

**Conservação e Recuperação de Construções em Taipa- Acção de Formação-
Taliscas- Odemira- Abril 2008**

Maria Goreti Margalha

ÍNDICE

1. Constituição das argamassas.....	3
1.1 Ligantes	4
1.1.1 A cal aérea.....	5
1.1.2 A cal hidráulica.....	7
1.1.3 Os cimentos.....	8
1.2 Pozolanas e adições.....	10
1.3 Agregados.....	11
2. Utilização e requisitos das argamassas.....	13
3. Compatibilidade de materiais.....	14
4. Composição e aplicação de argamassas.....	17

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1- Composição química de diversos ligantes	5
Quadro 2- Traços indicativos, em volume, de argamassas de cal aérea em pó, cal viva micronizada e cal aérea em pasta	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Desenho esquemático de uma alvenaria antiga com um revestimento pouco permeável	15
--	----

1. Constituição das argamassas

A argamassa, produto resultante da mistura de um ligante com um agregado e água, pode ser definida como todo e qualquer material com propriedades aglutinantes. Às argamassas podem, contudo, adicionar-se certos elementos que irão favorecer determinadas características da pasta. Neste âmbito, inserimos os adjuvantes ou as pozolanas.

Os ligantes são produtos utilizados para ligar ou aglomerar outros como areias e gravilhas. Estes materiais, com o tempo, modificam a estrutura química e contribuem para o endurecimento da pasta.

Os agregados têm uma forte influência no comportamento das argamassas. Há vários factores, como sejam, a dureza, a forma dos grãos, a granulometria, a porosidade que afectam o comportamento da argamassa. Mas, naturalmente, também a sua origem, o estado de limpeza da areia são factores que podem alterar as características da argamassa. Alguns destes factores são habitualmente referidos, nos cadernos de encargos, para a selecção de areias. De facto, a areia funciona como o esqueleto da argamassa que ganha coesão pela ligação dos seus grãos ao ligante, pelo que, a qualidade do agregado é fundamental no comportamento global da pasta. Muito embora mantenham, na generalidade, a sua composição química verificou-se que, ao longo dos tempos, se podem verificar reacções químicas entre a sílica da areia e o óxido de cálcio.

As pozolanas ou adições são materiais que não têm características de ligantes por si só mas combinados com a cal à temperatura normal e na presença da água, formam compostos insolúveis estáveis que possuem as propriedades dos ligantes.

Os adjuvantes são produtos que adicionados aos materiais lhes conferem determinadas propriedades e anulam efeitos negativos no seu comportamento. Muitos destes adjuvantes têm origem sintética e ainda não é possível conhecer o seu efeito a longo prazo, pelo que, a sua utilização deve ser moderada em argamassas.

1.1 Ligantes

Os ligantes podem ser de origem mineral ou orgânica. Os ligantes de natureza mineral são geralmente fabricados a partir de rochas naturais (compostas por cálcio, silício, alumínio, ferro). Os ligantes de natureza orgânica são obtidos a partir de substâncias animais ou vegetais. São nos ligantes de natureza mineral que encontramos os principais materiais utilizados nas argamassas. Neste grupo se inserem os ligantes aéreos, que endurecem unicamente com a presença do dióxido de carbono da atmosfera, caso da cal aérea, da argila e do gesso e os ligantes hidráulicos, que têm a propriedade de endurecer debaixo de água e de resistir à sua acção, caso das cais hidráulicas e do cimento.

Alguns investigadores ao longo dos séculos contribuíram para o desenvolvimento do conhecimento sobre os ligantes hidráulicos e tornaram possível chegar ao cimento actual. O investigador Vicat (1812-1816) explica que as cais hidráulicas provinham de calcários argilosos e explica a prova que a fabricação de cais hidráulicas podia ser obtida pela mistura dos calcários com uma proporção conveniente de argila (reação entre a cal e a sílica e a alumina da argila).

Os ligantes de natureza mineral são obtidos a partir de rochas naturais, que conhecemos como calcários ou mármore. As deposições da pedra são frequentemente contaminadas por impurezas que ao longo dos tempos vão fazendo parte integrante das rochas.

Em termos mineralógicos os calcários ou mármore podem ser classificados pela presença de maior ou menor percentagem de carbonato de cálcio:

- Muito puros- $\text{CaCO}_3 > 98\%$
- Puros- CaCO_3 entre 96 a 98%
- Margosos- CaCO_3 entre 90 a 96%
- Margas- CaCO_3 entre 75% a 90%.

As rochas mais puras são aquelas que dão origem às “cais gordas”. Em termos químicos os principais elementos que compõem estas rochas naturais são o cálcio, o silício, o alumínio, o ferro, combinados com o oxigénio. O produto final obtido através da cozedura faz diferir os materiais entre si devido a três factores fundamentais:

Temperatura da cozedura

Natureza da rocha

Quantidades presentes de sílica, alumina e ferro.

Em termos mineralógicos, a cal aérea é resultante da decomposição de rochas cálcicas ou dolomíticas, com uma percentagem de, pelo menos, 95% de CaCO_3 ou de CaMgCO_3 , no caso de um ou outro tipo de rocha. Veja-se a diferença da composição química dos principais ligantes, cimento, cal hidráulica e cal aérea:

Quadro 1 - Composição química em % de diversos ligantes

Matéria-prima	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Cl ⁻	RI	PR
Cimpor Cimento II- 32,5	60.4	20.14	4.7	3.03	2.8	1.26	1.12	0.74	0.22	0.011	2.38	6.22
Cimpor Cal hidráulica	51.6	15.18	5.57	2.38	2.63	1.56	-	-	-	-	2.79	18.77
Cal aérea	71.4	0.3	0.1	0.05	0.2	-	-	-	-	-	-	27.9

Repare-se que a percentagem de sílica é bastante superior no cimento, sendo inferior na cal hidráulica e bastante baixa na cal aérea. Inversamente, a percentagem de óxido de cálcio é superior na cal aérea, sendo inferior nos ligantes hidráulicos.

1.1.1 A cal aérea

As cals aéreas podem ser de origem cálcica ou dolomítica. Sendo designadas por:

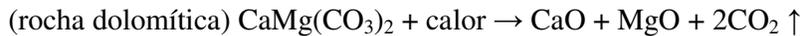
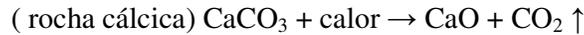
CL- cal cálcica

DL- cal dolomítica

As cals aéreas obtêm-se da cozedura de calcários com elevado grau de pureza.

A temperatura de cozedura da rocha cálcica pode variar entre os 800°C a 1000°C, situando-se, normalmente, nos 900°C. Na primeira fase do processo a rocha liberta a água que contém e a partir de determinada temperatura é que se inicia a decomposição do carbonato de cálcio. Quando o material não é puro a temperatura a que se dá a decomposição do carbonato de cálcio pode ser mais baixa.

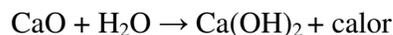
O processo de decomposição da rocha dolomítica é idêntico ao da rocha cálcica, mas a temperatura a que se verifica o processo é bastante inferior, podendo variar entre os 400 °C e os 480 °C.



Os produtos obtidos através da calcinação CaO (óxido de cálcio) e MgO (óxido de magnésio) são o material que designamos por cal viva.

A cal viva pode ser apresentada sob a forma de pedra ou em pó, esta última é designada por cal viva micronizada.

A cal viva é um produto muito instável. O seu armazenamento tem que ser muito cuidado para que não perca qualidades. Em presença da água, H₂O, o óxido de cálcio, CaO e o óxido de magnésio, MgO, transformam-se em hidróxido de cálcio, Ca(OH)₂ e hidróxido de magnésio, Mg(OH)₂, respectivamente. Este contacto com a água faz aumentar o seu volume e processa-se uma desagregação com efervescência, desenvolvendo vapores cáusticos.



Nesta transformação química se adicionarmos apenas a água necessária para a reacção ter lugar, estamos na presença de uma:

extinção por aspersão,

Obtendo a cal hidratada, Ca(OH)₂ ou Ca(OH)₂ + Mg(OH)₂, em pó.

No caso de ser adicionada água em excesso, estamos em presença de uma:

extinção por imersão,

Obtendo a cal hidratada, Ca(OH)₂, em pasta.

As cais dolomíticas, mais impuras, com percentagens de silício apreciáveis, não podem ser armazenadas desta forma porque podem endurecer com a presença da água.

A extinção da cal com excesso de água é um processo antigo, utilizado porque a cal quando armazenada desta forma não perde qualidades com o tempo, antes pelo contrário, ganha qualidades. Repare-se que, actualmente, existem processos de armazenar a cal extinta, nomeadamente com papel kraft, que permitem que o produto fique mais protegido. Na extinção por imersão é importante o tempo que medeia desde a adição da água até à utilização da pasta. Quanto maior for o grão da cal mais prolongada deve ser o tempo de imersão. Como as rochas não são totalmente puras pode sempre surgir, quando sujeitos a temperaturas um pouco mais elevadas, certos compostos com alguma hidraulicidade durante a cozedura, que não se extinguem desta forma natural e por outro lado, pode também ficar algum material que não se transformou totalmente no processo químico. Sendo assim, é importante que as cais sejam passadas para eliminar estes materiais cujo comportamento pode ser variável.

A temperatura de apagamento da cal, variável importante na qualidade deste ligante, deverá encontrar-se entre os 90°C a 130°C. A cal dolomítica hidrata de uma forma mais lenta do que a cal cálcica. O endurecimento das cais aéreas acontece pela reacção lenta com o dióxido de carbono da atmosfera, CO₂, reconstituindo a rocha inicial, carbonato de cálcio ou de magnésio.



Este processo lento de endurecimento é uma das principais razões para que os industriais da construção rejeitem a sua utilização em detrimento dos ligantes hidráulicos.

1.1.2 A cal hidráulica

As cais hidráulicas provêm de calcários impuros ou com adições de materiais argilosos, ou por misturas de cais apagadas com materiais de características pozolânicas.

As cais hidráulicas podem ser obtidas pela cozedura de um calcário natural, com determinadas percentagens de sílica, alumina e ferro. Neste caso e conforme a quantidade de compostos hidráulicos, são designadas por:

Cal hidráulica natural – NHL 2, NHL 3,5 e NHL 5, conforme o grau de hidraulicidade.

Em Portugal, só existe a cal hidráulica natural NHL5. As outras cais só podem ser obtidas por importação.

As cais hidráulicas podem ainda ser obtidas pela cozedura de uma rocha calcária ou mármore, à qual são adicionados os compostos hidráulicos. Neste caso as cais são designadas por:

Cal hidráulica artificial- HL

A temperatura de cozedura deve ser fixada o mais baixo possível, geralmente entre os 900°C a 1000°C.

Durante a cozedura parte do óxido de cálcio (CaO) reage e combina-se com a sílica (SiO₂), a alumina (Al₂O₃) e o óxido de ferro (Fe₂O₃) provenientes da argila para formar os silicatos (3CaOSiO₂ e 2CaOSiO₂) e os aluminatos de cálcio (3CaOAl₂O₃ ou 4CaOAl₂O₃Fe₂O₃).

A extinção da cal hidráulica é necessária para hidratar o óxido de cálcio (CaO) que não reagiu. É uma operação delicada porque um excesso de água ou um tempo de extinção muito prolongado pode alterar os compostos hidráulicos. Por outro lado, uma extinção imperfeita pode provocar danos no revestimento por expansão do óxido de cálcio, (CaO), quando forma o hidróxido de cálcio, Ca(OH)₂.

O processo de endurecimento é misto, tem uma parte de endurecimento hidráulico e outra parte de endurecimento aéreo. Os silicatos e aluminatos de cálcio endurecem na presença da água e a cal hidratada endurece por reacção com o dióxido de carbono- carbonatação.

Nos processos de fabricação mais modernos é suprimido o período de armazenamento. A extinção é feita em tambores rotativos com um mínimo de água sob vapor.

1.1.3 Os cimentos

O cimento romano é constituído por cal, com pozolanas e materiais vulcânicos ou argilas. Como exemplo, o Panthéon de Roma (118- 125 d.C.) foi construído com uma argamassa constituída por cal, pozolana e pó de pedra.

O termo cimento deriva da palavra latina “cimentum”; era utilizada para designar todo o material apto a ligar, hoje é reservada para designar ligantes hidráulicos com características próprias nomeadamente resistências elevadas.

A matéria-prima para obter o cimento Portland é idêntica à que se utiliza para fabricar a cal hidráulica variando a dosagem dos constituintes. A temperatura é mais elevada, >1280 °C para obter a clinquerização completa.

No processo de cozedura vão ocorrendo fenómenos idênticos aqueles que ocorrem para obter a cal aérea e a cal hidráulica, mas a presença de quantidades mais elevadas de sílica e alumina e as temperaturas mais elevadas transformam completamente os materiais dando origem ao clinquer.

Os fenómenos que ocorrem durante a cozedura do cimento são os seguintes:

100 °C- eliminação da humidade

500 °C- desidratação da argila

900 °C- $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

900 - 1200 °C- o óxido de cálcio (CaO) reage gradualmente com os compostos de argila (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3).

1200 -1280 °C- aparecimento duma fase líquida, início da fusão

> 1280 °C – formação do clinquer, clinquerização completa entre os 1400 °C e os 1450 °C.

Para obter o cimento o clinquer é moído e ensacado.

Há diversos tipos de cimento, aquele que é mais utilizado na construção é o cimento Portland artificial que se designa por:

Cimento Portland Artificial- CII 32,5

O processo de endurecimento do cimento está totalmente associado às reacções dos compostos hidráulicos. A reacção dos aluminatos com a água é extremamente rápida e conduziria a uma presa instantânea se, ao cimento não se juntasse um retardor de presa, normalmente um sulfato (gesso- CaSO_4). Os silicatos e aluminatos endurecem ao fim de poucas horas prolongando-se até aos 28 dias. Um dos problemas do cimento, para além das resistências elevadas que se obtêm com a sua utilização, é associado à

utilização do gesso que forma sais durante o endurecimento e pode ser perigosa a sua existência nos revestimentos, principalmente quando o suporte é pouco resistente.

1.2 Pozolanas e adições

As pozolanas podem ser de origem natural provenientes de erupções vulcânicas ou de argilas cozidas naturalmente pela lava incandescente. As pozolanas podem ter, ainda, origem artificial, como são o caso das cinzas volantes (resíduo da combustão da hulha e da lignite e das argilas calcinadas provenientes da cozedura de argilas).

As pozolanas são utilizadas desde a época dos romanos. Veja-se como Vitruvius faz referência a estes materiais que alteravam as características das argamassas:

“Apagada a cal, misturar-se-á a argamassa, de modo que se lancem nela três partes de areia, no caso de ser origem fósil, para uma parte de cal; se de origem fluvial ou marinha, misturem-se duas partes de areia com uma de cal. Deste modo se conseguirá a proporção ideal de caldeamento. Também se se acrescentar, como terça parte a esta areia fluvial ou marinha, cerâmica cozida em forno, moída e passada ao crivo, conseguir-se-á uma mistura de argamassa de melhor aplicação.”

Vitruvius, Tratado de arquitectura, livro II, cap.V

“Existe também uma espécie de pó que produz naturalmente soluções admiráveis. Surge nas regiões de Baias e nos territórios dos municípios que estão em volta do monte Vesúvio. Quando misturado com cal e pedra miúda, não só garante consistência aos vários tipos de edificações, como também torna sólidos os molhes construídos no mar, sob a água.”

Vitruvius, Tratado de arquitectura, livro II, cap.VI

Em Portugal não é corrente o uso de pozolanas, embora existam pozolanas naturais provenientes dos Açores, mas podem ser utilizados tijolo ou telhas partidas¹. O tijolo tem a desvantagem de ter a cor vermelha que pode não ser a requerida para a

¹ O uso de fragmentos de tijolo já se conhece desde a época dos romanos. Vitruvius. Op. Cit. A temperatura de cozedura do tijolo e a sua finura são aspectos fundamentais para que este confira características pozolânicas à argamassa. “*The Smeaton Project*”.

argamassa e não se encontrar disponível num grão fino, o que exige que seja passado (75 μ m – 150 μ m). A hidraulicidade ganha com a adição do tijolo pode ser muito lenta. Esta será mais efectiva se a finura do material estiver abaixo dos 75 μ m. No entanto, partículas superiores a 300 μ m também aumentam a durabilidade porque melhoram a porosidade, o que tem efeitos na resistência mecânica porque a carbonatação é mais fácil.

Nas adições podemos referir alguns materiais tais como cinzas volantes, escória granulada de alto forno, filler calcário ou sílica de fumo. Muitos destes materiais são hoje utilizados para melhorar algumas das características dos cimentos.

1.3 Agregados

As areias provêm da desagregação das rochas. Do ponto de vista químico, podem distinguir-se dois grupos principais: as areias siliciosas (quartzosas e graníticas) e as areias calcárias. No Norte do país, têm mais utilização as areias graníticas, no Sul são mais utilizadas as areias quartzosas ou de origem calcária. Actualmente, em certos países, por questões ambientais já são muito utilizadas areias provenientes da britagem. No nosso país, ainda é corrente o uso de areias de rio e de mar, convenientemente lavadas, muito embora já haja restrições no uso de areias de rio.

Os agregados têm uma forte influência no comportamento das argamassas. Há vários factores, como sejam, a dureza, a forma dos grãos, a granulometria, a porosidade que afectam o comportamento da argamassa. Mas, naturalmente, também a sua origem, o estado de limpeza da areia são factores que podem alterar as características da argamassa. Alguns destes factores são habitualmente referidos, nos cadernos de encargos, para a selecção de areias. De facto, a areia funciona como o esqueleto da argamassa que ganha coesão pela ligação dos seus grãos ao ligante, pelo que, a qualidade do agregado é fundamental no comportamento global da pasta.

A indicação sobre a necessidade da areia ter um grão angular e áspero ao tacto é frequente. O grão angular tem uma capacidade maior de aderir ao ligante, comparativamente ao agregado de grão arredondado. De qualquer forma, a superfície específica do grão angular é superior à do grão arredondado, o que obriga a junção de maior quantidade de água durante a amassadura da pasta, o que contribui de forma negativa para a sua resistência e susceptibilidade à fendilhação. Daí que, muito embora se defina que o grão angular seja o mais adequado para argamassas, o grão proveniente de uma areia britada, também devido aos factores indicados, pode não conferir as melhores características às argamassas.

Uma das condições para a utilização de agregados em argamassas é estarem limpos de impurezas químicas, matéria vegetal e matérias finas de natureza argilosa. A presença de argila, que geralmente acompanha as areias provenientes de areeiros, é sobretudo inconveniente nas argamassas por dificultar o perfeito contacto dos grãos da areia com o ligante, impedindo uma boa aderência que se pode traduzir por uma quebra sensível de resistência. No entanto, por outro lado, os finos nem sempre são de natureza argilosa e podem transmitir uma melhor coesão e uma maior trabalhabilidade às argamassas. Daí que seja conveniente, conhecer a natureza da matéria fina.

A granulometria indica-nos a quantidade de grãos de cada dimensão existente no lote de areia ensaiado. Uma areia bem graduada com menor volume de vazios é favorável.

As areias com maior volume de vazios afectam a estrutura porosa da argamassa e exigem, naturalmente, traços mais ricos em ligante. O aumento da quantidade de cal pode ter consequências negativas ao nível da retracção.

A mistura da areia separa as partículas de cal, o que facilita a reacção química da carbonatação e por outro lado, permite distribuir as retracções, que eventualmente ocorram, por toda a massa. Em princípio os grãos da cal devem ser envolvidos totalmente pelos grãos de areia. Embora as principais reacções de endurecimento da argamassa evoluam, principalmente, pela existência do ligante, a areia pode conter determinadas substâncias que, com o decorrer do tempo, se combinam quimicamente com o óxido de cálcio contribuindo também para o endurecimento da mistura.

Nas obras de construção civil em geral, o que se verifica é a utilização de areias de uma determinada região que, por uma questão de proximidade, torna o material mais económico.

2. Utilização e requisitos das argamassas

Actualmente, são inúmeras as utilizações das argamassas em obra. Podemos encontrar este material no assentamento das alvenarias, mas onde se encontra mais visível é nos revestimentos e acabamentos dos edifícios. Nestes últimos cumprem duas funções principais, protecção das alvenarias e interiores das habitações e de decoração.

Os revestimentos têm que ser capazes de aderir ao suporte, resistir bem aos movimentos destes, aos seus próprios movimentos internos decorrentes da secagem e processo de endurecimento, bem como, às solicitações exteriores, permitir ainda que ocorram as necessárias trocas de vapor entre o interior e o exterior dos edifícios e tenham capacidade para expulsar a água infiltrada. Os factores mencionados encontram-se correlacionados entre si, pelo que, a melhoria de alguns aspectos, pode influenciar negativamente outras características. De facto, são necessárias escolhas adequadas e dosagens das matérias-primas para contribuir que os requisitos pré-definidos sejam cumpridos. Mas há factores de grande importância no comportamento das argamassas, tais como, a natureza do suporte ou das camadas subjacentes, que influenciam directamente no comportamento da argamassa.

3. Compatibilidade de materiais

A qualidade dos ligantes é definida pela escolha das matérias-primas e pelos processos de cozedura, extinção e armazenamento. Não há bons e maus ligantes, estes podem tornar-se adequados ou inadequados conforme a utilização que se vai fazer deles.

Actualmente, os profissionais da construção rejeitam o uso das cais aéreas alegando alguns factores de entre os quais:

- Má qualidade da cal hidratada proveniente dos fornos industriais e comercializada em pó.
- Tempo que demora a preparar a argamassa quando utilizamos a cal em pedra que daria “mais força” à argamassa.
- Preferência pela cal preta que é praticamente inexistente no mercado.

A cal aérea comercializada em pó caso não esteja armazenada em boas condições pode reagir com o dióxido de carbono da atmosfera funcionando na argamassa como um agregado e não como um ligante. De qualquer forma, em estudos efectuados anteriormente não se encontraram razões para a rejeição das cais aéreas comercializadas em pó. Por outro lado, o mercado já dispõe de cal em pasta que previne totalmente este problema. No entanto, nas cais em pasta é mais difícil fazer o traço porque se encontra incorporada na cal uma quantidade indeterminada de água. As cais mais impuras, no Alentejo designadas por “cais pretas” ou “cais de obra” de facto só existem em pequena quantidade no mercado, sendo mais aconselháveis para os trabalhos de toscos.

Na recuperação de edifícios antigos, a continuidade dos materiais existentes e a procura de materiais idênticos e de certa forma compatíveis com os existentes pode ser o princípio fundamental para o sucesso dos trabalhos. Ao longo da história as cais desempenharam um papel único na construção e não podemos olhá-las apenas como um “material tradicional” porque se trata de um material de construção com grandes qualidades. No entanto, a aplicação de argamassas de cal aérea como único ligante exige o conhecimento dos processos de endurecimento que são muito diferentes das argamassas com ligantes hidráulicos e dominar as técnicas de aplicação. Estes conhecimentos, que foram durante largos séculos transmitidos de geração em geração, foram sendo perdidos desde a introdução generalizada do cimento.

As vantagens mais significativas dos revestimentos com cal aérea em relação àqueles onde se utiliza o cimento, ou mesmo certas cais hidráulicas, são resumidamente, serem:

- mais permeáveis,
- mais deformáveis,
- terem menor quantidade de sais.

A porosidade, característica essencial nas argamassas dos edifícios antigos, contribui para um melhor ambiente na habitação, controlando a quantidade de humidade no seu interior, que pode ser proveniente do solo ou do interior da habitação. Nas argamassas de cimento, pouco permeáveis, verifica-se normalmente por trás desse filme uma zona de condensação onde se acumulam os sais. Esta concentração de água vai originar condições de acumulação de tensões no revestimento que fissura,² verificando-se então facilmente a entrada de água, o que é tanto mais grave, quando optamos por rebocos constituídos apenas por uma camada (monocamada).

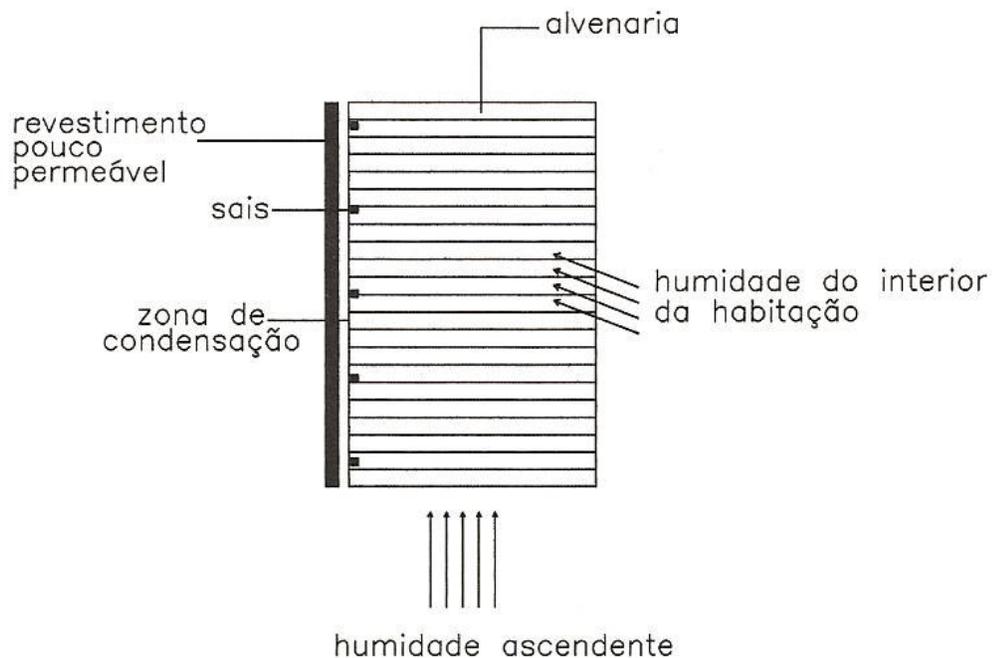


Figura 1-Desenho esquemático de uma alvenaria antiga com um revestimento pouco permeável

² A argamassa resiste razoavelmente à compressão mas é muito sensível a esforços de tensão.

O facto de se procurarem materiais de igual ou menor resistência mecânica é uma forma de sacrificar o processo de conservação escolhido e privilegiar os originais do edifício. Os materiais tendo características diferentes comportam-se de maneira desigual face às variações das condições externas do ambiente. Se a argamassa não acompanhar os movimentos do suporte, caso dos rebocos de cimento e da maioria das cais hidráulicas, pode fissurar, degradando o revestimento e permitir a entrada de água. As cais hidráulicas têm boa trabalhabilidade, resistências mecânicas menos elevadas do que o cimento e são mais deformáveis.

O cimento e algumas cais hidráulicas, têm uma grande quantidade de sais solúveis que provocam danos no revestimento, nos ciclos de variação de temperatura e humidade a que o edifício está sujeito ao longo da sua vida.

Se aplicarmos argamassas bastardas podem persistir alguns dos problemas dos rebocos de cimento, pouco permeáveis, pouco flexíveis, grande quantidade de sais. A adição de pequenas quantidades de cimento (“um cheirinho de cimento“) altera a estrutura da argamassa dificultando o acesso do dióxido de carbono necessário para o processo de carbonatação. O aumento da resistência mecânica pela junção do cimento em pequenas quantidades não é suficiente para compensar a sua diminuição pela adição de cal (fraca argamassa, menos porosa). Para além do problema de que os traços devem ter uma composição constante porque a adição de pequenas quantidades de ligantes hidráulicos pode sempre dar origem a zonas com maior percentagem de ligante hidráulico e noutras menor percentagem, conforme a sensibilidade do profissional que está a executar a argamassa.

4. Composição e aplicação das argamassas

A composição das argamassas está fortemente condicionada pelo suporte onde são aplicadas e pelos materiais que a compõem. A quantidade de água adicionada também influencia na qualidade final da argamassa, dependendo de alguns factores, tais como, a natureza do suporte, a temperatura, o vento, a espessura das camadas.

A quantidade de água adicionada tem que ser a necessária para permitir que as argamassas possam ser aplicadas, já que tem que facilitar a maneabilidade e a trabalhabilidade. De qualquer forma, se for em quantidade excessiva afecta negativamente a porosidade, a compacidade, a permeabilidade, diminuindo a resistência mecânica e aumentando a retracção. Pelo que, após a selecção de materiais e composições há que ter uma especial atenção em obra na água a adicionar para que não seja afectada a durabilidade da argamassa. Tecnicamente, a quantidade de água a adicionar deverá ser a menor possível que permita a aplicação da argamassa, devendo os materiais onde vai ser aplicada serem previamente humedecidos.

Os rebocos tradicionais são constituídos por várias camadas que deverão ser mais resistentes mecanicamente nas primeiras camadas e há medida que se aproximam da superfície, diminuir a sua resistência mecânica. Este requisito pode ser conseguido diminuindo a quantidade de ligante nas camadas mais exteriores ou utilizando agregados mais finos.

Tradicionalmente temos três camadas de revestimento:

Salpico (emboco, chapisco, crespido ou camada de aderência)- Bastante fluída, rugosa, com elevada dosagem de ligante. Destinada a homogeneizar a absorção do suporte e a estabelecer a ligação com a alvenaria.

Base (reboco) – É uma camada mais espessa, com a função de regularização e impermeabilização. Pode ser composta por mais do que uma camada. O acabamento não pode ser muito liso para dar aderência à camada de acabamento.

Acabamento (esboço) – Determina o aspecto final (cor e textura). Granulometria mais fina da areia ou menor quantidade de ligante. Esta camada deve ser muito apertada para evitar o aparecimento de fissurações.

De facto, as argamassas com base em ligantes aéreos têm algumas características particulares que obrigam a devida atenção durante a sua aplicação. Nomeadamente, porque a cal é solúvel em água, tem resistências mecânicas moderadas, sendo o tempo

de endurecimento muito elevado, o que as torna muito susceptíveis nas primeiras horas de aplicação.

Verifica-se, no entanto, que muito embora as argamassas de cal não sejam muito resistentes mecanicamente, têm a resistência suficiente e adequada para a aplicação em alvenarias antigas. Por outro lado, apresentam inúmeras vantagens, nomeadamente, uma boa plasticidade e baixa retracção, com constância de volume em condições variáveis de humidade.

Nas dosagens de cal, devem ser conhecidas os seguintes factores:

Pouca cal- depois da evaporação da água origina uma massa muito permeável à água, uma argamassa fraca com pouca resistência mecânica.

Muita cal- origina uma massa pouco permeável à água, fortes retracções e retarda a carbonatação que é ajudada pela presença de ar que a areia ajuda a penetrar no interior da argamassa.

Pouca areia- massa pouco permeável à água, retarda o processo de carbonatação.

Muita areia- porosidade excessiva, mecanicamente mais fraca.

As proporções ideais devem ser determinadas experimentalmente porque dependem dos materiais à disposição. Não há receitas únicas, estas dependem do suporte e dos materiais que vão constituir a argamassa. O ideal será analisar a composição da argamassa existente e procurar utilizar uma pasta de composição semelhante, tanto do ponto de vista de composição como de textura. No entanto, podem ser definidos alguns traços de referência em volume utilizando a cal aérea em pó, a cal viva micronizada e a cal aérea em pasta:

Quadro 2- Traços indicativos, em volume, de argamassas de cal aérea em pó, cal viva micronizada e cal aérea em pasta

	Cal aérea em pó	Cal viva micronizada	Cal aérea em pasta
Camada de salpico	1 cal : 1 a 2 areia grossa	1 cal : 2 a 4 areia grossa	1 cal : 2,5 a 3,5 areia grossa
Camada de base	1 cal : 2,0 a 2,5 mistura de areia grossa com areia fina (2/3 de areia grossa com 1/3 de areia fina)	1 cal : 4,0 a 5 mistura de areia grossa com areia fina (2/3 de areia grossa com 1/3 de areia fina)	1 cal : 3,5 a 4,0 mistura de areia grossa com areia fina (2/3 de areia grossa com 1/3 de areia fina)
Camada de acabamento	1 cal : 2,5 a 3 areia fina, ou areia grossa crivada	1 cal : 5 a 6 areia fina, ou areia grossa crivada	1 cal : 4,0 a 4,5 areia fina, ou mistura de areia fina com areia grossa crivada (1/2 de areia grossa crivada e 1/2 de areia fina)

Se a cal em pasta tiver uma extinção recente os traços deverão ter maior quantidade de cal em volume porque esta se encontra mais fluida, com uma elevada percentagem de água. A utilização da cal em pasta é bastante favorável em alvenarias antigas, porque é um produto de bastante qualidade que permite uma excelente homogeneização da argamassa e torna-a muito plástica, o que facilita muita a sua aplicação. A cal incorpora na sua composição água, o que torna mais difícil definir os traços. Como a densidade é bastante superior à cal aérea em pó, o volume de areia a adicionar nos traços com cal em pasta é superior relativamente aos traços com cal em pó. A cal viva aumenta de volume durante o processo de extinção. Este aumento depende da granulometria da cal, de qualquer forma, o volume da cal é sempre superior ao dobro do volume inicial da pedra. Pelo que, para determinar o traço em volume, tem que ser considerado esse aumento de volume e adicionar, pelo menos, o dobro da areia que seria adicionado num traço com cal aérea em pó.

Alguns cuidados são necessários para a utilização das cals aéreas. É necessária uma perfeita cozedura e extinção da cal (com pelo menos 24 h de antecedência). Se for utilizada cal em pedra, extinta em obra, a extinção ainda deverá ser ainda mais prolongada. A homogeneização da mistura deve ser realizada juntando apenas a água necessária para a argamassa obter a devida consistência (seja a amassadura de forma manual ou mecânica). É muito importante a forma cuidada de aplicar a argamassa em

obra (de preferência aplicada em mais do que uma camada de pequena espessura esperando, pelo menos, dois a três dias entre cada aplicação), sendo favorável se este tempo puder ser alargado para melhorar o processo da carbonatação. As argamassas devem ser apertadas com a costa da colher, este procedimento faz com que alguma fissuração que ocorra seja colmatada e torne a argamassa menos porosa. Por outro lado, as condições atmosféricas devem ser favoráveis à libertação da água da pasta, mas é essencial a existência de humidade na atmosfera. Diz-se que “argamassa de Inverno, argamassa de ferro”, sendo favorável a sua aplicação sem chuva e com temperaturas entre os 10°C a 15°C. A Primavera e o Outono são as estações mais favoráveis para a aplicação destas argamassas.

A aplicação das argamassas deve ser feita sobre superfícies limpas, eliminando todos os materiais que estejam desagregados ou pouco aderentes. As superfícies devem ser previamente molhadas antes de serem aplicadas as camadas de revestimento.

As camadas devem ter uma pequena espessura. O salpico tem uma espessura determinada pela granulometria da areia utilizada, entre 3 a 5 mm, e deverá ser bem apertado e introduzido nas juntas da alvenaria. A camada de base, mais espessa, pode ter espessuras até 15 mm, mas aconselham-se espessuras máximas de 10 mm. Sendo preferível executar mais do que uma camada quando é necessário ter maiores espessuras na camada de base. A camada de acabamento é menos espessa, variando entre 5 mm a 10 mm. A camada de acabamento pode constituir o revestimento final mas, na maioria dos casos, é coberta por uma caição, pintura ou outro tipo de acabamento final. A utilização da cal no estado puro origina fortes fissuras por retracção, apenas se pode utilizar em pequenas espessuras caso dos acabamentos (barramentos/ estanhados/ guarnecimentos).

Outros processos tradicionais foram utilizados como, por exemplo, a extinção da cal em pedra conjuntamente com a areia. Neste caso, a cal viva em pedra era misturada, nas proporções já necessárias para a execução do traço da argamassa, com a areia. Esta massa ficava húmida a repousar durante vários dias, sendo depois amassada e aplicada em obra. Uma das vantagens deste processo é a utilização de um ligante com maior percentagem de cal activa que estabelece ligações fortes com o agregado. De qualquer forma, trata-se de um processo complexo para a utilização nos dias de hoje e que exige alguns cuidados adicionais. Nomeadamente, deixar a pasta em repouso até que a extinção seja completa, manter sempre a pasta húmida para evitar carbonatação nas zonas da superfície da mistura, prevenir a existência de impurezas na cal.

BIBLIOGRAFIA

- ADAM, Jean Pierre- *La construction romaine, matériaux et techniques*, 2ª edição, Grand Manual Picard, Paris, 1989.
- BOYTON, Robert S.- *Chemistry and technology of lime and limestone*, 2ª edição, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, John Wiley & Sons, Inc., 1980.
- ECOLE D'AVIGNON- *Techniques et pratique de la chaux*, Editions Eyrolles, Paris, 1995.
- MALINOWSKI, R.- *R. Ancient mortars and concretes: Aspects of their durability*, in *Histoire of Technology*, 7th Annual Volume, Mansell U.K., 1982. p.89-101.
- MARGALHA, Maria Goreti- *O Uso da Cal nas Argamassas no Alentejo*, tese de mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico, Évora, 1997.
- MARGALHA, Maria Goreti- *Lime Renders in Southern Portugal*, in «Proceedings in British Masonry Society», Nº8, Londres, 1998. p.125-130.
- MARGALHA, Maria Goreti- “*Revestimento em Alvenarias Antigas*”, Revista N.º 13 da Direcção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais, Setembro de 2000. p.145- 149.
- HISTORIC SCOTLAND, *Preparation and use of lime mortars- Introduction to the Principles of Using Lime Mortars*, Technical Advice Note 1.
- “THE SMEATON PROJECT”, *Pesquisa English Heritage, Bournemouth University & ICCROM*.
- TORRACA, Giorgio- *Porous Materials Building- Materials Science for Architectural Conservation*, 3ª edição, Itália, ICCROM, 1988.
- TÉBAR, Demetrio Gaspar- *Evolution de los materiales de construcción (cales, yesos y cementos) através de la história*, Tallares 98: Materia y Conservación, Santiago de Compostela, 1998.
- VEIGA, Maria do Rosário- *Argamassas para revestimento de edifícios de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes- 3º Encore: Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação*, Lisboa, LNEC, 2003.
- VITRÚVIO- *Tratado de Arquitectura*, tradução do latim por M. Justino Maciel, I.S.T., Lisboa, 2006.