o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA - 04 / 02\*.

O Chefe do Laboratório

Rui Simões

O Director de Serviços Laboratoriais

João André

ENTRADA	26.03.09
RESUMO	Força 26.03.09
Cópia para	ICP de Évora
DESPACHO	11
DESPACHO	11

Este certificado só pode ser reproduzido na íntegra  
O resultado das medições referem-se exclusivamente ao instrumento de medição calibrado  
Página 1 de 2 do Certificado de Calibração N.º LPC 050/09

APEB M 01.03

# ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DAS EMPRESAS DE BETÃO PRONTO



Sede e Unidade Laboratorial de Lisboa:  
Av.ª Conselheiro Barjona de Freitas, 10 A - 1500-204 LISBOA  
Tel : 21 778 53 65, 21 774 19 25, 21 774 19 32 - Fax : 21 778 58 39

**LABORATÓRIO DE METROLOGIA**



## 1. Resultados da calibração

FORÇA LIDA NO EQUIPAMENTO (kN)	FORÇA LIDA NO PADRÃO (kN)	ERRO (kN)	INCERTEZA EXPANDIDA ± (%)
300,0	299,4	0,6	0,52
600,0	601,0	-1,0	0,30
900,0	900,9	-0,9	0,30
1200,0	1205,4	-5,4	0,23
1500,0	1504,4	-4,4	0,22
1800,0	1804,3	-4,3	0,23
2100,0	2104,9	-4,9	0,22
2400,0	2395,7	4,3	0,24
2700,0	2696,2	3,8	0,23
3000,0	2996,0	4,0	0,23

## 2. Classificação da máquina de ensaio de acordo com a NP 4015-1

FORÇA LIDA NO EQUIPAMENTO (kN)	ERROS DO SISTEMA DE FORÇA				
	q (%)	b (%)	a (%)	q <sub>c</sub> (%)	f <sub>0</sub> (%)
300,0	0,20	0,19	0,03	--	0,00
600,0	-0,17	0,12	0,02	--	
900,0	-0,10	0,09	0,01	--	
1200,0	-0,45	0,09	0,01	--	
1500,0	-0,29	0,05	0,01	--	
1800,0	-0,24	0,13	0,01	--	
2100,0	-0,23	0,04	0,00	--	
2400,0	0,18	0,14	0,00	--	
2700,0	0,14	0,08	0,00	--	
3000,0	0,13	0,07	0,00	--	

Gama de Medição	Classe
300 a 3000 (kN)	1

q - erro relativo da exactidão do aparelho indicador da máquina de ensaio  
b - erro relativo da repetibilidade do sistema de medição de força da máquina de ensaio  
a - resolução relativo aparelho indicador da máquina de ensaio  
f<sub>0</sub> - erro relativo do zero do aparelho indicador da máquina de ensaio  
q<sub>c</sub> - erro relativo da exactidão da série complementar de medições.

Nota: os valores expressos em percentagem são relativos ao valor de força no padrão, exceptuando o valor da incerteza expandida

A resolução considerada para efeitos de cálculo, nesta gama de medição: 0,1 kN.

Este Certificado só pode ser reproduzido na íntegra

O resultado das medições referem-se exclusivamente ao instrumento de medição calibrado.

Página 2 de 2 do Certificado de Calibração N.º LPC 050/09

## **ANEXO I**

FPR EN 206-9

## 4 Classification

### 4.1 Exposure classes related to environmental actions

EN 206-1:2000, 4.1 applies

### 4.2 Fresh concrete

#### 4.2.1 Consistence classes

The following consistence classes apply to SCC:

**Table 1 — Slump-flow classes**

Class	Slump-flow in mm <sup>a, b</sup> (Limit values for individual batches)
SF1	550 to 650
SF2	660 to 750
SF3	760 to 850

<sup>a</sup> The specification of a slump-flow class may be replaced by a target value.  
<sup>b</sup> The specification is not applicable to concrete with a maximum aggregate size exceeding 40 mm.

**Table 2 — Viscosity classes –  $t_{500}$**

Class	$t_{500}$ (s) <sup>a, b</sup> (Limit values for individual batches)
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0

<sup>a</sup> The specification of a viscosity class may be replaced by a target value.  
<sup>b</sup> The specification is not applicable to concrete with a maximum aggregate size exceeding 40 mm.

**Table 3 — Viscosity classes – V-funnel**

Class	V-funnel flow time (s) <sup>a, b</sup> (Limit values for individual batches)
VF1	< 9,0
VF2	9,0 to 25,0

<sup>a</sup> The specification of a viscosity class may be replaced by a target value.  
<sup>b</sup> The specification is not applicable to concrete with a maximum aggregate size exceeding 22,4 mm.

Table 4 — Passing ability classes - L-box

Class	L-box ratio (-) <sup>a</sup> (Limit values for individual batches)
PL1	≥ 0,80 with 2 rebars
PL2	≥ 0,80 with 3 rebars
<sup>a</sup> The specification of a passing ability class may be replaced by an alternative minimum value.	

Table 5 — Passing ability classes – J-ring

Class	J-ring step (mm) <sup>a,b</sup> (Limit values for individual batches)
PJ1	≤ 10 with 12 rebars
PJ2	≤ 10 with 16 rebars
<sup>a</sup> The specification of a passing ability class may be replaced by an alternative maximum value.	
<sup>b</sup> The specification is not applicable to concrete with a maximum aggregate size exceeding 40 mm.	

Table 6 — Sieve segregation resistance classes

Class	Segregated portion (%) <sup>a,b</sup> (Limit values for individual batches)
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15
<sup>a</sup> The specification of a segregation resistance class may be replaced by an alternative maximum value.	
<sup>b</sup> The specification is not applicable to concrete containing fibres or lightweight aggregate.	

NOTE 1 The classes in tables 2 and 3 are similar but not exactly correlated.

NOTE 2 The classes in tables 4 and 5 are similar but not exactly correlated.

#### 4.2.2 Classes related to maximum aggregate size

EN 206-1:2000, 4.2.2 applies

#### 4.3 Hardened concrete

##### 4.3.1 Compressive strength classes

EN 206-1:2000, 4.3.1 applies

##### 4.3.2 Density classes for light-weight concrete

EN 206-1:2000, 4.3.2 applies



## **ANEXO J**

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA, DO ÍNDICE  
DE VAZIOS E DA TENSÃO DE ROTURA DAS CAROTES

LNEC	BETÃO	LABTEC
DM/NB	Ficha de recepção de carotes	PQ-25

Proc. BETÃO Pedido nº \_\_\_\_\_  
 Material: BETÃO Data de recepção: 11/11  
 Identificação da amostra: ENG 30700001

**PROCEDIMENTO DE ENSAIO: Ensaio realizado segundo a NP EN 12504-1 de 2009**

Designação		Identificação da carote													
Dimensões da carote (mm)	Dímetro (Ø)	1	2	3											
	Altura máxima	94	94	94											
	Altura mínima	126	124	115											
Armaduras transversais	Dímetro, mm														
	Distância ao topo mais próximo, mm														
	dímetro														
Armaduras longitudinais	Distância ao topo mais próximo, mm														
	Dímetro														
	Distância ao topo mais próximo, mm														
Dimensão do agregado [mm] (> 1/3Ø ou < 1/3Ø)		5/12 Ø < 1/3 Ø < 1/3 Ø													
Inspeção visual															

OBSERVAÇÕES: a) geratriz não linear; b) desagregação do betão; c) (outras anomalias)

