



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil



O betão: Definição, caracterização e propriedades

MAFALDA VALADAS CODER BARBOSA

Licenciatura em Engenharia Civil

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de
Especialização em Edificações

Orientadores:

Engenheiro Mestre Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva (ISEL)

Engenheiro Licenciado José Carlos Franco Marques (Betão Liz)

Júri:

Doutor Filipe Manuel Vaz Pinto Almeida Vasques

Engenheiro Mestre Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Engenheiro Licenciado José Carlos Franco Marques

Engenheiro Mestre José Manuel Barrento da Costa

Mai de 2013

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse relatório de estágio.

Agradeço em primeiro lugar ao Eng.º José Marques (co-orientador da Betão Liz), que me acompanhou, orientou e aconselhou durante o período de estágio e a realização deste relatório.

Agradeço também o apoio e acompanhamento prestado pelo Eng.º Pedro Silva (co-orientador do ISEL), que muito me ajudou na realização deste trabalho.

Estou igualmente agradecida aos colaboradores da Betão Liz, que prontamente se dispuseram a partilhar os seus conhecimentos comigo e que me permitiram acompanhá-los nas suas diversas tarefas.

Um agradecimento muito especial aos meus amigos e acima de tudo à minha família e companheiro, por todo o apoio e força que me deram ao longo da elaboração deste relatório de estágio.

O presente relatório diz respeito a um estágio académico realizado na empresa Betão Liz, no âmbito do Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil no perfil de Edificações, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

O estágio teve lugar no Laboratório Central da empresa Betão Liz, tendo uma duração de quatro meses. O tema escolhido foi “O Betão: Definição, caracterização e propriedades”.

No decorrer do estágio foi possível fazer um estudo intensivo do betão nas suas diversas vertentes – produção, aplicação, variedade e história.

Este relatório começa por abordar um tema mais vasto, como a História do Betão, progredindo no sentido de tornar cada assunto mais específico, até chegar aos superplastificantes, que são um produto cujo estudo se encontra em grande desenvolvimento na empresa.

Em relação aos superplastificantes, foi ainda dada especial atenção aos policarboxilatos.

ABSTRACT

This report concerns an academic internship accomplished in the company Betão Liz, held under the Master's Final Work, with the aim of obtaining the Master degree in Civil Engineering, in the profile of Buildings, at the Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

The internship took place at the Central Laboratory of the company Betão Liz, having the duration of four months. The chosen theme was "The Concrete: Definition, characterization and Properties."

During the internship it was possible to make an intensive study of concrete in its several aspects – production, application, variety and history.

This report begins by approaching a broader theme, such as the History of Concrete, progressing towards making each subject more specific, until it reaches the superplasticizers, which are a product that is in great development in the company.

Within the subject superplasticizers, it was given special attention to polycarboxylates.

PALAVRAS-CHAVE

- Betão
- Definição
- Caracterização
- Propriedades
- Plastificantes
- Superplastificantes
- Policarboxilatos

KEYWORDS

- Concrete
- Mix Design
- Properties
- Plasticizers
- Superplasticizers
- Polycarboxylates

ÍNDICE GERAL

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Estrutura do trabalho	1
2. Atividades desenvolvidas	3
2.1. Produção de betão em laboratório	4
2.1.1. Ensaios de betão fresco	5
2.1.1.1. Ensaio de abaixamento	5
2.1.1.2. Ensaio da mesa de espalhamento	6
2.1.1.3. Determinação da massa volúmica	7
2.1.1.4. Determinação do teor de ar	7
2.1.2. Ensaios de betão endurecido	9
2.1.2.1. Ensaio de resistência à compressão	9
2.2. Auditorias	10
2.3. Miradouro do Sobralinho	11
2.4. <i>Tektónica</i>	12
2.5. Caso particular – Problema de qualidade do betão	14
3. História do betão	15
3.1. O betão em Portugal	19
4. Considerações gerais sobre o betão	22
4.1. Constituintes do betão	22
4.1.1. Agregados	23
4.1.2. Ligantes hidráulicos	25
4.1.3. Adições (materiais cimentícios suplementares)	26
4.1.4. Água	27
4.1.5. Adjuvantes	29
4.2. Características do betão	31
4.2.1. Resistência à compressão	31
4.2.2. Resistência à tração	34
4.2.3. Consistência	35
4.2.4. Relação A/C	35
4.2.5. Exposição ambiental	36
4.2.6. Massa volúmica	37

4.2.7. Teor de cloretos	37
4.3. Betões especiais	38
4.3.1. Betão leve	38
4.3.2. Betão pesado (denso)	39
4.3.3. Betão de muito elevada resistência	41
4.3.4. Betão de densidade e resistência controladas (BDRC).....	41
4.3.5. Betão de elevada resistência e baixa retração	42
4.3.6. Betão celular	43
4.3.7. Betão poroso	44
4.3.8. Betão <i>Ytong</i>	44
4.3.9. Betão aligeirado com EPS	45
4.3.10. Betão branco	46
4.3.11. Betão colorido	46
4.3.12. Betão auto compactável (bac)	47
4.4. Tecnologia do betão	48
4.4.1. Reforço – armadura para betão	48
4.4.1.1. Porquê utilizar armaduras no betão?	48
4.4.1.2. Varões de reforço	50
4.4.1.3. Aço pré-esforçado	51
4.4.1.4. Fibras	51
4.5. Propriedades do betão	53
4.5.1. Comportamento do betão	53
4.5.1.1. Retração	53
4.5.1.2. Fluência	55
4.5.1.3. Fissuração	56
4.5.1.4. Maturação	57
4.5.2. Betão fresco	57
4.5.2.1. Trabalhabilidade	58
4.5.2.2. Coesão	58
4.5.2.3. Exsudação e assentamento	59
4.5.2.4. Teor de ar	61
4.5.2.5. Uniformidade e estabilidade	61

ÍNDICE GERAL

4.5.2.6. Hidratação, presa e endurecimento	61
4.5.3. Betão endurecido	62
4.5.3.1. Cura	62
4.5.3.2. Resistência.....	62
4.5.3.3. Densidade.....	63
4.5.3.4. Permeabilidade e estanqueidade	63
4.5.3.5. Estabilidade de volume e controlo de fissuração	64
4.5.3.6. Durabilidade	65
4.5.3.7. Estética	66
5. Adjuvantes	67
5.1. História dos adjuvantes	67
5.2. Requisitos gerais	68
5.3. Classificação dos adjuvantes	68
5.3.1. Introdutores de ar	70
5.3.2. Aceleradores de presa	72
5.3.3. Retardadores de presa	73
5.3.4. Plastificantes e superplastificantes (redutores de água)	73
5.3.4.1. Plastificantes	76
5.3.4.2. Adjuvantes polifuncionais	77
5.3.4.3. Superplastificantes	77
6. Superplastificantes	80
6.1. Composição dos superplastificantes	81
6.2. Mecanismo de ação dos superplastificantes	82
6.2.1. Interações físicas	83
6.2.1.1. Absorção dos adjuvantes	83
6.2.1.2. Geração de uma força repulsiva entre partículas de cimento	84
6.3. Impacto dos redutores de água nas propriedades do betão	85
6.4. Tecnologia dos policarboxilatos	87
6.5. Sinergia	89
7. Conclusão	90
Bibliografia	91

ÍNDICE GERAL

Bibliografia complementar	91
Normas e regulamentos	92
Especificações LNEC	92
Normas	92
Elementos não referenciados	93
Anexos	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Cone de <i>Abrams</i>	5
Figura 2.2 – Medição do abaixamento (h).	5
Figura 2.3 – a) Espalhamento verdadeiro; b) Espalhamento deformado.	6
Figura 2.4 – Mesa de espalhamento, cone de <i>Abrams</i> , barra de compactação.	7
Figura 2.5 – Espalhamento do betão e respetivas medições.	7
Figura 2.6 – Dispositivo de medida por manómetro.	8
Figura 2.7 – Prensa de compressão.	9
Figura 2.8 – Roturas satisfatórias de provetes cúbicos.	10
Figura 2.9 – Roturas não satisfatórias de provetes cúbicos.	10
Figura 2.10 – Miradouro do Sobralinho – À esquerda, antes da intervenção no local (pavimento em terra); À direita, após a intervenção no local (pavimento em betão amarelo poroso).	12
Figura 2.11 – <i>Stand</i> da Cimpor/Betão Liz na <i>Tektónica</i>	13
Figura 2.12 – <i>Stand</i> da Cimpor/Betão Liz na <i>Tektónica</i>	13
Figura 2.13 – <i>Stand</i> da Cimpor/Betão Liz na <i>Tektónica</i>	13
Figura 3.1 – Pirâmides de Gizé, Egipto.	15
Figura 3.2 – Elemento de betão armado.	17
Figura 4.1 – Constituintes do betão.	23
Figura 4.2 – Gama de agregados finos e grossos utilizados na produção de betão.	24
Figura 4.3 – Cimento Portland	25
Figura 4.4 – Amostras de materiais cimentícios suplementares. Da esquerda para a direita: Cinzas volantes, metacaulino, sílica de fumo, cinzas volantes, escórias de alto-forno e xisto calcinado.	27
Figura 4.5 – Adjuvantes líquidos. Da esquerda para a direita: Anti-lavagem , redutor de retração, redutor de água, agente espumante, inibidor de corrosão, introdutor de ar.	30
Figura 4.6 – Designação de um betão, de acordo com a norma NP EN 206-1.	31
Figura 4.7 – Variação da resistência à compressão do betão em função da massa volúmica de diferentes agregados leves	34
Figura 4.8 – <i>Burj Dubai Tower</i> , Dubai.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.9 – Blocos de betão celular	43
Figura 4.10 – Betão poroso	44
Figura 4.11 – Bloco de betão <i>Ytong</i>	45
Figura 4.12 – Museu Paula Rego, Cascais – Utilização de betão vermelho.	47
Figura 4.13 – Amostras de betão castanho, Central de Óbidos	47
Figura 4.14 – Elemento de betão não reforçado sujeito a uma carga aplicada – O elemento não resiste à carga aplicada e acaba por fraturar.....	49
Figura 4.15 – Elemento de betão reforçado sujeito a uma carga aplicada – O elemento resiste à carga aplicada sem se fraturar.	49
Figura 4.16 – Armaduras para reforço de betão – Aço nervurado.	50
Figura 4.17 – Fibras de aço, de vidro, sintéticas e naturais	52
Figura 4.18 – Variação do volume do betão ao longo do tempo.....	53
Figura 4.19 – Variação da deformação do betão ao longo do tempo	55
Figura 4.20 – Relação entre a taxa de exsudação e a capacidade de exsudação	60
Figura 4.21 – Betão com variados padrões geométricos.	66
Figura 4.22 – Betão estampado.	66
Figura 5.1 – Modos de emprego dos adjuvantes no betão.	75
Figura 5.2 – Unidade molecular básica do lignosulfato.	76
Figura 5.3 – Unidade molecular cuja repetição <i>n</i> vezes dá origem a SNF.....	78
Figura 5.4 – Unidade molecular cuja repetição <i>n</i> vezes dá origem a SMF.	78
Figura 5.5 – Esquema de um polímero tipo pente.....	78
Figura 6.1 – Aglomerado de partículas de cimento com água aprisionada no seu interior	82
Figura 6.2 – Dispersão das partículas de cimento aglomeradas, libertando a água do seu interior.	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classes de abaixamento do betão.	6
Tabela 4.1 – Classes de resistência à compressão para provetes cilíndricos e cúbicos (as classes mais utilizadas em Portugal).	33
Tabela 4.2 – Classes de massa volúmica.....	37
Tabela 4.3 – Classes de resistência à compressão do betão leve.....	39
Tabela 4.4 – Classes de resistência à compressão para betão de massa volúmica normal e para betão pesado.....	40

SIGLAS E ABREVIATURAS

- °C – Graus centígrados
- APEB – Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto
- BAC – Betão Auto-Compactável
- BDRC – Betão de Densidade e Resistência Controlada
- cm – Centímetro
- cm^3 – Centímetro cúbico
- dB – Decibéis
- E – Especificação LNEC
- EN – Euro Norma
- Eng.º - Engenheiro
- EPI – Equipamento de Proteção Individual
- EUA – Estados Unidos da América
- h – Horas
- Hz – Hertz
- ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- kg – Quilograma
- kg/m^3 – Quilograma por metro cúbico (medida de densidade)
- kgf/cm^2 – Quilograma força por centímetro quadrado
- kN – Quilonewton
- kN/mm^2 – Quilonewton por milímetro quadrado (medida de força de compressão)
- kN/s – Quilonewton por segundo (medida de velocidade)
- LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
- LS – Lignosulfonatos modificados
- m^3 – Metro cúbico
- mm – Milímetro
- MPa – Megapascal
- nm – Nanómetro
- NP – Norma Portuguesa
- PCE – Policarboxilatos (Polímeros tipo pente)
- PEO – Óxido polietileno
- SMF – Sais de condensado de melamina sulfonada e formaldeído
- SNF – Sais de condensado de naftaleno sulfonado e formaldeído
- TFM – Trabalho Final de Mestrado
- W/m.K – Watt por metro Kelvin (medida de condutividade térmica)

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Tendo por base as aprendizagens adquiridas durante o período de 4 (quatro) meses relativo ao estágio na empresa Betão Liz, este relatório apresenta duas partes distintas: Numa primeira fase descreve-se o decorrer do estágio e as diversas atividades nele realizadas, envolvendo o assunto com os conhecimentos teóricos relativos ao Betão; Numa segunda fase faz-se uma abordagem mais geral ao tema, começando com a história do betão e progredindo no sentido de tornar cada assunto mais específico, até chegar aos superplastificantes.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O relatório apresenta uma estrutura dividida em sete capítulos, sendo complementado por diversos anexos.

Neste primeiro capítulo faz-se uma breve introdução ao trabalho em si, descrevendo-se o seu âmbito, objetivos, enquadramento, desenvolvimento e estruturação.

No capítulo 2 faz-se a descrição das diversas atividades realizadas no decorrer do estágio, apresentando-se os conhecimentos adquiridos e abordando-se procedimentos e metodologias de trabalho utilizadas. A título de curiosidade, e para complementar a descrição dessas mesmas atividades, apresenta-se em anexo (Anexo A.1) o relatório diário dos quatro meses passados na empresa, indicando-se ao pormenor o dia-a-dia do estágio.

No capítulo 3 resume-se a história do betão, desde as suas primeiras utilizações na Galileia, datadas dos anos 7000 a.C. até à atualidade. Faz-se também um resumo da história do betão a nível nacional.

No capítulo 4 faz-se uma abordagem mais geral ao betão, realçando-se a sua versatilidade, durabilidade e variabilidade de aplicações. Seguidamente faz-se uma descrição detalhada dos vários constituintes do betão. Faz-se também uma abordagem à tecnologia do betão, nomeadamente no que diz respeito ao reforço do betão com armaduras e às propriedades específicas do betão fresco e do betão endurecido.

No capítulo 5 faz-se uma descrição dos adjuvantes na sua generalidade, abordando-se a sua história, requisitos gerais e classificação. Seguidamente faz-se uma abordagem mais concreta a um tipo específico de adjuvantes: os plastificantes, superplastificantes e adjuvantes polifuncionais.

No capítulo 6 descreve-se em pormenor a composição, o mecanismo de ação e a tecnologia dos superplastificantes (redutores de água), bem como o seu impacto nas propriedades do betão

No capítulo 7 apresenta-se uma conclusão relativa ao trabalho realizado, mencionando-se os objetivos alcançados.

Nos capítulos seguintes apresentam-se a “Bibliografia”, “Bibliografia Complementar” e “Normas e Regulamentos”.

Por fim apresenta-se o capítulo “Anexos”, o qual contém um total de catorze ficheiros.

2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Este período de estágio incluiu diversas atividades, como descrito em anexo no “Relatório diário do estágio” (Anexo A.1), desde a pesquisa teórica à produção de betão em laboratório, passando por idas a centrais de betão.

Em laboratório foram produzidos e testados betões com ou sem plastificantes, consoante as características pretendidas. Fizeram-se combinações de plastificante com superplastificante (sinergias), com o objetivo de melhorar a *performance* do betão e reduzir os custos de produção. Fizeram-se, também, ensaios para testar os cimentos, as britas e as areias, consoante a sua proveniência. As amostras de betão produzidas foram geralmente testadas à compressão às 24h, 48h, 7 dias e 28 dias. No capítulo 2.1 apresenta-se uma descrição mais pormenorizada das atividades relacionadas com a produção de betão, realizadas durante o estágio.

Nos dias de acompanhamento de auditorias, foram feitas auditorias internas em centrais do norte do país e auditorias externas em centrais da zona da grande Lisboa. De um modo geral, estas auditorias incidiram sobre a segurança (equipamentos, arrumação), a qualidade dos materiais – britas, areias e cimentos (armazenamento, guias de receção) e os registos de produção. A descrição desta atividade apresenta-se no capítulo 2.2.

Na central de Óbidos assistiu-se à produção de betão castanho, para a construção de muretes decorativos de um hotel.

Na central de Alhandra fez-se uma comparação de métodos de compactação de betão poroso, para que o cliente pudesse escolher o tipo de acabamento que mais lhe agradava. Estes métodos incluíram cilindro (sem vibração), rolo, régua, placa e talocha. O método de compactação que obteve o resultado mais agradável foi a compactação com cilindro.

Ainda em Alhandra, fez-se uma visita ao miradouro do Sobralinho (“Monumento a Hércules”, erguido em comemoração da defesa das Linhas de Torres Vedras), que estava em processo de recuperação e cujo pavimento estava a ser executado com material da Betão Liz – Betão amarelo poroso. A ida ao miradouro do Sobralinho está descrita no capítulo 2.3.

Os dias passados no escritório foram dedicados à elaboração do relatório diário do estágio e da memória descritiva do TFM. Foram também elaboradas Fichas de Dados de Segurança para alguns produtos fabricados na empresa, nomeadamente para o

betão, betão branco, betão colorido e cimento, as quais se apresentam nos anexos A.2, A.3, A.4 e A.5, respetivamente. Prestou-se, ainda, colaboração na tradução e elaboração de uma apresentação *Power Point* realizada pelo Eng.º José Marques, no âmbito do Seminário da APEB – “Novos desafios e perspectivas na utilização do betão – A versatilidade na indústria do betão pronto”, que teve lugar no primeiro dia da feira *Tektónica* de 2011. A participação da empresa na feira está descrita no capítulo 2.4.

A pedido do orientador de estágio na empresa, foi elaborado um ficheiro *Power Point* com a parte relativa à “História do Betão” constante deste trabalho.

2.1. PRODUÇÃO DE BETÃO EM LABORATÓRIO

Como referido anteriormente, em laboratório foram produzidos os mais diversos tipos de betão, para responder a pedidos específicos de clientes ou para ensaios da própria empresa (para comparar materiais de diferentes origens – ensaios de consistência – ou para testar as melhores combinações de materiais).

Com os betões produzidos fizeram-se provetes cúbicos (10x10x10 cm³), em quantidade estipulada consoante os ensaios necessários (geralmente 6 a 8 unidades). As amostras de betão devem obedecer ao estipulado pela NP EN 12350-1. [N1]

Após a sua produção, os betões foram analisados em termos de aspeto (bom, mau ou razoável), abaixamento ou espalhamento (“*slump*”), teor de ar e temperatura.

Entre outros tipos, foram produzidos e testados betões auto-compactáveis (BAC), betões de elevada resistência e baixa retração e betões porosos drenantes. Foram também produzidas argamassas fluidas e auto-nivelantes, mas esse assunto não será desenvolvido no presente relatório.

Os resultados de todos os ensaios efetuados no laboratório foram criteriosamente registados em tabelas adequadas. Por questões de confidencialidade não serão apresentadas essas tabelas neste relatório.

2.1.1. ENSAIOS DE BETÃO FRESCO

2.1.1.1. ENSAIO DE ABAIXAMENTO

Cada betão produzido foi ensaiado, no seu estado fresco, ao abaixamento, através do Cone de *Abrams*, para determinar a sua consistência e fluidez.

Este ensaio é adequado a mudanças de consistência do betão correspondentes a abaixamento entre 10 mm e 210 mm⁽¹⁾ e deve obedecer ao exposto na NP EN 12350-2. [N2]

A metodologia de ensaio consiste em encher com betão fresco um molde metálico de forma troncocónica e dimensões normalizadas (com 30 cm de altura, 20 cm de diâmetro na base e 10 cm de diâmetro no topo), como representado na figura 2.1, em 3 camadas compactadas com 25 pancadas cada uma (pancadas executadas com barra de compactação de dimensões normalizadas) e seguidamente esvaziar o molde (subindo-o), medindo-se o abaixamento do betão com uma régua de escala igualmente normalizada, como indicado na figura 2.2.



Figura 2.1 – Cone de *Abrams*.

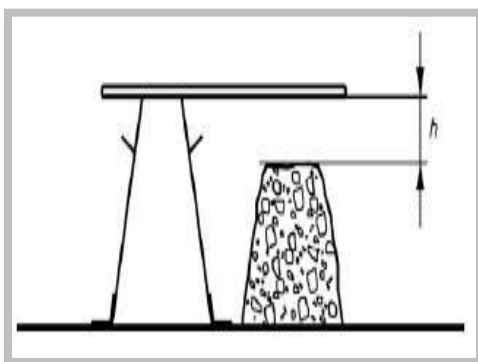


Figura 2.2 – Medição do abaixamento (h).

O ensaio só é válido se o abaixamento for verdadeiro, ou seja, se o abaixamento não deformatar (ver Figura 2.3). Caso se sucedam dois ou mais abaixamentos deformados, tal indica que o betão não possui a plasticidade e coesão adequadas para efetuar o ensaio, devendo realizar-se uma nova amassadura.

¹ Para betões com valores de abaixamento entre os 10 mm e os 90 mm o ensaio mais rigoroso é o Ensaio Vêbê, que segue o exposto na NP EN 12350-3, mas que não será descrito neste relatório por não ter sido presenciado no decorrer do estágio.

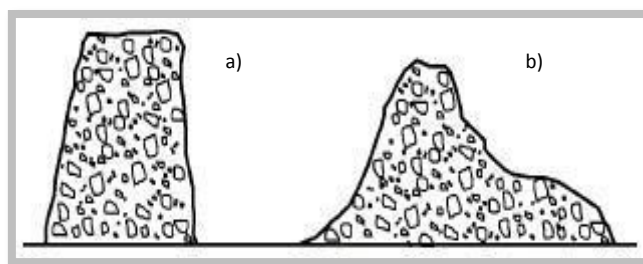


Figura 2.3 – a) Abaixamento verdadeiro; b) Abaixamento deformado.

O resultado de cada ensaio de abaixamento deve encontrar-se dentro dos limites de consistência estabelecidos, que fazem corresponder diferentes classes a intervalos de diferentes valores de abaixamento, como indicado na tabela 2.1.

Classe	Abaixamento [mm]	Tolerância [mm]
S1	10 – 40	± 10
S2	50 – 90	± 20
S3	100 – 150	± 30
S4	160 – 210	± 30
S5	≥ 220	± 30

Tabela 2.1- Classes de abaixamento do betão.

2.1.1.2. ENSAIO DA MESA DE ESPALHAMENTO

Por vezes, o betão produzido foi ensaiado, no seu estado fresco, ao espalhamento, numa mesa plana, através de pancadas, para determinar a sua consistência e fluidez. Este ensaio deve seguir as considerações estipuladas pela NP EN 12350-5. [N3]

A metodologia de ensaio consiste em encher com betão fresco um molde metálico de forma troncocónica e dimensões normalizadas (cone de *Abrams*, descrito no tópico 2.1.1.1.), em duas camadas iguais, compactando cada camada com 10 pancadas executadas com a barra de compactação (utensílio normalizado). De seguida, coloca-se o molde sobre a mesa de espalhamento (representada na figura 2.4) e aciona-se um ciclo de elevação e queda, que se repete por 15 vezes. Com uma régua de escala normalizada mede-se o espalhamento do betão segundo duas direções ortogonais, paralelas às arestas da mesa, como indicado na figura 2.5.

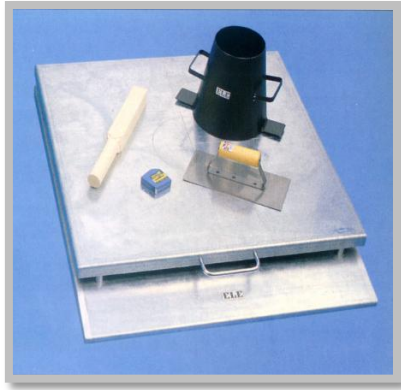


Figura 2.4 – Mesa de espalhamento, cone de Abrams, barra de compactação.

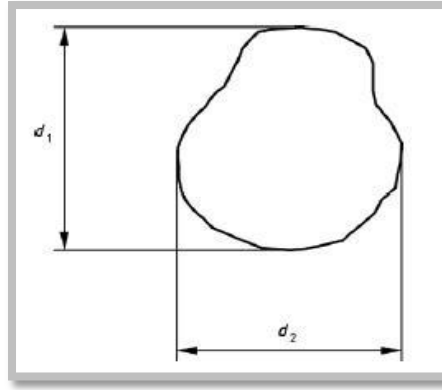


Figura 2.5 – Espalhamento do betão e respetivas medições.

Deve ainda verificar-se, por observação visual, se o espalhamento origina segregação do betão, ou seja, separação dos agregados e da água.

2.1.1.3. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA

Por cada betão que foi produzido, foi determinada a sua massa volúmica, de acordo com a NP EN 12350-6. [N4]

A metodologia de ensaio consiste em compactar o betão fresco num recipiente metálico estanque, de volume e massas conhecidos e dimensões normalizadas, que será posteriormente pesado numa balança devidamente calibrada.

A massa volúmica do betão fresco (ρ) é determinada a partir da expressão (1), em que: m_1 corresponde à massa do recipiente vazio, em quilogramas [kg]; m_2 corresponde à massa do recipiente cheio de betão compactado, em quilogramas [kg]; V corresponde ao volume do recipiente em metros cúbicos [m^3].

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (1)$$

2.1.1.4. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AR

Dos dois métodos existentes para determinação do teor de ar (Método da Coluna de Água e Método Manométrico, ambos baseados nos princípios da lei de Boyle-

Mariotte), apenas o segundo era posto em prática no laboratório, com recurso a um dispositivo de medida por manómetro, semelhante ao representado na figura 2.6.

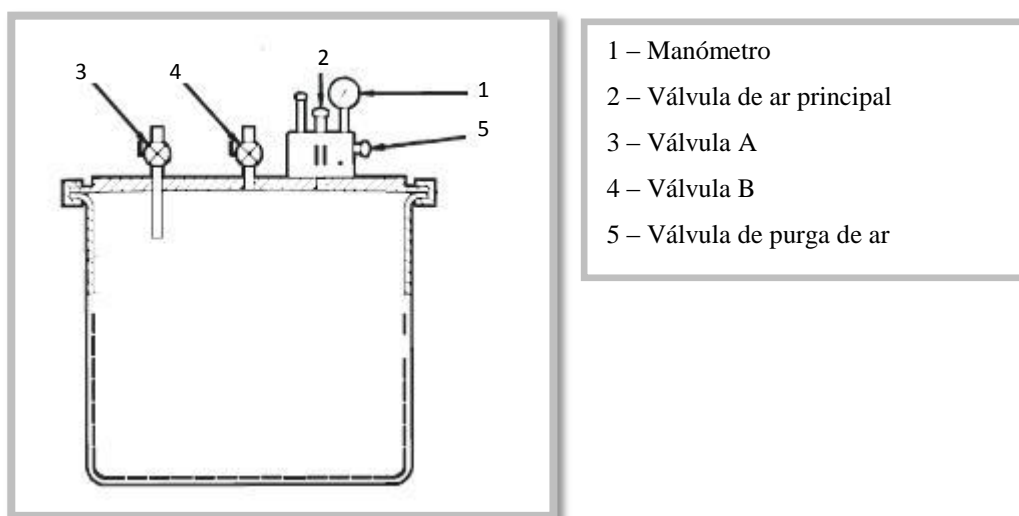


Figura 2.6 – Dispositivo de medida por manómetro.

A metodologia de ensaio, executada de acordo com a NP EN 12350-7 [N5], consiste em encher de betão um recipiente metálico estanque, em três camadas, compactando cada uma delas. De seguida, com a tampa do recipiente fechada e fixada, garantindo a sua estanqueidade, manuseiam-se as válvulas (fechando a válvula principal e abrindo as válvulas A e B) e insere-se água por uma das válvulas A ou B, até que a água saia pela outra válvula. Depois de fechar a válvula da purga de ar, insere-se ar no seu interior, até que o ponteiro do manómetro alcance o traço da pressão inicial e estabilize. De seguida fecham-se as válvulas A e B e abre-se a válvula de ar principal, lendo-se o valor indicado no manómetro. Este valor representa a percentagem de ar aparente.

O teor de ar do betão contido no recipiente (A_c) é dado pela fórmula (2), em que A_1 representa o teor de ar aparente e G representa o fator de correção dos agregados.

$$A_c = A_1 - G [\%] \quad (2)$$

2.1.2. ENSAIOS DE BETÃO ENDURECIDO

2.1.2.1. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os provetes dos betões produzidos no laboratório foram submetidos a ensaios de resistência à compressão numa prensa totalmente automático (como a representada na figura 2.7), a uma velocidade constante de 13,5 kN/s, registando-se criteriosamente a massa volúmica aparente e a carga de rotura de cada provete, de acordo com a NP EN 12390-3. [N6]



Figura 2.7 – Prensa de compressão.

A metodologia de ensaio consiste em posicionar o provete na superfície de ensaio (certificando-se de que esta se encontra limpa e seca), de modo a que a carga seja aplicada perpendicularmente à direção da moldagem. Seleccionando-se a velocidade de aplicação da carga (13,5 kN/s, como referido anteriormente), passa-se à aplicação contínua e gradual de carga, aumentando-a até não ser possível aplicar uma carga maior (quando o provete atinge a rotura) e registando-se a carga máxima indicada (em kN).

As roturas verificadas podem ser ou não satisfatórias, como exemplificado nas figuras 2.8 e 2.9, respetivamente. Caso se verifique uma rotura não satisfatória, esta deve ser registada, fazendo-se referência ao tipo de rotura mais aproximado, conforme a figura 2.9.

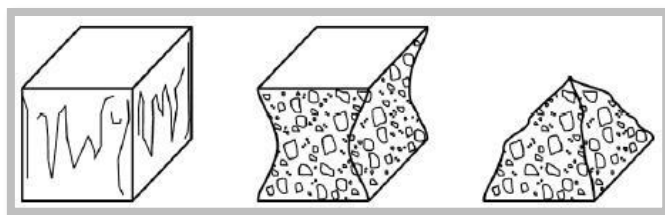


Figura 2.8 – Roturas satisfatórias de provetes cúbicos.

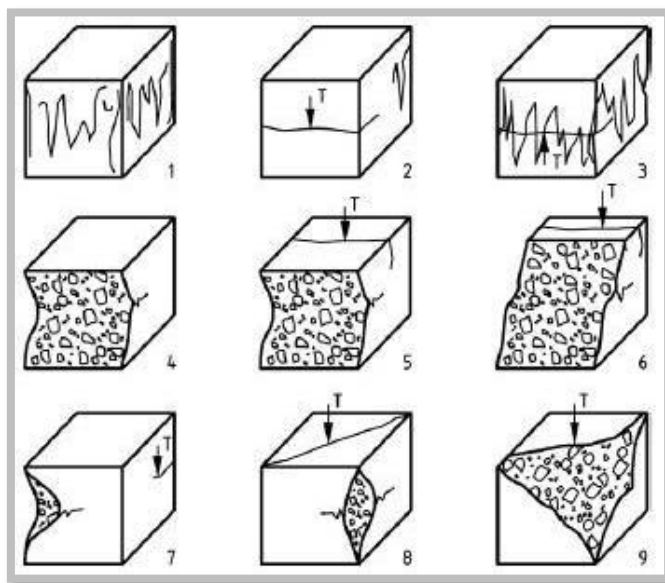


Figura 2.9 – Roturas não satisfatórias de provetes cúbicos.

A resistência à compressão (f_c) é obtida a partir da equação (3), em que F é a carga máxima à rotura [N] e A_c é área da secção transversal do provete na qual é aplicada a força de compressão [mm²].

$$f_c = \frac{F}{A_c} \text{ [kN/mm}^2\text{]} \quad (3)$$

2.2. AUDITORIAS

No dia 12 de Abril de 2011 foram realizadas auditorias internas às centrais de Esmoriz e de Gaia. Estas auditorias foram efetuadas por dois funcionários da Betão Liz, qualificados para o efeito.

No dia 15 de Abril de 2011 foram realizadas auditorias externas às centrais de Loures e de Setúbal, levadas a cabo por uma Engenheira perita em auditorias, não pertencente à empresa.

As auditorias (tanto interna como externa) tiveram incidência nos seguintes aspetos:

- Materiais (britas, areias, cimentos, adjuvantes) – Verificação das fichas técnicas (identificação, simbologia, quantidades, datas de receção, prazos de validade); verificação das guias de receção; verificação da qualidade do acondicionamento; verificação do local de armazenamento;
- Laboratórios – Verificação das fichas técnicas das amostras (identificação, simbologia, datas de recolha); verificação da qualidade do acondicionamento das amostras; verificação dos locais de armazenamento das amostras; verificação do tanque para conservação das amostras húmidas; verificação da existência de informação e normas regulamentares a seguir no local; verificação da existência dos devidos equipamentos de proteção individual;
- Sistema de produção de betão – Verificação das atividades em curso; verificação dos registos de produção; verificação das guias de saída do produto;
- Sistema de limpeza de água – Verificação dos reservatórios de água limpa; verificação dos reservatórios de água com resíduos; verificação do funcionamento do sistema.

2.3. MIRADOURO DO SOBRALINHO

Durante a visita ao miradouro do Sobralinho verificou-se alguma diferença de tonalidades nalguns pontos do pavimento, apresentando-se com uma cor amarelo esverdeada. As zonas onde se verificou esta situação foram as referentes a fornecimentos de auto-betoneiras diferentes, sendo justificadas pela inadequada lavagem do carro que efetuou a betonagem em último lugar.

A figura 2.10 apresenta imagens do “Monumento a Hércules”, permitindo uma comparação entre o antes e o depois da intervenção de recuperação do miradouro.



Figura 2.10 – Miradouro do Sobralinho – À esquerda, antes da intervenção no local (pavimento em terra); À direita, após a intervenção no local (pavimento em betão amarelo poroso).

A utilização do betão poroso no pavimento veio mais tarde a revelar-se pouco eficaz, pois o material começou a desagregar-se devido à frequente passagem de bicicletas e motas no local, causando o rápido desgaste do pavimento.

2.4. *TEKTÓNICA* – FEIRA INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÃO E OBRAS PÚBLICAS 2011

No decorrer do estágio pude colaborar na preparação de elementos para o *stand* da Cimpor/Betão Liz na *Tektónica* 2011 (Feira Internacional de Construção e Obras Públicas, que ocorre anualmente na Área Expositiva da FIL), bem como para o seminário da APEB que fazia parte da agenda de seminários da feira.

O *stand* da Cimpor/Betão Liz visava cimentar uma relação de proximidade e confiança entre a empresa e os seus clientes. O elemento de destaque na exposição da parte da Betão Liz era uma peça de betão poroso drenante, acoplado a uma torneira de água, para demonstrar as propriedades drenantes daquele betão.

As figuras 2.11, 2.12 e 2.13 mostram a disposição do *stand* na feira, realçando as informações interativas disponíveis.



Figura 2.11 - Stand da Cimpor/Betão Liz na Tektónica.



Figura 2.12 - Stand da Cimpor/Betão Liz na Tektónica.



Figura 2.13 - Stand da Cimpor/Betão Liz na Tektónica.

O seminário da APEB, com o tema “Novos Desafios e Perspectivas na Utilização do Betão”, teve por objetivo apresentar diferentes soluções tecnológicas com

betões que satisfizessem tanto os requisitos de ordem física e estrutural estabelecidos em projeto, como os aspetos estético e funcional das edificações, conferindo-lhes personalidade e garantindo, sempre que possível, os objetivos de sustentabilidade associados ao seu bom desempenho.

Este seminário, liderado pelo Eng.º Jorge Santos Pato (Secretário Geral e Diretor Técnico da APEB) teve como orador, entre outros, o Eng.º José Marques, meu co-orientador do TFM.

O folheto relativo ao seminário apresenta-se no Anexo A.6.

2.5. CASO PARTICULAR – PROBLEMA DE QUALIDADE DO BETÃO

No primeiro dia de estágio teve-se conhecimento no laboratório de um problema específico de qualidade do betão numa obra em Óbidos, para o qual não se encontrava explicação.

Vinte e um dias após a betonagem, o betão correspondente a um dos camiões de fornecimento, ainda não tinha ganho presa, encontrando-se perfeitamente moldável. Foi recolhida uma amostra desse betão e levada para o laboratório. Colocou-se parte dessa amostra na estufa, dentro de um balde com água (a amostra estava dentro de um saco de plástico), a cerca de 70°C, e deixou-se a outra parte da amostra fora da estufa, dentro de um balde.

Catorze horas depois, a amostra que estava fora da estufa ganhou presa, mas os pedaços de betão desfaziam-se muito facilmente com os dedos. A amostra que estava dentro da estufa formou uma espécie de “sopa” dentro do saco (o saco não tinha qualquer furo ou abertura), apresentando-se praticamente toda desagregada, com uma cor esverdeada/acastanhada e com libertação de um cheiro semelhante a café. Alguns pedaços daquele betão ainda ganharam presa, mas desfaziam-se muito facilmente também.

Mais tarde chegou-se à conclusão que a causa provável deveria ser excesso de adjuvante devido a falha na eletro-válvula da máquina de adição de adjuvante. A válvula não terá fechado, não permitindo à balança que pesasse o adjuvante, indicando sempre 0 kg, enquanto o produto estava a passar continuamente.

3. HISTÓRIA DO BETÃO

O betão é composto pela mistura devidamente proporcionada de agregados (brita e areia), cimentos, adições (pozolanas, cinzas ou *filleres*), água e adjuvantes (quando necessários). Estes componentes, quando combinados, formam uma pasta que endurece, conferindo à mistura níveis de coesão e resistência que possibilitam a sua utilização como material de construção. [1]

Durante o século XX percebeu-se que propriedades do betão como a coesão e a resistência, em particular a resistência mecânica, dependiam da granulometria dos agregados e que as regras empíricas de composição granulométrica dos mesmos (baseada em dosagens fixas independentes da natureza dos componentes) não permitiam as soluções mais adequadas, tanto a nível técnico como a nível económico.

O mais antigo betão descoberto data de 7000 a.C., tendo sido encontrado numa estrada em Yiftah El, na Galileia. Tratava-se de um betão de cal, produzido a partir de pedra calcária, de modo a obter cal viva, a qual endurecia quando em contato com a água e brita, formando o betão. A seguinte utilização de misturas de britas e areias com um ligante na produção de betão de que se tem conhecimento data de 5600 a.C., por Lepenski, (Jugoslávia), no pavimento térreo de uma habitação situada nas margens do rio Danúbio. O ligante utilizado foi uma cal parda. Crê-se que a mistura de agregados com um ligante (cal ou gesso) foi também utilizada na construção das pirâmides de Gizé, no Egipto, por volta de 2500 a.C. (figura 3.1). Conhece-se ainda a descrição da utilização de argamassa e betão num mural de Tebas (Egipto), datada de 1950 a.C. Foram também encontrados vestígios de argamassa à base de cal na Grécia Antiga, datados de 500 a.C. [1] [2]

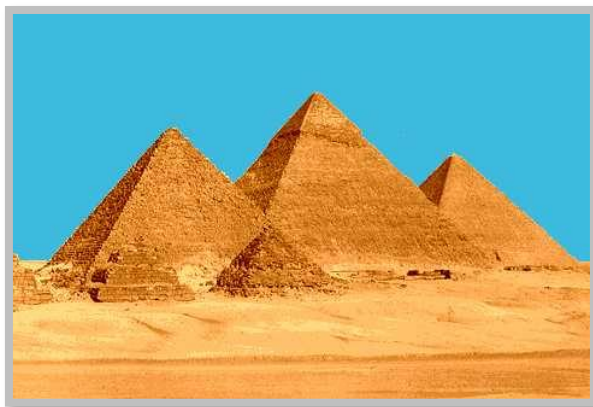


Figura 3.1 - Pirâmides de Gizé, Egipto.

São igualmente conhecidas as utilizações destas misturas de britas, areias, cal e água pelos romanos, ao longo de toda a zona mediterrânica, na construção de grandes obras públicas, como aquedutos, pontes, cais, grandes edifícios e outras obras maciças, geralmente revestidas com alvenaria de tijolo ou de pedra. O emprego deste material estendeu-se pela Idade Média e pelo Renascimento, sendo utilizado em fundações e pavimentos térreos, mas a sua aplicação só se tornou mais ampla e frequente após a invenção do Cimento Portland por Louis Vicat, pela hidraulicidade e rapidez de endurecimento deste material. Foram também os romanos que, pensando que se tratava de areia, juntaram pozolanas (finas cinzas vulcânicas que contêm sílica e alumínio) à cal, obtendo uma mistura muito mais resistente do que a que produziam anteriormente – Cimento Pozolânico. Podem ainda hoje ser visitadas variadas estruturas romanas, gregas, índias e egípcias construídas com betão à base de cimento pozolânico – esta longevidade das estruturas testemunha a durabilidade destes materiais. [1]

A prática de queimar a cal e o uso de pozolanas perdeu-se até ao século XIV. [1]

Em 1812, Louis Vicat ficou encarregue da construção da ponte de Souillac, sobre o rio Dordogne, tendo nessa altura iniciado o seu estudo e sequência de experiências sobre as causas da hidraulicidade das cais. Estas experiências levaram-no a descobrir que a cozedura conjunta de calcário e argila levava à obtenção do cimento artificial, resultados estes que constavam do seu primeiro relatório experimental, “*Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires*”, redigido em 1817. Este relatório foi aprovado em 1818 pela Academia de Ciências de Paris, sob orientação de Prony e Gay-Lussac, e em 1819 Louis Vicat obteve autorização para aplicar a sua invenção na construção da ponte. [1]

Em 1824, Joseph Aspdin (Inglaterra) patenteava a fabricação do cimento artificial por um processo semelhante ao de Vicat, no qual empregava uma temperatura de calcinação mais elevada, obtendo assim silicato tricálcico, que possibilitava resistências mais elevadas. [2]

Em 1848 Joseph-Louis Lambot inventou o betão armado (exemplo na figura 3.2), para a construção de um barco que constou da Exposição Universal de Paris em 1855. Este foi o impulso mais importante para a expansão do betão. [2]

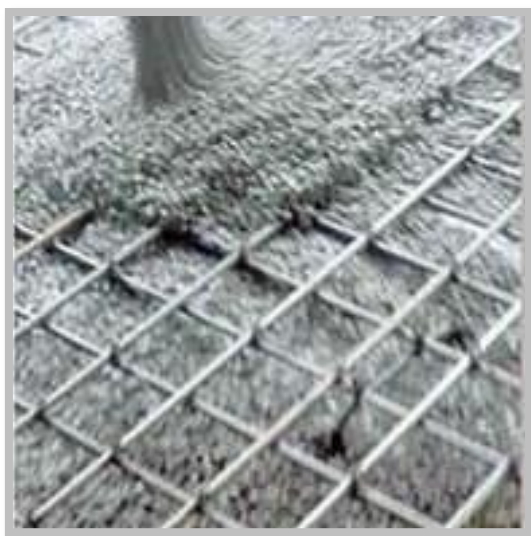


Figura 3.2 – Elemento de betão armado.

Em 1852 o engenheiro e construtor François Coignet realizava a primeira aplicação de betão em conjunto com armaduras de aço, na construção de um pavimento de betão armado, conferindo às armaduras o papel de resistência à tração nas zonas das estruturas a ela sujeitas. Ainda neste ano, o inglês W. B. Wilkinson patenteava a invenção do reforço do betão por meio de cabos de minas e de barras de ferro localizadas abaixo da linha neutra das vigas. Esta ideia de Wilkinson foi posta em prática em 1865, na construção de uma casa de betão armado em Newcastle-on-Tyne. [2]

A partir de 1890 deu-se a enorme expansão do betão armado, com as construções de François Hennebique e com os estudos experimentais e teóricos de Considère, Rabut e Mesnager, que estabeleceram as leis fundamentais da resistência do betão armado. [2]

Em 1909 Auguste Perret começava a utilizar o betão para fins arquitetónicos, definindo um estilo característico da época.

Dadas as diferentes exigências a que devem obedecer as proporções dos componentes, incluindo as variadas dimensões das partículas dos agregados, R. Feret começou em 1892 uma série de experiências para determinar a relação entre a tensão de rotura e a compactidade. Em 1896 foi-lhe possível afirmar que esta relação era função do quociente entre a dosagem de cimento e a soma dos volumes da água de amassadura e de vazios, como representado pela equação (4), em que: σ_r é a tensão de rotura; c é o volume absoluto de cimento por unidade de volume de amassadura; i é o volume

absoluto de agregado por unidade de volume de amassadura; k é um fator que depende da natureza do ligante, da idade e das condições de conservação da amassadura.

$$\sigma_r = k \left(\frac{c}{1-i} \right)^2 \quad (4)$$

Baseados nos trabalhos de Feret sobre a granulometria necessária para obter o máximo de compacidade e com o intuito de simplificar as tentativas experimentais para encontrar esse mesmo máximo, os americanos Fuller e Thompson apresentaram, em 1907, uma curva granulométrica para os componentes sólidos. Esta curva foi mais tarde aperfeiçoada por Bolomey. [2]

Em 1918 Duff Abrams acrescentava à técnica de fabrico do betão as noções de módulo de finura e de trabalhabilidade antes da presa. Esta propriedade foi quantificada por Bolomey em 1925, durante o processo de aperfeiçoamento das curvas granulométricas. [2]

Em 1937 Caquot especificava o conceito de efeito de parede, o qual altera a granulometria junto a qualquer superfície. Esta ideia era aplicada ao cálculo da composição granulométrica por Faury, em 1941. [2]

Em simultâneo com o aperfeiçoamento dos métodos de cálculo da composição, Freyssinet aplicava pela primeira vez em 1917 a vibração externa aos moldes, criando uma técnica que melhorava a obtenção de maior compacidade. [2]

Em 1926 o Inspetor de Ponts et Chaussées, Deniau, inventou os vibradores internos, que se colocam na massa do betão. Esta invenção conduziu à expansão da vibração para praticamente todas as obras. [2]

Com a construção dos arcos da ponte de Plougastel, também em 1926, Freyssinet deu os primeiros passos para o conhecimento e compreensão das propriedades físicas do betão, definindo, em 1929, as leis da deformação por retração e por fluência. Esta descoberta deu origem à realização prática do betão pré-esforçado. [2]

Cerca de trinta anos após a sua invenção do Cimento Portland, Louis Vicat observava as primeiras alterações provocadas pela água do mar no produto, descobrindo que as alterações só se verificavam quando não havia precipitação de um certo número de sais na superfície do betão. Maynard e Le Châtelier confirmaram esta não precipitação de sais na superfície do material como causa principal da sua alteração. [2]

Em 1888 Candlot definia a formação do Sulfoaluminato de Cálcio como sendo a principal causa da decomposição. O mecanismo da decomposição foi explicado em 1907 por H. Le Châtelier, como sendo a reação entre um sólido e um líquido sem solubilização do primeiro. [2]

Em 1926 o americano Baylis enunciava o princípio para a determinação das condições que levavam à formação da camada de sais insolúveis precipitados na superfície do betão: medição da solubilidade dos componentes do cimento hidratado, que determina a possibilidade da precipitação dessa camada protetora. [2]

Em 1923 começaram a aparecer as primeiras alterações nalgumas construções na Califórnia (E.U.A.), nomeadamente expansões anormais que conduziam à ruína da obra, em relação às quais não se sabia ainda explicar o porquê da sua ocorrência. Foi então que, em 1940, Thomas E. Santon descobriu a possibilidade da natureza do agregado intervir na estabilidade do betão. Na mesma época observava-se em Portugal o fenómeno da corrosão do betão na doca nº 1 do porto de Leixões, igualmente devida à intervenção da natureza do agregado. [2]

Em 1950 Jacques Farran fazia notar as reacções químicas e físico-químicas entre os componentes hidratados do cimento e a superfície do agregado.

Em 1935 observava-se nos E.U.A. que a resistência do betão às acções de congelação e descongelação era muito amplificada quando existiam bolhas de ar, esféricas, convenientemente espalhadas no seu interior. [2]

Em 1944 Stanton Walker, pegando em ideias já antigas, aplicava o cálculo das probabilidades de Laplace à distribuição dos valores das tensões de rotura do betão produzido em condições uniformes, criando as bases dos conceitos de tensão mínima de rotura e tensão característica.

A invenção do Cimento Portland por Vicat em 1817, a do betão por Lambot em 1848 e a intervenção do arquiteto Auguste Perret em 1898 foram os pontos de partida para a aplicação de um material de construção que veio dar um novo rumo à construção no século XX. [2]

3.1. O BETÃO EM PORTUGAL

Na época de implantação do Liberalismo instituiu-se o ensino experimental, com a criação de laboratórios nas escolas, tendo sido criada a primeira escola de engenharia

no Porto, em 1837: A Academia Politécnica. No entanto a falta de financiamento e de condições das instalações, incentivadas pelo desinteresse e incompreensão dos dirigentes, puseram em causa o desenvolvimento do ensino experimental. [1]

Em 1844, no seu livro “*Guia do Engenheiro na Construção de Pontes de Pedra*”, o engenheiro e professor Luís da Silva Mouzinho de Albuquerque sugeria a criação de um laboratório que possibilitasse o estudo experimental e metódico dos materiais de construção existentes em Portugal, nomeadamente os calcários e as cais. No entanto, e apesar do grande desenvolvimento das obras públicas em Portugal após 1851, as recomendações de Mouzinho de Albuquerque foram rapidamente esquecidas. [1]

Para fazer cumprir o exposto nos cadernos de encargos, em 1866, o Ministro das Obras Públicas, Comércio e Indústria, João de Andrade Corvo, nomeou uma comissão para o estudo das resistências dos materiais utilizados nas construções em Portugal, formada pelos professores Francisco da Ponte e Horta (Escola Politécnica) e António Augusto de Aguiar (Instituto Industrial e Comercial) e pelo diretor das Obras Públicas, Gilberto António Rola. A comissão elaborou um plano para levar a cabo o reconhecimento dos recursos de Portugal a nível de materiais de construção, tendo, para este fim, adquirido vários aparelhos de ensaio, mas a falta de apoio do Ministério levou a que em 1869 tivesse de entregar o material ao Instituto Industrial e Comercial de Lisboa, finando assim os estudos. [1]

Em Julho de 1885 deu-se uma remodelação do ensino de engenharia na Academia Politécnica do Porto, tendo sido criados três cursos separados, um dos quais de Obras Públicas. [1]

Em 1886, o engenheiro J. U. Mendes Guerreiro tomou a iniciativa de criar uma secção de estudos de resistência de materiais no porto de Lisboa, para a qual nomeou como chefe o engenheiro J. P. Castanheira das Neves que, mais tarde viria a ser diretor da Direção de Estudos e Ensaios de Materiais de Construção, criada em 1898. [1]

Em 1911 foram fundadas as Universidades de Lisboa e do Porto, altura em que se criou o tão necessário laboratório de Estudo e Ensaio de Materiais de Construção no curso de engenharia civil da Universidade do Porto. [1]

Durante o século XIX foram realizados variados estudos e ensaios de materiais de construção nalgumas obras dirigidas ou fiscalizadas por engenheiros interessados na aplicação racional desses materiais, mas que não se guiavam pelos mesmos critérios ou regras, levando a que os seus resultados raramente fossem publicados. [1]

Crê-se que o primeiro artigo publicado nas revistas técnicas portuguesas sobre o cálculo da composição do betão data de 1932, por autoria do engenheiro J. O. da Rocha e Melo. [1]

Em 1935 foi publicado o segundo Regulamento do Betão Armado. No entanto, as condições de fabrico do betão não melhoraram, levando a que o engenheiro Daniel M. Vieira Barbosa chamasse a atenção para o absurdo de obrigar

“as nossas fábricas de cimento a porem no mercado produtos de primeira ordem (...) e nos limitássemos, adentro dos nossos laboratórios, a fazer sistematicamente ensaios de controle à sua regularidade ou ao seu progresso no fabrico”. [1]

Em 1946, com o início das grandes obras dos aproveitamentos hidroeléctricos em Portugal, começaram a funcionar os laboratórios de controlo da Comissão de Fiscalização das Obras dos Grandes Aproveitamentos Hidroeléctricos. [1]

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O BETÃO

A versatilidade, durabilidade, sustentabilidade e economia inerentes ao betão fizeram deste produto o material de construção mais utilizado a nível mundial. Trata-se de uma mistura devidamente proporcionada de agregados (geralmente brita e areia), cimentos, adições (pozolanas, cinzas ou *filleres*), água e adjuvantes. O cimento reage quando entra em contato com a água, endurecendo e conferindo à mistura níveis de coesão e resistência que possibilitam a sua utilização como material de construção.

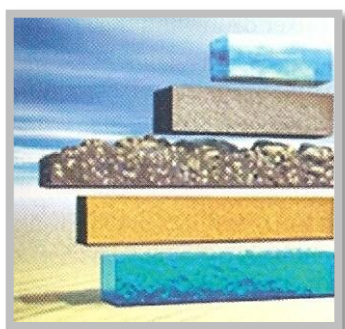
O betão é utilizado numa grande variedade de aplicações, tais como estradas, ruas, barragens, estações de tratamento de águas, parques de estacionamento, garagens, edifícios, moradias, pavimentos, passeios, entre muitas outras.

Sendo a base da maioria das infra-estruturas da civilização, bem como do seu desenvolvimento físico, o betão é duas vezes mais utilizado que quaisquer outros materiais por todo o mundo. É um material de construção fundamental para infra-estruturas municipais, infra-estruturas de transporte, edifícios de escritórios e casas. Contrariamente ao cimento, cuja produção acarreta um consumo intensivo de recursos e energia, as características do betão fazem dele um material de construção de muito baixo impacto do ponto de vista ambiental e sustentável. Verifica-se que a maioria das aplicações de betão contribui diretamente para a conceção de edifícios e infra-estruturas sustentáveis.

4.1. CONSTITUINTES DO BETÃO

O betão é praticamente a mistura de dois componentes: agregados e pasta. A pasta, composta por Cimento Portland e água, liga os agregados (geralmente areia e cascalho ou brita), formando uma massa pétreia à medida que a pasta seca e endurece, devido à reação química que ocorre entre o cimento e a água. Podem ainda ser adicionados à pasta materiais cimentícios suplementares (denominados adições) e adjuvantes. A mistura pode ter ar retido ou adicionado propositadamente. Esta pasta constitui cerca de 25% a 40% do volume total do betão. A nível dos constituintes do betão individualmente, estes apresentam percentagens na ordem dos 7% a 15% de cimento, 60% a 75% de agregados (finos e grossos), 14% a 21% de água e até 8% de ar,

como indicado na figura 4.1. Em caso de utilização de adjuvantes, estes devem perfazer uma percentagem inferior a 5% da massa de cimento. [2]



Ar – até 8%
Cimento – 7% a 15%
Agregados – 60% a 75% (finos e grossos)
Água – 14% a 21%

Figura 4.1 - Constituintes do Betão.

A qualidade do betão depende não só da qualidade da pasta e dos agregados, mas também da relação entre ambos. Num betão corretamente executado cada partícula de agregado está completamente revestida pela pasta e todos os espaços entre as partículas de agregados estão preenchidos com a pasta. [2]

As especificações para os constituintes de betão estão presentes na Norma EN NP 206-1: 2007 (Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade) [N7], bem como noutras normas e especificações relativas a cada constituinte em particular, apresentadas no anexo A.7, “Normas dos Constituintes do Betão”.

4.1.1. AGREGADOS

As especificações para os agregados estão presentes na norma EN 12620+A1: 2008 (Agregates for Concrete) [N8].

Dada a sua grande percentagem na composição do betão, é importante uma correta seleção dos agregados. Estes devem consistir apenas de partículas com adequada resistência às condições de exposição e não devem conter materiais que possam provocar a deterioração do betão. Para um eficiente uso da pasta, é desejável uma granulometria contínua das dimensões das partículas dos agregados. [2]

Este material tem uma grande influência nas propriedades de betão recém misturado e endurecido, nas proporções da mistura e na sua economia. As propriedades exigidas aos agregados são de natureza geométrica, física e química, nomeadamente:

- Adequada forma e dimensões proporcionadas, segundo regras específicas;
- Adequada resistência mecânica;
- Adequadas propriedades térmicas;
- Adequadas propriedades químicas em relação ao ligante e às ações exteriores;
- Isenção de substâncias prejudiciais. [2]

Os agregados estão geralmente divididos em dois grupos: finos e grossos. Os agregados finos consistem em areia natural ou fabricada, cujas partículas apresentam dimensões até 9,5 mm. Os agregados grossos são aqueles cujas partículas ficam retidas no peneiro nº16 (1,18 mm) e apresentam dimensões até 150 mm. A dimensão máxima de agregado grosso é geralmente 19 mm ou 25 mm. Um agregado de dimensão média, com cerca de 9,5 mm, é por vezes adicionado para melhorar a granulometria global dos agregados. A figura 4.2 apresenta a variada gama de agregados finos e grossos utilizados no betão. [2]

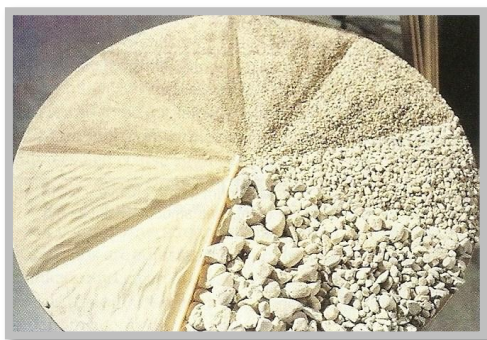


Figura 4.2 - Gama de agregados finos e grossos utilizados na produção de betão. [2]

Estes materiais devem ser limpos, rígidos, fortes, duráveis e devem estar livres de químicos absorvidos, revestimentos de argila e acumulações de outros materiais finos que possam afetar a hidratação e a ligação da pasta de cimento. Não devem ser friáveis nem susceptíveis de se separar. Devem ser evitados agregados que contenham quantidades consideráveis de materiais macios e porosos, incluindo algumas variedades de siltito, argilito, xisto e rochas xistosas. [2]

A máxima dimensão do agregado é um conceito essencial na tecnologia do betão, na medida em que permite aceitar ou rejeitar o material em função da geometria das peças a betonar e das características da armadura das mesmas. Este conceito é

definido pela menor abertura da malha do peneiro da série através da qual passa uma quantidade de agregado igual ou superior a 90%.

Os agregados utilizados no laboratório da Betão Liz são explorados e fornecidos pela empresa AGREPOR, localizada em diversas zonas do país: Vila das Aves, Penafiel, Famoso, Fornos de Algodres, Fundão, Condeixa, Canas de Senhorim, Alenquer, Calhariz, Loulé.

4.1.2. LIGANTES HIDRÁULICOS

As especificações para os cimentos estão presentes na norma NP EN 197-1+A3: 2008 (Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.) [N9].

Os ligantes hidráulicos são formados por pós muito finos que quando são misturados com a água formam uma pasta cujo endurecimento acontece devido à reação química entre os dois produtos. Chamam-se ligantes pela propriedade que apresentam de poderem aglomerar uma grande quantidade de agregados, conferindo uma elevada coesão e resistência à mistura. [2]

São considerados hidráulicos porque, além de endurecerem ao ar, podem adquirir elevadas resistências debaixo de água. [2]

O ligante hidráulico mais utilizado é o Cimento Portland. Este produto, representado na figura 4.3, é composto principalmente por silicatos de cálcio hidráulicos. Outros tipos de cimentos hidráulicos incluem cimento natural e cimento de escórias. [2]

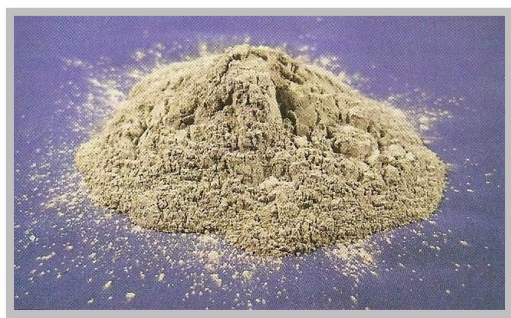


Figura 4.3 - Cimento Portland.

O cimento Portland é produzido pela combinação de materiais devidamente proporcionados reduzidos a pó muito fino, que são posteriormente queimados a altas temperaturas (na ordem dos 1450 °C) em grandes fornos rotativos, para formar novos compostos químicos que são hidráulicos na natureza. Esta combinação de materiais é composta por calcário (carbonato de cálcio), argila (silicatos de alumínio e ferro) e outras substâncias como óxidos de cálcio, sílica, alumina e ferro. [2]

Os ligantes hidráulicos utilizados no laboratório central da Betão Liz são provenientes de:

- Centro de Distribuição Praia da Vitória;
- Centro de Produção das Murtas;
- Centro de Produção de Souselas;
- Centro de Produção de Alhandra;
- Centro de Produção de Loulé;
- Fábrica de Cal Hidráulica Cabo Mondego.

4.1.3. ADIÇÕES (MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUPLEMENTARES)

As especificações para as adições estão presentes nas normas NP 4220: 2009 (Pozolanas para betão. Definições, especificações e verificação da conformidade) [N10], NP EN 450-1+A1: 2008 (Cinzas volantes para betão. Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade) [N11], NP EN 13263-1+A1: 2009 (Sílica de fumo para betão. Parte 1: Definições, requisitos e critérios de conformidade) [N12], NP EN 15167-1: 2008 (Escória granulada de alto forno para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade) [N13] e na especificação LNEC E 466: 2005 (*Fillers* calcários para ligantes hidráulicos) [E1].

As adições, ou materiais cimentícios suplementares, ou materiais de cimentação suplementares, são materiais que, quando utilizados em conjunto com cimento Portland ou com misturas de cimento, contribuem para desenvolver as propriedades do betão através de atividade hidráulica ou pozolânica, ou ambas. Um material hidráulico reage quimicamente com a água para formar compostos cimentícios. Um material pozolânico é um material silicioso ou alumino-silicioso que, na sua forma final dividida e na presença de humidade, reage quimicamente com o hidróxido de cálcio para formar hidrato de silicato de cálcio e outros compostos cimentícios. São exemplos destes

materiais cimentícios suplementares as cinzas volantes, as escórias de alto-forno, a sílica de fumo e as pozolanas naturais como o xisto calcinado, o metacaulino ou outras argilas calcinadas. Alguns destes exemplos estão presentes na figura 4.4. [2]

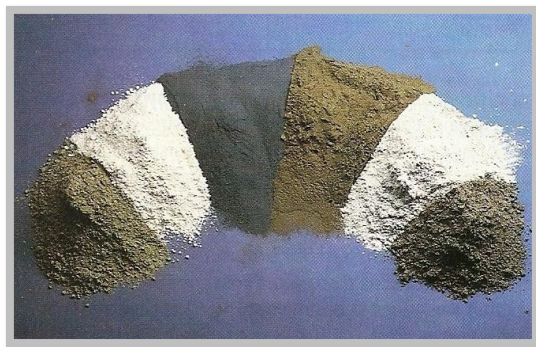


Figura 4.4 - Amostras de materiais cimentícios suplementares. Da esquerda para a direita: Cinzas volantes, metacaulino, sílica de fumo, cinzas volantes, escórias de alto-forno e xisto calcinado.

Os materiais cimentícios suplementares são adicionados ao betão como parte do sistema cimentício no seu todo. Estes produtos podem ser utilizados para melhorar uma propriedade específica do betão, como controlar o calor de hidratação da pasta de betão ou conferir resistência à reação álcali-sílica. A quantidade utilizada depende das propriedades dos materiais e do efeito que se pretende obter do betão. A quantidade apropriada deve ser baseada no desempenho do betão em campo, ou estabelecida através de testes para determinar a taxa de dosagem correta e para verificar se o material está de facto a desenvolver essa propriedade. [2]

4.1.4. ÁGUA

As especificações para a água estão presentes na norma NP EN 1008: 2003 (Água de amassadura para betão. Especificação para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão.) [N14] e na especificação LNEC E 372: 1993 (Água de amassadura para betões. Características e verificação da conformidade) [E2].

A água é um constituinte essencial do betão, que quando é misturada com o cimento forma uma pasta que une todos os agregados. O betão endurece pelo processo de hidratação, causado pela adição da água. Este processo de hidratação consiste na

reação química que ocorre entre o cimento e a água, para formar produtos de hidratação do cimento. [2]

Qualquer água que seja potável pode ser utilizada na produção de betão, sem necessitar de ser analisada. Águas superficiais e subterrâneas e águas residuais industriais podem ser utilizadas, mas devem ser previamente analisadas. Águas do mar ou salobras podem ser utilizadas no fabrico de betão simples e devem ser previamente analisadas se forem utilizadas em betão armado ou pré-esforçado. Águas provenientes da lavagem do equipamento nas instalações de produção de betão podem ser utilizadas desde que sejam previamente analisadas e não contenham óleos ou adjuvantes de ar. Águas residuais domésticas não devem ser utilizadas. Em casos especiais pode ser utilizada água destilada ou desionizada. [2]

A água de amassadura influencia as propriedades do betão na medida em que as substâncias dissolvidas (iões) e em suspensão (silte e argila) podem afetar as resistências mecânica e química do betão e das armaduras e a compacidade, respetivamente. [2]

A água utilizada no fabrico de betão deve ser incolor ou ligeiramente amarelada, sem óleos ou gorduras em filme ou em emulsão. A presença de matérias orgânicas na água (óleos, ácidos, hidratos de carbono e matérias orgânicas de outras naturezas) afeta o betão dos seguintes modos:

- Percentagens de óleos minerais superiores a 2% da massa de cimento provocam abaixamento das tensões de rotura;
- Ácidos húmicos retardam a presa, não tendo efeitos prejudiciais a longo prazo;
- Matérias orgânicas de outra natureza (como algas) podem conduzir a grandes reduções das tensões de rotura, provocadas pela introdução de ar no betão, pelas dimensões coloidais dos elementos (redução da aderência do cimento ao agregado ou da aderência entre os cristais de cimento hidratado), por eventuais secreções provenientes dos elementos orgânicos (diminuição das propriedades ligantes).
- Hidratos de carbono (geralmente glucose ou sacarose) têm influência na presa e no endurecimento: pequenas quantidades (até 0,1% da massa do cimento) retardam a presa mas aumentam as tensões de rotura a longo prazo; quantidades superiores aceleram a presa mas reduzem as tensões de rotura.

[2]

As especificações para os adjuvantes estão presentes nas normas NP EN 480-1: 2007 (Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 1: Betão de referência e argamassa de referência para ensaio.) [N15], NP EN 934-1: 2008 (Adjuvantes para betão, argamassas e caldas de injeção. Parte 1: Requisitos gerais.) [N16] e EN 934-2: 2009 (Admixtures for concrete, mortair and grout. Part 2: Concrete admixtures – Definitions, requirements, conformity, marking and labelling) [NP17].

As propriedades do betão recém misturado e endurecido podem ser alteradas com a adição de adjuvantes químicos ao produto, geralmente na forma líquida e em proporções relativamente pequenas, durante o processo de dosagem. Estes adjuvantes são normalmente utilizados para alcançar os seguintes efeitos [1] [2]:

- Ajustar o tempo de presa (acelerar ou retardar);
- Reduzir a necessidade de água;
- Aumentar a trabalhabilidade;
- Introduzir ar;
- Aumentar as tensões iniciais de rotura;
- Aumentar a resistência aos ciclos de congelação e descongelação (ciclos gelo/degelo);
- Diminuir a permeabilidade aos líquidos;
- Impedir a segregação e a sedimentação do cimento nas caldas de injeção;
- Criar uma ligeira expansão no betão ou argamassa;
- Aumentar a aderência ao agregado e às argamassas e betões endurecidos;
- Produzir betão ou argamassa coloridos;
- Produzir argamassa leve, celular;
- Produzir propriedades fungicidas, germicidas e inseticidas;
- Inibir a corrosão das armaduras;
- Ajudar a bombagem dos betões pobres.

A figura 4.5 representa alguns exemplos de adjuvantes utilizados no betão.

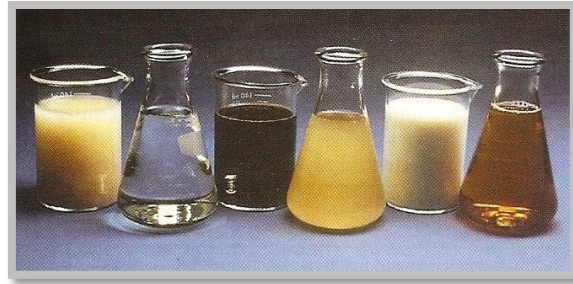


Figura 4.5 - Adjuvantes líquidos. Da esquerda para a direita: Anti-lavagem ¹, redutor de retração, redutor de água, agente espumante, inibidor de corrosão, introdutor de ar.

Segundo a definição de A. De Sousa Coutinho, adjuvante é

“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 destes materiais, quer no estado fluído, quer no estado sólido, quer ainda no momento da passagem de um estado para o outro.”

A quantidade total de adjuvantes a utilizar não deve exceder a dosagem máxima recomendada pelo fornecedor, nem ultrapassar os 50g de produto por kg de cimento. [2]

Os adjuvantes têm importância nas seguintes situações [2]:

- Permitem alcançar propriedades que de outro modo possam não ser possíveis de obter;
- Permitem melhorar determinadas propriedades seleccionadas;
- Permitem obter fórmulas mais económicas;
- Ajudam a ultrapassar problemas com transporte, colocação, compactação e acabamento;
- Ajudam a ultrapassar deficiências de outros materiais.

A consideração da utilização de adjuvantes aumenta a variedade de escolhas disponíveis para o especificador, empreiteiro ou produtor de betão-pronto na procura da maneira mais eficaz de respeitar as especificações ou para ultrapassar algum problema.

[2]

Os principais fornecedores de adjuvantes da Betão Liz eram as empresas *Sika* e *Grace* (entre outras), havendo constantes negociações a fim de obter o melhor produto (com melhor resultados) ao preço mais acessível.

¹ Anti-lavagem – Adjuvante que impede o desgaste do betão quando este é lavado ou quando está exposto a água sob pressão.

4.2. CARACTERÍSTICAS DO BETÃO

Nos tópicos que seguem será feita uma descrição das características do betão que conduzem à sua designação, de acordo com a norma NP EN 206-1 [N7]. Como representado na figura 4.6, a designação de um betão de comportamento especificado deve incluir [3]:

- Referência à norma;
- Classe de resistência à compressão;
- Classe de exposição ambiental, seguida do código do país;
- Classe de teor de cloretos;
- Máxima dimensão do agregado mais grosso;
- Classe de consistência.

NP EN 206-1: C30/37•XC 3(P)•CI 0,20•D_{max}22•S3

Figura 4.6 – Designação de um betão de acordo com a norma NP EN 206-1 [7].

4.2.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão é a principal característica do betão. Com ela estão relacionadas todas as restantes propriedades que se revelem importantes numa ou noutra situação (resistência à tração, permeabilidade, resistência ao desgaste, variações de volume, resistência a agentes agressivos, fluência e retração, massa específica, propriedades térmicas e acústicas, resistência ao fogo e condutibilidade elétrica). [4]

A determinação da resistência à compressão realiza-se provocando a rotura em provetes de forma e dimensões normalizadas (no laboratório da Betão Liz são utilizados provetes cúbicos de 10 cm de aresta), utilizando uma amostra de betão colhida antes de se efetuar a betonagem. Após desmoldagem, os provetes são conservados dentro de água à temperatura de 20°C, para mais tarde serem sujeitos ao ensaio de compressão, como descrito anteriormente no tópico **2.1.2.1. Ensaio de Resistência à Compressão.**

Dos constituintes do betão, o cimento é o que tem mais influência na resistência, verificando-se, para valores de cimento na ordem dos 200-350 kg/cm², um aumento constante (de 20%) de resistência, para aumentos de 50 kg de cimento por metro cúbico. Para valores superiores a 350 kg/cm² os acréscimos de resistência vão diminuindo progressivamente. [4]

A água utilizada na amassadura é também importante, pois quando o volume de água aumenta, as resistências diminuem. Em Portugal, o aumento de 10 l/m³ de água no betão além do necessário conduz a uma perda de resistência na ordem dos 30 kgf/cm². [4]

A resistência à compressão aumenta com a idade do betão, admitindo-se as seguintes relações entre as resistências a diversas idades e a resistência aos 28 dias:

- Resistência aos 3 dias: $\sigma_3 = 0,40 \sigma_{28}$
- Resistência aos 7 dias: $\sigma_7 = 0,65 \sigma_{28}$
- Resistência aos 90 dias: $\sigma_{90} = 1,20 \sigma_{28}$
- Resistência aos 360 dias: $\sigma_{360} = 1,35 \sigma_{28}$
-

Estas relações dependem do valor da resistência, da relação água-cimento e do tipo de cimento. [4]

A tabela 4.1 representa as resistências características correspondentes às diversas classes de resistência à compressão, tanto para provetes cilíndricos como para provetes cúbicos. A classe de resistência à compressão deve ser selecionada tendo em consideração os ambientes a que o elemento de betão vai estar sujeito ao longo da sua vida útil, de modo a garantir a durabilidade pretendida.

Classe de Resistência à Compressão	Resistência à Compressão mínima em cilindros $f_{ck,cyl}$ (N/mm²)	Resistência à Compressão mínima em cubos $f_{ck,cube}$ (N/mm²)
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Tabela 4.1 - Classes de resistência à compressão do betão para provetes cilíndricos e cúbicos (as classes mais utilizadas em Portugal).

A título de curiosidade, apresenta-se na figura 4.7 um gráfico que descreve a variação da resistência à compressão do betão em função da massa volúmica de diferentes agregados leves. [5]

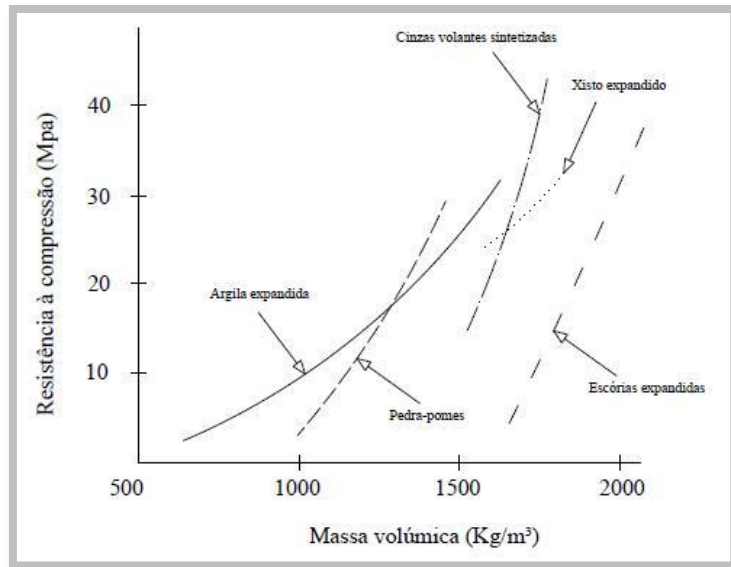


Figura 4.7 - Variação da resistência à compressão do betão em função da massa volúmica de diferentes agregados leves.

4.2.2. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Em determinadas aplicações do betão, como pavimentos de estradas, é essencial conhecer a sua resistência à tração. [4]

A determinação da resistência à tração realiza-se levando à rotura por flexão provetes prismáticos, submetidos à aplicação de cargas concentradas aplicadas a meio vão. [4]

A resistência à tração pode ainda ser determinada por forma analítica, através da expressão (5), que relaciona as resistências á tração e à compressão, de acordo com o *Comité Euro-International du Béton*.

$$\sigma_c = K\sigma_t^\beta \quad (5)$$

O expoente β tem o valor médio $2/3$, o coeficiente K tem o valor 2 e σ_t representa a resistência obtida no ensaio de prismas por flexão simples. [4]

A forma do agregado e a natureza das suas superfícies têm grande influência nos valores da resistência à tração, na medida em que é altamente desfavorável a presença de partículas de argila ou outras muito finas que afetem a aderência entre o agregado e o cimento. [4]

4.2.3. CONSISTÊNCIA

A consistência do betão deve ser especificada através de uma classe, ou, em casos especiais, através de um valor pretendido, tendo em consideração o método de ensaio mais adequado.

Existem, no entanto, algumas classes recomendadas, consoante as condições ambientais, o tipo de betão ou a sua aplicação (de acordo com a tabela 2.1 apresentada anteriormente no tópico **2.1.1.1. Ensaio de Abaixamento**) [3]:

- Betões para bombear → Classe \geq S3
- Pavimentos com meios tradicionais de colocação e acabamento → Classe \geq S3
- Superfícies com betão à vista → Classe \geq S3
- Elevado tempo de transporte e/ou clima quente → Classe \geq S3
- Betões de alta resistência → Classe \geq S4

4.2.4. RELAÇÃO A/C

A relação A/C – relação água/cimento – representa uma das principais características do betão, consistindo na quantidade de água de mistura medida em relação à massa de cimento. Esta relação vai influenciar diversas propriedades do betão, tais como:

- Trabalhabilidade → maior relação A/C, maior trabalhabilidade;
- Porosidade → maior relação A/C, maior porosidade;
- Permeabilidade → maior relação A/C, maior permeabilidade;
- Resistência à compressão → maior relação A/C, menor resistência à compressão;
- Durabilidade → maior relação A/C, maior durabilidade.

De acordo com a Lei de *Abrams*, “Para um mesmo grau de hidratação, a resistência da pasta depende essencialmente da relação A/C”, o que se traduz na equação (6), em que R é a resistência do betão, x é a relação A/C e A e B são constantes empíricas:

$$R = \frac{A}{B^x} \quad (6)$$

Esta lei é estabelecida experimentalmente e em função do tipo de cimento e não tem em consideração a influência dos agregados.

De acordo com a Lei de *Inge Lyse*, “Para betões fabricados com os mesmos materiais e mesma relação de agregados e com o mesmo *slump*, H é um número praticamente constante, independentemente do traço”, como representado pela equação (7), em que x é a relação A/C e m+1 é a quantidade de material seco (agregado + cimento):

$$H = \frac{x}{m+1} \times 100 \quad (7)$$

Esta lei permite a determinação da consistência do betão, do consumo de cimento por metro cúbico de betão e da massa específica do betão.

4.2.5. EXPOSIÇÃO AMBIENTAL

A classificação das ações ambientais tem em consideração os dois principais processos de corrosão do betão armado ou pré-esforçado:

- O ataque sobre o betão: ataque por gelo-degelo ou ataque químico;
- O ataque sobre as armaduras ou outros metais embebidos: corrosão induzida por carbonatação ou por iões cloreto.

A tabela do anexo A.8 apresenta as classes de exposição ambiental, consoante os diversos fatores de ataque ao betão.

4.2.6. MASSA VOLÚMICA

A massa volúmica pode ser especificada através de um valor pretendido, tanto para betões leves como para betões pesados.

No caso dos betões leves a massa volúmica pode ainda ser especificada através de uma classe, como representado na tabela 4.2.

Classe de massa volúmica	Massa volúmica (kg/m ³)
D1,0	≥ 800 e ≤ 1000
D1,2	> 1000 e ≤ 1200
D1,4	> 1200 e ≤ 1400
D1,6	> 1400 e ≤ 1600
D18	> 1600 e ≤ 1800
D2,0	> 1800 e ≤ 2000

Tabela 4.2- Classes de massa volúmica.

4.2.7. TEOR DE CLORETOS

O teor de cloretos de um betão representa um importante fator de durabilidade, principalmente no que diz respeito à passividade do betão, favorecendo a oxidação das armaduras.

Este teor é expresso em percentagem de iões cloreto por massa de cimento, não devendo exceder os valores constantes da tabela do anexo A.9, que representa as classes de exposição ambiental relativamente ao teor de cloretos para betões com e sem armadura e betões pré-esforçados.

4.3. BETÕES ESPECIAIS

Nos tópicos que seguem serão apresentados alguns tipos de betões especiais visualizados no decorrer do estágio. De alguns destes betões assistiu-se à produção no laboratório, enquanto de outros foram visualizadas amostras já existentes em armazém.

4.3.1. BETÃO LEVE

O betão leve é um betão de massa volúmica compreendida entre 1500 e 1800 kg/m³. Este tipo de betão atinge resistências à compressão na ordem dos 18-40 MPa, que lhe permitem ser armado ou pré-esforçado, constituindo um betão estrutural muito leve quando comparado com um betão considerado normal. No entanto o módulo de elasticidade é inferior ao dos betões normais, pelo que as deformações são superiores. [4]

Os agregados deste tipo de betão são geralmente constituídos por argila, xisto e escórias expandidas, com granulometrias de diferentes gamas. A mistura destes agregados com o cimento requer alguns cuidados especiais, devido à maior tendência para a segregação, às maiores diferenças de massa volúmica e à muito maior capacidade de absorção dos agregados leves, que devem ser utilizados já saturados. [4]

O recobrimento das armaduras deve ser aumentado, comparativamente com o betão normal.

A tabela 4.3 apresenta as diferentes classes de resistência à compressão do betão leve, consoante as resistências características mínimas para provetes cilíndricos e cúbicos.

Classe de resistência à compressão	Resistência característica mínima em cilindros, $f_{ck,cyl}$ (N/mm²)	Resistência característica mínima em cubos ^{a)}, $f_{ck,cube}$ (N/mm²)
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88
^{a)} Podem ser usados outros valores, desde que a relação entre estes e a resistência dos cilindros de referência esteja estabelecida com suficiente exatidão e esteja documentada.		

Tabela 4.3 - Classes de resistência à compressão do betão leve.

4.3.2. BETÃO PESADO (DENSO)

O betão pesado (ou denso) é um betão de massa volúmica superior a 2800 kg/m³ e é utilizado para conferir adequada proteção contra radiações dos raios X, raios γ ou neutrões. Tem especial aplicação nalguns sectores de hospitais. [5]

Este tipo de betão é geralmente constituído por agregados de massa volúmica elevada (ex.: minério de ferro, barita e sucata). A amassadura é bastante mais difícil em relação a um betão considerado normal, tanto pela maior tendência para a segregação, como pelo maior peso e dureza dos materiais, provocando maiores esforços e desgastes nas betoneiras. É também necessário reforçar os moldes e os escoramentos, devido aos maiores impulsos e peso do betão fresco. Como tal, opta-se frequentemente pela

utilização de moldes de chapa de aço, que, quando perdidos, servem de proteção suplementar contra as radiações. [4]

A tabela 4.4 apresenta as diferentes classes de resistência à compressão para betão de massa volúmica normal e para betão pesado, consoante as resistências características mínimas para provetes cilíndricos e cúbicos.

Classe de resistência à compressão	Resistência característica mínima em cilindros, $f_{ck,cyl}$ (N/mm²)	Resistência característica mínima em cubos ^{a)}, $f_{ck,cube}$ (N/mm²)	Classe mínima recomendada para o tipo de betão
C8/10	8	10	
C12/15	12	15	
C16/20	16	20	Betão simples
C20/25	20	25	
C25/30	25	30	Betão armado
C30/37	30	37	Betão pré-esforçado
C35/45	35	45	
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	
C50/60	50	60	
C55/67	55	67	
C60/75	60	75	
C70/85	70	85	
C80/95	80	95	
C90/105	90	105	
C100/115	100	115	

Tabela 4.4 - Classes de resistência à compressão para betão de massa volúmica normal e para betão pesado.

4.3.3. BETÃO DE MUITO ELEVADA RESISTÊNCIA

Verifica-se cada vez mais a necessidade de obter betões com resistências à compressão superiores às dos betões considerados normais (pela sua composição e condições de colocação em obra), sendo elas da ordem dos 50-60 MPa. [4]

Resistências à compressão da ordem dos 50-100 MPa requerem a utilização de agregados de muito elevada resistência, com tensões de rotura superiores a 150-200 MPa e de cimentos cuja argamassa apresenta tensões de rotura superiores a 50 MPa. De um modo geral estes valores não são possíveis de obter com o cimento Portland utilizado em Portugal. A areia não deve conter partículas finas (inferiores a 0,5 mm). A quantidade de cimento deve ser a suficiente para garantir a compacidade do betão. O volume de água de amassadura deve ser reduzido através da aplicação de plastificantes adequados. [4]

4.3.4. BETÃO DE DENSIDADE E RESISTÊNCIA CONTROLADAS (BDRC)

O betão de densidade e resistência controlada (BDRC) é um material que flui como líquido e que após o seu endurecimento dá lugar a estruturas estáveis de baixa resistência. Não apresenta retração nem exsudação.

Atualmente os betões de densidade e resistência controlada representam uma alternativa técnica e económica aos tradicionais solos compactados. São igualmente uma alternativa a betões com resistência controlada para execução de estacas de fundação, bem como a betões de regularização onde a resistência não seja uma exigência prescrita (betões de dosagem).

Este tipo de betão pode ser aplicado nas seguintes situações:

- Enchimento de valas de cabos ou tubos;
- Renovação ou substituição de solos industriais contaminados;
- Estabilização de solos onde haja inundações frequentes em ruas e estradas;
- Terraplenagens;
- Cavidades de difícil acesso;
- Estacas.

O betão de densidade e resistência controlada (BDRC) apresenta as seguintes vantagens:

- Facilidade de fabrico – Matérias-primas habituais;
- Elimina a necessidade de armazenamento de matérias-primas especiais, como esferovite (EPS) ou leca;
- É um betão autonivelante, de colocação fácil e rápida, reduzindo, assim, a mão-de-obra necessária;
- Apresenta retração e assentamentos mínimos;
- É um betão bombeável;
- É removível mediante escavação;
- Pode ser utilizado em valas de menores dimensões – Menores volumes de material a retirar;
- Maior segurança – Nos trabalhos de enchimentos de valas, os operários não precisam de estar dentro das mesmas;
- A colocação em obra pode ser efetuada sem recurso a equipamentos especiais, como compactadores ou cilindros.

4.3.5. BETÃO DE ELEVADA RESISTÊNCIA E BAIXA RETRAÇÃO

O betão de elevada resistência e baixa retração consiste num betão que permite maior resistência à compressão com secções de menor dimensão, de modo a responder a exigências específicas de construções como: pilares e paredes de edifícios altos; pontes; pavimentos rodoviários; plataformas marítimas; elementos pré-fabricados; reparações e recuperação de estruturas.

A evolução da tecnologia dos materiais ao longo dos últimos anos possibilitou a produção de betões com resistências à compressão superiores a 100 MPa, aumentando a vida útil das estruturas.

Este tipo de betão é mais dispendioso relativamente ao betão normal, mas a quantidade a utilizar em determinada situação é significativamente menor, tornando, assim, possível reduzir os custos totais com betão.

Um exemplo de utilização deste tipo de betão é a *Burj Dubai Tower*, no Dubai, que atinge os 818 m de altura (Figura 4.8).



Figura 4.8 – Burj Dubai Tower, Dubai.

4.3.6. BETÃO CELULAR

O betão celular é um betão ao qual, durante a amassadura, é adicionado um agente produtor de gás (introdutor de ar), originando assim um material com numerosas células na estrutura, como representado na figura 4.9.



Figura 4.9 – Blocos de betão celular.

Este tipo de betão possui reduzida condutividade térmica e acústica, é resistente ao fogo, tem um peso reduzido e é de fácil manuseamento, possibilitando o corte e a pregagem. É frequentemente utilizado como isolante térmico e acústico.

4.3.7. BETÃO POROSO

O betão poroso é semelhante ao betão celular, sendo adicionado um agente emulsionante em vez de um introdutor de ar, originando uma grande quantidade de alvéolos em todo o elemento, como representado na figura 4.10.



Figura 4.10 – Betão poroso.

Este tipo de betão possui características drenantes, sendo frequentemente utilizado para pavimentos exteriores. Possui uma grande resistência e uma enorme durabilidade e é de fácil manutenção.

No *stand* da Cimpor/Betão Liz na feira *Tektónica* o betão poroso estava em destaque, estando em exposição uma peça deste material, sobre a qual corria água, de modo a demonstrar as suas propriedades drenantes.

Apresenta-se no Anexo A.10 a Ficha Técnica referente ao Betão Poroso.

4.3.8. BETÃO YTONG

O betão *Ytong* consiste numa mistura homogénea e finamente moída de cal e matérias siliciosas, como areia, xistos e escória. Apresenta uma estrutura porosa formada por células esféricas separadas entre si por paredes delgadas. Este betão apresenta-se em blocos ou placas, como representado na figura 4.11.



Figura 4.11 – Bloco de betão Ytong.

É frequentemente aplicável em isolamentos térmicos e acústicos, permitindo um isolamento eficaz com espessuras de parede reduzidas. Trata-se também de um material não combustível, pelo que é frequentemente utilizado para a realização de paredes corta-fogo.

Este tipo de betão apresenta as seguintes vantagens:

- Baixa massa volúmica, facilitando o seu transporte a manuseio;
- Baixa condutividade térmica;
- Material não combustível;
- Elevada resistência à compressão;
- Bom isolamento acústico;
- Grande constância das características dos produtos (tanto a nível dimensional como no que refere às propriedades físicas e mecânicas).

4.3.9. BETÃO ALIGEIRADO COM EPS

O betão aligeirado com EPS consiste numa mistura de cimento, água, areia, adjuvantes e poliestireno expandido (EPS). Apresenta um peso específico aparente muito baixo, excelente isolamento térmico, baixa absorção de humidade e boa resistência mecânica.

Este tipo de betão pode ser aplicado nas seguintes situações:

- Betões isolantes – Enchimentos de lajes; painéis leves isolantes autoportantes ou não portantes; blocos ou ladrilhos; sub-bases anticongelantes para

pavimentos rígidos flexíveis; como substituto do balastro em vias férreas, etc.;

- Soleiras e pavimentos isolantes em edifícios civis, industriais e agrícolas;
- Reparação e isolamento de coberturas em mau estado;
- Revestimento isolante mediante cifragem de painéis verticais.

O betão aligeirado com EPS apresenta as seguintes vantagens:

- A resistência à compressão nas densidades mais baixas ($\approx 500 \text{ kg/m}^3$) ronda os 1 a 2 MPa, tendo uma condutividade térmica de $0,06 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (15 vezes menor que a de uma argamassa de 1800 kg/m^3);
- O poder de isolamento aos ruídos de impacto ronda os 15 dB a 500 Hz, para espessuras de 5 cm.

Apresenta-se no Anexo A.11 a Ficha Técnica referente ao Betão Aligeirado com EPS.

4.3.10. BETÃO BRANCO

O betão branco tem origem na adição de cimento branco ou de um pigmento branco (dióxido de titânio) ao betão tradicional.

No decorrer do Estágio foi elaborada a Ficha de Dados de Segurança para o Betão Branco, a qual pode ser consultada no Anexo A.3.

4.3.11. BETÃO COLORIDO

O betão colorido tem origem na adição de pigmentos coloridos ao betão tradicional. Os pigmentos existentes são amarelo, vermelho, preto, verde, laranja e castanho, os quais, nas devidas proporções, permitem uma variada gama de cores e tonalidades. Se os pigmentos forem adicionados a betões brancos obtêm-se cores mais puras. Nas imagens 4.12 e 4.13 é possível observar um edifício construído com betão vermelho (Museu Paula Rego) e provetes de betão castanho (produzidos na central de Óbidos), respetivamente.



Figura 4.12 – Museu Paula Rego, Cascais – Utilização de betão vermelho.



Figura 4.13 – Amostras de betão castanho, Central de Óbidos.

A peça de betão poroso em exposição no *stand* da Cimpor/Betão Liz na feira *Tektónica* apresentava uma coloração azul.

No decorrer do Estágio foi elaborada a Ficha de Dados de Segurança para o Betão Colorido, a qual pode ser consultada no Anexo A.4.

4.3.12. BETÃO AUTO COMPACTÁVEL (BAC)

O betão auto compactável (BAC) é considerado um dos desenvolvimentos mais importantes a nível da tecnologia do betão. Trata-se de um betão capaz de se mover sob a ação do próprio peso, enchendo completamente o molde ou cofragem, mesmo na presença de grande quantidade de armadura, sem necessidade de vibração e sem perder a sua homogeneidade. [5]

Este betão apresenta vantagens como a facilidade de colocação, a rapidez de construção, a redução da mão-de-obra, a diminuição do ruído e a liberdade na forma do molde ou cofragem. [5]

À semelhança do betão considerado normal e da generalidade dos betões, os constituintes do betão auto compactável deve obedecer ao disposto na EN 206 [N1]. O ligante pode ser constituído por cimento ou cimento e adições do tipo I (*filler*) ou II (cinzas volantes, fumo de sílica, escórias). A dimensão máxima do agregado depende da geometria e densidade da armadura do elemento a betonar, não devendo ultrapassar os 20 mm. [5]

No betão auto compactável é imprescindível a utilização de superplastificantes, podendo também utilizar-se plastificantes como agentes de viscosidade, introdutores de ar, retardadores, entre outros. [5]

A trabalhabilidade do betão auto compactável é superior à correspondente classe mais alta de consistência definida na EN 206 [N1], podendo ser caracterizada pelas seguintes propriedades [5]:

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

Relativamente a betões auto compactáveis endurecidos, estes apresentam valores de resistência mecânica aos 28 dias (de compressão e de flexão), muito próximos dos valores de um betão convencional de composição equivalente. No entanto, como a utilização de superplastificantes nos BAC conduz a uma redução significativa da quantidade de água – reduzindo, conseqüentemente, a relação A/C – é possível alcançar nestes betões resistências à compressão aos 28 dias ligeiramente superiores, quando comparadas com betões convencionais de composição equivalente.

4.4. TECNOLOGIA DO BETÃO

Os tópicos que se seguem são uma adaptação da décima quinta edição do livro norte-americano “Design and Control of Concrete Mixtures – The Guide to Applications, Methods and Materials”, da Portland Cement Association.

4.4.1. REFORÇO – ARMADURA PARA BETÃO

4.4.1.1. PORQUÊ UTILIZAR ARMADURAS NO BETÃO?

O betão é muito resistente a esforços de compressão, mas relativamente fraco quando sujeito a esforços de tração (a capacidade de tração do betão é cerca de um décimo da sua resistência à compressão) (figura 4.14). A adição de armaduras de aço aumenta significativamente a capacidade de carga do elemento de betão. A armadura de reforço, representada na figura 4.15, é resistente à tração e pode ser utilizada no betão para compensar a sua baixa resistência a esse mesmo esforço. A colocação de

armaduras de reforço na zona de tração do betão proporciona controlo de fissuras, além de conferir resistência e ductilidade às estruturas de betão. [2]

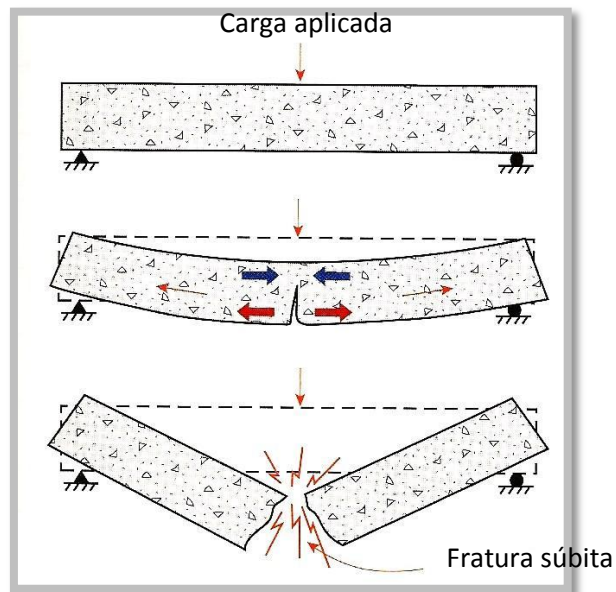


Figura 4.14 - Elemento de betão não reforçado sujeito a uma carga aplicada – O elemento não resiste à carga aplicada e acaba por fracturar.

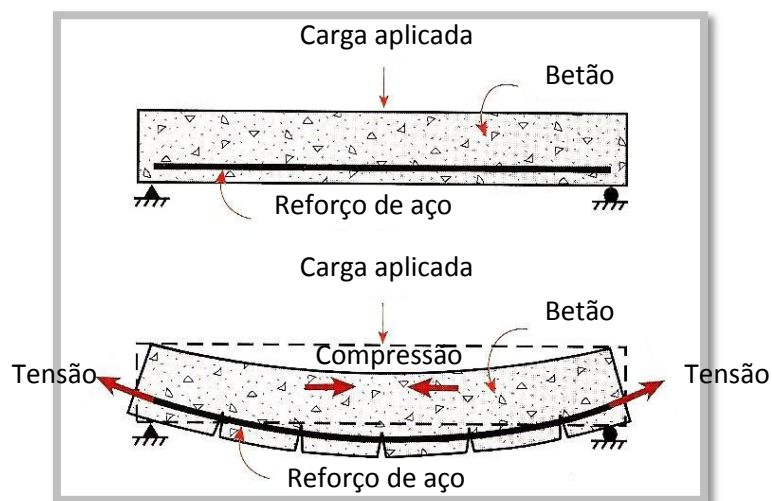


Figura 4.15 - Elemento de betão reforçado sujeito a uma carga aplicada – O elemento resiste à carga aplicada sem se fracturar.

Além da sua resistência a forças de tração nos elementos estruturais, as armaduras de reforço (exemplificadas na figura 4.16) são também utilizadas no betão pelas seguintes razões [2]:

- Para resistir a uma porção de carga de compressão. A compressão no aço também reduz os desvios de fluência a longo prazo.

- Para resistir à tensão diagonal ou de corte em vigas, paredes e colunas.
- Para resistir a pressões internas em estruturas circulares tais como tanques, canos e silos.
- Para reduzir a dimensão das fissuras no betão por distribuição de tensões, resultando em inúmeras pequenas fissuras, em vez de algumas fracturas de grandes dimensões.
- Para limitar a largura das fissuras e controlar o espaçamento entre elas, devido a tensões induzidas por alterações de temperatura e por retração.



Figura 4.16 – Armaduras para reforço de betão – Aço nervurado.

4.4.1.2. VARÕES DE REFORÇO

Os varões de aço de reforço estão extraordinariamente adaptados ao reforço do betão pois têm uma elevada resistência à tração e compatibilidade de tensões. Esta elevada resistência à tração do aço leva a que não sejam necessárias grandes quantidades do mesmo. [2]

A ligação entre o betão e o aço permite uma transferência efectiva de tensões ou cargas entre ambos os materiais, fazendo com que estes actuem em conjunto numa ação composta. À medida que o betão se liga ao aço, ambos os materiais se expandem e contraem na mesma proporção com as alterações de temperatura. Devido a esta compatibilidade única, o aço é o material mais utilizado para o reforço do betão. Os varões de aço estão disponíveis em diferentes classes e dimensões. [2]

4.4.1.3. AÇO PRÉ-ESFORÇADO

As estruturas de betão nas quais se utiliza o pré-esforço tiram o máximo partido dos aspectos benéficos tanto do betão como do aço. Nos elementos pré-esforçados, as tensões de compressão são propositadamente introduzidas no betão para reduzir os esforços de tração resultantes de cargas aplicadas, incluindo o peso próprio do elemento. O aço de pré-esforço, tal como os fios, barras e cabos, transfere os esforços de compressão para o betão. [2]

O pré-tensionamento é um método de pré-esforço em que as armaduras são esticadas (tensionadas) antes da colocação do betão. A força de pré-esforço é primeiramente transferida para o betão através de ligações. O pós-tensionamento é um método de pré-esforço em que as armaduras são esticadas após o endurecimento do betão. A força de pré-esforço é primeiramente transferida para o betão através das fixações. Em ambos os métodos, o pré-esforço é transferido para o betão no seu início de vida. [2]

O pré-tensionamento consiste em tensionar uma armadura antes da colocação do betão, cortando os fios esforçados depois do endurecimento do betão. Em seguida, o pré-tensionamento adiciona uma pré-compressão ao betão para compensar os esforços de tensão induzidos posteriormente durante o carregamento. [2]

O pós-tensionamento consiste em aplicar o betão em torno de armaduras colocadas em tubos ou ductos. Após o endurecimento do betão, as armaduras são tensionadas e de seguida os tubos ou ductos podem ser rebocados (armaduras ligadas) ou deixados sem reboco (armaduras não ligadas). [2]

As armaduras devem ser devidamente posicionadas e esforçadas apenas após o betão ter desenvolvido resistência suficiente para suportar a carga. Se a armadura não estiver bem posicionada, se houver uma inadequada cobertura de betão, se o betão não tiver resistência suficiente ou se a armadura estiver excessivamente esforçada, pode ocorrer um colapso da estrutura. [2]

4.4.1.4. FIBRAS

As fibras têm sido aplicadas em materiais de construção durante séculos. As últimas três décadas presenciaram um crescente interesse na utilização de fibras no

betão pronto fresco, pré-moldado e projetado. As fibras feitas de aço, vidro e materiais naturais (como a celulose de madeira) e as fibras sintéticas estão disponíveis em diversas formas, dimensões e espessuras (figura 4.17). Os principais fatores que controlam o desempenho do material composto são as propriedades físicas das fibras e da matriz e a força de ligação entre as fibras e a matriz. [2]



Figura 4.17 - Fibras de aço, de vidro, sintéticas e naturais.

Existem diversas características que diferenciam o reforço convencional dos sistemas de fibras [2]:

1. As fibras estão geralmente distribuídas de forma aleatória ao longo de uma determinada secção transversal, enquanto as barras ou fios de reforço são colocadas apenas onde é necessário;
2. As fibras são, na sua maioria, relativamente curtas e pouco espaçadas entre si, em oposição à distribuição contínua das barras ou fios de reforço;
3. Geralmente não é possível alcançar a mesma relação área de reforço/área de betão ao utilizar fibras, quando comparado com a utilização de uma rede de barras ou fios de reforço.

As fibras são adicionadas ao betão fresco em pequenas doses (geralmente menos de 1% do volume de betão) e têm sido eficazes na redução da fissuração por retração plástica. A utilização normal destes produtos não influencia significativamente a retração livre do betão, no entanto, em doses elevadas, podem aumentar a resistência à fissuração e diminuir a largura das fissuras. [2]

4.5. PROPRIEDADES DO BETÃO

Nos tópicos que se seguem descrevem-se as diversas propriedades características do betão, primeiramente relativas ao seu comportamento, e de seguida relativas aos seus principais requisitos, tanto em betões frescos, como em betões endurecidos.

Um betão de qualidade apresenta requisitos principais bem definidos, consoante o estado do betão. No betão fresco, esses requisitos incidem sobre: Consistência (capacidade do betão fluir), estabilidade (resistência à segregação), uniformidade (mistura homogénea, com constituintes uniformemente dispersos), trabalhabilidade (facilidade de colocação em obra, consolidação e acabamento) e capacidade de acabamento (facilidade de efetuar operações de acabamento para alcançar características de superfície específicas). Em relação ao betão endurecido, os requisitos abrangem: Resistência (resistência à tensão ou rotura induzida por forças externas (compressão, flexão, tração, torção e corte), durabilidade (resistência às alterações meteorológicas, ataques químicos, abrasão e outras condições de utilização), aparência (apresentar as características estéticas pretendidas) e economia (atuar como pretendido, dentro de um determinado orçamento). [2]

4.5.1. COMPORTAMENTO DO BETÃO

4.5.1.1. RETRAÇÃO

A retração do betão consiste na variação de volume que se verifica num elemento de betão após a sua colocação em obra, em condições de temperatura constante e ausência de tensão aplicada, desde o final da compactação até ser atingido o estado limite de equilíbrio higrométrico com o ambiente (figura 4.18). [6]

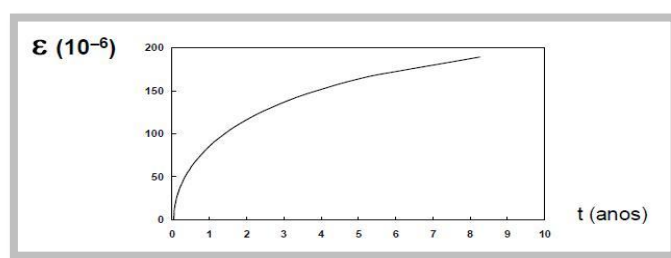


Figura 4.18 – Variação do volume do betão ao longo do tempo.

Este fenómeno é condicionado por fatores intrínsecos como a relação A/C, as propriedades dos constituintes e as condições de cura, e por fatores extrínsecos, tais como as condições ambientais e a geometria do elemento de betão. [6]

A retração é, sobretudo, consequência da evaporação da água não fixada pelo ligante, da diminuição da temperatura do elemento de betão (consequência da dissipação do calor devido à presa) e do facto do volume dos constituintes hidratados do cimento ser menor que a soma dos volumes da água e dos constituintes anidros [4]

A composição do betão, as dimensões do elemento, a humidade ambiente, a quantidade de armadura e a idade do betão são fatores de particular importância nos valores da retração: A retração do betão é tanto maior quanto maiores forem a quantidade e finura do cimento e o volume de água de amassadura; a retração diminui com o aumento da espessura fictícia do elemento de betão; a retração é tanto maior quanto menor for a humidade relativa do ar (quanto mais seco for o ambiente); os valores de retração diminuem com a existência de armaduras; a retração aumenta com a idade do betão [4]

Os efeitos da retração podem ser atenuados se forem tidos os seguintes cuidados [4]:

- Utilizar uma relação A/C da ordem de 0,38-0,45, eventualmente associada ao uso de superplastificantes para melhorar as características de trabalhabilidade do betão;
- Regar abundantemente os elementos de betão durante o período de cura;
- Evitar a exposição do elemento à ação do vento e da radiação solar;
- Limitar a dimensão dos elementos a betonar, recorrendo a juntas de betonagem e a betonagem por troços alternados no caso de elementos de grande comprimento;
- Utilizar fibras;
- Introduzir armaduras específicas;
- Utilizar adições expansivas apenas em situações críticas;
- Recorrer a adjuvantes redutores de retração, quando se justificar

A retração do betão apresenta diversos tipos [5]:

- Retração plástica – contração por perda de água da argamassa ou betão no estado fresco (até ao início ou final de presa);
- Retração física por efeito térmico – por perda de calor de hidratação;

- Retração química direta (ou de *Le Chatelier*) – consequência dos factos dos produtos de hidratação do cimento terem menor volume que a soma dos volumes da água e do cimento que os formam;
- Retração física por secagem ou hidráulica – contração por perda de água da argamassa ou betão no estado endurecido (a partir do final da presa);
- Retração autogénea – retração que ocorre por circulação da água no seio do betão;
- Retração por carbonatação – combinação com o dióxido de carbono da atmosfera;
- Retração por adjuvantes e aditivos – função de inclusão de substâncias que alteram as características base do betão.

4.5.1.2. FLUÊNCIA

A fluência do betão corresponde ao aumento da deformação ao longo do tempo num elemento de betão armado sujeito a uma tensão constante e em condições termo-higrométricas constantes, após dedução da deformação por retração (figura 4.19). [6]

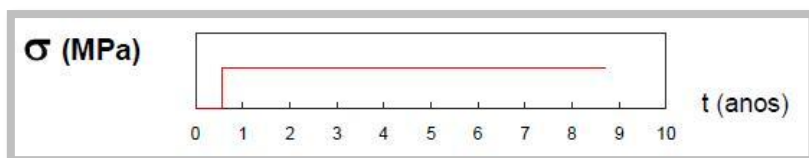


Figura 4.19 – Variação da deformação do betão ao longo do tempo.

Este fenómeno é condicionado por fatores intrínsecos como a relação A/C, as propriedades dos constituintes (tipo de betão e tipo de cimento) e as condições de cura, e por fatores extrínsecos, tais como as condições ambientais, a geometria do elemento de betão, o nível de tensão, a idade do betão (quando é posto em carga) e a duração do carregamento. [6]

A fluência pode ser causada por escorregamento cristalino, por escorregamento viscoso, por movimento da água absorvida pelos produtos de hidratação do cimento ou por aumento da solubilidade dos constituintes do cimento devido à tensão a que estão sujeitos. [4]

Segundo A. Coutinho e Arlindo Gonçalves (1994), “Quando a tensão aplicada ao betão é suficientemente elevada, começa a verificar-se que a fluência primária, não tende para um limite, mas, após um certo intervalo de tempo, cresce proporcionalmente a este: é a fluência secundária ou estacionária que dura algumas horas no caso do betão, observando-se então que a este período se segue outro, sempre bastante curto (alguns minutos ou segundos), no qual a deformação é extremamente acelerada, terminando na rotura: é o período de fluência terciária ou acelerada. A fluência primária consiste numa deformação com velocidade decrescente, a secundária numa deformação com velocidade constante e a terciária numa deformação que se processa com velocidade crescente até à rotura”. [6]

Relativamente à idade do betão, quando é posto em carga, a fluência é tanto menor quanto mais velho for o elemento de betão, ou seja, quanto mais tempo estiver a peça sem ser carregada. [5]

4.5.1.3. FISSURAÇÃO

A fissuração é um dos maiores problemas relacionados com o betão, pois condiciona a sua durabilidade, bem como a das suas armaduras, caso se trate de betão armado.

As causas da fissuração tanto podem surgir no betão ainda fresco, como no betão já endurecido, sendo elas [5]:

- No caso de betão fresco:
 - Betonagem em condições climatéricas extremas, tanto de frio como de calor;
 - Betonagem de betões de elevadas resistências iniciais;
 - Betonagem por bombagem;
 - Betonagem seguida de descofragens precoces.
 - Assentamentos diferenciais dentro da sua massa;
 - Retração da superfície causada pela rápida perda de água e arrefecimento enquanto o betão ainda está plástico;
 - Movimentação da peça betonada (das cofragens ou da superfície de contacto).
- No caso de betão endurecido:

- Retração hidráulica;
- Acabamento superficial específico que favorece a fendilhação;
- Concentração de esforços (tração ou corte);
- Projeto estrutural mal concebido;
- Acidente.

4.5.1.4. MATURAÇÃO

A maturação do betão consiste no aumento ao longo do tempo do módulo de elasticidade e da resistência do betão, com conseqüente diminuição progressiva da deformação de origem mecânica (fluência). [6]

4.5.2. BETÃO FRESCO

O betão fresco deve ser plástico ou semi-fluido e geralmente possível de ser moldado à mão. Numa mistura plástica de betão, todos os grãos de areia e partículas de cascalho ou pedra são incorporadas e mantidas em suspensão. Quando o betão endurece, torna-se uma mistura homogênea de todos os componentes. Durante a colocação, um betão de consistência plástica não se desintegra, fluindo coesivamente sem segregação. [2]

De um modo geral, o betão fresco deve ser capaz de satisfazer os seguintes requisitos [2]:

- Deve ser facilmente misturado e transportado;
- Deve manter-se uniforme dentro de uma determinada carga e ser consistente entre cargas diferentes;
- Deve ter propriedades fluidas que lhe permitam encher por completo as formas para as quais foi concebido;
- Deve ter a capacidade de ser compactado sem recurso e quantidades de energia excessivas;
- Não deve segregar durante o transporte, colocação e compactação;
- Deve ser capaz de ser devidamente acabado.

4.5.2.1. TRABALHABILIDADE

A facilidade de colocação, consolidação e acabamento do betão fresco e o seu grau de resistência à segregação definem a sua trabalhabilidade. O betão deve ser trabalhável, mas os seus constituintes não se devem separar durante o transporte e o manuseamento. [2]

O grau de trabalhabilidade necessário para uma adequada betonagem é controlado pelo método de colocação, pelo tipo de consolidação e pelo tipo de betão. Por exemplo, um betão auto compactável tem as propriedades únicas de elevada trabalhabilidade sem perda de estabilidade. [2]

A trabalhabilidade do betão fresco é influenciada pelos seguintes fatores [2]:

- O método e a duração do transporte;
- A quantidade e as características dos materiais cimentícios;
- A consistência do betão (abaixamento);
- Granulometria, forma e textura superficial dos agregados finos e grossos;
- Ar introduzido;
- Teor de água;
- Temperatura do betão e do ambiente;
- Adjuvantes.

Uma distribuição uniforme das partículas de agregados e a presença de ar introduzido ajudam significativamente a controlar a segregação e a melhorar a trabalhabilidade. [2]

4.5.2.2. COESÃO

A coesão é uma propriedade física inerente ao betão fresco que pode ser determinada através dos ensaios de determinação da resistência ao corte e de tração direta, entre outros. Pode ter-se uma noção da segregação do betão observando a facilidade com que ele é capaz de segregar. [5]

As misturas viscosas (muito coesivas), não segregam facilmente. Por outro lado, as amassaduras pouco coesivas apresentam uma grande tendência para segregar. [5]

4.5.2.3. EXSUDAÇÃO E ASSENTAMENTO

A exsudação é a criação de uma camada de água no topo ou superfície do betão fresco recém moldado, causada pela sedimentação (assentamento) das partículas sólidas (cimento e agregados) e pela simultânea migração ascendente da água. É normal que ocorra alguma exsudação, não diminuindo a qualidade do betão convenientemente colocado, acabado e curado. [2]

O excesso de exsudação aumenta a relação A/C perto da superfície superior, originando uma camada superior fraca com pouca durabilidade, particularmente se as operações de acabamento ocorrem na presença de água proveniente de exsudação. É possível que se desenvolvam bolsas de água ou vazios sob superfícies prematuramente acabadas, podendo conduzir à delaminação da superfície. A água proveniente da exsudação pode acumular-se sob e entre as partículas de agregados grossos. Tal verifica-se principalmente quando ocorre assentamento diferencial entre os agregados e a pasta de cimento ou entre a pasta de cimento e o reforço. A partir do momento em que os agregados deixam de poder assentar, a pasta continua o assentamento, permitindo que a água de exsudação ascenda entre os agregados, criando canais entre estes. Esta redução da ligação pasta de cimento-agregado reduz a resistência do betão. [2]

A ausência de exsudação em elementos planos de betão pode originar fissuração por retração plástica ou superfícies secas de difícil acabamento. Como tal, a presença de alguma exsudação pode ser benéfica para controlar a fissuração por retração plástica. [2]

A taxa de exsudação e a capacidade de exsudação aumentam com o teor de água inicial, a altura do betão e a pressão, como indicado no gráfico constante da figura 4.20. [2]

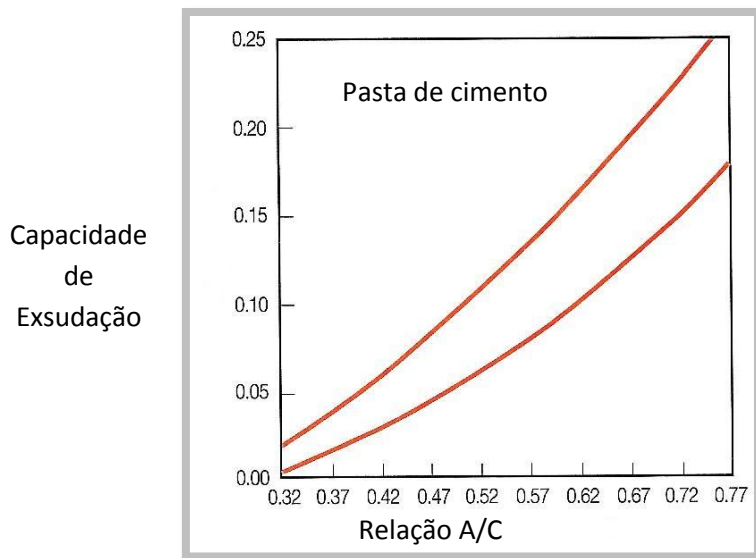


Figura 4.20 - Relação entre a taxa de exsudação e a capacidade de exsudação. [2]

A redução da exsudação pode ser necessária por múltiplas razões, incluindo facilitar as operações de acabamento, minimizar a formação de betão fraco nas superfícies superiores e estabilizar o volume endurecido no que diz respeito ao volume de plástico do betão. [2]

Os meios mais eficazes para reduzir a exsudação do betão são [2]:

- Reduzir o teor de água, a relação A/C e o abaixamento;
- Aumentar a quantidade de cimento, reduzindo a relação A/C;
- Utilizar materiais cimentícios mais finos;
- Aumentar a quantidade de finos presentes na areia;
- Utilizar ou aumentar a quantidade de materiais de cimentação complementares, tais como as cinzas volantes, as escórias de cimento ou a sílica;
- Utilizar cimentos hidráulicos misturados;
- Utilizar adjuvantes que permitam obter reduzidas relações A/C ou outros meios capazes de reduzir a exsudação do betão;
- Utilizar betão com ar introduzido.

4.5.2.4. TEOR DE AR

A introdução de ar é recomendada para praticamente todos os betões de utilização no exterior, principalmente para melhorar a resistência ao gelo-degelo quando expostos a água gelada ou produtos químicos de degelo. Uma pequena quantidade de ar introduzido é por vezes benéfica para betões que não necessitem de proteção ao gelo-degelo, pois reduz a exsudação e aumenta a plasticidade. [2]

O betão com ar introduzido é produzido utilizando adjuvantes introdutores de ar durante a preparação do betão. Os adjuvantes introdutores de ar estabilizam bolhas formadas durante o processo de mistura, aumentam a incorporação de bolhas de diversas dimensões ao diminuir a tensão superficial da água da mistura, impedem a união das bolhas e unem as bolhas às partículas de cimento e agregados. [2]

4.5.2.5. UNIFORMIDADE E ESTABILIDADE

A uniformidade é uma medida da homogeneidade do betão. Esta medição inclui uniformidade em cada carga de betão e uniformidade entre cargas de betão. São colhidas amostras do betão fresco no local da descarga para efetuar testes que determinam propriedades como o abaixamento, a temperatura, o teor de ar, o peso unitário e a cedência (*yelding*). Estas amostras de betão podem ser guardadas para posteriores testes de resistência e outras propriedades do betão endurecido. [2]

4.5.2.6. HIDRATAÇÃO, PRESA E ENDURECIMENTO

A qualidade de ligação do cimento Portland deve-se à reação que ocorre entre o cimento e a água, denominada hidratação. Os dois silicatos de cálcio que constituem cerca de 75% do cimento Portland reagem com a água originando hidróxido de cálcio e silicato de cálcio hidratado. A composição química do silicato de cálcio hidratado contém cal (CaO) e silicato (SiO₂) numa razão na ordem de 3 para 2. Na pasta de cimento endurecida, o silicato de cálcio hidratado forma agregações densas entre as outras fases cristalinas e os restantes grãos de cimento não hidratados. Estas agregações

aderem também aos grãos de areia e a pedaços de agregado grosso, cimentando todos os materiais. [2]

À medida que o betão endurece, o seu volume bruto mantém-se praticamente inalterado, mas o betão endurecido contém poros cheios de água e ar que não apresentam qualquer resistência. Esta reside na parte sólida da pasta de cimento, maioritariamente no silicato de cálcio hidratado e nos compostos cristalinos. [2]

Quanto menos porosa for a pasta de cimento, mais resistente é o betão. [2]

4.5.3. BETÃO ENDURECIDO

4.5.3.1. CURA

O aumento da resistência do betão com a idade continua desde que: o cimento não hidratado continue presente; o betão se mantenha húmido ou com uma humidade relativa acima de cerca de 80%; a temperatura do betão se mantenha favorável; haja espaço suficiente para que se formem os produtos da hidratação. Quando a humidade relativa do betão desce para cerca de 80% ou a temperatura desce abaixo dos 10°C, os ganhos de hidratação e de resistência praticamente acabam. [2]

Se o betão for novamente saturado após um período de secagem, a hidratação é retomada e a resistência volta a aumentar. No entanto, é melhor que o processo de humidificação-cura do betão ocorra continuamente desde o momento da sua colocação até que tenha atingido a qualidade desejada, pois após o betão estar seco, é difícil de voltar a saturar. [2]

4.5.3.2. RESISTÊNCIA

A resistência à compressão é a resistência máxima de um elemento de betão quando sujeito a carga axial aos 28 dias de idade. A resistência à compressão específica (f_c) deve ser idealmente excedida pela resistência à compressão real (f_{cr}). [2]

A resistência à compressão atingida por um elemento de betão é influenciada pela relação A/C, pelas condições ambientais e de cura e pela idade do betão. Estes fatores afetam igualmente as resistências à flexão e à tração, bem como as ligações entre o betão e o aço. [2]

Para uma dada trabalhabilidade e uma dada quantidade de cimento, o betão com introdução de ar exige menos água de mistura que o betão sem introdução de ar. A mínima relação A/C possível para o betão com introdução de ar tem tendência para compensar as resistências menores deste betão, particularmente em misturas com teores de cimento baixos a médios. [2]

A resistência à compressão do betão é a propriedade física principal considerada em projetos de pontes, edifícios e outras estruturas. [2]

A resistência à flexão do betão é considerada em projetos de pavimentos ou lajes térreas. A resistência à compressão pode ser utilizada como um índice da resistência à flexão, pois é conhecida a relação empírica existente entre estas duas grandezas em materiais de características normalizadas: a resistência à flexão do betão normalizado é frequentemente aproximada como sendo 0,7 a 0,8 vezes a raiz quadrada da resistência à compressão. [2]

A resistência à tração direta do betão é cerca de 8% a 12% da resistência à compressão e é frequentemente estimada como sendo 0,4 a 0,7 vezes a raiz quadrada da resistência à compressão. A resistência à tração dividida de 8% a 14% da resistência à compressão. [2]

4.5.3.3. DENSIDADE

O betão convencional, normalmente usado em pavimentos, edifícios e outras estruturas tem uma densidade na casa dos 2200 kg/m³ a 2400 kg/m³. A variação da densidade depende da quantidade e densidade do agregado, da quantidade de ar aprisionado ou propositadamente introduzido e dos teores de água e de cimento, que por sua vez são influenciados pela dimensão máxima do agregado. A redução do teor da pasta de cimento (aumentando o volume de agregados) conduz ao aumento a densidade. [2]

4.5.3.4. PERMEABILIDADE E ESTANQUEIDADE

A permeabilidade diz respeito à quantidade de água que migra pelos poros do betão quando a água se encontra sob pressão, ou à capacidade do betão para resistir à

penetração da água ou outras substâncias (líquidos, gases ou íões). A estanqueidade é a capacidade do betão para reter ou atrasar a água sem escoamento visível. O betão utilizado em estruturas de retenção de água ou exposto às intempéries ou outras condições severas deve apresentar baixa permeabilidade e estanqueidade. Regra geral, as propriedades que tornam o betão menos permeável, tornam-no também mais estanque. [2] A conservação do betão em meio húmido reduz a sua permeabilidade. [5]

A permeabilidade geral do betão à migração da água é função da permeabilidade da pasta, da permeabilidade e granulometria dos agregados, da qualidade da zona de transição entre a pasta e os agregados e da proporção relativa entre a pasta e os agregados. Uma permeabilidade diminuída melhora a resistência do betão ao gelo-degelo, aos ataques de sulfatos, à penetração de íões-cloreto e a outros ataques químicos. [2]

A permeabilidade da pasta está relacionada com a relação A/C, com o grau de hidratação do cimento e com a duração do período de cura. Um betão de baixa permeabilidade requer uma baixa relação A/C e um adequado período de cura. A introdução de ar ajuda na estanqueidade, mas não tem qualquer efeito na permeabilidade. [2]

Uma baixa relação A/C reduz ainda a segregação e a exsudação, contribuindo mais tarde para a estanqueidade. [2]

4.5.3.5. ESTABILIDADE DE VOLUME E CONTROLO DE FISSURAÇÃO

O betão endurecido muda de volume na ordem dos 0,01% a 0,08%, devido a alterações de temperatura, humidade e tensão. [2]

Um betão que se encontra sob tensão deforma-se elasticamente. A tensão sustentada resulta num tipo de deformação adicional, denominado fluência, cuja taxa diminui com o tempo. [2]

Um betão mantido continuamente húmido vai expandir ligeiramente. Por outro lado, quando lhe é permitido secar, o betão vai retrair. Um dos fatores que mais influencia a retração por secagem é o teor de água do betão fresco: a retração por secagem aumenta diretamente com aumentos do teor de água. A retração depende também de outros fatores como a quantidade de agregados utilizados, as propriedades

dos agregados, a dimensão e forma do elemento de betão, o método de cura, o grau de hidratação e o tempo. [2]

Duas causas fundamentais da fissuração no betão são a tensão devida a cargas aplicadas e a tensão devida à retração por secagem, às alterações de temperatura, à fadiga relacionada com a durabilidade e a limitações impostas ao elemento de betão. [2]

A retração por secagem é uma propriedade inevitavelmente inerente ao betão. No entanto, é utilizado aço de reforço devidamente posicionado para reduzir a largura das fissuras e juntas para prever e controlar a localização das fissuras. [2]

4.5.3.6. DURABILIDADE

A durabilidade do betão pode ser definida como sendo a capacidade do betão para resistir às ações meteorológicas, aos ataques químicos e à abrasão, mantendo as propriedades mecânicas desejadas. [2]

A interação entre a camada superficial do betão e o meio ambiente é essencial para o início dos diversos processos de degradação. [5] Existem diversas causas para a deterioração do betão, a maior parte das quais envolve tanto o movimento da humidade como o movimento de espécies como cloretos e sulfatos, dissolvidos na água. Em geral, quanto maior for a resistência do betão ao movimento da água, mais baixa é a sua permeabilidade e maior é a sua resistência à deterioração. [2]

A durabilidade do betão é diminuída pela exposição a variações de temperatura e humidade, a gases e vapores corrosivos presentes na atmosfera, a águas corrosivas de contato e a agentes biológicos. [4] Uma estrutura em betão durável deve ser capaz de manter o desempenho previsto, durante a sua vida útil. No entanto, uma estrutura em betão pode ser durável num determinado ambiente, mas não o ser num outro ambiente diferente. [5]

Os diferentes mecanismos de deterioração do betão podem ser: ações de gelo-degelo e sais de descongelação; corrosão; carbonatação; reação alcali-silica; abrasão; ataque de sulfatos; entre outros. [2]

Para assegurar a durabilidade dos elementos de betão, são impostos limites a determinadas características do betão, consoante o ambiente a que o elemento vai ficar sujeito, conforme representado na tabela do anexo A.12. A NP EN 206-1 [N1] remete este assunto para a E464 [E3], exceto no que diz respeito à classe de exposição X0.

Para minimizar os efeitos dos agentes agressivos, é essencial diminuir a permeabilidade, aumentando a dosagem de cimento ou limitando a relação A/C. Em casos de betões sujeitos a temperaturas baixas é necessário proceder à introdução de ar. Caso estas medidas se revelem insuficientes, é possível aplicar revestimentos betuminosos, pinturas, placas plásticas ou resinas sintéticas. Nas peças de betão armado e pré-esforçado é necessário conservar as armaduras, fazendo-se recobrimentos de maior espessura. [5]

4.5.3.7. ESTÉTICA

Durante a construção podem ser criados no betão acabamentos decorativos agradáveis. Pode ser adicionada cor ao betão durante a sua conceção, através do uso de cimento branco e pigmentos, por exposição de agregados coloridos ou por adição de linhas de pontuação para criar fronteiras para a aplicação de manchas de penetração ou quimicamente reativas. Podem conseguir-se variadas texturas de acabamento, desde polimentos suaves à rugosidade do cascalho. Padrões geométricos podem ser marcados, estampados, laminados ou embutidos no betão para o tornar semelhante a pedra, tijolo ou tijoleira, como representado nas figuras 4.21 e 4.22. Podem ainda ser conseguidos outros padrões interessantes utilizando tiras divisórias para criar painéis de diversas dimensões e feitos – retângulos, quadrados, círculos ou diamantes. [2]



Figura 4.21 – Betão com variados padrões geométricos.



Figura 4.22 – Betão estampado.

5. ADJUVANTES

Os adjuvantes são substâncias que alteram as propriedades básicas do betão comum, permitindo modificações que melhorem a qualidade do betão.

5.1. HISTÓRIA DOS ADJUVANTES

A utilização de adjuvantes remonta à época dos Romanos, que já utilizavam sangue, clara de ovo, banha e leite como adjuvantes no betão de pozolana, procurando melhorar a sua trabalhabilidade. Com os conhecimentos atuais, sabe-se que estas substâncias funcionam também como introdutores de ar (bolhas), podendo ter contribuído assim para a longa duração das construções em betão da época. [1]

Por volta de 1850, após o início da fabricação industrial de cimento Portland, utilizou-se gesso ou cloreto de cálcio, adicionado ao cimento tanto durante a moagem, como durante a preparação do betão, com o intuito de obter presas mais regulares. [1]

Candlot realizou as primeiras observações sistemáticas relativas à ação dos sulfatos e dos cloretos no cimento, ao analisar o efeito da água do mar sobre o cimento portland. Com estas observações, Candlot descobriu o cloroalumínio de cálcio e o sulfoaluminato de cálcio. [1]

Em 1904, Le Châtelier descreveu a relação da resistência dos cimentos com a forma e disposição dos cristais resultantes da sua hidratação, indicando também que a presença de pequenas quantidades de sais na água de amassadura poderia ter uma ação considerável no desenvolvimento desses cristais. [1]

Crê-se que os produtos destinados a melhorar determinadas características do betão devem ter começado a ser comercializados por volta de 1910, apresentando-se nas variedades hidrófugos, aceleradores de presa ou ambas em simultâneo. [2]

Após uma fase em que se notou uma certa desconfiança face à utilização de produtos como adjuvantes, em 1938, nos E.U.A., descobriu-se a possibilidade de aumentar a resistência do betão à ação de congelação da água pela criação propositada de bolhas de ar no seu interior, através de substâncias introdutoras de ar. [2]

Desde então os adjuvantes têm sido alvos constantes de estudos e desenvolvimentos da sua tecnologia, um pouco por todo o mundo: em 1960 fabricavam-se na Alemanha 340 tipos de adjuvantes; em 1962 fabricavam-se na Grã-Bretanha 275 tipos de adjuvantes. Até ao fim dos anos 60 os adjuvantes eram misturas complexas de

subprodutos industriais, mas o início da crise do petróleo, em meados de 70, levou a que os adjuvantes passassem a ter formulações específicas com estruturas moleculares mais bem definidas. [2]

5.2. REQUISITOS GERAIS

A NP EN 934-1 2008 [N16] define os requisitos que todos os adjuvantes devem satisfazer, bem como os métodos de ensaio e condições de aceitação dos mesmos. Esses requisitos incidem sobre:

- Homogeneidade;
- Cor
- Componente efetivo
- Massa volúmica (aplica-se apenas aos adjuvantes líquidos)
- Extrato seco convencional
- pH (aplica-se apenas aos adjuvantes líquidos)
- Cloro total
- Cloretos solúveis em água
- Álcalis (Na_2O equivalente)
- Comportamento à corrosão
- Teor de dióxido de silício SiO_2

5.3. CLASSIFICAÇÃO DOS ADJUVANTES

As principais razões para utilizar adjuvantes químicos no betão são:

- Para alcançar determinadas propriedades do betão mais eficazmente do que por outros meios;
- Para manter a qualidade do betão durante as fases de mistura, transporte, colocação, acabamento e cura (especialmente em condições climatéricas adversas ou colocações em locais de complicados);
- Para ultrapassar determinadas emergências que possam ocorrer durante as operações de betonagem;
- Economia.

No entanto a utilização de adjuvantes não invalida a necessidade de uma boa prática de betonagem.

Consoante a função principal que desempenham, podem ser classificados os seguintes tipos de adjuvantes:

1. Introdutores de ar;
2. Aceleradores de presa;
3. Retardadores de presa;
4. Pigmentos;
5. Plastificantes e Superplastificantes (Redutores de água).

Podem ainda ser considerados os seguintes tipos de adjuvantes, que não irão ser desenvolvidos neste trabalho [2]:

- Controladores de hidratação;
- Modificadores de reologia;
- Inibidores de corrosão;
- Redutores de retração;
- Redutores de permeabilidade;
- Inibidores de reação álcali-sílica;
- Potenciadores de resistência a ações físicas;
- Potenciadores de resistência a ações químicas;
- Potenciadores de resistência a ações biológicas.

A eficácia de um adjuvante depende de fatores como a sua composição, quantidade de produto introduzido no betão, altura de introdução do produto no betão, tipo, classe, marca e quantidade de materiais cimentícios, teor de água, forma, granulometria e proporção dos agregados, tempo de mistura e temperatura do betão.

Os adjuvantes considerados para uso na produção de betão devem seguir as especificações constantes da “Classificação de Adjuvantes para Betão” (Anexo A.13). Devem ser realizados ensaios aos betões com adjuvantes, à temperatura e humidade relativas previstas para a altura da colocação. Deste modo poderão ser feitas observações em relação à compatibilidade do adjuvante com os restantes componentes do betão, bem como os seus efeitos nas propriedades do betão fresco e endurecido. A

quantidade de adjuvante utilizada deve ser definida pelo fornecedor ou por testes laboratoriais prévios.

A crescente disponibilidade de adjuvantes multifuncionais pode evitar a necessidade de incorporar mais de um adjuvante por betão, mas pode implicar que a otimização não seja alcançada, a menos que a formulação seja específica para a combinação de cimento e agregados que se pretende utilizar. Com a exceção dos pigmentos sólidos, os adjuvantes geralmente não contribuem direta ou significativamente para o volume ou para o peso do betão e podem ser convenientemente ignorados na determinação do tempo de presa. No entanto, os agentes introdutores de ar, redutores de água e superplastificantes podem ter efeitos significativos tanto no teor de ar do betão, como no teor de água, ou até mesmo em ambos, e quaisquer influências na presa devem ser levadas em consideração. Pode ser necessário ter em conta os teores de cloretos ou de álcali dos adjuvantes quando são especificados valores máximos em relação ao betão ou aos seus componentes.

Outros aspectos a considerar englobam a vida útil dos adjuvantes, embalagens/dispensadores especiais, necessidade de remisturar os adjuvantes armazenados para manter a uniformidade, alguns requisitos especiais de segurança e sensibilidade das propriedades para sobre e sub-dosagens do produto.

No anexo A.14 apresenta-se um quadro síntese que expõe os diversos tipos de adjuvantes relacionados com as suas vantagens, desvantagens e efeitos.

5.3.1. INTRODUTORES DE AR

O betão endurecido apresenta vazios provenientes tanto do ar naturalmente introduzido durante a amassadura (que não foi possível expulsar por vibração ou compactação), como por evaporação de parte da água de amassadura (são necessários apenas 20% a 30% de água para a hidratação do cimento). Estes vazios apresentam-se em formas desde canais capilares a cavidades com alguns milímetros. A adição de adjuvantes introdutores de ar faz com que os vazios se transformem em bolhas esféricas, interrompendo os capilares. [2]

A introdução de ar faz-se quando é necessário aumentar a duração do betão exposto a variações de temperaturas na ordem dos 10°C. Estas variações de temperatura, provocando repetidos ciclos de congelação e descongelação da água presente nos seus poros, causam fadiga no elemento de betão, conduzindo a uma expansão crescente que pode levar à destruição do elemento. [2]

A introdução deliberada de microbolhas de ar no betão tem as seguintes vantagens [2]:

- Reduzir a necessidade de água para uma trabalhabilidade particular;
- Melhorar o manuseamento e acabamento. A bombagem pode ser facilitada (desde que não seja uma introdução de ar exagerada);
- Reduzir exsudação;
- Modificar a estrutura dos poros, conferindo baixa permeabilidade
- Aumentar a resistência aos ciclos gelo-degelo e ao choque térmico associado ao uso de sais descongelantes.

Embora o betão com introdução de ar seja mais poroso, a estrutura dos poros é descontínua, formando uma reserva de poros onde o gelo se pode formar sem romper o betão e reduzindo a circulação de fluidos para e através do sistema de poros. Prevê-se que o betão com introdução de ar seja menos permeável e mais durável sob a maioria das condições. A porosidade aumentada reduz a resistência, mas isto é parcial ou totalmente compensado pela redução da relação A/C associada à redução da necessidade de água. Em geral, betões magros (betões pobres, com pouco ligante) com introdução de ar são mais resistentes que betões normais, mas o contrário geralmente aplica-se a misturas ricas que necessitem de um maior teor de cimento para manterem a resistência. [2]

No entanto, é questionável qualquer benefício adicional do betão com introdução de ar, com alto teor de cimento: o controlo do teor de ar é mais difícil; pode ser quase impossível evitar a formação de bolhas; pode formar-se uma camada enfraquecida perto da superfície; pode não ser possível conciliar com a classe de resistência requerida. [2]

Alguns agentes introdutórios de ar estão misturados com agentes redutores de água e têm menos tendência para a diminuição da resistência, mas podem produzir teores de ar menos estáveis e aumentar a taxa de perda de trabalhabilidade. [2]

O betão com introdução de ar requer compactação e cura apropriadas para alcançar a sua performance ótima. As superfícies acabadas devem ser capazes de drenar

para minimizar a possibilidade de saturação total, pois até o betão com introdução de ar é provável que seja menos resistente à congelação quando completamente saturado. A introdução de ar pode ser particularmente útil para ultrapassar deficiências de graduação nos agregados, agindo as pequenas bolhas como partículas finas, melhorando a coesão. Com agregados bem graduados, o teor de agregados finos pode, em geral, ser diminuído quando há introdução de ar. [2]

Quando é utilizado um introdutor de ar, a eficácia da mistura é especialmente importante, devido à relativamente pequena quantidade usada e porque o ar gerado irá depender da qualidade da mistura. Por outro lado, a trabalhabilidade será afetada pela quantidade de ar gerada. Se a misturadora não for adequada, os resultados dos ensaios de ar e de abaixamento na entrega podem ser significativamente diferentes de quaisquer ensaios realizados no laboratório, devido aos efeitos da agitação. Pode perder-se ar após a entrega, durante o transporte, colocação e compactação, sendo, por isso, aconselhável que sejam clarificados os termos e condições do que se pretende na entrega. Se o comprador pretender ter em conta as subseqüentes perdas de ar, é necessário que ele aumente a percentagem de ar especificada de acordo com o pretendido. [2]

A utilização de cinzas volante pode exigir que a dosagem de agente introdutor de ar seja substancialmente aumentada para manter o correto teor de ar. Um controlo de trabalhabilidade próximo é essencial devido à inter-relação entre o abaixamento e o teor de ar. A introdução de ar pode ser benéfica quando utilizada com agregados leves como uma adição à coesão e na obtenção da densidade especificada. [2]

5.3.2. ACELERADORES DE PRESA

O benefício principal da utilização de um acelerador de presa é um aumento na resistência inicial. Em geral aumenta também a taxa de crescimento da temperatura inicial e pode ainda aumentar a taxa de endurecimento, o que pode ser um inconveniente em tempo quente, mas pode ser uma vantagem no Inverno, permitindo uma conclusão antecipada das operações de acabamento. [2]

Embora se possa obter alguma proteção adicional à congelação, não se deve assumir que o betão possa ficar desprotegido no Inverno ou que a longo prazo a resistência à congelação vá aumentar. [2]

O tão comum cloreto de cálcio foi agora amplamente substituído por aceleradores sem cloretos, que podem ser menos eficazes a baixas temperaturas e mais caros, mas não apresentam o risco de promover a corrosão do aço em betão reforçado. Em tempo quente, o uso de aceleradores para elevadas resistências iniciais pode exigir ajustes na mistura para manter o abaixamento na entrega, devido à elevada perda de abaixamento que ocorre durante o transporte. [2]

5.3.3. RETARDADORES DE PRESA

Os retardadores de presa são frequentemente utilizados para construções em que seja necessário aumentar o tempo disponível para a colocação do betão. De notar que a taxa de perda de trabalhabilidade associada apenas à absorção ou evaporação da água não vai diminuir pelo uso de retardadores. Uma vez que estes produtos reduzem geralmente a resistência inicial, é costume incorporar redutores de água para compensar. A dosagem dos retardadores pode ter de ser ajustada à temperatura ambiente. [2]

5.3.4. PLASTIFICANTES, ADJUVANTES POLIFUNCIONAIS E SUPERPLASTIFICANTES (REDUTORES DE ÁGUA)

Um adjuvante redutor de água é um adjuvante que aumenta a trabalhabilidade do betão sem aumentar o seu teor de água, ou que permite uma diminuição do mesmo sem diminuir a trabalhabilidade. Os redutores de água são também denominados plastificantes ou superplastificantes. [2]

Quando utilizados como redutores de água, diminuem o teor de água do betão, mantendo o abaixamento; deste modo, reduz-se também a relação A/C, aumentando a resistência e durabilidade do betão. Quando este mesmo adjuvante é utilizado como plastificante, a trabalhabilidade aumenta, enquanto o teor de água se mantém constante. Tal facto pode melhorar as características de colocação do betão, sem afetar adversamente a sua resistência e durabilidade. [2]

Se for mantida a fluidez do betão, pode ser reduzido o teor de água, estando, assim, na presença de condições melhoradas de resistência e durabilidade do betão. Deste modo o adjuvante é utilizado como um verdadeiro redutor de água, permitindo

que o betão seja produzido com baixa relação A/C e trabalhabilidade adequada. A utilização de redutores de água no fabrico do betão pode apresentar vantagens em ambas as situações, produzindo betão mais fluído e mais resistente. [2]

De entre os vários redutores de água, distinguem-se os:

- Plastificantes (redutores de água convencionais);
- Plastificantes polifuncionais (redutores de água de eficácia média);
- Superplastificantes (redutores de água de eficácia elevada). [2]

Os redutores de água têm uma função importante ao permitir especificações para que se possam ter relações A/C máximas particularmente baixas. São também consideravelmente utilizados para possibilitar elevadas trabalhabilidades que possam ser utilizadas sem violar os valores máximos da relação A/C e sem aumentar a exsudação e a segregação. Os superplastificantes podem ser utilizados como redutores de água altamente eficazes. No entanto, as taxas de perda de trabalhabilidade podem aumentar com a utilização de redutores de água. Esta situação pode ser corrigida com recurso a superplastificantes policarboxílicos, que permitem uma elevada manutenção da trabalhabilidade. [2]

A incorporação de adjuvantes plastificantes, superplastificantes e polifuncionais origina uma melhoria significativa em propriedades tão importantes no betão fresco como a trabalhabilidade e a bombeabilidade, que podem tornar-se críticas nos betões atuais, especialmente nos chamados betões de alto desempenho. Nestes betões, o uso desses adjuvantes é essencial, pois garante uma elevada trabalhabilidade mantendo uma relação A/C baixa, contribuindo assim para a melhoria das propriedades mecânicas e durabilidade do betão. [7]

Os adjuvantes plastificantes e superplastificantes estão contemplados na Norma NP EN 934-2:2008 [N17] e denominam-se formalmente redutores de água, plastificantes e redutores de água de alta atividade, superplastificantes, respetivamente, apesar de serem, em geral, conhecidos como fluidificantes e superfluidificantes. [7]

Os adjuvantes polifuncionais, também denominados plastificantes de média eficácia, comportam-se como redutores de água, plastificantes ou superplastificantes, em função da dosagem, oferecendo, assim, a possibilidade de utilizar um único adjuvante nas centrais de betão, consoante as necessidades verificadas. No entanto, é importante referir que a sua capacidade redutora de água é menor do que a dos

superplastificantes mais avançados e, portanto, podem não proporcionar prestações adequadas em aplicações que requerem uma elevada capacidade de redução de água. [7]

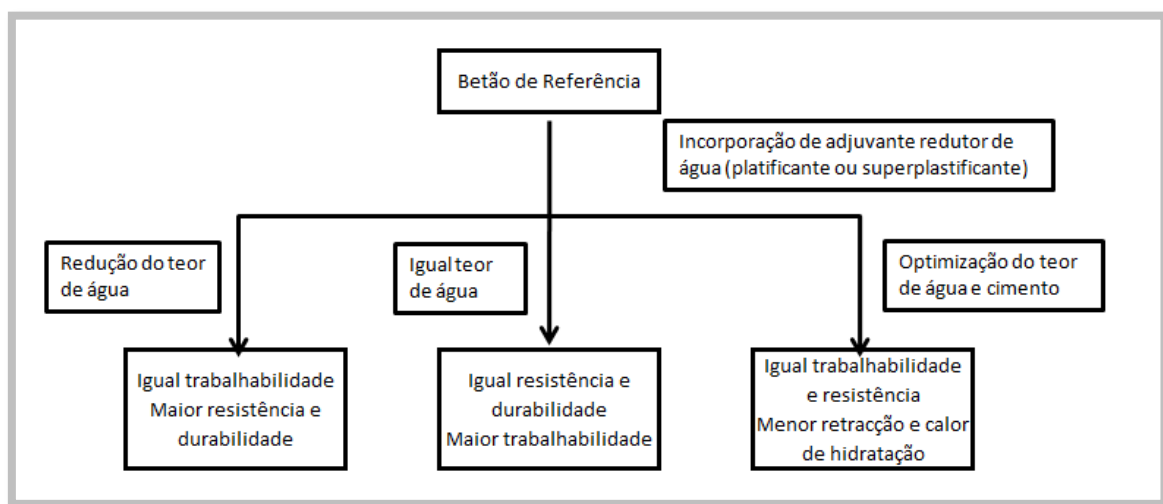


Figura 5.1 - Modos de emprego dos adjuvantes no betão [7].

A figura 5.1 resume os diferentes modos de emprego dos adjuvantes no betão, determinados consoante as características que se pretendem conferir ao betão. Por um lado, permitem reduzir o teor de água do betão, sem afetar a sua trabalhabilidade e obtendo significativas melhorias de resistência e durabilidade. Por outro lado, permitem manter o teor de água igual, obtendo um betão de elevada fluidez sem afetar significativamente as propriedades mecânicas e a durabilidade. Por último, e aproveitando a sua capacidade redutora de água, permitem otimizar tanto o teor de cimento como a relação A/C, com o objetivo de obter um betão com a mesma fluidez inicial e com resistência igual à do betão de referência. [7]

Do ponto de vista químico, os plastificantes e os superplastificantes pertencem à categoria dos adjuvantes tensoativos e, como tal, são caracterizados pela existência de atividade superficial em processos onde há contato entre um líquido e um sólido. As propriedades destes produtos dependem dos grupos hidrofóbicos, geralmente formados por grandes cadeias de hidrocarbonetos, e de grupos hidrofílicos, nos quais se baseia a classificação dos tensoativos presentes no mercado. Assim, os plastificantes, superplastificantes e adjuvantes polifuncionais são classificados como tensoativos aniônicos, uma vez que os principais grupos funcionais que os constituem são do tipo

carboxilo (COO^-), hidroxilo (OH), sulfato (SO_3^-) ou metafosfato (PO_3^-), os quais possibilitam a sua dissolução em água. Estes produtos têm um peso molecular elevado, tendo, por isso, sido incluídos na categoria de tensoativos poliméricos. [7]

É possível estabelecer uma classificação simples em função da família química à qual pertencem os adjuvantes. No caso dos plastificantes podem distinguir-se três composições básicas: lignosulfatos modificados (LS), sais de ácido hidroxicarboxílico e derivados de polissacarídeos. Em relação aos superplastificantes, podem distinguir-se três categorias fundamentais: sais de condensado de naftaleno sulfonado e formaldeído (SNF), sais de condensado de melamina sulfonada e formaldeído (SMF) e os adjuvantes denominados de nova geração que consistem, basicamente, em polímeros com configuração do tipo pente, conhecidos por policarboxilatos (PCE). [7]

5.3.4.1. PLASTIFICANTES

O lignosulfato é um produto resultante do processo de extração da celulose da madeira, formado por uma mistura complexa de produtos, pelo que as suas características dependem de um elevado número de fatores, como o tipo e idade da madeira utilizada, o processo de fabrico da polpa de papel, as condições do processo de fermentação, entre outros. Em geral, o teor de açúcares presente nos lignosulfatos utilizados na fabricação de adjuvantes varia de 1 a 30%. A figura 5.2 representa a unidade molecular básica cuja repetição origina a molécula de lignosulfato. [7]

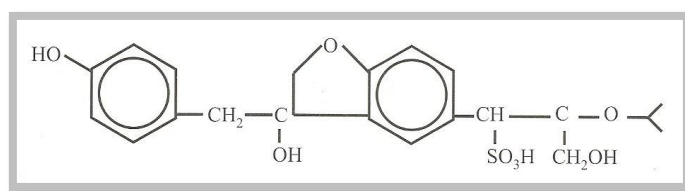


Figura 5.2 - Unidade molecular básica do lignosulfato. [7]

Os lignosulfatos utilizados atualmente denominam-se lignosulfatos modificados (LS). [7]

A utilização dos lignosulfatos no betão pode originar alguns efeitos secundários, como a introdução de ar no betão fresco e o retardamento de presa, devidos ao próprio lignosulfato e ao seu teor em açúcares. Contudo, estas propriedades são adequadamente

controladas nos produtos formulados, tendo aparecido, ao longo dos últimos anos, Lignosulfatos mais puros que proporcionam muito boa trabalhabilidade com menor introdução de ar e menores retardamentos de presa. [7]

5.3.4.2. ADJUVANTES POLIFUNCIONAIS

Os adjuvantes polifuncionais baseiam-se fundamentalmente em LS de elevada qualidade, que pode ser combinado de forma adequada com outras matérias-primas para proporcionar uma elevada capacidade redutora de água (superior à de um LS e inferior à de um PCE) associada a uma consistência apropriada, menor efeito retardante e, como tal, menores resistências iniciais. [7]

Estes produtos são utilizáveis como plastificantes em baixas dosagens e como superplastificantes em elevadas dosagens. Quando utilizados em dosagens elevadas, não têm tendência para provocar retardamento de presa.

5.3.4.3. SUPERPLASTIFICANTES

Os primeiros adjuvantes redutores de água classificados como superplastificantes foram os sais de condensado de naftaleno sulfonado e formaldeído (SNF) e os sais de condensado de melamina sulfonada e formaldeído (SMF). À semelhança do lignosulfato, estes superplastificantes caracterizam-se por ter o mesmo grupo funcional, o grupo sulfonato. Os SNF e os SMF são produtos sintéticos concebidos para um uso específico, pelo que as suas características são determinadas pelas condições do processo de fabrico. [7]

Os SNF e os SMF possuem inúmeros grupos sulfato capazes de conferir um carácter eletrostaticamente negativo à superfície da partícula de cimento sobre a qual se absorvem. Se a polimerização tiver sido baixa, o produto obtido tende a diminuir a tensão superficial do betão em estado fresco, originando neste bolhas de ar. Por outro lado, se a polimerização tiver sido elevada, a tensão superficial não é afetada e a sua eficácia é maior no que se refere a reduzir a relação A/C ou a aumentar a trabalhabilidade. Além do grau de polimerização e da distribuição de peso molecular, as

principais diferenças entre os vários SNF e SMF existentes no mercado residem na natureza da base utilizada para neutralizar o ácido sulfônico, na quantidade de sulfato residual e nos componentes secundários. Os principais componentes secundários inerentes a um SNF são, em geral, os LS e alguns sais orgânicos e inorgânicos, como os aceleradores. Podem também ser adicionados anti-espumantes, com o objetivo de reduzir os macroporos (poros com dimensões superiores a 500 μm) causados por uma polimerização inadequada do condensado. Os SMF tanto podem ser utilizados sem componentes secundários, como misturados com ácidos hidroxicarboxílicos ou com LS. As figuras 5.3 e 5.4 representam as configurações químicas da unidade molecular cuja repetição origina os SNF e os SMF. [7]

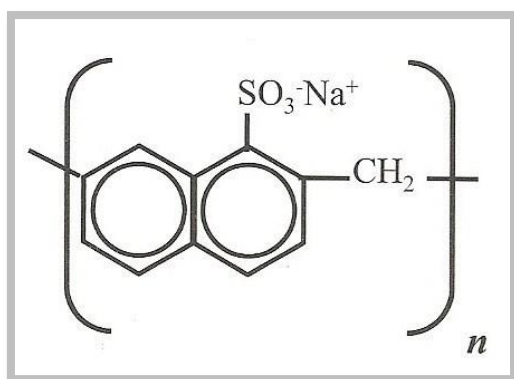


Figura 5.3 – Unidade molecular cuja repetição n vezes dá origem a SNF. [7]

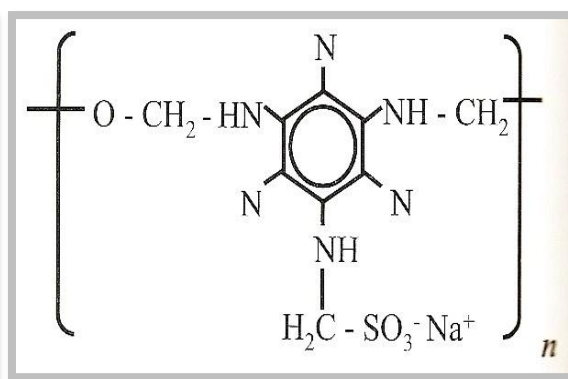


Figura 5.4 – Unidade molecular cuja repetição n vezes dá origem a SMF. [7]

Mais recentemente têm sido utilizados como superplastificantes diferentes tensoativos poliméricos cujos grupos funcionais responsáveis pela sua solubilidade em água são do carboxilo e hidroxilo. Nos últimos anos têm surgido diferentes formulações de polímeros tipo pente, como o representado na figura 5.5, que se caracterizam por apresentarem uma longa cadeia que funciona como coluna vertebral, à qual estão unidos os grupos hidrofílicos e hidrofóbicos. [7]

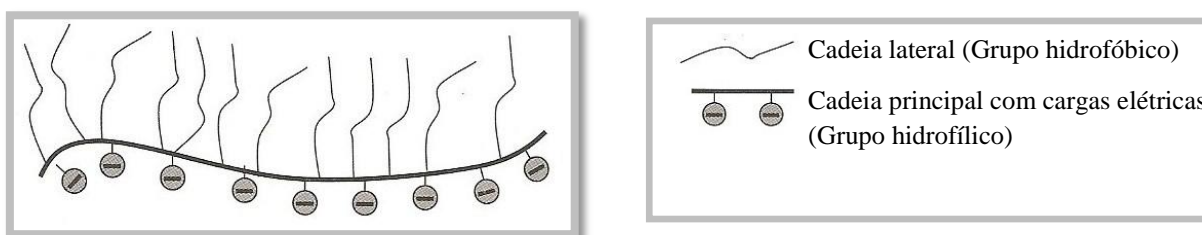


Figura 5.5 - Esquema de um polímero tipo pente. [7]

Estes adjuvantes, genericamente conhecidos por policarboxilatos (PCE) ou superplastificantes de nova geração, apresentam grande capacidade e flexibilidade para alterarem a sua estrutura e obter propriedades específicas em termos de capacidade resistência, retardamento de presa e retenção da trabalhabilidade, variando o tipo e a densidade dos grupos hidrofílicos, a composição e o peso molecular da cadeia principal ou das cadeias laterais, ou a relação cadeia principal/cadeias laterais. A capacidade fluidificante ou redutora de água destes polímeros é muito superior à dos SNF e SMF. Tal facto, juntamente com a possibilidade de alteração da sua estrutura e, conseqüentemente, o seu efeito no betão para alcançar os requisitos desejados, facilitou a evolução e proliferação destes adjuvantes nos últimos anos. [7]

6. SUPERPLASTIFICANTES

Os superplastificantes (redutores de água de eficácia elevada) dos tipos redutores de água e redutores de água e retardadores de presa podem ser utilizados para conferir ao betão propriedades geralmente induzidas por redutores de água regulares, mas de modo muito mais eficiente. Podem reduzir tremendamente a necessidade de água e os conteúdos de cimento, originando baixas relações A/C e betão de elevada resistência com trabalhabilidade normal ou melhorada, e criar abaixamentos superiores a 150 mm. A utilização destes adjuvantes pode conduzir a uma redução de água na ordem dos 12% a 40%. O reduzido teor de água e relação A/C podem produzir betões com [2]:

- Resistência última à compressão superior a 70 MPa;
- Ganho de resistência inicial aumentado;
- Reduzida penetração de iões-cloreto;
- Outras propriedades benéficas associadas ao betão com baixa relação A/C.

Quando os mesmos químicos utilizados para redutores de água de eficácia elevada são utilizados para produzir betão fluido, são geralmente chamados plastificantes ou superplastificantes. Estes adjuvantes são adicionados a betões com relação A/C e abaixamento baixos a normais, para produzir betões fluidos com abaixamento elevado. O betão fluido é um betão com elevada trabalhabilidade, que pode ser colocado com pouca vibração ou compactação, mantendo-se livre de exsudação ou segregação. O betão fluido é aplicável nas seguintes situações [2]:

- Secções finas;
- Áreas com elevado congestionamento de aço de reforço;
- Tubagens subaquáticas;
- Betão bombeado, para reduzir a pressão de bombeamento, aumentando, assim, a capacidade de elevação e distância;
- Áreas onde os métodos convencionais de compactação são impraticáveis ou não podem ser utilizados;
- Redução dos custos de manutenção.

O betão fluido é definido como sendo um betão que tem um abaixamento superior a 160 mm, mantendo, no entanto, as suas propriedades coesivas.

Os superplastificantes estão entre os mais importantes desenvolvimentos na tecnologia do betão nos últimos anos. Podem ser utilizados para [2]:

- Alcançar aumentos substanciais na trabalhabilidade sem aumentar a relação A/C, a segregação ou a perda de resistência;
- Alcançar reduções substanciais da relação A/C;
- Produzir betão fluído, auto compactável ou auto nivelante.

A eficácia do superplastificante está geralmente limitada a 30-45 minutos após a adição do produto. Quando passam mais de 45 minutos entre a adição do produto e a betonagem, este adjuvante pode necessitar de ser adicionado à misturadora em obra, no estaleiro, e o betão remisturado energicamente por pelo menos 2 minutos. Em alternativa, pode ser adoptada uma combinação de agentes retardadores superplastificantes. [2]

Para obter betão fluído, é adicionado superplastificante (correspondente a 1,0-2,0% da massa de cimento) a um betão com 100-120 mm de abaixamento. Este adjuvante produz o efeito de aumentar o abaixamento para 150-220 mm ou obter um espalhamento na ordem dos 550-620 mm. Um aumento da percentagem de finos é aconselhável em comparação com uma mistura normal, e um teor mínimo total de cimento e agregados finos (≤ 300 mm) de 450 kg/m^3 pode ser necessário para minimizar o risco de segregação. [2]

Após o período inicial, pode ocorrer exsudação ou segregação, mas a homogeneidade é geralmente mantida. Podem esperar-se resistências aos 28 dias semelhantes às das misturas não alteradas. As taxas de colocação podem ser muito elevadas e a manipulação local tem de ser bem organizada para tirar total partido das qualidades de auto-compactação e auto-nivelamento do betão fluído com superplastificante. [2]

6.1. COMPOSIÇÃO DOS SUPERPLASTIFICANTES

As classificações e componentes dos adjuvantes estão listadas na tabela “Classificação de Adjuvantes para Betão”, no anexo A.13. A química dos superplastificantes (ou redutores de água) divide-se nas seguintes grandes categorias: Lignosulfatos, ácido hidroxicarboxílico, polímeros hidroxilados, condensados de

formaldeído naftaleno sulfonados, condensados de formaldeído melanina sulfonados e policarboxilatos. A utilização de materiais orgânicos para reduzir o teor de água ou aumentar a fluidez do betão data dos anos 30. O mais recente avanço nesta tecnologia foi o desenvolvimento dos redutores de água de eficácia elevada baseados em policarboxilatos, que ocorreu no fim dos anos 80.

Tal como já foi referido no tópico 5.3.5.3, os primeiros adjuvantes redutores de água classificados como superplastificantes foram os sais de condensado de naftaleno sulfonado e formaldeído (SNF) e os sais de condensado de melamina sulfonada e formaldeído (SMF), que se caracterizam por ter o mesmo grupo funcional, o grupo sulfato.

6.2. MECANISMO DE AÇÃO DOS SUPERPLASTIFICANTES

Em betões sem plastificantes ou superplastificantes, as partículas de cimento apresentam uma forte tendência para se agruparem devido a interações eletrostáticas e de *Van der Waals*, originando flocos ou aglomerados de partículas como o indicado na figura 6.1. Estes flocos encerram a água no seu interior, resultando numa menor trabalhabilidade da mistura, bem como numa menor quantidade de água disponível para o processo de hidratação. No entanto, na presença de um redutor de água, o grau de floculação das partículas de cimento diminui, originando um sistema no qual as partículas estão dispersas na solução aquosa. Deste modo, a água que se encontra inicialmente presa dentro destes aglomerados liberta-se, resultando numa maior trabalhabilidade e numa maior acessibilidade da água à superfície do cimento, como ilustrado na figura 6.1. [7]

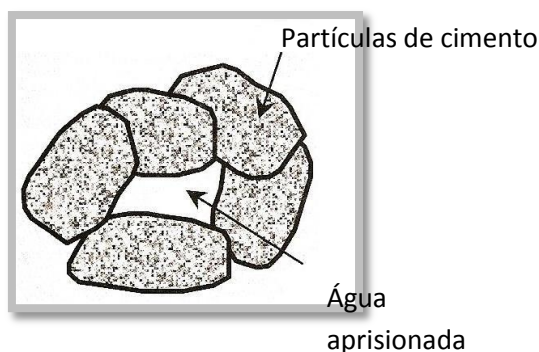


Figura 6.1 - Aglomerado de partículas de cimento com água aprisionada no seu interior. [7]

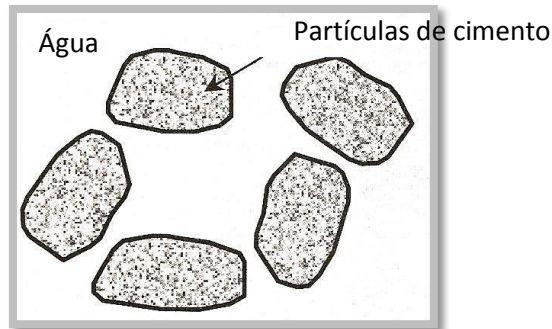


Figura 6.2 - Dispersão das partículas de cimento aglomeradas, libertando a água do seu interior. [7]

Os superplastificantes atuam sobre a superfície das partículas de cimento impedindo a formação de aglomerados dos seus grãos. As interações entre os superplastificantes e as partículas de cimento classificam-se em [7]:

Interações físicas – A absorção de superplastificante sobre as partículas de cimento impede a sua floculação, devido à geração de forças repulsivas de origem electrostáticas e/ou por impedimento estérico.

Interações químicas – Bloqueio de ataques reativos sobre as partículas de cimento, formação dos complexos com Ca^{2+} , etc.

6.2.1. INTERAÇÕES FÍSICAS

As moléculas de plastificante ou superplastificante são fundamentalmente absorvidas pelas partículas de cimento, originando uma dispersão das mesmas devido à formação de uma força repulsiva que impede a formação de aglomerados de partículas de cimento. [7]

6.2.1.1. ABSORÇÃO DOS ADJUVANTES

A principal característica de um adjuvante tensoativo é o facto de apresentar uma concentração maior de adjuvante na superfície do sólido do que no fluido interior. Este fenómeno, conhecido como absorção, ocorre na interface sólido/líquido. Ao aumentar a concentração de tensoativo, as suas moléculas vão-se orientando na superfície sólida até formar uma camada que recobre completamente a superfície. Esta

concentração corresponde ao ponto de saturação e é de grande interesse do ponto de vista prático, pois representa a concentração mínima necessária para obter o máximo efeito dispersante. [7]

As moléculas de superplastificante são preferencialmente absorvidas pelos aluminatos do cimento. A quantidade de adjuvante absorvido depende fundamentalmente do teor de sulfatos (pode inibir a sua absorção pelos aluminatos e facilitá-la pelos silicatos) e do momento em que o produto é introduzido na mistura do cimento com a água. [7]

6.2.1.2. GERAÇÃO DE UMA FORÇA REPULSIVA ENTRE PARTÍCULAS DE CIMENTO

As partículas de cimento que absorvem as moléculas de plastificante ou superplastificante experimentam uma repulsão que impede a formação de aglomerados, resultando numa dispersão das partículas de cimento na solução aquosa. Esta força repulsiva pode ter origem electrostática ou por impedimento estérico. [7]

Repulsão electrostática. Redução do Potencial Zeta – As moléculas de plastificante ou superplastificante são absorvidas pela superfície das partículas de cimento formando uma capa (denominada por *Stern*), cuja parte mais exterior apresenta carga eléctrica com o mesmo sinal. Sobre esta forma-se uma segunda capa (dupla camada difusa), na qual a concentração de iões de carga oposta á da capa de *Stern* vai diminuindo gradualmente. Quando a partícula se move na solução é acompanhada pelos iões que estão unidos a ela, e existe um plano de corte que separa a dupla camada difusa do interior da solução. O potencial Zeta define-se como sendo o potencial eléctrico que existe neste plano de corte. [7]

Impedimento estérico – Quando as moléculas de superplastificante são grandes e volumosas, criam uma capa de absorção de grande volume que impede a aproximação das partículas de cimento. Este é o mecanismo dominante pelo qual atuam os policarboxilatos (PCE), nos quais o efeito electrostático é mínimo quando comparado com superplastificantes do tipo sulfonatos (SF). [7]

Os plastificantes e superplastificantes funcionam primeiramente como dispersantes de água, através de forças eletrostáticas e repulsivas estéricas. Grupos ácidos dentro dos polímeros neutralizam as cargas superficiais nas partículas de cimento. Estes grupos ligam-se a iões positivos na superfície das partículas de cimento, iões estes que, por sua vez, se unem ao polímero e conferem ao cimento uma ligeira carga negativa, criando também uma camada na superfície. Esta carga negativa e camada de compostos absorvidos criam uma combinação de forças eletrostáticas e repulsivas estéricas entre partículas de cimento individuais, dispersando-as, libertando assim a água contida em aglomerações e reduzindo a viscosidade da pasta de betão. [7]

Um superplastificante baseado em melamina, naftalina ou lignina usa uma molécula que tem cerca de 1 a 2 nm de dimensão. O efeito do redutor de água depende do nível da dosagem, da sequência da adição e do peso molecular. O redutor de água irá também contribuir para a dispersão ao repelir bolhas de ar e partículas de agregados com cargas negativas. A repulsão electrostática para estes materiais é muito mais afetada por iões dissolvidos (em comparação com os policarboxilatos) e diminui rapidamente à medida que o cimento hidratado liberta mais iões para a mistura. [7]

6.3. IMPACTO DOS SUPERPLASTIFICANTES NAS PROPRIEDADES DO BETÃO

Adicionar um superplastificante ao betão sem reduzir o teor de água pode originar uma mistura com um abaixamento mais elevado. No entanto, a taxa de perda de abaixamento é mantida, sendo, na maior parte dos casos, aumentada, com a exceção da tecnologia do policarboxilato. Uma rápida perda de abaixamento resulta em reduzida trabalhabilidade e menos tempo para colocação do betão. [2]

Os superplastificantes (redutores de água de eficácia elevada) são geralmente mais eficazes na produção de betão trabalhável do que os redutores de água regulares. O efeito de determinados plastificantes no aumento da trabalhabilidade ou na produção de betão fluído é de curta duração, apenas de 30 a 60 minutos. Este período é seguido por uma rápida perda de trabalhabilidade ou de abaixamento. Temperaturas elevadas podem

também agravar a perda de abaixamento. Devido à sua propensão para perda de abaixamento, estes adjuvantes, disponíveis em líquido e em pó, são por vezes adicionados à misturadora de betão no estaleiro da obra. A introdução de plastificantes na misturadora ajuda a reduzir os problemas de perda de abaixamento. [2]

Um aumento na resistência é geralmente obtido com superplastificantes à medida que a relação A/C diminui. Para betões de igual teor em cimento, teor em ar e abaixamento, a resistência ao 28º dia de um betão que contenha superplastificante pode ser 10% a 25% superior à resistência de um betão que não contenha esse mesmo produto. Usar um superplastificante para reduzir o teor de água e cimento de um betão, enquanto se mantém uma relação A/C constante, pode resultar em igual ou reduzida resistência de compressão e pode aumentar a perda de abaixamento por um fator de dois ou mais. [2]

Consoante a composição química da mistura, os redutores de água podem reduzir, aumentar ou não afetar de qualquer modo a exsudação. Uma redução significativa da exsudação pode originar grandes reduções do teor de água; tal facto pode criar dificuldades de acabamento em superfícies planas quando em presença de rápidas condições de secagem. Testes mostraram que alguns betões com plastificante apresentam mais exsudação do que betões controlados de igual relação A/C. No entanto, os betões com plastificante apresentam significativamente menos exsudação do que betões controlados de abaixamento igualmente elevado e superior teor de água. [2]

Apesar da redução do teor de água, os superplastificantes podem causar diminuição da retração por secagem. Geralmente o efeito do superplastificante nesta situação é pequeno quando comparado com outros fatores mais significativos, que afetam a retração, fissurando o betão. Um betão com plastificante, com abaixamento elevado e baixo teor de água tem tendência para desenvolver menor retração por secagem do que um betão convencional, com abaixamento e teor de água elevados. No entanto, um betão com plastificante e abaixamento elevado apresenta uma retração por secagem semelhante ou superior à de betões convencionais com abaixamento e teor de água baixos. [2]

Alguns redutores de água podem ser modificados para conferirem variados graus de retardamento, enquanto outros não afetam significativamente o tempo de presa. Nas suas dosagens típicas alguns redutores de água podem ter pouco efeito no tempo de presa, enquanto outros tipos de adjuvantes podem originar redução de água com retardamento da presa e outros ainda podem originar redução de água com presa acelerada. Alguns redutores de água cumprem as exigências de mais de uma categoria, dependendo da taxa de dosagem. Por exemplo, com um aumento da taxa de dosagem, alguns tipos de redutores de água podem atuar como redutores de água e retardadores. O tempo de presa pode ser acelerado ou retardado, consoante a química de cada adjuvante, a taxa de dosagem e a interação com outros adjuvantes e com cimentos no betão. [2]

Alguns redutores de água podem também reter algum ar no betão, sendo que betões com redutores de água geralmente têm boa retenção de ar. Adjuvantes baseados em linhina podem aumentar o teor de ar de 1% a 2%. Betões com superplastificantes (redutores de água de eficácia elevada) ou betões fluidos com plastificante podem ter um maior teor de ar retido e um índice de vazios mais elevado que o betão normal com retenção de ar. A perda de ar pode também ser significativa quando comparada com betões sem redutores de ar de eficácia elevada mantidos com uma relação A/C constante (teor de água e cimento reduzidos). [2]

Algumas pesquisas indicaram uma baixa resistência ao congelamento e descongelamento para alguns betões fluidos, quando expostos a um ambiente permanentemente húmido, sem o benefício de um período de secagem. No entanto, testes laboratoriais mostraram que betões com um abaixamento moderado que usem redutores de água de eficácia elevada apresentam uma boa durabilidade quando expostos a fenómenos de gelo-degelo, mesmo com níveis de vazios ligeiramente mais altos. Tal facto pode ser resultado da baixa relação A/C geralmente associada a estes betões. [2]

6.4. TECNOLOGIA DOS POLICARBOXILATOS

Os derivados de policarboxilatos são a mais recente geração de superplastificantes (redutores de água de eficácia elevada). Estes polímeros são

compostos por uma cadeia carbónica principal com grupos de carboxilatos e cadeias laterais de óxido polietileno (PEO). O número de grupos carboxilatos e o número e comprimento de cadeias laterais de PEO podem ser ajustados para alterar as propriedades do plastificante. As cadeias laterais de PEO estendem-se para fora das partículas de cimento e adicionam o mecanismo do obstáculo estérico à típica repulsão electrostática. [7]

Mecanismo do obstáculo estérico [7]:

1. À semelhança dos superplastificantes típicos, o redutor de água é dissolvido em água e a cadeia polar é absorvida na interface sólido/água.
2. As longas cadeias laterais ajudam a manter os grãos de cimento fisicamente separados, permitindo que a água os rodeie totalmente (obstáculo estérico).
3. Adicionalmente, a cadeia polar confere uma ligeira carga negativa, levando a que os grãos de cimento se repilam uns aos outros (repulsão electrostática).
4. À medida que o efeito de dispersão da repulsão electrostática desaparece devido à hidratação do cimento, as cadeias laterais continuam a manter o cimento fisicamente disperso.

As cadeias PEO impedem as partículas de se aglomerarem através de separações físicas na ordem dos 10 nm, separações estas que continuam a ser suficientemente grandes para permitir ao fluido mover-se entre as partículas. Esta inibição de aglomeração dispersa as partículas de cimento e permite ao betão fluir mais facilmente. Por se tratar de um mecanismo físico, o obstáculo estérico não é tão sensível a iões dissolvidos como um mecanismo de repulsão electrostática. Betões com adições de policarboxilatos têm tendência a reter a fluidez por períodos mais longos, levando a que estas misturas necessitem de menos água que betões que usem outros redutores de água. Adjuvantes de policarboxilato são frequentemente utilizados em betão auto compactável. [7]

A sinergia consiste na otimização máxima da quantidade de cimento por metro cúbico de betão, pela junção de dois ou três adjuvantes, que proporcionam uma forte reação de hidratação, conferindo-lhe paralelamente as características reológicas desejada. Este fenómeno atua provocando a dispersão e hidratação em profundidade dos grãos de cimento.

Para que a ação dos adjuvantes seja maximizada, estes devem ser introduzidos no betão separadamente.

7. CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, foi possível conhecer o mundo do betão de diversas novas perspectivas, da sua vertente mais teórica (como a história do betão) até à mais prática (como as idas a centrais de betão para assistir à produção de betão ou a auditorias).

O período do estágio foi muito interessante e permitiu-me adquirir inúmeros novos conhecimentos que sem dúvida se irão demonstrar úteis num futuro profissional. Foi realizada uma forte aprendizagem possível de pôr em prática no mundo do trabalho (tanto a nível nacional como europeu – fora da Europa há algumas considerações que são alteradas), contribuindo, assim, para o meu desenvolvimento profissional e também pessoal.

Desde as bases mais tradicionais até aos mais recentes desenvolvimentos a nível da tecnologia do betão (até à data), foi possível abordar e conhecer um pouco do tudo o que diz respeito a este âmbito.

A tecnologia do betão continua em constante evolução, procurando sempre alcançar melhores resultados, tanto a nível de eficiência do produto, como a nível económico.

BIBLIOGRAFIA

- [1] COUTINHO, A. De Sousa – Fabrico e Propriedades do Betão – Volume 1. 2ª Edição. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 1988.
- [2] KOSMATKA, Steven H.; WILSON, Michelle L. – Design and Control of Concrete Mixtures – The Guide to Applications, Methods and Materials. 15ª Edição. Washington, EUA. PCA (Portland Cement Association). 2011.
- [3] A Especificação do Betão. Guia para a utilização da norma NP EN 206-1. Lisboa. APEB. 2009
- [4] SILVA, Pedro Miguel Soares Raposeiro da; COSTA, João Manuel Barrento da – Materiais de Construção II. Lisboa. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 2006.
- [5] MARTINS, João Guerra – Betões – Elementos Gerais, Natureza e Qualidade. Série Materiais. Materiais de Construção I. 3ª Edição. 2010 (pdf)
- [6] COUTINHO, A. De Sousa; Gonçalves, A. – Fabrico e Propriedades do Betão – Volume 3. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 1994.
- [7] Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural – Manual de Tecnología de Aditivos para Hormigón – Aditivos Químicos para Hormigón Estructural. Monografía 16. ACHE (Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural). n.d.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- Betão. Nº 23. APEB. 2009.
- Betão. Nº 26. APEB. 2011.
- Construção Magazine. Nº 44. Publindústria. 2011.
- Degussa Construction Chemicals Portugal, S.A., Ação de Formação – Adjuvantes para Betão. Projeção Visual. Degussa. Universidade do Algarve. 2006.

NORMAS E REGULAMENTOS

ESPECIFICAÇÕES LNEC

- [E1] E 466: 2005. Fíleres calcários para ligantes hidráulicos. LNEC
- [E2] E 372: 1993. Água de amassadura para betões. Características e verificação da conformidade. LNEC.
- [E3] E 464: 2007. Betões – Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto de 50 e de 100 anos face às acções ambientais. LNEC

NORMAS

- [1] NP EN 12350-1:2009. Ensaaios de betão fresco – Parte 1: Amostragem. IPQ.
- [2] NP EN 12350-2:2009. Ensaaios de betão fresco – Parte 2: Ensaio de abaixamento. IPQ.
- [3] NP EN 12350-5:2009. Ensaaios de betão fresco – Parte 5: Ensaio da mesa de espalhamento. IPQ.
- [4] NP EN 12350-6:2002. Ensaaios de betão fresco – Parte 6: Determinação da massa volúmica. IPQ.
- [5] NP EN 12350-7:2002. Ensaaios de betão fresco – Parte 7: Determinação do teor de ar. IPQ.
- [6] NP EN 12390-3: 2009. Ensaaios de betão endurecido – Parte 3: Resistência à compressão de provetes. IPQ.
- [N7] NP EN 206-1: 2007. Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade. IPQ
- [N8] EN 12620: 2002+A1: 2008. Agregados para betão. CEN
- [N9] EN 197-1: 2000+A3: 2007. Cimento – Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes. CEN
- [N10] NP 4220: 2009. Pozolanas para betão, argamassa e caldas. Definições, requisitos e verificação da conformidade. IPQ
- [N11] NP EN 450-1: 2005+A1: 2008. Cinzas volantes para betão – Parte 1: Definição, especificações e critérios de conformidade. IPQ

- [N12] NP EN 13263-1: 2005+A1: 2009. Sílica de fumo para betão – Parte 1: Definição, especificações e critérios de conformidade. IPQ
- [N13] NP EN 15167-1: 2008. Escória granulada de alto-forno moída para betão, argamassa e caldas de injeção – Parte 1: Definição, especificações e critérios de conformidade. IPQ
- [N14] NP EN 1008: 2003. Água de amassadura para betão. Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão. IPQ.
- [N15] NP EN 480-1: 2007. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 1: Betão de referência e argamassa de referência para ensaio. IPQ
- [N16] NP EN 934-1: 2008. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 1: Requisitos gerais. IPQ
- [N17] NP EN 934-2: 2003. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 1: Adjuvantes para betão. Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem. IPQ

ELEMENTOS NÃO REFERENCIADOS

- E 378: 1996. Betões – Guia para a utilização de ligantes hidráulicos. LNEC.
- NP EN 450-2: 2006. Cinzas volantes para betão – Parte 2: Avaliação da conformidade. IPQ
- NP EN 480-2: 2007. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 2: Determinação do tempo de presa. IPQ
- NP EN 480-4: 2007. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 4: Determinação da exsudação do betão. IPQ
- NP EN 480-5: 2007. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 5: Determinação da absorção capilar. IPQ
- NP EN 480-11: 2007. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 11: Determinação das características dos vazios do betão endurecido com ar introduzido. IPQ
- NP EN 480-12: 2007. Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 12: Determinação do teor de alcális dos adjuvantes. IPQ

- NP EN 934-6: 2003-A1: 2008. Adjuvantes para betão,, argamassa e caldas de injeção. Método de ensaio – Parte 6: Amostragem, controlo da conformidade e avaliação da conformidade. IPQ
- NP EN 13263-2: 2005+A1: 2009. Sílica de fumo para betão – Parte 2: Avaliação da conformidade. IPQ
- NP EN 15167-2: 2008. Escória granulada de alto-forno moída para betão, argamassa e caldas de injeção – Parte 2: Avaliação da conformidade. IPQ

ANEXOS

A.1. RELATÓRIO DIÁRIO DO ESTÁGIO

1. Caso específico – Problema de qualidade no betão numa obra em Óbidos

❖ Situação:

- Ao 21º dia após betonagem, o betão ainda não tinha ganho presa (apenas o betão correspondente a um dos carros de fornecimento).
- O betão na obra encontrava-se perfeitamente moldável.
- Em laboratório, colocou-se uma amostra do betão trazido da obra em estufa dentro de um balde com água (dentro de um saco), a cerca de 70°C, e deixou-se outra amostra dentro de um balde seco, fora da estufa. Catorze horas depois, a amostra que estava fora da estufa ganhou presa, mas os pedaços de betão desfaziam-se muito facilmente com os dedos. A amostra que estava dentro da estufa formou uma espécie de “sopa”, apresentando-se praticamente toda desagregada, com uma cor esverdeada/acastanhada e com libertação de um cheiro semelhante a café. Alguns pedaços desse betão ganharam presa, mas desfaziam-se muito facilmente também.

❖ Possível causa:

- Excesso de adjuvante devido a falha na eletro-válvula da máquina de adição do adjuvante.

2. Visualização de três amostras de betão com agregados diferentes, para aplicação em pavimentos, com efeito decorativo:

- ❖ Amostra 1 – Brita basáltica – maioritariamente agregados pretos (betão sem coloração, apenas cinzas);
- ❖ Amostra 2 – Godos rolados (seixos) – agregados coloridos (betão com uma coloração ligeiramente escurecida);
- ❖ Amostra 3 – Mistura dos agregados anteriores (betão com uma coloração ligeiramente escurecida).

3. Visualização de ensaios de compressão a provetes de diferentes amassaduras, a uma velocidade constante de 13,5 kN/s.

- ❖ Aparelho de compactação totalmente automático.
- ❖ Provetes com peso volúmico à volta dos 8050 +/-.
- ❖ Tensão de compressão média à volta dos 530 kN.

4. Leitura de informação e fichas técnicas:

- ❖ Gama de produtos;
- ❖ Ficha técnica Argamassa Autonivelante FluiLiz CT-C12-F2 +
Recomendações para a produção e aplicação da argamassa autonivelante FluiLiz;
- ❖ Ficha técnica Betão Aligeirado com EPS;
- ❖ Ficha técnica Argamassa ArgaLiz + Folheto informativo argamassa ArgaLiz;
- ❖ Regras básicas da utilização do betão em obra.

5. Comparação de amassaduras com cinzas volantes de diferentes origens (6 origens diferentes) – Ensaio de consistência.

- ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams* – Classe S4;
- ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

6. Livro “Design and Control of Concrete Mixtures – The Guide to Applications, Methods and Materials” – PCA (Portland Cement Association) – 15ª Edição, Janeiro 2011.

7. Sugestão de temas:

- ❖ Aplicação de betões especiais (betões coloridos, betões porosos...);
 - ❖ Utilização de adjuvantes;
 - ❖ Utilização de aditivos.
- } Matérias-primas (tema mais geral)

Dia 2 – 03 de Março de 2011

1. Elaboração de Ficha de Dados de Segurança do Cimento.
2. Elaboração de Ficha de Dados de Segurança do Betão.

Dia 3 – 04 de Março de 2011

1. Continuação da elaboração de Ficha de Dados de Segurança do Betão.
2. Visualização da preparação de amostras de betão poroso drenante, para uma piscina no Algarve.
 - ❖ Mistura de seixos com dimensões entre 2 a 4 mm e 4 a 6 mm.

Dia 4 – 07 de Março de 2011

1. Recolha de informação – Fichas de Dados de Segurança:
 - ❖ Cinzas Volantes:
 - Pego
 - ❖ Plastificantes:
 - Pozzolith 540
 - MIRA 44S
 - ❖ Superplastificantes
 - SKY 512
 - Daracem 270
 - ❖ Redutores de retração:
 - Eclipse Floor
 - SIKA CONTROL 40
 - ❖ Pigmentos Formirapid Europigments:
 - Branco
 - Amarelo
 - Vermelho

- Castanho
 - Preto
 - Laranja
 - Verde
 - ❖ EPS/Leves/Enchimento:
 - Introdutores de ar:
 - Mortair
 - Melmix P
 - ❖ Adjuvante FluiLiz:
 - Introdutor de ar:
 - RHEOMIX 237
 - ❖ Adjuvante ArgaLiz:
 - Introdutores de ar:
 - Mortair
 - Mortard R
 - Melmix P
2. Elaboração de Ficha de Dados de Segurança da Argamassa ArgaLizG/GP.
 3. Elaboração de Ficha de Dados de Segurança da Argamassa FluiLiz CT-C12-F2.

Dia 5 – 09 de Março de 2011

1. Continuação da elaboração de Ficha de Dados de Segurança da Argamassa ArgaLizG/GP.
2. Continuação da elaboração de Ficha de Dados de Segurança da Argamassa FluiLiz CT-C12-F2.
3. Visualização de ensaios de betão autocompactável para uma obra em Viseu
 - ❖ Ensaio de Espalhamento do cone de *Abrams*;
 - ❖ Parâmetros medidos:
 - Espalhamento (em mm);

- Classificação da aparência (BAC);
- Temperatura;
- Massa volúmica;
- Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

Dia 6 – 10 de Março de 2011

1. Visualização de ensaios de betão de elevada resistência e baixa retração para uma obra em Vila Real
 - ❖ Ensaio de Espalhamento do cone de *Abrams*;
 - ❖ Parâmetros medidos:
 - Espalhamento (em mm);
 - Classificação da aparência (BAC);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

2. Visualização de ensaios de compressão a provetes de betão autocompactável dos ensaios realizados a 9 de Março (24 horas), a uma velocidade constante de 13,5 kN/s.
 - ❖ Aparelho de compactação totalmente automático.
 - ❖ Provetes com peso volúmico à volta dos 7050 +/-.
 - ❖ Tensão de compressão média à volta dos 50 kN.

3. Visualização de ensaios de compressão a provetes de betão poroso drenante, a uma velocidade constante de 13,5 kN/s.
 - ❖ Aparelho de compactação totalmente automático.
 - ❖ Provetes com peso volúmico à volta dos 6050 +/-.

4. Elaboração de Ficha de Dados de Segurança do Betão Colorido.

5. Elaboração de Ficha de Dados de Segurança do Betão Branco.

6. Elaboração de Ficha de Dados de Segurança do Betão Poroso.

Dia 7 – 11 de Março de 2011

1. Correção (técnica e gramatical) do relatório “Desenvolvimento e Melhoria de Produtos”, projeto de candidatura da Betão Liz à SIFIDE, 2010.
2. Sugestão:
 - ❖ Um dos temas do relatório poderá ser a elaboração/instalação/testes/funcionamento do aparelho de remoção de finos da água, para sua posterior utilização na produção de betão.
3. Leitura de “Guia para a utilização da norma NP EN 206-1 – A Especificação do Betão”.
4. Leitura de “Especificação do LNEC E 464-2005 – Betões – Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 e de 100 anos face às acções ambientais”.
5. Leitura de “Norma Portuguesa NP EN 206-1:2007 – Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade”.

Dia 8 – 14 de Março de 2011

1. Leitura de “Norma Portuguesa NP EN 206-1:2007 – Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade”.
2. Visualização de um ensaio de betão para polir, para um pavimento
 - ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams* – Classe S3;
 - ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);

- Temperatura;
- Massa volúmica;
- Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).
- ❖ Para este betão pretende-se que, após polimento, apresente um padrão heterogéneo, com visualização dos godos e da pedra basáltica (os agregados utilizados)
- ❖ Betão sem coloração, tonalidade cinzenta
- ❖ Utilizou-se um molde de 1,00x1,00x0,06m.

Dia 9 – 15 de Março de 2011

1. Comparação de amassaduras com diferentes superplastificantes.

- ❖ Ligante (cimento), agregados (areia e brita) e aditivo (cinzas volantes) sempre iguais;
- ❖ Comparação entre uma amassadura apenas com plastificante e cinco amassaduras com plastificante e superplastificante;
- ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams*;
- ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

2. Sugestão:

- ❖ Um dos temas do relatório poderá ser a comparação de superplastificantes, uma vez que se trata de um estudo muito frequente na Betão Liz.
 - Realização de ensaios;
 - Comparação de diversos produtos;
 - Comparação de resultados.

3. Pesquisa de informação relativa a superplastificantes.

Dia 10 – 16 de Março de 2011

1. Tradução de texto sobre Superplastificantes do livro “Design and Control of Concrete Mixtures – The Guide to Applications, Methods and Materials”.
2. Visualização de um ensaio de argamassa de nivelamento FluiLiz:
 - ❖ Ensaio de Espalhamento do cone de *Abrams*;
 - ❖ Parâmetros medidos:
 - Espalhamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

Dia 11 – 17 de Março de 2011

1. Ideia:
 - ❖ Fazer uma abordagem aos adjuvantes em geral, particularizando o estudo em relação aos superplastificantes.
2. Tradução da tabela “Concrete Amixtures by Classificaion” do livro “Design and Control of Concrete Mixtures – The Guide to Applications, Methods and Materials”.

Dia 12 – 18 de Março de 2011

1. Visualização do resultado do polimento do betão para pavimento realizado no dia 14 de Março.

Dia 13 – 22 de Março de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 14 – 23 de Março de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.
2. Listagem dos Plastificantes e Superplastificantes utilizados na Betão Liz (sujeitos a estudos comparativos).
3. Criação do tema “História do Betão” para o relatório.

Dia 15 – 24 de Março de 2011

1. Criação do tema “O Betão em Portugal” para o relatório.
2. Criação do tema “Considerações Gerais Sobre o Betão” para o relatório.
3. Criação do tema “Constituintes do Betão” para o relatório.

Dia 16 – 25 de Março de 2011

1. Continuação da criação do tema “Constituintes do Betão” para o relatório.

Dia 17 – 28 de Março de 2011

1. Continuação da criação do tema “Constituintes do Betão” para o relatório.
2. Criação do tema “Adjuvantes em Geral” para o relatório.

Dia 18 – 29 de Março de 2011

1. Continuação da criação do tema “Adjuvantes em Geral” para o relatório.

2. Visualização de um ensaio de argamassa de nivelamento FluiLiz:
 - ❖ Ensaio de Espalhamento do cone de *Abrams*;
 - ❖ Comparação de: cimento + cinzas do norte de Portugal; cimento + cinzas do sul de Portugal; apenas cimento;
 - ❖ Parâmetros medidos:
 - Espalhamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

Dia 19 – 30 de Março de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 20 – 31 de Março de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

2. Continuação da criação do tema “Adjuvantes em Geral” para o relatório.

Dia 21 – 01 de Abril de 2011

1. Continuação da criação do tema “Adjuvantes em Geral” para o relatório.

2. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 22 – 04 de Abril de 2011

1. Continuação da criação do tema “Adjuvantes em Geral” para o relatório.

Dia 23 – 05 de Abril de 2011

1. Continuação da criação do tema “Adjuvantes em Geral” para o relatório.
2. Elaboração da tabela “Normas Constituintes do Betão”.

Dia 24 – 06 de Abril de 2011

1. Assistência a testes de compactação de um betão poroso, na central de Alhandra.
 - ❖ Métodos de compactação:
 - Cilindro (sem vibração);
 - Rolo;
 - Régua;
 - Placa;
 - Talocha.
 - ❖ Resultado visível apenas após se despejar água em cima (para ver se drena), 24 horas depois.
 - ❖ Melhor aparência com o cilindro.

Dia 25 – 07 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 26 – 08 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 27 – 11 de Abril de 2011

1. Comparação de amassaduras com diferentes superplastificantes.

- ❖ Ligante (cimento) e agregados (areia e brita) sempre iguais;
- ❖ Comparação entre uma amassadura sem adjuvantes, uma amassadura apenas com plastificante e quatro amassaduras com plastificante e superplastificante;
- ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams*;
- ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

2. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 28 – 12 de Abril de 2011

1. Acompanhamento de auditorias internas às centrais de Esmoriz e de Gaia.

Dia 29 – 13 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 30 – 14 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 31 – 15 de Abril de 2011

1. Acompanhamento de auditorias externas às centrais de Loures e de Setúbal.

Dia 32 – 18 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 33 – 19 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 34 – 20 de Abril de 2011

1. Início da elaboração do Power Point sobre a História do Betão.

Dia 35 – 21 de Abril de 2011

1. Continuação da elaboração do Power Point sobre a História do Betão.

Dia 36 – 26 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 37 – 27 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 38 – 28 de Abril de 2011

1. Leitura de “Manual of Ready-Mixed Concrete”.

Dia 39 – 29 de Abril de 2011

1. Leitura da revista “Betão” da APEB.

Dia 40 – 02 de Maio de 2011

1. Leitura da revista “Betão” da APEB.
2. Preparação de material para o seminário da APEB e para a Tektónica.

Dia 41 – 03 de Maio de 2011

1. Seminário da APEB sobre “Novos Desafios e Perspectivas na Utilização do Betão”.

Dia 42 – 04 de Maio de 2011

1. Leitura da revista “Betão” da APEB.

Dia 43 – 05 de Maio de 2011

1. Tradução da apresentação power point do Eng.º José Marques para o seminário da APEB.

Dia 44 – 06 de Maio de 2011

1. Continuação da tradução da apresentação power point do Eng.º José Marques para o seminário da APEB.

Dia 45 – 09 de Maio de 2011

1. Criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 46 – 10 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 47 – 11 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 48 – 12 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 49 – 13 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 50 – 16 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 51 – 17 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 52 – 18 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 53 – 19 de Maio de 2011

1. Comparação de betões com diferentes superplastificantes, para a obra da Auto-Estrada Transmontana.

- ❖ Ligante (cimento) e agregados (areia e brita) sempre iguais;
- ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams*;
- ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

2. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 54 – 20 de Maio de 2011

1. Comparação de betões com diferentes superplastificantes, para a obra da Auto-Estrada Transmontana.

- ❖ Ligante (cimento) e agregados (areia e brita) sempre iguais;
- ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams*;
- ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);

- Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
- Temperatura;
- Massa volúmica;
- Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

2. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 55 – 23 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

2. Comparação de betões com diferentes superplastificantes, para a obra da Auto-Estrada Transmontana.

- ❖ Ligante (cimento) e agregados (areia e brita) sempre iguais;
- ❖ Pretende-se um betão S5;
- ❖ Comparação entre um betão com Mira e Daracem, um betão com Mira e com ADVA, e um betão com Mira e maior quantidade de ADVA;
- ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams*;
- ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

Dia 56 – 24 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 57 – 25 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 58 – 26 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.
2. Ida a Óbidos para assistir à produção em Central de betão castanho para aplicação num hotel na zona.

Dia 59 – 27 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 60 – 30 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 61 – 31 de Maio de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 62 – 01 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 63 – 02 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 64 – 03 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 63 – 06 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 64 – 07 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 65 – 08 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 66 – 09 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 67 – 14 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 68 – 15 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 69 – 16 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 70 – 17 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.
2. Comparação de betões com cimentos de diferentes origens, para a Auto-Estrada Transmontana.
 - ❖ Agregados (areia e brita) sempre iguais;
 - ❖ Comparação entre cinco cimentos da Betão Liz e um cimento da concorrência (Secil);
 - ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams*;
 - ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

Dia 71 – 20 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 72 – 21 de Junho de 2011

1. Comparação de Superplastificantes, para a Auto-Estrada Transmontana.
 - ❖ Agregados (areia e brita) e ligante (cimento) sempre iguais;
 - ❖ Comparação entre dois Superplastificantes, sendo um deles novo no mercado;
 - ❖ Ensaio de Abaixamento do cone de *Abrams*;
 - ❖ Parâmetros medidos:
 - Abaixamento (em mm);
 - Classificação da aparência (bom, razoável, mau);
 - Temperatura;
 - Massa volúmica;
 - Teor de ar (em pressão, no dispositivo manométrico).

2. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 73 – 22 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 74 – 24 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 75 – 27 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 76 – 28 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 77 – 29 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

Dia 78 – 30 de Junho de 2011

1. Continuação da criação do tema “Tecnologia do Betão” para o relatório.

**A.2. FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA DO
BETÃO**



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO

Revisão: 01 de 01/2019

1. IDENTIFICAÇÃO DA PREPARAÇÃO OU SUBSTÂNCIA

1.1. Identificação da preparação

Destinação comercial:

Esta ficha abrange betões corados em pó, de acordo com a Norma NP197-1:2001:

Consoante as doses de resina, o betão pode classificar-se em: C10/12, C16/20, C20/22, C25/30, C30/37, C35/42, C40/50, C50/60.

Consoante a origem ambiental, obtêm-se as seguintes classes:

- ◊ **Classe de betão produzida por carbonatação:** XC1, XC2, XC3, XC4;
- ◊ **Classe de betão produzida por cimentos não provenientes de água do mar:** XD1, XD2, XD3;
- ◊ **Classe de betão produzida por cimentos provenientes de água do mar:** XF1, XF2, XF3;
- ◊ **Classe de betão produzida por cimentos:** XPS1, XPS2, XPS3, XPS4;
- ◊ **Classes químicas:** XA1, XA2, XA3.

1.2. Identificação da empresa

BETÃO LIZ, S.A.
Rua Quinta do Patrão, Edifício GEPOR, 1.º Andar
2790-257 CURJÓBISSE
Tel: 21 4247200
Fax: 21 4247299
E-mail: geral@betonliz.com

1.3. Número de telefone de emergência

INDESAV – Centro de Informação Ant-Veneno
Tel: 800201143 (Disponível 24 horas por dia)

2. IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

O betão é um produto alcalino pois, quando se mistura cimento com a água, estas materiais reagem entre si formando-se uma solução fortemente alcalina (libertação de alcalis).

2.1. Caracterização do perigo

De entre os constituintes do betão, a substância que apresenta maior perigo é o cimento. A água e os agregados, à partida, inofensivos.

Os adjuvantes poderão eventualmente, representar algum perigo, consoante a sua natureza.



H Irritante
R36/37 Irritante para os olhos, vias respiratórias e pele
R43 Pode causar sensibilização em contacto com a pele

2.2. Modo de exposição

O betão apresenta perigo nas seguintes situações:

- ◊ Inalação
- ◊ Contacto com a pele
- ◊ Contacto com os olhos
- ◊ Ingestão acidental significativa

2.3. Saúde humana

Inalação: A inalação frequente de grandes quantidades de pó de cimento, durante um longo período de tempo, aumenta o risco de desenvolvimento de doenças pulmonares.

Olhos: O contacto do betão fresco com os olhos pode causar lesões graves e potencialmente irreversíveis.

Pele: O contacto prolongado de pasta de betão fresco com a pele pode causar queimaduras graves, uma vez que estas se decompõem em gel que se cria qualquer dia.

2.4. Ambiente

Em condições normais de utilização, o produto não representa qualquer perigo para o ambiente.

2.5. Informação adicional

O betão fresco e um betão completamente misturado em condições de poder ser compactado por qualquer método que se escolha.

A presença de **Crómio** no cimento é muito reduzida, quer pela própria constituição do cimento, quer pela adição de adjuvantes redutores que limitam a presença de **Crómio** (VI) solúvel a valores inferiores a 0,0002% do peso do cimento comercializado e pronto a utilizar (de acordo com a legislação indicada no ponto 12).

O contacto do cimento com a água origina libertação de alcalis.

3. COMPOSIÇÃO, IDENTIFICAÇÃO DOS CONSTITUINTES

3.1. Composição química

O betão é um material constituído pela mistura de diversos componentes: agregados (brita e areia), com um ligante hidráulico (cimento), água e, eventualmente, adjuvantes e adições. As propriedades do betão são devida às ligações do cimento.

Fase/Índice	Quantidade (% massa de betão)	NF EN 12620	
		0/4	4/8
Agregados	70-75%	0/4	0/4
		4/8	4/8
Cimento	10-15%	32500-4	32500-4
		32500-5	32500-5
Água	16-21%	-	-
Adjuvantes	2% (aproximadamente)	-	-

3.2. Composição química, aproximada, para a análise

O cimento pode conter sais solúveis de **Crómio** hexavalente (VI). Quando misturado com água dá origem a uma solução alcalina potencialmente perigosa.

Máximo CAR	Máximo PPMPPCR	Teor (%)	Classificação de perigosidade
32500-4	32500-4	100 (máx)	Irritante H314 , H332 , H334

Crómio hexavalente (VI) máx. no ponto 12.

4. MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Sempre que contactar um médico na sequência das exposições seguintes, leve esta FDS consigo.

4.1. Após inalação acidental significativa

Levar a pessoa para um local com ar fresco, de preferência garganta e fossas nasais devedo de desengatar e confortavelmente. Consultar um médico se a inalação persistir, se esta se decompõem de qualquer outra substância ou desconforto, tosse ou outros sintomas.

4.2. Após contacto com os olhos

Não esfregar os olhos, para evitar danos adicionais na córnea por fricção. Retirar eventuais lentes de contacto. Abrir imediatamente a(s) pálpebra(s) e esgotar imediatamente água limpa para o(s) olho(s), lavando durante pelo menos 15 minutos, para remover eficazmente todas as partículas. Se possível, usar água isotónica (0,9% NaCl).



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO

Revisão: 01 de 01/2019

Contactar o especialista em medicina ocupacional ou um oftalmologista.

4.3. Após contacto com a pele

Em caso de contacto com o betão fresco lavar a pele com água. Remover roupas contaminadas, calçado, relógios, etc., e limpá-los eficazmente antes de os voltar a usar. Solicitar tratamento médico em que seja verifique a irradiação ou queimadura.

4.4. Após ingestão acidental significativa

Não provocar o vômito. Se a pessoa não estiver a lavar a boca com água e a beber água a beber. Procurando imediatamente cuidados médicos ou contactar um centro anti-veneno.

5. INFORMAÇÃO DE EMERGÊNCIA

5.1. Ponto de informação

O betão não é um produto combustível nem explosivo, pelo que não contribui para a combustão de outros materiais.

5.2. Meios de extinção

Todos os meios e agentes de extinção são adequados.

5.3. Equipamento de combate a incêndios

Não é necessário equipamento específico de proteção para os bombeiros.

5.4. Produto de combustão

Nenhum.

6. MEDIDAS PREVENTIVAS

6.1. Precauções individuais

Usar equipamento de proteção individual, como descrito no ponto 8 e seguir os conselhos de manuseamento descritos no ponto 7. Não são necessários procedimentos de emergência.

6.2. Precauções ambientais

Não deixar resíduos de betão em espaços, sistemas de drenagem ou linhas de água.

6.3. Métodos de limpeza

Limpar o betão fresco e colocar num container. Deixar secar e solidificar o material antes da eliminação, como descrito no ponto 12.

7. MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

7.1. Manuseamento

Durante a produção do betão:

Seguir as recomendações descritas no ponto 8.

Betão fresco:

Durante a manuseação para a obra, o betão fresco deve estar em movimento, para não solidificar.

O betão deve ser aplicado em superfícies limpas. Se o betão ficar de ser lançado de uma altura de queda superior a 1,5 metros deve ser utilizado uma mangue ou um tubo de queda. Se houver necessidade de movimentar o betão, deve recorrer-se a uma pá ou ancinho.

O betão fresco pode ser aplicado por decargueira ou bombeado.

7.2. Armazenagem

O betão fresco é um produto que não pode ser armazenado. Pode levar adjuvantes que retardem a sua presa para chegar à obra em condições, mas este período não deve ser muito longo.

7.3. Controlo do Crómio (VI) solúvel presente no cimento

Para os cimentos tratados com um agente redutor do Crómio (VI) conforme as disposições legislativas referidas em 1.2.2, o efeito do agente redutor diminui com o tempo. De qualquer modo, os sacos de cimento e/ou gulas de entrega de betão contêm informação sobre o período de tempo para o qual o produtor estabeleceu que o agente redutor continuará a manter o nível de Cr(VI) solúvel abaixo do limite máximo de 0,0002%, de acordo com a EN 126-10. Deverão também indicar as condições adequadas de armazenamento de modo a garantir o efeito do agente redutor.

8. CONTROLO DE EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL

8.1. Valores-limite de exposição

De acordo com a NR 176/2007, a concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas, numa semana de 40 horas, à qual se consideram igualmente tratados todos os trabalhadores, não em estar sujeitos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde, está regulamentada tabelada:

Designação	Nº CAS	Tipo de VEP	VEP - 8h
Cimento (betão)	6529-10-1	Partículas totais	0,05 mg/m ³

8.2. Controlo da exposição

8.2.1. Controlo da exposição profissional

Nota: Durante o trabalho evite-se contacto directo com as poeiras e o betão fresco. Se for absolutamente necessário, ande de frente à usar equipamento de proteção individual adequado e permeável. Não comer, beber ou fumar quando se está a trabalhar com betão, para evitar contacto com a pele ou a boca.

Imediatamente após o trabalho com betão os trabalhadores deverão lavar-se e aplicar cremes hidratantes para a pele. Despir as roupas contaminadas, calçado, relógios, etc., e limpá-los eficazmente antes de os voltar a usar.

Proteção respiratória: Quando uma pessoa é exposta a poeiras acima dos limites de exposição, de usar proteção nas práticas apropriadas a qual deva ser adequada ao nível de poeiras e obedecer à norma EN adequada.

Proteção dos olhos: Para prevenir o contacto com os olhos, durante a manipulação de betão fresco de usar óculos de proteção ou óculos de segurança de acordo com a EN 166.

Proteção da pele: Para proteger o pele do contacto prolongado com o betão fresco, deve-se usar luvas impermeáveis, resistentes à abrasão e a água, botas, roupas de proteção fechadas com mangas compridas e ainda produtos para a proteção da pele (incluindo cremes hidratantes). Deverão haver um cuidado especial para garantir que o betão fresco não entra nas botas.

Em certas aplicações, como a colocação no pavimento do betão com água, poderá ser necessário usar calças e botas impermeáveis.

9. INFORMAÇÃO DE EMERGÊNCIA

9.1. Informações gerais

O betão é uma mistura de cor acinzentada, inodora (pode ganhar cheiro com a adição de adjuvantes), que não representa perigo para o meio ambiente.

9.2. Dados físicos

- Massa volumétrica:
200-2000 kg/m³
- pH (1% a 20°C em água):
13
- Ponto de ebulição/ebulição, Ponto de vapor, Densidade de vapor, Grau de oxidação, Ponto de congelar:
0,4

**A.3. FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA DO
BETÃO BRANCO**



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO BRANCO

Rev. 01 - 2014

1. IDENTIFICAÇÃO DA PREPARAÇÃO OU SUBSTÂNCIA

1.1. Identificação da preparação

Designação comercial:

Esta ficha abrange betões brancos de acordo com a norma NP 197-1:2007.

A coloração do betão é obtida a partir do pigmento branco de aplicação da **WSP003**.

Utilização:

Trata-se um betão com cimento branco e resinas constituintes selecionadas para garantir maior branco, adequação às aplicações arquitetónicas de tonalidade branca.

1.2. Identificação da empresa

BETÃO LEI, S.A.
Rua Cunha do Palácio, Edifício GEPOR, 1.º Esq.º
2790-257 CUNHA DO PALÁCIO
Tel: 21 424 7500
Fax: 21 424 7599
E-mail: geral@betonlei.com

1.3. Número de telefone de emergência

INEM, CIVIL – Centro de Informação Ind-Venenos
Tel: 202201432 (Disponível 24 horas por dia)

2. IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

O betão é um produto alcalino pois, quando se mistura cimento com a água, estas materiais reagem entre si formando-se uma solução fortemente alcalina (libertação de álcalis).

2.1. Caracterização do perigo

De entre os constituintes do betão, a substância que apresenta maior perigo é o cimento. A água e os agregados são, à partida, inofensivos.

Os adjuvantes poderão eventualmente, representar algum perigo, consoante a sua natureza.

O pigmento não representa qualquer perigo para o meio ambiente, de acordo com os critérios da União Europeia.



Irritante
R03/ST03 Irritante para os olhos, vias respiratórias e pele
R13 Pode causar sensibilização em contacto com a pele

2.2. Modo(s) de exposição

O betão apresenta perigo nas seguintes situações:

- ☐ Inalação
- ☐ Contacto com a pele
- ☐ Contacto com os olhos
- ☐ Ingestão acidental significativa

2.3. Saúde humana

Inalação: A inalação frequente de pequenas quantidades de poeiras de cimento, durante um longo período de tempo, aumenta o risco de desenvolvimento de doenças pulmonares.

Olhos: O contacto do betão fresco com os olhos pode causar lesões graves e potencialmente irreversíveis.

Pele: O contacto prolongado de peles do betão fresco com a pele pode causar queimaduras graves, uma vez que estas se dessecam e irritam que se sinte qualquer dor.

2.4. Ambiente

Em condições normais de utilização, o produto não representa qualquer perigo para o ambiente.

2.5. Informação adicional

O betão fresco é um betão completamente misturado em condições de poder ser compactado por qualquer método que se escolha.

A presença de cimento no betão é muito reduzida, que pela própria constituição do cimento, quer pela adição de adjuvantes redutores que limitam a presença de Crómio (VI) solúvel a valores inferiores a 0,0002% do peso do betão com cimento e pronto a utilizar (de acordo com a legislação indicada no ponto 12).

O contacto do cimento com a água origina libertação de álcalis.

3. COMPOSIÇÃO COMERCIAL DO BLOCO CONSTITUTIVO

3.1. Composição química

O betão é um material constituído pela mistura de elementos proporcionados designados (brita e areia) com um ligante hidráulico (cimento), água e, eventualmente, adjuvantes e adições. As propriedades do betão são determinadas pela hidratação do cimento.

O betão branco tem origem na adição de pigmento branco ao betão tradicional.

Materiais	Tipo de Cimento (classe)	WSP003	
		WSP003	WSP003
Agregados	Brita	02-12L	-
	Areia	02-12L	-
Cimento	7-25L	32500-01	-
		32507-01	-
Água	11-21L	-	-
Adjuvante	2L (aproximadamente)	-	-

3.2. Composição do pigmento

Pigmento	Composição	Número CAS
Branco	Dióxido de Titânio	13802-01

3.3. Composição química, propriedades perigosas, classe e rótulo

O cimento pode conter sais solúveis de crómio hexavalente (Cr(VI)). Quando misturado com água dá origem a uma solução alcalina potencialmente perigosa.

Número CAS	Número POPCE	Tox (H)	Classificação de perigosidade
32507-01	32500-01	02 (H314)	Irritante (H314), Corrosivo (H314)

Descrição dos ícones H e pictogramas no ponto 2.

4. PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA

Sempre que contactar um médico na sequência das exposições seguintes, leve esta FDS consigo.

4.1. Após inalação acidental significativa

Levar a pessoa para um local com ar fresco. Se a pessoa na garganta e fossos nasais devedo de engasgar e sufocar. Consultar um médico se a irritação persistir, se esta se dessecar, desenvolver ou se manifestar outros sintomas ou desconforto, tosse ou outros sintomas.



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO BRANCO

Rev. 01, 20.04.2015, 09:00

6.2. Após contacto com os olhos

Não esfregar os olhos, para evitar danos adicionais na córnea por fricção. Retirar eventuais lentes de contacto. Abrir totalmente e(p) pálpabra(s) e esgotar imediatamente água limpa para o(s) olho(s), lavando durante pelo menos 15 minutos, para remover eficazmente todas as partículas, se possível, usar água isotónica (0,9% NaCl). Contactar o especialista em medicina ocupacional ou um oftalmologista.

6.3. Após contacto com a pele

Em caso de contacto com o betão fresco, lavar a pele com água. Remover roupas contaminadas, calçado, relógios, etc. e limpá-los eficazmente antes de os voltar a usar. Solicitar tratamento médico sempre que se verifique irritação ou queimadura.

6.4. Após ingestão acidental significativa

Não provocar o vômito. Se a pessoa estiver consciente, lavar a boca com água e dar muita água a beber. Providenciar imediato cuidado médico ou contactar um centro anti-veneno.

7. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

7.1. Ponto de inflamação

O betão não é um produto combustível nem explosivo, pelo que não contribui para a combustão de outros materiais.

7.2. Meios de extinção

Todos os meios e agentes de extinção são adequados.

7.3. Equipamento de combate a incêndios

Não é necessário equipamento específico de proteção para os bombeiros.

7.4. Produtos de combustão

Nenhum.

8. MEDIDAS PREVENTIVAS

8.1. Precauções individuais

Usar equipamento de proteção individual, como descrito no ponto 8 e seguir os conselhos de manuseamento descritos no ponto 7. Não são necessários procedimentos de emergência.

8.2. Precauções ambientais

Não deixar resíduos de betão em espaços e sistemas de drenagem ou linhas de água.

8.3. Métodos de limpeza

Limpar o betão fresco e colocar num contentor. Deixar secar e solidificar o material antes da sua eliminação, como descrito no ponto 12.

9. INFORMAÇÕES SOBRE O PRODUTO/EMPREGO

9.1. Manuseamento

Durante a produção do betão: seguir as recomendações descritas no ponto 6.

Betão pronto:

Durante o transporte para a obra, o betão fresco deve estar em movimento, para não solidificar.

O betão deve ser aplicado em superfícies limpas. Se o betão tiver de ser lançado de uma altura elevada superior a 1,5 metros, deve ser utilizada uma mangia ou um tubo de queda. Se houver necessidade de movimentar o betão, deve recorrer-se a uma pá ou anzinho.

O betão fresco pode ser aplicado por descargadirecto ou bombeado.

9.2. Armazenagem

O betão fresco é um produto que não pode ser armazenado. Pode levar adjuvantes que retardem a sua presa para chegar à obra em condições, mas este período não deve ser muito longo.

9.3. Controlo do Crómio (VI) residual presente no cimento

Para os cimentos tratados com um agente redutor do Crómio (VI) conforme as disposições legislativas referidas em 1.2, o efeito do agente redutor diminui com o tempo. De acordo com os dados de dreno e/ou guias de entrega de dados, a informação sobre o período de tempo para o qual o produtor estabeleceu que o agente redutor continuará a manter níveis de Cr(VI) abaixo do limite imposto de 0,0005% de acordo com a EN 126-10. Deverão também indicar as condições adequadas de armazenamento de modo a garantir o efeito do agente redutor.

10. CONTROLO DE EXPOSIÇÃO INDIVIDUAL

10.1. Valores limite de exposição

De acordo com a NP 1796:2007, a concentração média ponderada para um dia de trabalho é 8 horas, e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde, está regulamentada tabelada:

Designação	NIOS	Tipo de VEP	VEP - 8h
Cimento Portland	6257-10-1	Poeiras totais	0,05 mg/m ³
Pigmento Branco	0422-07	Poeiras totais	0,05 mg/m ³

10.2. Controlo da exposição

10.2.1. Controlo da exposição profissional

Nota: Durante o trabalho evitar o contacto directo com o betão fresco ou betão fresco se for absolutamente necessário, então deve-se usar equipamento de proteção individual adequado e permeável. Não comer, beber ou fumar quando se está a trabalhar com betão, para evitar contacto com a pele ou a boca.

Imediatamente após o trabalho com betão os trabalhadores deverão lavar-se e aplicar cremes hidratantes para a pele. Desligar as roupas contaminadas, calçado, relógios, etc. e limpá-los eficazmente antes de os voltar a usar.

Proteção respiratória: Quando uma pessoa é exposta a poeiras acima dos limites de exposição, de utilizar proteção respiratória apropriada a qual deverá ser adequada ao nível de poeiras e obedecer à norma EN adequada.

Proteção dos olhos: Para prevenir o contacto com os olhos, durante a manipulação de betão fresco deve-se usar óculos apropriados ou óculos de segurança de acordo com a EN 166.

Proteção da pele: Para proteger a pele do contacto prolongado com o betão fresco, deve-se usar luvas impermeáveis, resistentes à abrasão e a água, botas, roupas de proteção fechadas com mangas compridas e ainda produtos para a proteção da pele (incluindo cremes isolantes). Deverá haver um cuidado especial para garantir que o betão fresco não entra nas botas.

Em certas aplicações, como o colocação nivelamento do betão com régua, poderá ser necessário usar calças e botas impermeáveis.

11. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

11.1. Informações gerais

O betão é uma mistura cor acinzentada, inodora (pode ganhar cheiro com a adição de adjuvantes), que não representa perigo para o meio ambiente.

11.2. Dados físicos

0 Massa volúmica:



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO BRANCO

Rev. 01/2023 (01/2023)

- 900-2000 kg/cm²
- pH (1% aq. em água): 12
- Ponto de ebulição/efluviação: Ponto de ebulição: Quantidade de vapor: Grau de evaporação: Ponto de congelação: 0,4°

Não é expectável que produza efeitos perigosos o ambiente (CL50 toxicidade não determinada). A adição de grandes quantidades de cimento à água pode, no entanto, causar um aumento do pH, tornando-se assim tóxico para vida aquática em determinadas circunstâncias.

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

10.1. Estabilidade

O betão fresco é uma mistura estável, que não reage em ambientes normais.

No entanto, os pigmentos que lhe são adicionados podem perder estabilidade e oxidar quando expostos a temperaturas superiores a 140°C. Durante este processo gera-se calor que, em condições desfavoráveis, pode conduzir à combustão repentina de materiais inflamáveis.

10.2. Condições a evitar

É de evitar que o betão fresco seja parado durante o transporte, pois pode solidificar nas paredes da cuba do camião, ponho em causa a qualidade da betonagem e do próprio betão.

10.3. Medidas a evitar

Deverá ser evitada a utilização não controlada de pó de alumínio no cimento húmido, uma vez que conduz à formação de hidrogénio. Deverá ser igualmente evitado o contacto com ácidos fortes e agentes oxidantes fortes.

11. Informação toxicológica

11.1. Efeitos agudos

Contacto com os olhos: O contacto directo com calcões de betão fresco pode causar efeitos que poderão dar origem a irritação moderada dos olhos (conjuntiva ou blefarite) ou queimaduras químicas e queimadura.

Contacto com a pele: O contacto do betão fresco com a pele pode provocar irritação, eczemas, grelos ou fissuras na pele. O contacto prolongado combinado com abrasão pode provocar queimaduras graves.

Ingestão: Ingerir grandes quantidades pode causar irritação no trato gastrointestinal.

Inalação: Quando adicionado à mistura, o cimento pode provocar irritação na garganta e no nariz respiratório. Tosse, espirros e falta de ar podem ocorrer após exposições acima dos valores limites de exposição.

11.2. Efeitos crónicos

Inalação: Exposição crónica a poeiras respiráveis acima dos valores limites de exposição pode originar tosse, falta de ar e pode causar doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC).

Dermatite por contacto: **Alérgica/Sensibilizante:** Algumas pessoas podem apresentar dermatite após exposição a betão fresco, causado tanto por elevação do pH, que provoca dermatite de irritação por contacto, como por reacção imunológica ao $Ca(OH)_2$ solúvel presente no cimento, que provoca dermatite alérgica por contacto (Referência (1)). A reacção pode manifestar-se numa variedade de formas, que vão desde uma simples erupção até graves dermatites, com ou sem uma combinação destas dois mecanismos. Um diagnóstico exacto é frequentemente difícil de conseguir.

Se o cimento contém um agente redutor $Ca(OH)_2$ solúvel, desde que não se passe o referido tempo de estabilidade da redigido do crómio, não é expectável um efeito sensibilizante (Referência (2)).

11.3. Condições médicas agravadas pela exposição

Inalar poeiras pode agravar doenças do sistema respiratório já existentes, e/ou situações médicas como enfisema ou asma, e/ou situações já existentes na pele e/ou olhos.

12. Informação ecológica

12.1. Ecorotoxicidade

12.2. Mobilidade

O betão não é volátil, mas pode originar poeiras durante a sua produção (libertação de poeiras de cimento).

12.3. Persistência e degradabilidade

O betão deteriora-se quando sujeito a ambientes quimicamente agressivos, a ciclos de gelo/desgelo, a carbonatação e ao ataque de ácidos.

Os pigmentos são elementos praticamente inertes, pelo que ocorre separação em cada processo de filtração e sedimentação.

12.4. Potencial de bioacumulação / Resultados da avaliação PBT / Outros efeitos adversos

Não relevante. Após endurecimento, o betão não apresenta riscos de toxicidade.

13. Informação de segurança

13.1. Recipientes usados ou durante o uso

Recuperar o saco. Manter os contentores. Possivelmente reutilizar dependendo das considerações do período de validade. Em caso de eliminação, misturar com água de lavar e eliminar e/ou esgotar e eliminar de acordo com 13.4.

13.2. Resíduos

Permitir o endurecimento, evitar entrada nos efluentes ou nos sistemas de drenagem ou em cursos de água e eliminar como indicado em 13.4.

13.3. Betão endurecido

Eliminação de acordo com a legislação local. Evitar no mesmo sistema de esgotos de água. Eliminação do produto endurecido como resíduo de betão. Devido à toxicidade, o resíduo de betão não é um resíduo perigoso.

Códigos LER: 10 13 14 (resíduos de produção de cimento – resíduos de betão ou sedimentos de betão) ou 17 01 03 (resíduos de construção e demolição – betão).

14. Transporte

O betão fresco deve ser transportado e aplicado dentro de um tempo razoável, a partir do momento em que sai da fábrica. Após a adição de água, o betão deve ser aplicado no espaço de 90 minutos, no máximo, para garantir as características resistências que se pretendem.

O tambor de mistura deve estar em constante rotação, para evitar a segregação e a desagregação do betão.

O betão fresco não é abrangido pela regulamentação internacional para o transporte de materiais perigosos (IMDG, IATA, ICDR/RID), não são necessárias precauções especiais para além das mencionadas no ponto 9.

15. Informação de emergência

15.1. Guia de remediação de betão pronto de acordo com a 1999/45/CE

Do documento deve constar a seguinte informação relativa a:

- Identificação da central;
- Número de série;
- Data e hora de amassadura;
- Identificação do veículo de transporte e do cliente;
- Local de entrega;
- Formatos e referências a ser especificadas;
- Quantidade de betão entregue;
- Declaração de conformidade com a NP EN 206-1;



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO BRANCO

Rev. 2017, 20 de Junho de 2017

- Nome e logótipo do organismo de certificação;
- Classe de resistência do betão;
- Classe de exposição ambiental;
- Classe de teor de cloratos;
- Classe de conteúdo ouvidor pretendido (relação ar/c);
- Formações de composição;
- Tipo de adjuvante, se exigido;
- Dimensão máxima do agregado.

15.2. Classificação e rotulagem do cimento de acordo com a 1999/53/CE



Xi-Irritante

Riscos de Risco:

- R 36/37/38 – Irritante para os olhos, vias respiratórias e pele.
- R 36 – Pode causar irritação em contacto com a pele.

Riscos de Segurança:

- S 2 – Manter fora do alcance das crianças.
- S 22 – Não respirar as poeiras.
- S 23/25 – Evitar contacto com a pele e os olhos.
- S 26 – Em caso de contacto com os olhos, lavar imediatamente e abundantemente com água e consultar um especialista.
- S 26/37/38 – Usar vestuário de protecção, luvas e equipamento protector para a via aérea adequados.
- S 36 – Em caso de ingestão, consultar imediatamente o médico e mostrar-lhe a embalagem ou rótulo.

15.3. Legislação nacional/Requisitos

- (1) Decreto-Lei nº 201/2007 de 29 de Agosto
- (2) NP EN 206-1 – Certificação do controlo da produção do betão.
- (3) Decreto-Lei nº 622/08 de 2 de Abril (alterado Decreto-Lei nº 62/009 de 29 de Abril)
- (4) Regulamento (CE) nº 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de Dezembro de 2006
- (5) Decreto-Lei nº 720/05 de 6 de Junho (transposição da Directiva nº 2002/95/CE)
- (6) Decreto-Lei nº 622/08 de 29 de Abril (transposição das Directivas nº 1999/45/CE, 2002/95/CE e 2002/60/CE)
- (7) Decreto-Lei nº 622 de 29 de Abril (transposição das Directivas nº 80/117/CEE, 91/532/CEE, 91/536/CEE, 91/110/CEE, 91/626/CEE, 92/50/CEE, 92/57/CEE, 92/69/CEE, 93/11/CEE, 93/67/CEE, 93/70/CEE, 93/86/CEE, 93/101/CEE, 93/103/CEE e 93/110/CEE).
- (8) Portaria nº 730-356 de 11 de Dezembro
- (9) NP EN 197-1:2001 – Cimento Para 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos comuns.
- (10) NP 1766:2007 – Segurança e Saúde no Trabalho. Valores limite de exposição profissional a agentes químicos.

16. OUTROS INFORMAÇÕES

16.1. Abreviaturas

- CE – Lista Europeia de Resíduos
- IMO – Materiais perigosos por via marítima Internacional
- ITC – Associação Internacional dos Transportes Cárregos
- ADR – Acordo para o transporte de materiais por rodovia
- RI – Regulamento para o transporte Internacional de materiais perigosos por ferrovia.

16.2. Referências

- (1) Design and Control of Concrete Mixtures – The guide to applications, methods, and materials, PCI (Portland Cement Association) 2011;
- (2) Portland Cement Dust – Hazard assessment document (H727, UK Health and Safety Executive, 2004, Diagonal 494, <http://www.hse.gov.uk/pubs/ind/ind/portlandcement.pdf>);
- (3) Observations on the effects of skin irritation caused by cement, Gattardo et al, *Chemosphere*, 47, 2, 193-199 (1999);
- (4) European Commission's Scientific Committee on Toxicology, Ecotoxicology and the Environment (SC TE) opinion of the risks to health from Cr(VI) in cement (European Commission, 2002);
- (5) Epidemiological assessment of the occurrence of allergic dermatitis in workers in the construction industry related to the content of Cr(VI) in cement, NIOSH, Page 11, 2005.

**A.4. FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA DO
BETÃO COLORIDO**



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO COLORIDO

Rev. 01/2014 (01/2013)

1. IDENTIFICAÇÃO DA PREPARAÇÃO DA SUBSTÂNCIA

1.1. Identificação da preparação

Designação comercial:

Esta ficha abrange betões coloridos, de acordo com a norma NP 127-1:2001, incluindo as cores:

- Amarelo
- Vermelho
- Castanho
- Preto
- Laranja
- Verde

A coloração do betão é obtida a partir dos pigmentos **Reologia 9404**.

Utilização:

Trata-se um betão adequado para soluções arquitectónicas de tonalidade diferenciada.

1.2. Identificação da empresa

BETÃO LIZ, S.A.
Rua Quinta do Palatinho, Edifício BOPOR, 1.º Esq.º
2790-297 OURINHOS
Tel: 21-4247200
Fax: 21-4247299
E-mail: beta@beta-liz.com

1.3. Número de telefone de emergência

BIDEL CIVIL – Centro de Informação Ind-Ánimo
Tel: 80820143 (Disponível 24 horas por dia)

2. IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

O betão é um produto alcalino pela grande mistura cimento com a água, essa mistura reage entre si formando-se uma solução fortemente alcalina (libertação de álcalis).

2.1. Caracterização do perigo

De acordo com as constituintes do betão, a substância que apresenta maior perigo é o cimento. A água e os agregados, à partida, inofensivos.

Os adjuvantes poderão eventualmente, representar algum perigo, consoante a sua natureza.

Os pigmentos não representam qualquer perigo para o meio ambiente, de acordo com os critérios da União Europeia.



Atenção:
R36/37 Irritante para os olhos, vias respiratórias e pele.
R43 Pode causar sensibilização em contacto com a pele.

2.2. Modo de exposição

O betão apresenta perigo nas seguintes situações:

- Inalação
- Contacto com a pele
- Contacto com os olhos
- Ingestão acidental significativa

2.3. Saúde humana

Inalação: A inalação frequente de pequenas quantidades de poeiras de cimento, durante um longo período de tempo, aumenta o risco de desenvolvimento de doenças pulmonares.

Contato: O contacto do betão fresco com os olhos pode causar lesões graves e potencialmente irreversíveis.

Nota: O contacto prolongado de partes do betão fresco com a pele pode causar queimaduras graves, uma vez que estas se dessecam e ficam sem que se sintam qualquer dor.

2.4. Ambiente

Em condições normais de utilização, o produto não representa qualquer perigo para o ambiente.

2.5. Informação adicional

O betão fresco é um betão completamente misturado em condições de poder ser compactado por qualquer método que se alicha.

A presença de cimento no betão é muito reduzida, quer pela própria constituição do cimento, quer pela adição de adjuvantes redutores que limitam a presença de Cimento (C) a valores inferiores a 0,0002% do peso do betão comercializado e pronto a utilizar (de acordo com a legislação indicada no ponto 1.2).

O contacto do cimento com a água origina libertação de álcalis.

3. COMPOSIÇÃO, IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES

3.1. Composição química

O betão é um material constituído pela mistura devidamente proporcionada de agregados (brita e areia) com um ligante hidráulico (cimento), água e, eventualmente, adjuvantes e adições. As propriedades do betão são determinadas pela hidratação do cimento.

O betão colorido tem origem na adição de pigmentos coloridos ao betão tradicional.

Substância	Forma de Contato (p. 2.1. Modo de Exat.)	NFPA/OSHA	
		NFPA	OSHA
Agregados	Britas	02	02
	Areia	02	02
Cimento	P	02	02
		02	02
Água	H	02	
Adjuvantes	P	02	02
		02	02

3.2. Composição dos pigmentos

Pigmento	Composição	Número OSHA
Amarelo	Fe ₂ O ₃	03311-04
Vermelho	Fe ₂ O ₃	03311-04
Preto	Fe ₂ O ₃	03311-04
Verde	Cr ₂ O ₃	03311-04
Laranja	Fe ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	-
Castanho	Fe ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	-

3.3. Composição química, propriedades perigosas, p.p.e., e A.M.D.

O cimento pode conter sais solúveis de crómio hexavalente (Cr(VI)). Quando misturado com água dá origem a uma solução alcalina potencialmente perigosa.



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO COLORIDO

Rev. 01 de 01/2019

Não deixar resíduos de betão em espaços e sistemas de drenagem ou linhas de água.

Número CAS	Número EINECS	Toxic (TL)	Classificação de perigo (H)
8207-10-1	33004-1	02 (H)	Irritante (Xi) P227/231, P302

*Descrição das frases H e pictógrafos na parte 02.

6. PRECAUCOES GERAIS

Sempre que contactar um médico na sequência das exposições seguintes, leve esta FDS consigo.

6.1. Após inalação acidental significativa

Levar a pessoa para um local com ar fresco. Se possível, lavar a garganta e tossir nasal de modo a gerar um espiranto. Consultar um médico se a irritação persistir, se não se dessemdiver mal-estar ou substância de desconforto, tosse ou outros sintomas.

6.2. Após contacto com os olhos

Não esfregar os olhos, para evitar danos adicionais na córnea por fricção. Retirar as lentes de contacto, se estiverem a ser utilizadas. Enxaguar imediatamente a água limpa para o(s) olho(s), lavando durante pelo menos 15 minutos, para remover eficazmente todas as partículas. Se possível, usar água isotónica (0,9% NaCl). Contactar o especialista em medicina ocupacional ou um oftalmologista.

6.3. Após contacto com a pele

Em caso de contacto com o betão fresco, lavar a pele com água. Remover roupas contaminadas, calçado, relógios, etc. e limpá-los eficazmente antes de os voltar a usar. Solicitar tratamento médico sempre que se verificar irritação ou queimadura.

6.4. Após ingestão acidental significativa

Não provocar o vômito. Se a pessoa estiver consciente, lavar a boca com água e dar muita água a beber. Procurar imediatamente ajuda médica ou contactar um centro anti-veneno.

7. MANEJO DA SUBSTANCIA CONTAMINADA

7.1. Ponto de inalação

O betão não é um produto combustível nem explosivo, pelo que não contribui para a combustão de outros materiais.

7.2. Meio de extinção

Todos os meios e agentes de extinção são adequados.

7.3. Equipamento de combate a incêndios

Não é necessário equipamento específico de proteção para os bombeiros.

7.4. Produtores de combustão

Nenhum.

8. MEDIDAS PREVENTIVAS

8.1. Precauções individuais

Usar equipamento de proteção individual, como descrito no ponto 8 e seguir os conselhos de manuseamento descritos no ponto 7. Não são necessários procedimentos de emergência.

8.2. Precauções ambientais

9. Métodos de limpeza

Limpar o betão fresco e colocar num contentor. Deixar secar e solidificar o material antes da sua eliminação, como descrito no ponto 12.

10. INFORMAÇÕES PARA O MANEJO DA SUBSTANCIA

10.1. Manuseamento

Durante a produção do betão:

Seguir as recomendações descritas no ponto 6.

Betão pronto:

Durante o transporte para a obra, o betão fresco deve estar em movimento, para não solidificar. O betão deve ser aplicado em superfícies limpas. Se o betão tiver de ser lançado de uma altura elevada superior a 1,2 metros, deve ser utilizada uma manga ou um tubo de queda. Se houver necessidade de movimentar o betão, deve recorrer-se a uma pá ou ancinho.

O betão fresco pode ser aplicado por descarregador ou bombeado.

10.2. Armazenagem

O betão fresco é um produto que não pode ser armazenado. Pode levar adjuvantes que retardem a sua presa para chegar à obra em condições, mas este período não deve ser muito longo.

10.3. Controlo do Crómio (VI) Ativo presente no cimento

Para os cimentos tratados com um agente redutor do Crómio (VI) conforme as disposições legislativas referidas em 1.2.3, o efeito do agente redutor diminui com o tempo. De qualquer modo, o sacos de cimento e os guias de entrega de adjuvantes fornecem informação sobre o período de tempo para o qual o produtor estabeleceu que o agente redutor continuará a manter níveis de Cr(VI) aditivo abaixo do limite imposto de 0,0005% de acordo com a EN 12670. De arto também indicará condições adequadas de armazenamento de modo a garantir o efeito do agente redutor.

11. CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTEÇÃO INDIVIDUAL

11.1. Valores-limite de exposição

De acordo com a NP 1796:2007, a concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas, soma semana de 40 horas, à qual se consideraque gratuitamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde, está regularmente tabelada:

Designação	MFCAE	Tox. de V.P.	V.P. 8h
Cimento Portland	8207-10-1	Poeiras totais	0,5 mg/m ³
Pigmento Verde	2281-02-1	Poeiras totais	0,5 mg/m ³
Pigmento Vermelho	8202-1	Poeiras totais	0,5 mg/m ³
Pigmento Preto	1317-02-2	Poeiras totais	0,5 mg/m ³
Pigmento Verde	1329-22-0	Poeiras totais	0,5 mg/m ³
Pigmento Laranja	-	Poeiras totais	0,5 mg/m ³
Pigmento Castanho	-	Poeiras totais	0,5 mg/m ³

11.2. Controlo da exposição



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA BETÃO COLORIDO

Rev. 01/2024 (01/2023)

02.1. Controlo da exposição profissional

Geral: Durante o trabalho evitar o contacto directo com argamassas ou betão fresco. Se for absolutamente necessário, então deve-se usar equipamento de protecção individual adequado e permeável. Não comer, beber ou fumar quando se está a trabalhar com betão, para evitar contacto com a pele ou a boca.

Imediatamente após o trabalho com betão os trabalhadores deverão lavar-se e aplicar cremas hidratantes para a pele. Desligar as roupas contaminadas, calçado, relógios, etc. e limpá-los adequadamente antes de os voltar a usar.

Protecção respiratória: Quando uma pessoa é exposta a poeiras acima dos limites de exposição, de evitar a protecção respiratória apropriada a qual deverá ser adequada aos níveis de poeiras obedecer à norma EN adequada.

Protecção dos olhos: Para prevenir o contacto com os olhos, durante a manipulação de betão fresco deve-se usar óculos de segurança ou óculos de segurança de acordo com a EN 166.

Protecção da pele: Para proteger o contacto prolongado com o betão fresco, de ir-se usar luvas impermeáveis, resistentes à abrasão e a água, botas, roupas de protecção fechadas com mangas compridas e ainda produtos para a protecção da pele (incluindo cremas hidratantes). De utilizar um cuidado especial para garantir que o betão fresco não entre nas botas.

Em certas aplicações, como a colocação nivelamento do betão com régua, poderá ser necessário usar calças e joelheiras impermeáveis.

9. INFORMAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

9.1. Informações gerais

O betão é uma mistura de cor acinzentada, inodora (pode ganhar cheiro com a adição de adjuvantes), que não representa perigo para o meio ambiente.

9.2. Dados físicos

- **Massa volúmica:**
2000-2000 kg/m³
- **pH (1% em água):**
12
- **Ponto de ebulição/efluviação, Ponto de ebulição/efluviação de vapor, ponto de ebulição/efluviação de vapor:**
Não aplicável.

10. ESTABILIDADE E REACTIVIDADE

10.1. Estabilidade

O betão fresco é uma mistura estável que não reage em ambientes normais.

No entanto, os pigmentos que lhe são adicionados podem perder estabilidade e oxidar quando expostos a temperaturas superiores a 100°C. Durante este processo gera-se calor que, em condições desfavoráveis, pode conduzir à combustão repentina de materiais inflamáveis.

10.2. Condições a evitar

É de evitar que o betão fresco esteja parado durante o transporte, pois pode solidificar nas paredes da cuba do carro, ponho em causa a qualidade da betagem e do próprio betão.

10.3. Reacções a evitar

Deverá ser evitada utilização não controlada de pó de alumínio no cimento húmido, uma vez que conduz à formação de hidrogénio. Deverá ser igualmente evitado contacto com ácidos fortes e agentes oxidantes fortes.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

11.1. Efeitos agudos

Contacto com os olhos: O contacto directo com salpêtras de betão fresco pode causar efeitos que poderão dar origem a irritação moderada dos olhos (conjuntiva ou biterítia) ou queimaduras químicas e cegueira.

Contacto com a pele: O contacto do betão fresco com a pele pode provocar irritação, escoriações, gressas ou fissuras na pele. O contacto prolongado combinado com abrasão pode provocar queimaduras graves.

Ingestão: Ingerir grandes quantidades pode causar irritação no trato gastrointestinal.

Inalação: Quando adicionado à mistura, o cimento pode provocar irritação na garganta e nariz e respiratório. Tosse, espirros e falta de ar podem ocorrer após exposições acima dos valores limites de exposição.

11.2. Efeitos crónicos

Inalação: Exposição crónica a poeiras respiráveis acima dos valores limites de exposição pode originar asma, falta de ar e pode causar doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC).

Dermatite por contacto: **Efeitos Sensibilizantes:** Algumas pessoas podem apresentar uma reação a exposição a betão fresco, causada pelo seu efeito alcalino, que provoca dermatite de irritação ou contacto, com por vezes erupção alérgica sob (V) a pele (ver referências (1)). A resposta pode manifestar-se numa variedade de formas que vão desde uma simples erupção até graves queimaduras, com um risco de combinação de ambas as reacções. Um diagnóstico exacto é frequentemente difícil de conseguir.

Se o cimento contém um agente redutor (Q/V) solúvel, desde que não se passe o período de estabilidade durante o período, não é expectável um efeito sensibilizante (Referência (2)).

11.3. Condições médicas agravadas pela exposição

Inalar poeiras pode agravar doenças do sistema respiratório já existentes, ou situações médicas como asma ou sensibilidade a situações já existentes na pele e/ou olhos.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

12.1. Ecotoxicidade

Não é expectável que o produto seja perigoso para o ambiente (CL50 toxicidade não determinada). A adição de grandes quantidades de cimento à água pode, no entanto, causar um aumento de pH, tornando-se assim tóxico para vida aquática em determinadas circunstâncias.

12.2. Mobilidade

O betão não é volátil, mas pode originar poeiras durante a sua produção (libertação de poeiras de cimento).

12.3. Persistência e degradabilidade

O betão deteriora-se quando sujeito a ambientes quimicamente agressivos e ciclos de gelo/dégelo, e carbonatação e a água de drenagem.

Os pigmentos são elementos praticamente inertes, pelo que ocorre separação em cada processo de filtração e sedimentação.

12.4. Potencial de bioacumulação / Resultados da avaliação PBT / Outros efeitos adversos

Não relevante. Após endurecimento, o betão não apresenta riscos de toxicidade.

13. INFORMAÇÕES SOBRE O PRODUTO

13.1. Reacção no estado ou durante o uso

Recuperação: Marcar os contentores. Possivelmente neutralizar dependendo das considerações do período de validade. Em caso de eliminação, misturar com água de lavar e enterrar ou sacar e eliminar de acordo com 13.4.

13.2. Resíduos

Permitir o endurecimento, evitar entrada nos eixos ou no sistema de drenagem ou em outros de água e eliminar de acordo com 13.4.

13.3. Betão endurecido

**A.5. FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA DO
CIMENTO**



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA CIMENTO

Rev. 01 - 20/01/2011

1. IDENTIFICAÇÃO DA PREPARAÇÃO OU SUBSTÂNCIA

1.1. Identificação da preparação

Designação comercial:

Esta ficha abrange as seguintes tipos de cimento, de acordo com a Norma NP 197-1:2001:

- Cimento Portland CEM I 32,5 R
- Cimento Portland CEM I 42,5 R
- Cimento Portland de calcário CEM III-L 32,5 R
- Cimento Portland de calcário CEM III-L 42,5 R
- Cimento Portland composto CEM III-M (V) 32,5 R
- Cimento pozolânico CEM IV (V) 32,5 R

Capacidade de embalagem:

O cimento apresenta-se a granel em sacos de 25 kg.

1.2. Utilização da preparação

Os cimentos comuns são utilizados como ligantes hidráulicos na produção de betões, argamassas, rebocos, etc.

1.3. Identificação da empresa

PORTO CEMENTO S.A.
Rua Culma do Palácio, Edifício BOPOR, 1.º Eq.º
2760-027 OURNADO
Tel: 21 4247200
Fax: 21 4247299
E-mail: portoc@portocement.com

1.4. Número de telefone de emergência

INEM, CIAV – Centro de Informação Anti-Veneno
Tel: 20220142 (Disponível 24 horas por dia)

2. IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

O cimento, quando misturado em água ou quando começa a ficar húmido, reage com a água formando-se uma solução fortemente alcalina.

2.1. Caracterização do perigo



Irritante:
R36/37/38 Irritante para os olhos, vias respiratórias e pele.
R43 Pode causar sensibilização em contacto com a pele.

2.2. Efeitos da exposição

O cimento apresenta perigo nas seguintes situações:

- Inalação
- Contacto com a pele
- Contacto com os olhos
- Ingestão acidental significativa

2.3. Saúde humana

Inalação: A inalação frequente de grandes quantidades de pó de cimento, durante um longo período de tempo, aumenta o risco de desenvolvimento de doenças pulmonares.

Olhos: O contacto de cimento (seco ou húmido) com os olhos pode causar lesões graves e potencialmente irreversíveis.

Pele: O cimento pode ser um agente irritante na pele húmida após contacto prolongado.

O contacto prolongado de pasta de cimento ou betão fresco com a pele pode causar queimaduras graves, uma vez que estas se desenvolvem sem que se sinta qualquer dor.

O contacto repetido do cimento em pasta com a pele pode causar dermatite.

2.4. Ambiente

Em condições normais de utilização, o produto não representa qualquer perigo para o ambiente.

2.5. Informação adicional

A presença de cimento no dreno é muito reduzida, quer pela própria constituição do cimento, quer pela ação das enzimas redutoras que limitam a presença de Crómio (VI) solúvel a valores inferiores a 0,0002% do peso do dreno comercializado e pronto a utilizar (de acordo com a legislação indicada no ponto 12).

3. COMPOSIÇÃO, CONDIÇÕES DE USO E COMERCIALIZAÇÃO

3.1. Composição química

O cimento é essencialmente composto por silicatos de cálcio, aluminatos e ferro, além de óxido de cálcio e pequenas quantidades de óxido de cálcio, óxido de magnésio, sulfato de sódio, potássio e cálcio e ainda traços de outros elementos.

Cimento comum, segundo a NP EN 127-1:2001

Resíduo	Limite de Concentração (%) máximo permitido	NºP/NºCE	
		NºCEAR	NºCEAR
Chumbo e Cimento Portland	40-100	330-04	330-04
		330-04	330-04
Cádmio	100	-	-
		-	-
Cromo Valente	100	-	-
		-	-

3.2. Caracterização da solução aquosa de cimento

O cimento pode conter sais solúveis de crómio hexavalente (VI). Quando misturado com água dá origem a uma solução alcalina potencialmente perigosa.

Número CEAR	Número NºP/NºCE	Teor (%)	Classificação de perigoso
330-04	330-04	100 (m)	Irritante (C) H332/H334, R42

Exemplo de frase R utilizada na ficha 02

4. PREVENÇÃO DOS PERIGOS

Sempre que contactar um médico na sequência das exposições seguintes, leve esta FDS consigo.

4.1. Após inalação acidental significativa

Lavar a face para um local com ar fresco. Se possível na garganta e fossas nasais de modo a prevenir o contaminação. Consultar um médico se a inalação persistir, se esta se desenvolver juntamente com substância desconforto, tosse ou outros sintomas.

4.2. Após contacto com os olhos

Não esfregar os olhos, para evitar danos adicionais na córnea por fricção. Retirar eventuais lentes de contacto, imediatamente após a fricção (se possível) e enxaguar imediatamente com água limpa para os olhos, lavando durante pelo menos 15 minutos, para remover eficazmente todas as partículas. Se possível, usar água isotónica (0,9% NaCl). Contactar o especialista em medicina ocupacional ou um oftalmologista.

4.3. Após contacto com a pele

No caso do dreno em pó remover e lavar abundantemente com água.

No caso de dreno em pasta, lavar a pele com água.

Remover qualquer contaminada, calçado, relógio, etc. e limpar a pele imediatamente antes de se voltar a usar.

Solicitar tratamento médico em queimaduras e/ou após inalação ou queimadura.



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA CIMENTO

Rev. 01 - 20.03.2015

6.6. Após ingestão accidental significativa

Não provocar o vômito. Se a pessoa estiver consciente, lavar a boca com água e dar muita água a beber. Providenciar imediato cuidado médico ou contactar um centro anti-veneno.

6. REACÇÃO DE CORROSÃO E IRRITAÇÃO

6.1. Risco de Irritação

O cimento não é um produto combustível nem explosivo pelo que não contribui para a combustão de outros materiais.

6.2. Meios de extinção

Todos os meios e agentes de extinção são adequados.

6.3. Equipamento de combate a Incêndios

Não é necessário equipamento específico de protecção para os bombeiros.

6.4. Produtores de combustão

Nenhum.

7. REACÇÃO A FORMAR UM COMPLEXO ACIDENTAL

7.1. Precauções Individuais

Usar equipamento de protecção individual, como descrito no ponto 8 e seguir os conselhos de manuseamento descritos no ponto 7. Não são necessários procedimentos de emergência.

7.2. Precauções ambientais

Não lavar roupa de dentro para fora, e sistemas de drenagem ou linhas de água.

7.3. Métodos de limpeza

Sempre que possível limpar o resíduo e fugir no estado em pó.

Cimento amolado

Usar métodos de limpeza a seco, que não originem dispersão de poeiras:

- Sistema de vácuo (Unidades Industriais portáteis, equipadas com filtros de partículas de alta eficiência (filtros HEPA) ou técnica equivalente);
- Remoção das partículas com esfregão, escovando em molhado ou usando pulverizadores de água amovíveis para evitar que as poeiras se desloquem, com posterior remoção da pasta residual.

Se tal não for possível, remover a pasta com água (ver cimento em pasta).

Quando a limpeza a húmido ou por vácuo não é possível e apenas se pode fazer limpeza a seco com escovas, assegurar que os trabalhadores usam equipamento de protecção individual adequado e evitar que as poeiras se dispersem.

Evitar inalação de cimento e contacto com a pele. Os corpos materiais recolhidos num contêiner, caso estejam em pasta húmida, deixar solidificar antes da sua deposição, como descrito no ponto 12.

Cimento amoleado

Limpar o cimento em pasta e colocá-lo num contêiner. Deixar secar e solidificar o material antes da eliminação, como descrito no ponto 12.

7. MANUSEAMENTO E APROPRIAÇÃO

7.1. Manuseamento

Seguir as recomendações descritas no ponto 6.

Para cimento (amoleado) usado em betão ou alvenaria:

- Adicionar primeiro a água em seguida adicionar o cimento gradualmente e com cuidado. Manter a altura de queda o mais baixa possível.

- Iniciar a mistura com uma velocidade moderada.

Não comprimir os sacos, enroscar quando contidos num saco limpo.

Para cimento amolado

Ver ponto 6.2.

Carragens a seco de cimento pode originar poeiras e deslocamentos nas costas, braços, ombros e pernas. Carragar com cuidado e usar medidas de controlo adequadas.

7.2. Armazenagem

O cimento a granel deve ser armazenado em silos estancados com condensação interna minimizada, limpos e protegidos de contaminação.

Risco de armazenamento: Para evitar armazenamento ou estiva, não entrar num espaço confinado tal como um silo, manilha, câmara, ou outro contêiner de armazenamento ou recipientes que armazenem ou contenham cimento sem tomar as adequadas medidas de segurança. Num espaço fechado, o cimento pode formar poeiras ou aderir às paredes. O cimento pode soltar-se, desmanchar ou cair inesperadamente.

Os produtos embalados devem ser armazenados em sacos fechados, sem contactar diretamente com o solo em locais secos e frescos e protegidos de forma adequada, de modo a evitar degradação da qualidade.

Os sacos de cimento devem ser empilhados de forma estável em superfícies planas e resistentes.

7.3. Controlo do Crómio (VI) total

Para os cimentos tratados com um agente redutor de Crómio (VI) conforme as disposições legislativas referidas em 1.2.2, o efeito do agente redutor diminui com o tempo. De qualquer modo, os sacos de cimento e buchas de entrega de vedação contêm informação sobre o período de tempo para o qual o produtor estabeleceu que o agente redutor continuará a manter níveis de Cr(VI) abaixo do limite imposto de 0,0001% de acordo com a EN 127-10. Deverão também indicar as condições adequadas de armazenamento de modo a garantir o efeito do agente redutor.

8. CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTEÇÃO INDIVIDUAL

8.1. Valores-limite de exposição

De acordo com a NF-T96-007, a concentração média ponderada para um dia de trabalho é 8 horas, numa semana de 40 horas, à qual se considera que gradualmente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde, está devidamente tabelada:

Designação	WPAAR	T _{lim} de VAP	VAP - WPA
Cimento Poeloso	0,025-10-1	Poeiras totais	0,25 mg/m ³

8.2. Controlo da exposição

8.2.1. Controlo da exposição profissional

Nota: Durante o trabalho evitar o contacto directo com as gemas e a ou betão fresco se for absolutamente necessário, sendo de evitar-se a usar equipamento de protecção individual adequado e permeável, não comer, beber ou fumar quando se está a trabalhar com cimento, para evitar contacto com a pele ou a boca.

Imediatamente após o trabalho com cimento ou com materiais contendo cimento, os trabalhadores devem lavar-se e aplicar cremes hidratantes para a pele. Desligar as roupas contaminadas, calçado, relógios, etc. e limpá-los imediatamente antes de os voltar a usar.

Protecção respiratória: Quando uma pessoa é exposta a poeiras acima dos limites de exposição, deve usar protecção respiratória apropriada a qual deverá ser adaptada ao nível de poeiras e obedecer à norma EN adequada.



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA CIMENTO

Rev. 01 - 2010

Proteção dos olhos: Para prevenir o contacto com os olhos, durante a manipulação de materiais ou húmido deve-se usar óculos aprovados ou óculos de segurança de acordo com a EN 166.

Proteção da pele: Para proteger a pele do contacto prolongado com o cimento húmido, deve-se usar luvas impermeáveis, resistentes à abrasão e à alergia, bota, roupa de protecção fechada com mangas compridas, e ainda produtos para a protecção da pele (incluindo cremes isolantes). De evitar um cuidado especial para garantir que o cimento em pasta não entra nas botas.

Em certas aplicações, como edificações, o vestimento dobedio com água, poderá ser necessário usar calças e calças impermeáveis.

0.2.2. Controlo da exposição ambiental

Evitar a libertação de materiais sob forma de poeiras, de acordo com a tecnologia disponível.

IX. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

9.1. Informações gerais

O cimento é um material inorgânico finamente moído, inodoro e de cor cinzenta.

9.2. Dados físicos

- **Dimensão média das partículas:**
2-20 µm
- **Solubilidade em água (T=20°C):**
Residual (0,1 - 1,4 g/l)
- **Massa volúmica:**
Real: 3,12 - 3,20 g/cm³
Aparente (bridade): 0,9 - 1,2 g/cm³
- **pH (T=20°C em água):**
11 - 12,5
- **Ponto de ebulição (T_{eb}):**
+120°C
- **Superfície específica:**
Típicamente entre 2000 - 2000 cm²/g (BET)
- **Pressão de vapor, densidade de vapor, grau de evaporação, ponto de congelamento, viscosidade:**
0%

X. ESTABILIDADE E REACIVIDADE

10.1. Estabilidade

Os cimentos em pó são estáveis desde que estejam armazenados adequadamente (ver T₁) e são compatíveis com a maior parte dos outros materiais de construção. Quando misturado com água os cimentos endurecem até formarem uma massa estável que não reage em ambientes normais.

10.2. Condições a evitar

É de evitar a presença de humidade durante o armazenamento, pois esta pode originar formação de torrões e perda de qualidade do produto.

10.3. Materiais a evitar

A utilização não controlada de pó de alumínio no cimento húmido deverá ser evitada uma vez que conduz à formação de hidrogénio.

XI. INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

11.1. Efeitos agudos

Contacto com os olhos: O contacto directo com cimento pode causar lesões na córnea por pressão mecânica, irritação imediata ou prolongada, ou inflamação. O contacto directo com grandes quantidades de cimento em pó ou soluções de cimento em pasta podem causar efeitos que poderão ir da irritação moderada dos olhos (conjuntivite ou blefarite) até queimaduras químicas e queimaduras.

Contacto com a pele: O contacto do cimento em pó com a pele molhada ou a exposição ao cimento húmido ou em pasta pode provocar irritação, eczemas, grietas ou fissuras na pele. O contacto prolongado combinado com abrasão pode provocar queimaduras graves.

Toxicidade dérmica aguda: Teste limbo, coelho, 24 horas de contacto, 2000 mg/kg peso do corpo - não letal (Referência (2)).

Ingestão: Engolir grandes quantidades pode causar irritação no tracto gastrointestinal.

Inalação: O cimento pode provocar irritação na garganta e no tracto respiratório. Tosse, espasmos e falta de ar podem ocorrer após exposições acima dos valores limites de exposição.

11.2. Efeitos crónicos

Inalação: Exposição crónica poeiras respiráveis acima dos valores limites de exposição pode originar tosse, falta de ar e pode causar doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC).

Dermatites por contacto: **Efeitos:** Alguns casos podem apresentar eczema por exposição a cimento em pasta, causado tanto por elevada pH que provoca dermatites de irritação por contacto como por reacção imunológica ao Ca (II) solúvel, que provoca dermatite alérgica por contacto (Referência (4)). A pele pode manifestar-se em algumas variedades de formas que vão desde uma simples erupção até graves dermatites, constituindo uma combinação destas dois mecanismos. Um diagnóstico exacto é frequentemente difícil de conseguir.

Se o cimento contém um agente redutor Cu (II) solúvel, desde que não se passe o referido tempo de efectividade durante do crómio, não é expectável um efeito sensibilizante (Referência (3)).

11.3. Condições médicas agravadas pela exposição

Inalar poeiras pode agravar doenças do sistema respiratório já existentes, e/ou situações médicas como asma ou rinite e/ou situações já existentes na pele e/ou olhos.

IX. INFORMAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA

12.1. Ecotoxicidade

Não é expectável que o produto seja perigoso para o ambiente (CL50 toxicidade não determinada). A adição de grandes quantidades de cimento à água pode, no entanto, causar um aumento do pH, tornando-se assim tóxico para vida aquática em determinadas circunstâncias.

12.2. Mobilidade

O cimento em pó não é volátil, mas pode originar poeiras durante as operações de manuseamento.

12.3. Persistência e degradabilidade / Potencial de bioacumulação / Resultados da avaliação PBT / Outros efeitos adversos

Não relevante, na medida em que o cimento é um material inorgânico. Após endurecimento, o cimento não apresenta riscos de toxicidade.

IX. INFORMAÇÃO DE RECICLAGEM

13.1. Cimento que excedeu o seu período de validade (quando demonstrado conter mais que 0,002% de Cu (II) solúvel)

Se deverá ser usado/vendido para utilizações em processos controlados fechados e totalmente automatizados, ou deverá ser reciclado ou eliminado de acordo com legislação local, ou misto de novo com um agente redutor.

13.2. Resíduos não usados ou derramação

Recuperar o saco, marcar os contentores. Possivelmente reutilizar dependendo das considerações do período de validade e dos regulamentos para evitar exposições poeiras. Em caso de eliminação, misturar com água, deixar endurecer e sacar e eliminar de acordo com 13.1.

13.3. Resíduos

Permitir o endurecimento, evitar a entrada nos esgotos ou nos sistemas de drenagem ou em áreas de água e eliminar de acordo com 13.1.



FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA CIMENTO

Revisão: 01 de 05/2015

13.4. Cimento endurecido, após adição de água

Eliminação de acordo com a legislação local. Evitar inalar o pó e evitar de expor a água. Eliminação do produto endurecido como resíduo de betão. Devido à **captação**, o resíduo de betão é um resíduo perigoso.

Códigos LER: 10 10 14 (resíduos da produção de cimento – resíduo de betão ou sedimento de betão) ou 17 01 01 (resíduos da construção e demolição – betão).

13.5. Embalagem

Embalagem completamente vazia e processo de acordo com legislação local.

Códigos LER: 12 01 01 (resíduos de papel e cartão de embalagem)

14. INFORMAÇÕES

O entrega é feita em sacos de papel agripado de grosso em paletes (as paletes devem ser colocadas a par e em clima adequada para colocação em silo por transporte pneumático).

O cimento não é abrangido pela regulamentação internacional para o transporte de materiais perigosos (RID, IATA, ICDRID). Não são necessárias precauções especiais para além das mencionadas no ponto 8.

15. REGULAMENTAÇÃO

15.1. Classificação e rotulagem do cimento de acordo com a 1286/EC



Xi - Irritante

Frases de Risco:

- R 20/21/04 – Irritante para os olhos, vias respiratórias e pele.
- R 33 – Pode causar sensibilização em contacto com a pele.

Frases de Segurança:

- S2 – Manter fora do alcance das crianças.
- S23 – Não respirar as poeiras.
- S24/25 – Evitar contacto com a pele e os olhos.
- S26 – Em caso de contacto com os olhos, lavar imediatamente e abundantemente com água e consultar um especialista.
- S 26/27/05 – Usar vestuário de protecção, luvas e equipamento protector para a via aérea adequados.
- S 33 – Em caso de ingestão, consultar imediatamente o médico e mostrar-lhe a embalagem ou rótulo.

(1) De acordo com a parte (II) do anexo II da Directiva 67/549/CEE, os produtos utilizados em processos industriais, comerciais e administrativos podem conter níveis (N) acima de 0,002% de poeiras totais de sílica. O cimento utilizado em processos onde haja possibilidade de contacto com a pele contém apenas traços de sílica (N), não se aplicando esta lista de risco.

15.2. Legislação nacional/Requisitos

- (1) Decreto-Lei nº 62006 de 0 de Junho (alterado pelo Decreto-Lei nº 62003 de 22 de Junho)
- (2) Regulamento (CE) nº 1272/06 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2006
- (3) Decreto-Lei nº 72005 de 6 de Junho (transposição da Directiva nº 2009/04/CE)
- (4) Decreto-Lei nº 62005 de 22 de Junho (transposição da Directiva nº 1999/04/CE, 2002/54/CE e 2002/60/CE)
- (5) Decreto-Lei nº 6205 de 22 de Junho (transposição da Directiva nº 60/511/CEE, 61/031/CEE, 61/036/CEE, 61/110/CEE, 61/600/CEE, 62/001/CEE, 62/017/CEE, 62/069/CEE, 62/071/CEE, 62/070/CEE, 62/072/CEE, 62/090/CEE, 62/101/CEE, 62/102/CEE e 62/112/CEE).
- (6) Portaria nº 732-386 de 11 de Dezembro
- (7) NP EN 127-1:2001 – Cimento Para 1: Composição, especificações, métodos de conformidade para cimentos comuns.

(8) NP 1766:2007 – Segurança e Saúde no Trabalho: Valores Limite de Exposição Profissional a Agentes Químicos

16. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

16.1. Abreviaturas

CLP – Classificação, rotulagem e embalagem de produtos químicos

LER – Lista Europeia de Resíduos

MDG – Materiais perigosos por via marítima internacional

IATA – Associação Internacional de Transportes Aéreos

ICD – Acordo para o transporte de materiais por todo o mundo

IEC – Regulamento para o transporte internacional de materiais perigosos por ferrovia.

16.2. Referências

(1) Portland Cement Dust – Hazard assessment document (H757, UK Health and Safety Executive, 2006) Disponível em: <http://www.hse.gov.uk/pubs/other/h757portlandcement.pdf>

(2) Observations on the effects of an irritation caused by cement

(Kazuo et al. *Chemosphere*, 17, 2, 189-199 (1988))

(3) European Commission Scientific Committee Toxicology

toxicology and the Environment (2002) opinion of the risks to

health from Cr (VI) in cement (European Commission, 2002)

(4) Epidemiological assessment of the occurrence of allergic dermatitis

in workers in the construction industry related to the content of Cr(VI) in

cement (NIOSH, Page 11, 2005)

**A.6. FOLHETO INFORMATIVO DO SEMINÁRIO
DA APEB**

FICHA DE INSCRIÇÃO

Empresa:
Endereço:
Código Postal: Localidade:
Telefone: Telefax: E-mail:
Nome(s) do(s) Participante(s):
1 - 5 -
2 - 6 -
3 - 7 -
4 - 8 -

Preencher e enviar uma cópia desta ficha por correio ou para o fax número 21 778 58 39.

ORADORES

- ✦ Eng.º Jorge Santos Pato
- ✦ Óscar Candás
- ✦ Arq.º Gonçalo Byrne
- ✦ Eng.º Rui Furtado
- ✦ Eng.º Ângela Nunes
- ✦ Eng.º David Gonzalez Amago
- ✦ Eng.º Pedro San Payo
- ✦ Prof.º Said Jalali
- ✦ Eng.º José Marques

Apoiantes:



SEMINÁRIO

“Novos Desafios e Perspectivas na Utilização do Betão”



03 de Maio de 2011
CENTRO DE REUNIÕES DA FIL
Parque das Nações – Auditório I



OBJECTIVO

O Betão é actualmente muito mais do que um material de índole estrutural, destinado a participar e constituir a ossatura das edificações, já que a tecnologia subjacente à sua concepção e aplicação permite incorporá-lo também como material arquitectónico de revestimento aparente e protecção das superfícies e paramentos das construções, conferindo-lhes significativas mais valias técnicas e estéticas associadas à durabilidade intrínseca e potencial que o betão apresenta, e que pode contribuir de modo efectivo para uma construção que se deseje sustentável e funcional.

É assim que os desafios e perspectivas de futuro imediato que se colocam à indústria de betão pronto, passam inevitavelmente pela aposta dos principais agentes e responsáveis envolvidos no processo construtivo, nas alternativas de utilização do betão, também como material de revestimento final, alienando à sua vasta gama de aplicações, um variado leque de opções de acabamento superficial e de forma que incluem a cor e a textura nas suas mais diversas soluções.

Por outro lado, sendo o desenvolvimento sustentável um requisito fundamental para as nossas comunidades, as valências do Betão e a sua extraordinária contribuição para a sustentabilidade da construção são argumentos que devem ser valorizados e aproveitados adequadamente.

Nestes termos, a indústria de betão pode e deve disponibilizar diferentes soluções tecnológicas com betão que satisfaçam, quer os requisitos de ordem física e estrutural estabelecidos no projecto, quer também as componentes estética e funcional das edificações, personalizando-as e garantindo sempre que possível os objectivos de sustentabilidade associados ao seu bom desempenho.

DESTINATÁRIOS

Todos os quadros técnicos e profissionais ligados aos agentes envolvidos no ciclo da construção, nomeadamente na concepção, projecto, especificação, produção, execução, controle e fiscalização da colocação no mercado dos betões e argamassas, e execução de estruturas com recurso a aqueles materiais.

LOCAL E DATA

Local: Centro de Reuniões da FIL
Praça das Nações – Auditório I (Lisboa)
Data: 03 de Maio de 2011

PROGRAMA

- 09h00 – Recepção dos participantes
- 09h30 – Abertura – Eng.º Jorge Santos Pato
- 09h50 – “Cor, Textura e Forma: as Novas Perspectivas oferecidas pelo Betão” – Óscar Candás
- 10h20 – “O Betão na Requalificação Arquitectónica” – Arq.º Gonçalo Byrne
- 10h50 – Intervalo para café
- 11h15 – “Desafios e Soluções em Betão na Engenharia Civil” – Eng.º Rui Furtado
- 11h45 – “Inovações tecnológicas no Betão” – Eng.º Ângela Nunes
- 12h15 – “Betões Arquitectónicos Estruturais Autocompactáveis” – Eng.º David Amago
- 12h40 – Debate
- 13h00 – Almoço
- 14h30 – “Cofragens nos Betões Arquitectónicos” – Eng.º Pedro San Payo
- 15h00 – “Sustentabilidade na Construção: a missão do Betão” – Prof. Said Jalali
- 16h00 – Intervalo para café
- 16h30 – “O Contributo das Adições para o Desempenho e Sustentabilidade dos Betões” – Eng.º David Amago
- 17h00 – “A Versatilidade na Indústria de Betão Pronto” – Eng.º José Marques
- 17h30 – Debate e conclusões
- 18h00 – Encerramento

INSCRIÇÕES

As inscrições podem ser efectuadas através do preenchimento do formulário anexo, por e-mail, fax, ou carta, até 28 de Abril de 2011.

Atenção: O número de inscrições é limitado.

Custos:	
- Associados da APEB:	65,00 euros
- Associados da ANIPB e APFAC:	65,00 euros
- Não Associados:	75,00 euros
- Estudantes:	50,00 euros

O preço da inscrição inclui participação no Seminário, com direito a certificado de presença, documentação técnica de apoio, almoço, cafés e acesso livre à Feira Tektónica, que se realiza entre 3 e 7 de Maio na FIL. A participação só será assegurada após o pagamento da respectiva inscrição.

Pagamentos: Devem ser feitos por cheque ou transferência bancária para o NIB: 0007 0030 00021850005 27. Comprovativo da transferência bancária deverá ser enviado para o e-mail forcer@apeb.pt

Cancelamentos: Devem ser comunicados por e-mail, fax ou carta, até 3 dias antes do evento. Neste caso serão restituídos 80% do valor da inscrição. Após aquele período, o valor da inscrição é imputado na íntegra, podendo contudo ser admitida a substituição por outro participante, a qual deve ser notificada à organização do seminário.

INFORMAÇÕES

Contacto: Dr. Frederico Carvalho
Telf.: 217 741 925 / 32 ou 217 785 365

Fax: 217 785 839

E-mail: forcer@apeb.pt

Morada: Av. Conselheiro Barjona de Freitas, 10A
1500-204 LISBOA

A.7. NORMAS DOS CONSTITUINTES DO BETÃO

AGREGADOS

Normas	
NP 957: 1973	Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em água superficial de areias.
NP 1039: 1974	Inertes para argamassas e betões. Determinação da resistência ao esmagamento.
NP 1380: 1976	Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas friáveis.
NP 1382: 1976	Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor de álcalis solúveis. Processo por espectrofotometria de chama.
NP 1457: 1977	Peneiros e peneiração para ensaio. Vocabulário.
NP 1458: 1977	Peneiros para ensaio. Redes metálicas e chapas metálicas perfuradas. Aberturas nominais.
Errata: Mai 1979	
NP EN 932-1: 2002	Ensaio de propriedades gerais dos agregados. Parte 1: Métodos de amostragem.
NP EN 932-2: 2002	Ensaio de propriedades gerais dos agregados. Parte 2: Métodos de redução de amostras laboratoriais.
NP EN 932-3: 2002	Ensaio de propriedades gerais dos agregados. Parte 3: Método e terminologia para a descrição petrográfica simplificada.
A1: 2003	
NP EN 932-5: 2003	Ensaio de propriedades gerais dos agregados. Parte 5: Equipamento comum e calibração.
NP EN 932-6: 2002	Ensaio de propriedades gerais dos agregados. Parte 6: Definições de repetibilidade e reprodutibilidade.
NP EN 933-1: 2000	Ensaio de propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica. Método de peneiração.
A1: 2005	
NP EN 933-2: 1999	Ensaio para determinação das características geométricas dos agregados. Parte 2: Determinação da distribuição granulométrica. Peneiros de ensaio, dimensão nominal das aberturas.
NP EN 933-3: 2002	Ensaio de propriedades geométricas dos agregados. Parte 3: Determinação da forma das partículas. Índice de achatamento.
A1: 2003	
EN 933-4: 2008	Tests for geometrical properties of aggregates. Part 4: Determination of particle shape - Shape index.
NP EN 933-5: 2002	Ensaio de propriedades geométricas dos agregados. Parte 5: Determinação da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos.
A1: 2004	
EN 933-6: 2001	Tests for geometrical properties of aggregates. Part 6: Assessment of surface characteristics. Flow coefficient of aggregates.
AC: 2004	
NP EN 933-7: 2002	Ensaio de propriedades geométricas dos agregados. Parte 7: Determinação do teor de conchas. Percentagem de conchas nos agregados grossos.
NP EN 933-8: 2002	Ensaio de propriedades geométricas dos agregados. Parte 8: Determinação do teor de finos. Ensaio do equivalente de areia.
NP EN 933-9: 2002	Ensaio de propriedades geométricas dos agregados. Parte 9: Análise dos finos. Ensaio do azul de metileno.
EN 933-9: 2009	Tests for geometrical properties of aggregates. Part 9: Assessment of fines - Methylene blue test.
NP EN 933-10: 2005	Ensaio de propriedades geométricas dos agregados. Parte 10: Avaliação dos finos. Granulometria do filler (peneiração por jacto de ar).
EN 933-10: 2009	Tests for geometrical properties of aggregates. Part 10: Assessment of fines - Grading of filler aggregate (air jet sieving).
EN 933-11: 2009	Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate.
NP EN 1097-1: 2002	Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 1: Determinação da resistência ao desgaste (micro-Deval).
A1: 2003	
NP EN 1097-2: 2002	Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 2: Métodos para a determinação da resistência à fragmentação.
Errata: Fev 2006	
A1: 2006	
NP EN 1097-3: 2002	Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 3: Método para a determinação da massa volúmica e dos vazios.
EN 1097-4: 2008	Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 4: Determination of the voids of dry compacted filler.
EN 1097-5: 2008	Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 5: Determination of the water content by drying in a ventilated oven.
NP EN 1097-6: 2003	Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 6: Determinação da massa volúmica e da absorção de água.
A1: 2005	
EN 1097-7: 2008	Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 7: Determination of the particle density of filler - Pycnometer method.
NP EN 1097-8: 2003	Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 8: Determinação do coeficiente de polimento.
EN 1097-8: 2008	Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 8: Determination of the polished stone value.
NP EN 1097-9: 2002	Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 9: Determinação da resistência ao desgaste provocado por pneus com correntes. Ensaio nórdico.
A1: 2005	
EN 1097-10: 2002	Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 10: Determination of water suction height.
EN 1367-1: 2008	Tests for thermal and weathering properties of aggregates. Part 1: Determination of resistance to freezing and thawing.
NP EN 1367-2: 2002	Ensaio das propriedades térmicas e de meteorização dos agregados. Parte 2: Ensaio do sulfato de magnésio.
NP EN 1367-3: 2005	Ensaio das propriedades térmicas e de meteorização dos agregados. Parte 3: Ensaio de ebulição para basaltos "Sonnenbrand".
EN 1367-4: 2008	Tests for thermal and weathering properties of aggregates. Part 4: Determination of drying shrinkage.
NP EN 1367-5: 2005	Ensaio das propriedades térmicas e de meteorização dos agregados. Parte 5: Determinação da resistência ao choque térmico.
EN 1367-6: 2008	Tests for thermal and weathering properties of aggregates. Part 6: Determination of resistance to freezing and thawing in the presence of salt (NaCl).
NP EN 1744-1: 2000	Ensaio para determinação das propriedades químicas dos agregados. Parte 1: Análise química.
NP EN 1744-3: 2005	Ensaio das propriedades químicas dos agregados. Parte 3: Preparação de eluatos por lixiviação dos agregados.
EN 1744-4: 2005	Tests for chemical properties of aggregates. Part 4: Determination of water susceptibility of fillers for bituminous mixtures.
EN 1744-5: 2006	Tests for chemical properties of aggregates. Part 5: Determination of acid soluble chloride salts.
EN 1744-6: 2006	Tests for chemical properties of aggregates. Part 6: Determination of the influence of recycled aggregates extract on the initial setting time of cement.
EN 12620+A1: 2008	Agregados for concrete.
NP EN 13055-1: 2005	Agregados leves. Parte 1: Agregados leves para betão, argamassas e caldas de injeção.
NP EN 13139: 2005	Agregados para argamassas.
Especificações LNEC	
E 222: 1968	Agregados. Determinação do teor em partículas moles.
E 251: 1985	Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade com os sulfatos em presença de hidróxido de cálcio.
E 451: 1993	Inertes para argamassas e betões. Determinação da reactividade potencial com os álcalis. Análise petrográfica.
E 467: 2006	Guia para a utilização de agregados em betões de ligantes hidráulicos.
E 471: 2006	Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos.

CIMENTOS	
Normas	
NP 4435: 2004	Cimentos. Condições de fornecimento e recepção.
NP EN 196-1: 2006	Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinação das resistências mecânicas.
NP EN 196-2: 2006	Métodos de ensaio de cimentos. Parte 2: Análise química dos cimentos-
NP EN 196-3+A1: 2009	Métodos de ensaio de cimentos. Parte 3: Determinação do tempo de presa e da expansibilidade.
NP ENV 196-4: 1990	Métodos de ensaio de cimentos. Determinação quantitativa dos constituintes.
NP EN 196-5: 2006	Métodos de ensaio de cimentos. Parte 5: Ensaio de pozolanicidade dos cimentos pozolânicos.
NP EN 196-6: 1990	Métodos de ensaio de cimentos. Determinação da finura.
NP EN 196-7: 2008	Métodos de ensaio de cimentos. Métodos de colheita e preparação de amostras de cimento.
NP EN 196-8: 2006	Métodos de ensaio de cimentos. Parte 8: Calor de hidratação. Método da dissolução.
NP EN 196-9: 2006	Métodos de ensaio de cimentos. Parte 9: Calor de hidratação. Método semi-adiabático.
NP EN 196-10: 2007	Métodos de ensaio de cimentos. Parte 10: Determinação do teor de crómio (VI) solúvel em água no cimento.
NP EN 197-1: 2001	
A1: 2005	Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.
A3: 2008	
NP EN 197-2: 2001	Cimento. Parte 2: Avaliação da conformidade.
NP EN 197-4: 2006	Cimento. Parte 4: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos de alto-forno de baixas resistências iniciais.
NP EN 413-1: 2006	Cimento de alvenaria. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade.
EN 413-2: 2005	Masonry cement. Part 2: Test methods.
NP EN 14216: 2005	Cimento. Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos especiais de muito baixo calor de hidratação.
EN 14216: 2005	
AC: 2006	Cimento de aluminato de cálcio. Composição, especificações e critérios de conformidade.
Especificações LNEC	
E 64: 1979	Cimentos. Determinação da massa volúmica.
E 357: 1995	Cimentos brancos. Determinação da brancura (factor de reflectância luminosa).
E 462: 2004	Cimentos. Resistência dos cimentos ao ataque por sulfatos.
E 476: 2007	Pasta de cimento. Determinação da retração autogénea.

ADIÇÕES	
Normas	
NP 4220: 1993	Pozolanas para betão. Definições, especificações e verificação da conformidade.
Errata: 1994	
NP EN 450-1+A1: 2008	Cinzas volantes para betão. Parte 1: Definição, especificações e critérios de conformidade.
NP EN 450-2: 2006	Cinzas volantes para betão. Parte 2: Avaliação da conformidade.
NP EN 451-1: 2006	Métodos de ensaio das cinzas volantes. Parte 1: Determinação do teor de óxido de cálcio livre.
NP EN 451-2: 1995	Métodos de ensaio das cinzas volantes. Parte 2: Determinação da finura por peneiração húmida.
NP EN 13263-1+A1: 2009	Sílica de fumo para betão. Parte 1: Definições, requisitos e critérios de conformidade.
NP EN 13263-2+A1: 2009	Sílica de fumo para betão. Parte 2: Avaliação da conformidade.
NP EN 15167-1: 2008	Escória granulada de alto-forno moída para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade.
NP EN 15167-2: 2008	Escória granulada de alto-forno moída para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 1: Avaliação da conformidade.
Especificações LNEC	
E 384: 1993	Escória granulada de alto-forno moída para betões. Determinação do teor de material vítreo por difração de raios X.
E 385: 1993	Filer calcário para betões. Determinação do valor do azul de metileno.
E 386: 1993	Filer calcário para betões. Determinação do teor de carbono orgânico total (TOC).
E 412: 1993	Material em pó. Determinação da superfície específica. Método B.E.T.
E 466: 2005	Fileres calcários para ligantes hidráulicos.

ÁGUA	
Normas	
NP EN 1008: 2003	Água de amassadura para betão. Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão.
NP EN 13577: 2008	Ataque químico do betão. Determinação da concentração de dióxido de carbono agressivo na água.
Especificações LNEC	
E 372: 1993	Água de amassadura para betões. Características e verificação da conformidade.

ADJUVANTES	
Normas	
NP EN 480-1: 2007	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 1: Betão de referência e argamassa de referência para ensaio.
NP EN 480-2: 2007	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 2: Determinação do tempo de presa.
NP EN 480-4: 2007	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 4: Determinação da exsudação do betão.
NP EN 480-5: 2007	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 5: Determinação da absorção capilar.
NP EN 480-6: 2007	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 6: Análise por espectrofotometria de infravermelhos.
NP EN 480-8: 1998	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 8: Determinação do teor de resíduo seco.
NP EN 480-10: 1998	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 10: Determinação do teor de cloretos solúveis em água.
NP EN 480-11: 2007	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 11: Determinação das características dos vazios do betão endurecido com ar introduzido.
NP EN 480-12: 2007	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 12: Determinação do teor de álcalis dos adjuvantes.
NP EN 480-13: 2003	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 13: Argamassas de alvenaria de referência para o ensaio de adjuvantes para argamassa.
NP EN 480-14: 2007	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 14: Medição da susceptibilidade à corrosão do aço em betão armado pelo ensaio electroquímico potencioestático.
NP EN 934-1: 2008	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 1: Requisitos gerais.
EN 934-2: 2009	Admixtures for concrete, mortar and grout. Part 2: Concrete admixtures - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling.
NP EN 934-3: 2006	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 3: Adjuvantes para argamassa de alvenaria. Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem.
EN 934-4: 2009	Admixtures for concrete, mortar and grout. Part 4: Admixtures for grout for prestressing tendons - Definition, requirements, conformity, marking and labelling..
NP EN 934-5: 2008	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 5: Adjuvantes para betão projectado. Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem.
NP EN 934-6: 2003	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 6: Amostragem, controlo de conformidade e avaliação de conformidade.
A1: 2008	
Especificações LNEC	
E 416: 1993	Adjuvantes para argamassas e betões. Avaliação da corrosão das armaduras. Métodos electroquímicos.

A.8. CLASSES DE EXPOSIÇÃO AMBIENTAL

Classe de exposição	Descrição do ambiente	Exemplos	
Sem risco de corrosão ou ataque			
X0	Para betão não armado ou com barras embebidas, todas as exposições exceto ao gelo-degelo ou ao ataque químico	Betão enterrado em solo não agressivo; Betão permanentemente submerso em água não agressiva; Betão com ciclos de molhagem/secagem não sujeito a aldraxos, gelo	
	Para betão armado ou com barras embebidas, ambiente muito seco	Betão no interior de edifícios com muito baixa humidade de ar; Betão armado em ambiente muito seco	
Corrosão induzida por carbonatação			
XC1	Seco ou permanentemente húmido	Betão armado no interior de edifícios ou estruturas com baixa humidade de ar (com excepção das áreas com humidade elevada); Betão armado permanentemente submerso em água não agressiva	
XC2	Húmido, raramente seco	Superfícies de betão/betão armado sujeitas a longos períodos de contacto com água não agressiva; Muitas fixações; Betão armado em solo não agressivo	
XC3	Moderadamente húmido	Betão armado no interior de edifícios ou estruturas com moderada ou elevada humidade de ar (ex.: cozinhas e casas de banho); Betão no exterior / superfícies exteriores de betão armado protegido da chuva transportada pelo vento	
XC4	Cíclicamente húmido e seco	Betão armado exposto a ciclos de molhagem/secagem; Superfícies exteriores de betão armado sujeitas ao contacto com a água / expostas à chuva, fora do âmbito da classe XC2	
Corrosão induzida por cloretos não provenientes da água do mar			
XD0	Moderadamente húmido	Superfícies de betão/betão armado em partes de pontes afetadas da ação direta dos sais descongelantes mas expostas a cloretos transportados pelo ar	
XD1	Húmido, raramente seco	Betão armado completamente imerso em água contendo cloretos; Pavimentos; Betão exposto a águas industriais contendo cloretos	
XD2	Cíclicamente húmido e seco	Betão armado diretamente afetado pelos sais descongelantes ou pelos salpícios da água contendo cloretos; Partes de pontes expostas a salpícios de água contendo cloretos; Pavimentos; Luzes de parques de estacionamento de automóveis expostas a sais contendo cloretos; Betão armado em que uma das superfícies está imersa em água contendo cloretos e a outra exposta ao ar (ex.: algumas piscinas ou parte delas)	
Corrosão induzida por cloretos provenientes da água do mar			
XS1	Ar transportando sais marinhos mas sem contacto direto com a água do mar	Estruturas na zona costeira ou na sua proximidade / betão armado em áreas costeiras, diretamente expostas e a menos de 200 m do mar (até 1 km nas costas planas e fora do rio); Betão armado em ambiente marinho saturado de sais	
XS2	Submersão permanente	Partes de estruturas marinhas; Betão armado permanentemente submerso	
XS3	Zonas de maré, de rebentação ou de salpícios	Partes de estruturas marinhas; Betão armado sob o nível do mar ou nos salpícios, desde 10 m acima do nível superior das marés (5 m na costa sul de continentes) até 1 m abaixo do nível inferior das marés; Betão armado em que uma das superfícies está imersa em água do mar e a outra exposta ao ar (ex.: túneis submersos ou aberturas em rocha ou solos permanentes no mar ou em estuários)	
Ataque pelo gelo-degelo - Quando o betão, exposto húmido, está exposto a significativo ataque por ciclos de gelo-degelo, com ou sem agentes descongelantes			
XF1	Moderadamente saturado de água/moderado número de ciclos, sem produtos descongelantes	Superfícies verticais de betão expostas à chuva e ao gelo; Betão em superfícies não verticais mas expostas à chuva ou gelo	
XF2	Moderadamente saturado de água/moderado número de ciclos, com produtos descongelantes	Superfícies verticais de betão de estruturas submersas expostas ao gelo e ao ar com produtos descongelantes; Betão, tal como nas pontes, classificável como XF1, mas exposto aos sais descongelantes, direta ou indiretamente	
XF3	Fortemente saturado sem produtos descongelantes	Superfícies horizontais de betão expostas à chuva e ao gelo	
XF4	Fortemente saturado com produtos descongelantes	Escadas e tabuleiros de pontes expostas a produtos descongelantes; Superfícies de betão expostas ao gelo e a salpícios de água contendo produtos descongelantes; Zona das estruturas marinhas expostas à rebentação e ao gelo	
Ataque químico - Quando o betão está exposto ao ataque químico a partir de solos naturais ou águas subterrâneas			
Descrição do Ambiente	Ligeiramente agressivo	Moderadamente agressivo	Fortemente agressivo
Exemplos	Água do mar, solos naturais e águas subterrâneas contendo agentes químicos agressivos para o betão e para os elementos metálicos embebidos		
Característica química	XA1	XA2	XA3
Águas			
SO42- na água (mg/l)	≥200 e ≤600	>600 e ≤3000	>3000 e ≤6000
pH	≥5,5 e ≤6,5	≥4,5 e <5,5	≥4,0 e <4,5
CO2 agressivo (mg/l)	≥15 e ≤40	>40 e ≤100	>100
NH4+ (mg/l)	≥15 e ≤30	>30 e ≤60	>60 e ≤100
Mg2+ (mg/l)	≥300 e ≤1000	>1000 e ≤3000	>3000
Solos			
SO42- total no solo (mg/kg)	≥2000 e ≤3000	>3000 e ≤12000	>12000 e ≤24000
Acidez (ml/kg)	>200	Não encontrado na prática	

**A.9. CLASSE DE EXPOSIÇÃO AMBIENTAL
RELATIVAMENTE AO TEOR DE CLORETOS**

Utilização do betão	Classe de resistência mínima	
	XC, XF, XA	XS, XD
Betão sem armaduras de aço ou outros metais embebidos, com exceção de dispositivos de elevação resistentes à corrosão	Cl 1,0	Cl 1,0
Betão com armaduras de aço ou outros materiais embebidos	Cl 0,40 ⁽¹⁾	Cl 0,20 ⁽¹⁾
Betão com armaduras pré-esforçadas	Cl 0,20 ⁽¹⁾	Cl 0,10 ⁽¹⁾

(1) Estas classes podem deixar de se aplicar se forem tomadas medidas especiais de proteção contra a corrosão, como proteção do betão ou recobrimentos, devidamente justificados, ou utilização de aço inox.

A.10. FICHA TÉCNICA DO BETÃO POROSO

FICHA TÉCNICA

BETÃO LIZ, S.A.
Edição 1, de 19 de Abril de 2011

BETÃO POROSO



Betão Liz



Identificação

O **BETÃO POROSO** é um betão drenante e antiderrapante, ideal para pavimentos exteriores.

Este produto apresenta um grande volume de vazios, devido à pouca quantidade de finos e à granulometria descontínua da mistura.

O **BETÃO POROSO** é fornecido pronto a ser aplicado, sendo posteriormente regularizado, nivelado e compactado.

Este produto é uma mistura de base cimentícia, composto por ligante hidráulico, agregados, adjuvantes e água.

Os materiais constituintes são doseados e misturados em centros de produção, sob um rigoroso controlo de qualidade.

O **BETÃO POROSO** é ecológico e económico, dado que:

- Diminui a impermeabilização dos solos;
- Evita a canalização, transporte e tratamento da água pluvial;
- Contribui para o restabelecimento dos aquíferos subterrâneos;
- Elimina as eventuais contaminações da água da chuva, através de um processo natural de filtragem pelo terreno;
- Contribui para a manutenção do Ciclo da Água;
- É fornecido pronto a aplicar, dispensando o estaleiro.

Campo de aplicação

O **BETÃO POROSO** é indicado para funções não estruturais, sempre que se pretenda facilitar a drenagem das águas, tais como:

- Pavimentos exteriores drenantes;
- Ciclovias;
- Zonas pedonais;
- Bases de campos de jogos;
- Parques de estacionamento exteriores;
- Arranjos exteriores;
- Muros permeáveis.

Características

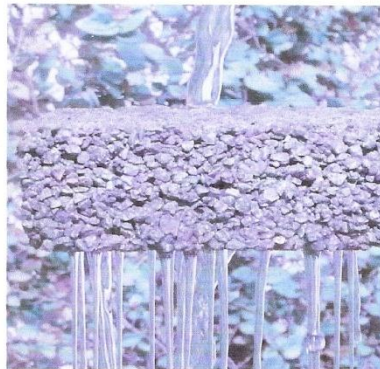
O **BETÃO POROSO** apresenta as seguintes características principais:

- Elevada porosidade (15 a 25% de vazios);
- Grande permeabilidade;
- Baixa densidade (1700 a 2100 kg/m³);
- Baixa trabalhabilidade (consistência seca ou plástica);
- Resistência à compressão entre 6 e 15 MPa;
- Possibilidade de adição de pigmentos coloridos.

Os valores das características técnicas apresentadas são indicativos, carecendo de avaliação experimental no caso de requisitos específicos.

Preparação da superfície de base

De modo a assegurar o melhor desempenho, o **BETÃO POROSO** deve ser colocado sobre uma camada drenante de brita compactada com o dobro da espessura da camada final a aplicar.



Transporte e Colocação

O **BETÃO POROSO** é transportado em autobetonieiras e colocado na zona de aplicação apenas por descarga directa.

Aplicação

O **BETÃO POROSO** é aplicado directamente sobre a base de brita compactada.

A regularização, nivelamento e compactação devem ser realizados de forma cuidada, utilizando rolos metálicos ou outros equipamentos adequados. Evitar a vibração ou compactação excessiva, sob o risco de eliminar a estrutura porosa.

Realizar juntas, durante ou após a betonagem, através da execução de cortes no betão, utilizando equipamento adequado.

Assegurar a cura húmida após a aplicação, protegendo o betão no mínimo durante 3 dias.

Do processo de aplicação dependem as características finais do produto (porosidade, resistência, aspecto e durabilidade).

Condições atmosféricas

Este produto não deve ser aplicado com temperaturas extremas (acima de 30°C ou abaixo de 5°C) ou em superfícies geladas.

Durante a aplicação, o produto deve ser protegido dos ventos fortes, exposição solar intensa e chuva.

Higiene e Segurança

Quando o cimento é misturado com a água, formam-se compostos alcalinos. Por este motivo, recomenda-se a utilização de luvas ao manusear o **BETÃO POROSO**, de modo a evitar o contacto do produto fresco com a pele.

No caso de contacto deste produto no estado fresco com os olhos, boca ou nariz, lavar imediatamente com água limpa e procurar tratamento médico.

Recomendações

Não adicionar água ou qualquer outro produto ao betão fresco.

A informação contida nesta ficha técnica diz respeito à data da sua edição, podendo ser alterada sem aviso prévio. A responsabilidade da Betão Liz, S.A. é limitada à garantia da qualidade do produto fornecido, pelo que é declinada qualquer responsabilidade resultante da sua utilização inadequada.

Betão Liz, S.A. - Rua Qta. do Paizinho, Edifício BEPOR, Bloco 2, 1º Esq. - 2790-237 CARNAXIDE - Tel: +351 214 24 7 500 - Fax: +351 214 247 599
NIPC e CRC Cascais 500 045 267 | betoeliz@cimpor.com | www.cimpor-portugal.pt

**A.11. FICHA TÉCNICA DO BETÃO ALIGEIRADO
COM EPS**

FICHA TÉCNICA

BETÃO LIZ, S.A.
Edição 1, de 2 de Maio de 2011

BETÃO ALIGEIRADO COM EPS



Betão Liz



Identificação

O **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** é um betão leve e de baixa resistência, contendo triturado de poliestireno expandido (EPS). É ideal para a regularização, enchimento, isolamento térmico e acústico.

A introdução de diferentes quantidades de EPS na mistura permite obter densidades entre 200 e 1200 kg/m³.

O **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** não é camada de acabamento. Deve sobrepor-se uma camada mais resistente, tipo Argamassa Autonivelante FluiLiz ou Betonilha Liz, para receber o revestimento.

O **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** é fornecido pronto a ser aplicado, sendo regularizado e nivelado com grande facilidade.

Este produto é uma mistura leve de base cimentícia, composto por ligante hidráulico, EPS, agregados, adjuvantes e água.

Os materiais constituintes são doseados e misturados em centros de produção, sob um rigoroso controlo de qualidade.

O **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** é ecológico e económico, pois contribui para a eficiência energética dos edifícios, incorporando EPS triturado, resultante da reciclagem do EPS moldado.

Campo de aplicação

O **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** é indicado para funções não estruturais, tais como:

- regularização e enchimento de superfícies interiores;
- isolamento térmico e acústico;
- bases isolantes para pavimentos radiantes;
- pendentes em coberturas, sob impermeabilização;
- envolvimento de tubagens diversas;
- isolamento em paramentos verticais, mediante cofragem.

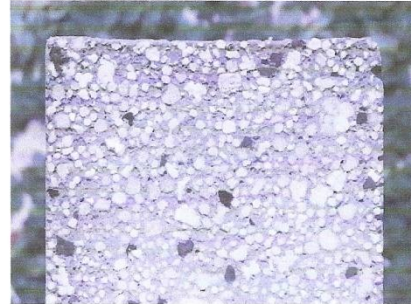
Características

O **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** apresenta as seguintes características principais:

- baixa densidade (200 a 1200 kg/m³);
- baixa condutividade térmica;
- elevada absorção de sons de percussão e vibrações;
- absorção capilar reduzida e boa permeabilidade à passagem do vapor de água;
- imputrescível, mesmo em ambientes húmidos;
- não inflamável e resistente ao fogo;
- sem segregação ou flutuação das partículas de EPS;
- reduzida resistência mecânica.

BETÃO ALIGEIRADO COM EPS ENDURECIDO						
Massa volúmica seca [kg/m ³]	200	400	600	800	1000	1200
Resistência à compressão [MPa]	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0
Condutividade térmica [W/(m.°C)]	0,06	0,10	0,13	0,22	0,40	0,50

Os valores das características técnicas apresentadas são indicativos, carecendo de avaliação experimental no caso de requisitos específicos.



Preparação da superfície de base

De modo a assegurar a correcta aplicação e desempenho do **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** deve-se:

- Aplicar no interior de edifícios, ou no exterior desde que garantindo a posterior impermeabilização;
- Assegurar que a superfície de base se encontra limpa, húmida, desengordurada e isenta de elementos soltos;
- Colocar pontos de nível no local de aplicação, de modo a controlar o nivelamento e a espessura de enchimento.

Transporte e Colocação

O **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** é transportado em autobetonas e colocado em obra por descarga directa ou por bombagem (bomba de betão só para densidades ≥ 800 kg/m³).

Aplicação

O **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS** é aplicável directamente sobre a superfície preparada.

A regularização e nivelamento devem ser realizados de forma cuidada, utilizando os equipamentos adequados.

Aguardar pelo menos 48 horas antes de circular sobre o produto.

Assegurar a cura húmida nos dias seguintes à aplicação.

Condições atmosféricas

Este produto não deve ser aplicado com temperaturas extremas (acima de 30°C ou abaixo de 5°C) ou em superfícies geladas.

Durante a aplicação, o produto deve ser protegido dos ventos fortes, exposição solar intensa e chuva.

Higiene e Segurança

Quando o cimento é misturado com a água, formam-se compostos alcalinos. Por este motivo, recomenda-se a utilização de luvas ao manusear o **BETÃO ALIGEIRADO COM EPS**, de modo a evitar o contacto do produto fresco com a pele.

No caso de contacto deste produto no estado fresco com os olhos, boca ou nariz, lavar imediatamente com água limpa e procurar tratamento médico.

Recomendações

Não adicionar água ou qualquer outro produto ao betão fresco.

A informação contida nesta ficha técnica diz respeito à data da sua edição, podendo ser alterada sem aviso prévio. A responsabilidade da Betão Liz, S.A. é limitada à garantia da qualidade do produto fornecido, pelo que é declinada qualquer responsabilidade resultante da sua utilização inadequada.

Betão Liz, S.A. - Rua Qta. do Paizinho, Edifício BEPOR, Bloco 2, 1º Esq. - 2790-237 CARNAXIDE | Tel: +351 214 24 7 500 | Fax: +351 214 247 599
NIPC e CRC Cascais 500 045 267 | betaoлиз@cimpor.com | www.cimpor-portugal.pt

A.12. LIMITES PARA GARANTIA DA DURABILIDADE DO BETÃO

Tipo de cimento (1)	Classe de exposição	Recobrimento mínimo [mm]	Dosagem de cimento mínima [kg/m ³]	Razão A/C máxima	Classe de resistência mínima	
					Betão normal	Betão leve
CEM I CEM II/A ⁽²⁾	X0				C12/15	
	XC1	25	240	0,65	C25/30	LC25/28
	XC2	35				
	XC3	35	280	0,6	C30/37	LC30/33
	XC4	40				
	XS1/XD1 ⁽⁴⁾	45	360	0,45	C40/50	LC40/44
	XS2/XD2 ⁽⁴⁾	50				
	XS3/XD3 ⁽⁴⁾	55	380	0,4	C50/60	LC50/55
	XF1	-	280	0,6	C30/37	LC30/33
	XF2 ⁽⁵⁾	-		0,55		
	XA1 ⁽⁴⁾	-	340	0,5	C35/45	LC35/38
	XA2 ⁽⁴⁾	-	360	0,45	C40/50	LC40/44
XA3 ⁽⁴⁾	-	380				
CEM II/B ⁽²⁾ CEM III/A ⁽³⁾	XC1	25	260	0,65	C25/30	LC25/28
	XC2	35				
CEM IV ⁽³⁾ CEM V/A ⁽³⁾	XC3	35	300	0,55	C30/37	LC30/33
	XC4	40				
	XF1	-				
	XF2 ⁽⁴⁾	-				
CEM IV/A CEM IV/B CEM III/A CEM III/B CEM V CEM II/B CEM II/A-D	XS1/XD1	45	320	0,55	C30/37	LC30/33
	XS2/XD2	50				
	XS3/XD3	55	340	0,45	C35/45	LC35/38
	XA1	-	320	0,55	C30/37	LC30/33
	XA2	-	340	0,5	C35/45	LC35/38
	XA3	-	360	0,45		

(1) De acordo com a especificação E464, em vez dos cimentos indicados, podem ser utilizadas misturas, obtidas pela junção de um cimento do tipo CEM ou CEM/A com adições, cuja composição resultante seja equivalente à de um dos cimentos indicados;

(2) Não aplicável aos cimentos /A T e /A W e aos cimentos /B T e /B W, respetivamente;

(3) Não aplicável aos cimentos com percentagem inferior a 50% de clínquer Portland, em massa;

(4) Não aplicável aos cimentos T, W, /B L e /B LL;

(5) Teor mínimo de ar de 4%.

**A.13. CLASSIFICAÇÃO DE ADJUVANTES PARA
BETÃO**

Tipo de Adjuvante	Efeito desejado	Material
Aceleradores	Acelerar a presa e o desenvolvimento da resistência inicial	Cloreto de Cálcio; Trietanolamina; Tiocianato de Sódio; Formiato de Cálcio; Nitrato de Cálcio; Nitrito de Cálcio
Redutores de ar	Diminuir teor de ar	Fosfato Tributílico; Dibutil Ftalato; Álcool Octílico; Ésteres Insolúveis em Água de Ácido Carbônico e Ácido Bórico; Silicones
Introdutores de ar	Aumentar a durabilidade face a ambientes "freeze-thaw, deicer, sulfato e alkali-reactive"; Aumentar a trabalhabilidade	Sais de resinas de madeira (resina Vinsol); Alguns detergentes sintéticos; sais de lignina sulfonada; sais de ácidos de petróleo; sais de material proteico; ácidos gordos e resinosos e seus sais; Sulfonatos alquilbenzenos; Sais de hidrocarbonos sulfonados
Inibidores da reactividade do álcali-agregado	Reduzir a expansão da reactividade do álcali-agregado	Sais de Bário; Nitrato de lítio; Carbonato de Lítio; Hidróxido de Lítio
Adjuvantes anti-lavagem	Betão coesivo para colocações subaquáticas	Celulose; Polímero acrílico
Adjuvantes de ligação	Aumentar a resistência de ligação	Cloreto de Polivinila; Acetato de Polivinila; Acrílicos; Copolímeros de estireno-butadieno
Adjuvantes de coloração (ASTM C979)	Betão colorido	Carbono negro modificado; Óxido de Ferro; Ftalocianina; Umber (fusco?); Óxido de Crômio; Óxido de Titânio; Azul Cobalto
Inibidores de corrosão (ASTM C1582)	Reduzir a acção corrosiva do aço num ambiente carregado de cloretos	Emulsão orgânica de carboxilatos amino-ésteres de amina; Nitrito de Cálcio; Alcadicarboxilicos orgânicos; Cromatos; Fosfatos; Hipofosfitos; Alcalis; Fluoretos
Adjuvantes de impermeabilização	Retardar a penetração da mistura no betão seco	Sabões de Cálcio ou Estearato ou Oleato de Amónio; Estearato de Butilo; Produtos de Petróleo
Agentes Espumantes	Produzir betão leve de espuma, com baixa densidade	Surfactantes catiónicos e aniónicos; Proteína hidrolisada
Fungicidas, germicidas e insecticidas	Inibir ou controlar o crescimento de bactérias e fungos	Fenóis Polihalogenados; Emulsões Dieldrin; Compostos de Cobre
Formadores de gás	Provocar expansão antes da cura	Pó de alumínio
Adjuvantes grouting	Ajustar as propriedades da argamassa para aplicações específicas	Ver Introdutores de ar, Aceleradores, Retardadores e Redutores de água
Adjuvantes de controle de hidratação	Suspender e reactivar a hidratação do cimento com estabilizador e activador	Ácidos Carboxilicos; Fósforo - contendo sais ácidos orgânicos
Adjuvante redutor de permeabilidade: condições não hidráticas (PRAN)	Criar superfície repelente de água, reduzir absorção de água	Longa cadeia de derivados de ácidos gordos (estearico oleico, cáprico caprílico), sabões e óleos (sebos, produtos baseados em soja), derivados de petróleo (óleo mineral, parafina, emulsões betuminosas) e finas partículas de fillers (Silicatos, bentonite, talco)
Adjuvante redutor de permeabilidade: condições hidráticas (PRAH)	Reduzir a permeabilidade, aumentar a resistência à penetração de água sob pressão	Polímeros Hidrofilicos Cristalinos (polímeros de latex, solúveis em água ou líquidos)
Auxiliares de bombeamento	Melhorar a capacidade de bombeamento	Polímeros orgânicos e sintéticos; Floculantes orgânicos; Emulsões orgânicas de parafina, alcatrão, carvão, asfalto, acrílico; Bentonite e silicas pirogénicas; Cal hidratada
Adjuvantes retardadores	Retardar o tempo de presa	Lignina; Bórax; Açúcares; Sais e ácidos tartáricos
Redutores de retracção	Reduzir a retracção por secagem	Éter de polioxialquileno alquila; Glicol de Propileno
Superplastificantes	Aumentar a fluidez do betão, reduzir a relação água/cimento	Condensados de Formaldeído de Melamina Sulfonada; Condensados de Formaldeído de Naftaleno Sulfonado; Ligninosulfonatos; Policarboxilatos
Superplastificantes e retardadores	Aumentar a fluidez do betão com presa retardada, reduzir a relação água/cimento	Ver superplastificantes e redutores de água
Redutores de água	Reduzir o teor de água pelo menos 5%	Ligninosulfonatos; Ácidos Carboxilicos Hidroxilados; Policarboxilatos (também têm tendência para retardar a presa, pelo que geralmente se adiciona acelerador)
Redutores de água e acelerador	Reduzir o teor de água (pelo menos 5%) e acelerar a presa	Ver redutores de água Tipo A (Acelerador é adicionado)
Redutores de água e retardador	Reduzir o teor de água (pelo menos 5%) e retardar a presa	Ver redutores de água Tipo A (Retardador é adicionado)
Redutores de água - gama elevada	Reduzir o teor de água (pelo menos 12%)	Ver superplastificantes
Redutores de água - gama elevada - e retardador	Reduzir o teor de água (pelo menos 12%) e retardar a presa	Ver superplastificantes e redutores de água
Redutores de água - gama média	Reduzir o teor de água (entre 6% a 12%) sem retardar a presa	Ligninosulfonatos; Policarboxilatos

**A.14. VANTAGENS, DESVANTAGENS E EFETOS
DOS ADJUVANTES**

Tipo de adjuvante	Efeito	Vantagens	Desvantagens
Introdutores de ar	Incorporam pequenas bolhas de ar no betão.	Aumentam a resistência ao congelamento do betão sem elevar o consumo de cimento nem o aumento do calor de hidratação; Reduzem o teor de água e a permeabilidade do betão; Bom desempenho em betões de baixo consumo de cimento; Betão mais leve.	Requerem um controlo cuidadoso da percentagem de ar incorporado, bem como do tempo de mistura; O aumento da trabalhabilidade (fluidez) pode ser inaceitável; Eventual perda de resistência.
Retardadores de presa	Aumentam o tempo de início de presa.	Mantêm trabalhabilidade e temperatura elevadas; Retardam o aumento do calor de hidratação; Aumentam os tempos de aplicação.	Podem aumentar a retração plástica; Podem promover exsudação.
Plastificantes	Aumentam o índice de consistência (viscosidade); Possibilitam a redução de, pelo menos, 6% da água de amassadura.	Maior trabalhabilidade para determinada resistência; Maior resistência para determinada trabalhabilidade; Menor consumo de cimento para determinada trabalhabilidade e resistência.	Retardamento do início de presa para dosagens elevadas; Endurecimento prematuro em determinadas condições; Riscos de segregação.
Plastificante e acelerador de presa	Resistência inicial mais elevada; Presa mais rápida.	Permitem o ganho de resistência em temperaturas baixas; Reduzem o tempo de descofragem; Adequadas para betão projetado.	Possível fissuração devida ao calor de hidratação; Risco de corrosão das armaduras.
Plastificante e retardador de presa	Presa mais lenta.	Diminuem a perda de consistência em climas quentes.	Aumento da exsudação e retração plástica; Segregação.
Superplastificantes	Possibilita a redução de, pelo menos, 12% da água de amassadura; Elevado aumento do índice de consistência.	É tão eficiente enquanto redutor de água, como na execução de betões fluidos (BAC's)	A duração do efeito fluidificante pode aumentar a perda de consistência; Riscos de segregação da mistura.