1.1. ÂMBITO

Estas condições técnicas especiais dizem respeito a cal aérea.

A cal aérea é o ligante que resulta da decomposição, pela acção da temperatura, duma rocha com percentagem não inferior a 95% de carbonato de cálcio e magnésio.
Quanto ao teor de impurezas, as cais dividem-se em gordas e magras. As cais aéreas gordas derivam de calcários quase puros com teores de carbonato não inferiores a 99%. As cais aéreas magras derivam de calcários com teores de argila e de outras impurezas compreendidos entre 1 e 5%.
Como o magnésio aparece muitas vezes associado ao cálcio, são frequentes na natureza calcários com maior ou menor percentagem de dolomite. Assim, quanto ao teor de óxido de magnésio, as cais aéreas dividem-se em cais propriamente ditas e cais magnesianas, quando a percentagem de óxido de magnésio excede 20%.
O produto obtido pela cozedura destes calcários designa-se por cal viva (óxido de cálcio) que, por reacção com a água (extinção), fornece a cal apagada.
A reacção durante o fabrico é:

$$CaCO_3 + 42{,}5\ cal \rightarrow CaO + CO_2$$

que se verifica a cerca de 894ºC, temperatura à qual a pressão do dióxido de carbono que sai do calcário (pressão de dissociação do carbonato de cálcio) é um pouco superior à pressão atmosférica.
Antes de aplicada, a cal viva tem de ser extinta por imersão ou aspersão com água, produzindo-se a seguinte reacção:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 15{,}5\ cal$$

reacção exotérmica, com expansão, que leva à fragmentação do óxido de cálcio.
A extinção da cal dá-se com ligeira diminuição do volume total ocupado pela cal viva e pela água de hidratação, mas, na verdade, observa-se um aumento importante no volume aparente, que passa para cerca do dobro, e um forte desprendimento de calor, que pode conduzir a temperaturas superiores a 100ºC.
Quando a extinção se faz por imersão obtém-se uma pasta, que se pode conservar muito tempo, antes que se dê a carbonatação, o que permite o seu emprego em argamassa.
A extinção da cal é tanto mais difícil quanto maior é a temperatura a que foi preparada.
Quando, depois da aplicação, a cal se carbonata, combinando-se com o dióxido de carbono da atmosfera, a reacção é:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + 42{,}5\ cal$$

As cais aéreas são ligantes não hidráulicos, isto é, não têm possibilidade de endurecer dentro de água. São solúveis em água, sendo maior a sua solubilidade na água do mar.
Devido a isto não se usam em obras hidráulicas.

1.2. ESPECIFICAÇÕES GERAIS

A cal aérea deve obedecer às condições técnicas gerais relativas a materiais e elementos de construção. Deve também satisfazer o prescrito na Norma Portuguesa NP ENV 459.
Esta norma está dividida em duas partes:

NP ENV 459-1 – Definições, especificações e critérios de conformidade
NP ENV 459-2 – Métodos de ensaio

Esta pré-norma europeia aplica-se às cais de construção utilizadas como ligantes, sobretudo em argamassas para alvenaria, assim como na execução de rebocos interiores e exteriores e às cais para estabilização de solos.

Podem-se também tomar como referência normas de outros países, como as seguintes:

ASTM – American Standard for Testing Materials
C5-79(1997) – Standard Specification for quicklime for structural purposes
C25-99 – Standard test methods for chemical analysis of limestone, quicklime and hydrated lime
C50-99 – Standard practice for sampling, sample preparation, packing and marking of lime and limestone products
C51-00a – Standard Terminology relating to lime and limestone (as used by industry)
C110-00a – Standard test methods for physical testing of quicklime, hydrated lime and limestone

BSI – British Standards International
BS 890:1995 – Specification for building limes
BS 1924-2:1990 – Stabilized materials for civil engineering purposes. Methods of test for cement-stabilized and lime stabilized materials
BS 6463-2:1984 – Quicklime, hydrated lime and natural calcium carbonate. Methods of chemical analysis
BS 6463-101:1996 – Quicklime, hydrated lime and natural calcium carbonate. Methods for preparing samples for testing
BS 6463-103:1999 – Quicklime, hydrated lime and natural calcium carbonate. Methods for physical testing
BS EN 12946:2000 – Liming materials. Determination of calcium and magnesium content. Complex metric method
BS EN 12947:2000 – Liming materials. Determination of magnesium content. Atomic absorption spectrometric method

AFNOR
NF P 15-311 – Chaux de construction – définitions, specifications et critéres de conformité

1.3. APRESENTAÇÃO

O óxido de cálcio é um sólido que pode apresentar-se sob a forma de pó, de granulado de várias granulometrias, ou “em pedra”, quando proveniente de processos de fabrico artesanais.

1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As propriedades físicas das cais de construção deverão estar de acordo com os valores indicados no quadro seguinte, quando ensaiados segundo a NP EN 459-2. O fornecedor deve, caso lhe seja pedido, indicar os valores correntes de:

a) reactividade – a reactividade só tem imposições quando a cal é usada na estabilização de solos. As cais cálcicas moídas CL 90 devem alcançar uma temperatura máxima Tmax não inferior a 60 ºC e todas as outras cais moídas devem alcançar uma temperatura máxima não inferior a 50 ºC. O tempo de reacção para a extinção de 80% da quantidade de CaO deverá ser inferior a 15 minutos para todas as cais moídas.
b) dosagem de água
c) retenção de água – no intervalo de valores, maiores que 65% e menores que 85%
d) densidade aparente CL 70/80/90 → 0,3 a 0,6 Kg/dm3
DL 80/85 → 0,4 a 0,6 Kg/dm3

Tipo de cal de construção	**Finura – de acordo com 5.2 da NP ENV 459-2**		**Expansibilidade**			**Teor em água livre - de acordo com 5.11 da NP EN 459-2**	**Ensaios de argamassa**	
	% de resíduo em massa		**Pastas de cal e cais dolomíticas hidratadas de acordo com 5.3.2.1 da NP EN 459-2**	**Outras cais de construção à excepção de pasta de cal e cais dolomíticas hidratadas**				
				Método de refª de acordo com 5.3.3 da NP EN 459-2	**Método alternativo de acordo com 5.3.2.2 da NP EN 459-2**			
	0,09 mm	**0,2 mm**		**mm**	**mm**	**%**	**mm**	**%**
CL 90	≤ 7	≤ 2	satisfaz	≤ 20	≤ 2	≤ 2	> 20 e < 50	< 12
CL 80								
CL 70				não aplicável	não aplicável	≤ 2		
DL 85								
DL 80								

Tipo de cal viva	**Expansibilidade após extinção de acordo com 5.3.3 da NP EN 459-2**	**Rendimento por aumento de volume de acordo com 5.9 da NP EN 459-2 (dm^3/10Kg)**
CL 90	Satisfaz	≥26
CL 80		
CL 70		
DL 85	-	-
DL 80	-	-

.

1.5. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Além do que se refere no ponto 1 (âmbito), há a referir o seguinte.
Os diferentes tipos de cais de construção são classificados em função do seu teor em (CaO+MgO). De seguida apresenta-se um quadro-resumo da classificação química.

Tipo de cal de construção	**CaO + MgO**	**MgO**	**CO_2**	**SO_3**
CL 90	≥ 90	≤ 5	≤ 4	≤ 2
CL 80	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2
CL 70	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2
DL 85	≥ 85	≤ 30	≤ 7	≤ 2
DL 80	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2

Valores expressos em % de massa

Estes valores correspondem aos da condição “como entregue”.
A composição da cal de construção deve obedecer aos valores indicados no quadro, sendo estes determinados segundo a NP ENV 459-2.

Todos os tipos de cal indicados no quadro podem conter aditivos em pequenas quantidades.

A quantidade e os tipos de aditivos devem ser declarados se o seu teor exceder 0,1%. Os aditivos não deverão ter qualquer influência negativa sobre as propriedades das argamassas. Para a cal destinada a estruturas, impõe-se os limites indicados a seguir:

Componentes			**cal**	**cal magnesiana**
CaO (min)			75	-
MgO (min)			-	20
CaO + MgO (min)			95	95
SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 (max)			5	3
CO_2 (max)	**amostragem**	**local de fabrico**	3	3
		outro local	10	10

.

1.6. ARMAZENAMENTO E RECEPÇÃO

A pré-norma NP ENV 459-1 não visa o controlo de recepção.
Há, porém, o procedimento geral para verificação da conformidade. A verificação deve basear-se numa amostragem contínua utilizando amostras pontuais colhidas de acordo com a secção 3 da NP ENV 459-2 e a NP EN 196-7. Esta inspecção deve ser efectuada na instalação de fabrico da cal, pelo fabricante (autocontrolo). A série de amostras utilizadas para verificar a conformidade deve ser colhida num período não inferior a 6 meses e não superior a 12 meses.

As frequências a respeitar, são as indicadas no quadro seguinte:

A cal viva nunca poderá ser armazenada em conjunto com matérias inflamáveis.
A cal viva deverá ser extinta imediatamente após a sua chegada à obra, salvo se forem adoptadas disposições que evitem a sua hidratação ou carbonatação.

Propriedade	**Frequência de ensaios**
expansibilidade	diariamente (pelo menos em todos os dias de expedição)
CaO+MgO, MgO	semanalmente
CO_2	semanalmente
SO_3	semanalmente
densidade aparente	semanalmente
reactividade	semanalmente
rendimento por aumento de volume	semanalmente

1.7. ACONDICIONAMENTO

Os diferentes acondicionamentos permitem responder de forma adequada à especificidade das instalações de recepção e armazenagem, assim como às características dos diferentes produtos.
Poderá ser fornecida:

» A granel, em camiões cisterna ou basculantes equipados com meios para descarga pneumática para silos;
» Em big bags com capacidade de 500 a 2000 Kg / unidade;
» Em sacos de 5, 25, 40, 50 Kg, paletizados.

1.8. MARCAÇÕES

As cais de construção que estiverem conformes com os critérios da pré-norma NP ENV 459-1 deverão apresentar as seguintes indicações na embalagem ou na guia de remessa:

» tipo de cal de construção;
» forma comercial do tipo de cal;
» local de fabrico;
» instruções de utilização;
» peso bruto;
» instruções de segurança.