



Os materiais pétreos no Restauro

Traduzido do original em italiano,
em «<http://maxpages.com/achille32>»,
por António de Borja Araújo, eng.º civil, IST
3 de Abril de 2003

Os materiais pétreos nas construções históricas

Como é sabido, os materiais pétreos dividem-se em três categorias correspondentes às suas diferentes naturezas :

Os magmáticos têm origem na lava vulcânica, pertencendo a esta categoria os granitos, os pórfiros, etc.

Os sedimentares são consequentes de depósitos compactados por fortes pressões, e a estes pertencem os calcários, os arenitos, os travertinos, etc.

Os metamórficos consequentes da transformação das rochas magmáticas e sedimentares por temperaturas e pressões elevadas, pertencendo a esta categoria os mármore.

Alvenaria de calhaus :

Nos agregados habitacionais o uso do calhau rolado prolongou-se desde a Idade Média até meados do Séc. XX, revelando-se particularmente espalhado quando, por problemas de exploração e de transporte, conseguia ser concorrencial relativamente ao tijolo maciço.

Entre os paramentos em pedra que a tradição da construção nos transmitiu, os de calhaus não trabalhados são certamente os mais pobres; de facto, não existe selecção dos materiais, e os calhaus eram recolhidos nas zonas próximas, tendo-se o cuidado de os seleccionar com um peso que, apesar da sua heterogeneidade, coubesse dentro de certas normas fixadas, no caso das maiores dimensões, pelos problemas de transporte. De uma qualidade superior e de maior resistência são as paredes executadas com calhaus partidos a meio. Neste caso, eram escolhidos calhaus venados, por forma a que uma pancada de marreta os podesse abrir ao meio; ambas as metades eram usadas no paramento, com um assentamento cuidadoso, para se reduzirem as juntas e obter um plano suficientemente rectificad.

A técnica mais espalhada para a construção de edifícios, geralmente não superiores a dois andares, consistia na criação de paredes de grande espessura, adelgçando para cima; geralmente, pode-se observar que a espessura da base das paredes é de um décimo da sua altura total, e que reduz em correspondência com os pavimentos. As dimensões possantes destas paredes espessas levam ao engano os executantes que tenham que programar uma intervenção; de facto, não é raro que sejam vazias no interior, ou então que estejam cheias com materiais incoerentes. As razões para estas soluções devem ser procuradas, em vez de na poupança de material, nas possibilidades de se distribuir o grande peso destes paramentos por uma maior área; de facto, ficamos frequentemente maravilhados com o facto de estas estruturas serem isentas de uma fundação adequada. Quando estas eram realizadas, eram mais largas do que a parede em elevação; era frequentemente empregue cal com abundância, escassa no resto da construção, se não mesmo ausente. A importante avaliação da repartição das cargas atribuída às fundações, determinava a execução de algumas fiadas de tijolo maciço sobre as quais se continuava com a mais pobre alvenaria de calhaus.

Enquanto que o assentamento dos tijolos segue esquemas correntes, a dos calhaus exige uma atenção especial, para se combinarem melhor elementos com formas e dimensões diferentes. Os calhaus

eram posicionados com cuidado, por forma a se reduzir ao mínimo o emprego da cal, limitada apenas aos pontos de apoio. Por vezes eram colocadas varas, ou até vigas de madeira englobadas na parede, com funções de plano de apoio e para se manter ligada a estrutura, função obtida também pela intercalação de uma ou duas fiadas de tijolos. Quando se trabalha junto destas paredes, deve-se ter muita atenção às demolições ou integrações parciais, já que os calhaus estão só apoiados e retirar-se um quer dizer interessar-se os periféricos.

Desde 1700 até aos nossos dias, o calhau perde a peculiaridade de alvenaria pobre, para assumir um valor prevalentemente decorativo na construção civil. Nos nossos centros com estrutura medieval, notam-se frequentemente casas com a fachada principal, virada para a rua larga, rebocada, enquanto que, nas fachadas viradas para as ruas estreitas, o calhau era deixado à vista.

Devem ser respeitadas as diferentes aplicações dos paramentos : descobrir à vista calhaus anteriormente rebocados, para conferir ao edifício um presumível aspecto de rusticidade, é tão incorrecto como rebocarem-se os calhaus encontrados à vista. É importante que se mantenham as alvenarias em calhaus que sobreviveram, muitas vezes demolidas sem uma justificação rigorosa, pelo menos como testemunhos frequentemente preciosos de uma antiga técnica construtiva e das raízes históricas a que estamos ligados. Para a sua integração e reparação devem ser empregues as técnicas gerias tradicionais de "*cucci scucci*"; não é possível executarem-se perfurações; as injeções de argamassa podem ser eficazes em paredes não muito grandes e com cavidades limitadas.

Léxico das alterações macroscópicas na pedra

Descrição das alterações macroscópicas das pedras, relativamente aos efeitos da água e às suas possíveis alterações :

<i>Termo italiano</i>	Termo português	Significado
<i>Alterazione</i>	Alterações	<p>Modificações dos materiais, que não implicam necessariamente um agravamento das suas características sob o ponto de vista conservativo.</p> <p>Em biologia : as alterações são sempre provocadas por interacções biodegradadoras do substrato – subtracção de elementos, acções de metabolismo sobre o substrato, etc.</p> <p>Esta palavra também pode ser considerada como sinónimo de degradação. Definem-se como Alterações Atípicas aquelas em que tais características se referem principalmente à biodegradação, ou a fenómenos de origem diferente (química e / ou física).</p> <p>Nota-se que uma biodegradação pode dar lugar a alterações típicas ou atípicas conforme o estado do seu desenvolvimento ou das condições em que se desenvolveu.</p>
<i>Alterazione cromatica</i>	Alteração cromática	<p>Alteração que se pode manifestar através de uma variação de luminosidade : “brilho”; de cor : “cor”; de intensidade : “saturação”.</p> <p>Em biologia : alteração provocada pela pigmentação das estruturas celulares ou pelos pigmentos emitidos pelo substrato da biodegradação, pela sua própria actividade metabólica.</p>
<i>Alveolizzazione</i>	Alveolização	Degradação que se pode manifestar nos materiais com elevada porosidade, pela formação de alvéolos, frequentemente profundos e interligados, cujas paredes ficam recobertas por pó do próprio material, por eflorescências e / ou por colónias de microrganismos.
<i>Concrezione</i>	Concreção	Depósito de dimensões limitadas, com forma tendencialmente isométrica. Também pode assumir uma forma estalactítica ou estalagmítica, com eventual englobamento de microrganismos, este depósito pode-se formar quer por transporte de cálcio dissolvido em água dura, quer por recristalização superficial de carbonato de cálcio do substrato.
<i>Corrasione</i>	Erosão	Remoção de material consequente da acção mecânica de partículas sólidas transportadas pelo vento.
<i>Corrosione</i>	Corrosão	<p>Degradação que implica, sempre, o envolvimento de um processo químico.</p> <p>Em biologia : é consequente de metabolismos ácidos, orgânicos e inorgânicos.</p>
<i>Crosta</i>	Crosta	Produto de transformações superficiais do material, visivelmente distinguível das partes subjacentes pelas suas características morfológicas e,

frequentemente, pela sua cor. A sua natureza química e mineralógica, e as suas características físicas são, na totalidade ou em parte, diferentes das do material de que deriva e do qual se pode destacar.

Em biologia : degradação consequente de algas e de líquenes durante uma fase particular do seu desenvolvimento. Pode-se apresentar mais ou menos dura e espessa.

<i>Decoesione</i>	Perda de coesão	<p>Degradação nem sempre visível, que se manifesta por uma diminuição da coesão e da aderência entre os componentes estruturais, com aumento da porosidade e assinalável deterioração das características mecânicas originais. Em relação com os estados de progressão do processo, toma os nomes de "desagregação" e de "pulverização".</p> <p>Em biologia : degradação provocada no material por infiltrações de algas, de hifas de fungos ou de talos de líquenes.</p>
<i>Degradazione</i>	Degradação	<p>Modificação do material que implica, sempre, um deterioração das suas características, sob o ponto de vista conservativo.</p>
<i>Degradazione differenziale</i>	Degradação diferencial	<p>Degradação relacionada com a heterogeneidade da composição ou da estrutura dos materiais, bem como, frequentemente, com os motivos texturais ou estruturais originais.</p>
<i>Deposito superficiale</i>	Depósito superficial	<p>Acumulação de materiais estranhos de natureza diversa, tais como, por exemplo : poeiras, terragem, microrganismos, etc.</p> <p>Têm espessuras variáveis, geralmente com escassa coesão e aderência ao material subjacente.</p> <p>Em biologia : constituídos principalmente por algumas espécies de algas, que se desenvolvem em estado ligeiramente pulverulento superficial, ou por alguns líquenes pulverulentos. No caso de depósitos particularmente homogêneos e finos, usa-se também a expressão "patina biológica".</p>
<i>Disgregazione</i>	Desagregação	<p>Estado avançado de perda de coesão, caracterizado pela destacamento de grânulos ou de cristais à menor solicitação mecânica; comportam uma sensível deterioração das características mecânicas originais e um notável aumento da porosidade.</p> <p>Em biologia : provocada pela própria proliferação de raízes de plantas infestantes.</p>
<i>Efflorescenza</i>	Eflorescência	<p>Formação cristalina de sais solúveis sobre a superfície dos objectos, provocada por fenómenos de migração e de evaporação de água; geralmente esbranquiçadas e pouco coerentes.</p> <p>Em biologia : provocada por um tipo particular de crescimento de <i>Attinomiceti</i> (eflorescência branca) ou de algas azuis ou verdes (eflorescência branca, rosa ou amarela).</p>
<i>Erosione</i>	Erosão	<p>Remoção de material consequente de processos químicos ou físicos (alveolização, corrosão, desagregação, pulverização).</p>
<i>Esfoliazione</i>	Esfoliação	<p>Degradação que se manifesta com um levantamento seguido por destacamento, de uma ou mais camadas superficiais finas, paralelas entre si, ditas folhas. Cada folha tem uma espessura uniforme, geralmente da ordem dos poucos milímetros. São constituídas quer por material aparentemente íntegro, quer por material alterado.</p> <p>Em biologia : também toma o nome de descamação e é provocada por um desenvolvimento maciço de microflora quimicoautotrófica ou heterotrófica.</p>

<i>Fessurazione</i>	Fissuração	Degradação que se manifesta pela formação de soluções de continuidade no material, com destacamento macroscópico entre as duas partes, pela dita fissura. Em biologia : provocada pela penetração localizada de raízes de plantas infestantes.
<i>Fratturazione</i>	Fractura	Degradação que se manifesta pela formação de soluções de continuidade no material, com ou sem afastamento relativo entre as duas partes, pela dita fractura.
<i>Incrostazione</i>	Incrustação	Depósito estratiforme com uma certa extensão, compacto e geralmente muito aderente ao substrato, composto por substâncias escassamente solúveis, predominantemente carbonatos, depositados por água dura. Sobre os materiais calcários muito porosos, em especial sobre os rebocos, a incrustação é mais frequentemente consequente da recristalização do carbonato de cálcio do substrato, anteriormente dissolvido por águas ricas em ácido carbónico.
<i>Patina</i>	Patina	Alteração estreitamente ligada às modificações naturais da superfície dos materiais, não estando relacionada com manifestações de fenómenos de degradação, e sendo perceptível como uma variação da cor original desse material. No caso de alterações artificiais, usa-se de preferência a palavra "patinação".
<i>Pellicola</i>	Película	Em biologia : camada homogénea e fina de algas verdes, que se pode arrancar ou descolar.
<i>Pitting</i>	"Picadas"	Corrosão puntiforme que se manifesta através da formação de pequenas cavidades.
<i>Placca</i>	Placa	Em biologia : maciço desenvolvido por microrganismos e que assume formas arredondadas de cor e consistência variáveis.
<i>Polverizzazione</i>	Pulverização	Degradação que se manifesta através da queda, por vezes espontânea, do material, sob a forma de pó.
<i>Rigonfiamento</i>	Empolamento	Levantamento superficial do material, de forma, cor e consistência variáveis.
<i>Scagliatura</i>	Lascagem	Degradação que se manifesta pelo destacamento total ou parcial de partes, lascas, frequentemente conforme soluções de continuidade, no material original. As lascas têm formas e espessuras irregulares e dimensões variáveis, apresentando, de preferência, texturas mais maciças e compactas ao longo dos bordos e em relação com estes. São constituídas geralmente por materiais com aparência inalterada. Por baixo delas podem existir eflorescências e microrganismos. Em biologia : provocada pelo desenvolvimento de bactérias quimicoautotróficas.
<i>Spotting</i>	Manchas	Presença de pequenas áreas variadamente pigmentadas, essencialmente de origem biológica. Por vezes adopta-se a palavra "manchas".

Restauro de monumentos

As principais causas de degradação de um material pétreo são consequentes dos seguintes agentes :

- 1) Agentes geológicos
- 2) Agentes climáticos e meteorológicos
- 3) Agentes biológicos
- 4) Agentes humanos

Os agentes geológicos consistem essencialmente naquela série de causas relacionadas com os movimentos e com as cedências da base natural de apoio do objecto em pedra, que determinam o aparecimento de um estado de tensão diferente do preexistente.

Este novo estado de tensão pode, em alguns pontos superar as características de resistência do material, gerando destacamentos e roturas.

Os principais agentes directos e indirectos de degradação, pertencentes à categoria dos agentes climáticas e meteorológicos, são constituídos essencialmente por :

- Água
- Incidência solar
- Poluição atmosférica
- Vento

As diferentes hipóteses que foram apresentadas para se tentar explicar as diferentes causas da degradação, relativas a estes agentes, podem ser classificadas num dos seguintes processos :

- Ataque químico em consequência de deslavamento
- Ataque químico em consequência da condensação
- Ataque físico por dissolução e evaporação
- Transferência de sais solúveis para a superfície, através de mecanismos de dissolução e evaporação
- Dilatações consequentes de processos de humidificação e evaporação
- Fenómenos de congelamento

O ataque químico em consequência de deslavamento acontece quando a chuva, sobretudo nos centros urbanos e industrializados, é fortemente ácida (pH de 4 a 6) por causa dos agentes poluentes presentes na atmosfera.

Tais agentes são constituídos essencialmente por anidrido sulfuroso, anidrido carbónico e óxido de azoto gasosos (NO_x), enquanto que também estão presentes, geralmente, vestígios de ácidos nítrico, clorídrico, sulfídrico e sulfúrico, mas cuja acção é menos importante.

Desta forma, desenvolve-se uma reacção química entre as substâncias que estão presentes como constituintes da atmosfera e o material, sobretudo quando este é constituído principalmente por carbonato de cálcio, mas este decaimento pode surgir mesmo nos materiais não calcários, através da absorção de produtos da decomposição do material calcário circunstante.

Na sequência da condensação e da sua seguinte evaporação, realiza-se um processo de transporte dos sais solúveis para a superfície, com a consequente esfoliação da crosta e o aparecimento de eflorescências.

Para além disso, os fenómenos de condensação constituem um mecanismo de transporte extremamente eficiente para os poluentes atmosféricos de todos os tipos. Deve-se ainda considerar que, enquanto a chuva remove imediatamente do material original os produtos resultantes do ataque, a água de condensação, não sendo normalmente suficiente para escorrer pela superfície, evapora, deixando para trás de si produtos de reacção que podem dar lugar a posteriores processos destrutivos.

Por fim, no que respeita ao ataque químico da pedra pelos agentes da poluentes presentes na atmosfera, relativamente ao SO_2 , tem que se considerar um posterior mecanismo de transporte que consiste na absorção directa do SO_2 por parte dos materiais em questão. O anidrido sulfuroso absorvido, através de um processo de oxidação favorecido por condições de humidade relativa elevada, transforma-se em ácido sulfúrico e, seguidamente, ataca a pedra formando sulfato de cálcio.

Os organismos vivos contribuem para o decaimento das pedras, se bem que a sua acção seja ligeiramente menos agressiva, relativamente aos outros já observados. Estes podem-se dividir em :

- Plantas
- Bactérias
- Animais aquáticos
- Animais domésticos

Os líquenes, organismos simbióticos entre algas e fungos, podem-se distinguir em calcífagos e silicófagos, conforme o seu tipo de rocha preferido, e em endolíticos e exolíticos, conforme os seus talos estejam completamente ocultos dentro da pedra, mesmo que os seus órgãos frutíferos se formem sobre a pedra e floresçam com um certo grau de maturação, ou conforme apenas penetrem as suas raízes na pedra. Eles exercem um ataque químico sobre a pedra, consequente das suas secreções, e provocam uma degradação mecânica, consequente da penetração das suas raízes e da variação do volume destas, conforme o seu teor em humidade. Para além deles, diversos tipos de plantas podem infestar um material pétreo, dando lugar a fenómenos de degradação análogos aos apresentados pelos líquenes. No que respeita às bactérias, pode-se sobre elas dizer que o estado do conhecimento actual está ainda na fase das hipóteses. Estando a presença dos nitratos, dos sulfatos e dos sais complexos de ferro ligada a todas as situações de degradação, supõe-se que as bactérias do ciclo do azoto, do enxofre e do ferro podem participar nesse processo.

EFEITOS DA DEGRADAÇÃO

Os efeitos da degradação observados são variados e chegam a interessar ao mesmo tempo todas as propriedades físicas e químicas da material pétreo. As alterações podem ser subdivididas em :

- Alterações superficiais
- Alterações internas

Pode-se considerar que as alterações superficiais são constituídas por :

- a) Infestações de origem biológica – Todos os agentes biológicos citados podem estar presentes na pedra, dando origem a formações típicas de cada espécie.
- b) Patinas – Trata-se de películas finas de material alterado aderente ao corpo subjacente e de cor variável desde o verde, ao castanho, e ao negro. Contêm sulfatos, sais complexos de ferro, poeiras naturais e resíduos metabólicos. São geralmente atribuídas à acção de microrganismos quimicolitotrópicos, seja de origem animal, seja vegetal. Na atmosfera urbana poluída, são geralmente de cor escura, por causa das substâncias carbónicas depositadas pelo ar.
- c) Estrias – São constituídas por sulcos horizontais ou inclinados ao longo das zonas de menor resistência do cimento natural que liga os grãos da pedra. Pode-se observar esta forma de alteração num material submetido a uma forte acção eólica ou a uma elevada humidade interna.
- d) Crostas – A formação de crostas é essencialmente devida aos mecanismos de transporte da água. Esta pode penetrar na rocha de maneiras diferentes (chuva, absorção do vento húmido, condensação, humidade ascendente). Penetrada em profundidade, ela opera uma acção de dissolução das sais constituintes do material pétreo que, depois, evaporando deixa depositados concentrados.

Se a evaporação da água e o conseqüente depósito de sais acontecerem à superfície, dão lugar à formação de crostas externas ou de eflorescências, conforme a natureza dos sais; se esse depósito acontecer no interior da pedra, dá-se a formação de crostas internas. As crostas externas permanecem sobre o material ou são deslavadas, conforme a quantidade de água que atinge a superfície e conforme a solubilidade das sais seus constituintes. Por exemplo, forma-se uma crosta resistente se os sais que migram são constituídos por gesso e por carbonato de cálcio e de magnésio.

Tais crostas são constituídas, para além das substâncias dissolvidas a partir da pedra mãe, por substâncias depositadas pela atmosfera. Conforme estes casos, assumem a cor branca ou acinzentada em atmosferas pouco poluídas, enquanto que assumem cores mais escuras em áreas urbanas ou industrializadas, por causa dos depósitos de substâncias carbónicas, provenientes dessa atmosfera poluída. A forma destas crostas depende da natureza da pedra e sobretudo da sua porosidade. Os poros maiores oferecem uma fácil passagem à água da chuva, dando lugar a crostas concrecionadas de superfície irregular. Se os poros forem pequenos e uniformemente distribuídos, as crostas são mais lisas. Se o depósito dos sais for proveniente do interior, aparece uma espécie de zona consolidada no material, correspondente ao facto de os poros pequenos estarem obturados pelos sais, enquanto que os poros maiores ficam apenas parcialmente obstruídos pelas cristalizações salinas formadas nas suas paredes.

A zona circundante, pelo contrário, fica debilitada pela dissolução dos sais, a qual modifica progressivamente a estabilidade dos agregados minerais. Assim forma-se uma segunda camada cujas propriedades são profundamente diferentes relativamente à situação anterior.

Geralmente, esta segunda camada apresenta-se arenosa, incoerente e frequentemente saturada com sais solúveis. Normalmente formam-se as seguintes zonas características :

1. Uma crosta exterior muito fina de cor escura.
2. Uma camada muito dura, cuja cor varia desde o branco até ao cinzento.
3. Uma zona branda, amarelada, facilmente pulverizável, de consistência arenosa.
4. A pedra inalterada.

A zona arenosa é de grande importância porque permite que a crosta se destaque em pedaços maiores ou menores, pela acção dos seguintes agentes :

1. Gelo, que cria tensões em consequência da variação do seu volume.
2. Incidência solar, que gera tensões por variação das dimensões lineares.
3. Pressão osmótica.
4. Cristalização de sais, que gera variações de volume e mesmos tensões.
5. Gravidade, que permite à crosta destacar-se do estrato arenoso subjacente.

e) Pulverização – É o efeito de degradação mais importante e característico, a seguir à formação das crostas, constituído pela pulverização do material pétreo.

A zona superficial daquele transforma-se numa massa arenosa, sem consistência, até uma profundidade de alguns centímetros, e que se destaca facilmente.

Esta alteração é, geralmente, do tipo preferencial, no sentido em que se localiza em sulcos dispostos ao longo dos planos de jazida na pedreira. A profundidade destes sulcos varia e traça uma série de relevos sobre a superfície da pedra. Estes assumem frequentemente a forma de uma grelha, constituída pela intersecção desses sulcos. Os agentes mais típicos desta degradação são o vento, o gelo e os sais solúveis, em especial os sais menos solúveis que se concentram nos relevos dos grãos e sobre os elementos ligantes, enquanto que os sais mais solúveis se encontram na zona que irá formar de seguida o sulco, disposta ao correr da jazida na pedreira. O cruzamento destas duas zonas determina a rectícula.

f) Corrosão alveolar – Este tipo de corrosão apresenta-se sob a forma de cavidades com dimensões variáveis, com um contorno mais ou menos circular, espalhadas casualmente sobre a superfície da pedra, e pensa-se que seja devida a um mecanismo particular de degradação dito “doença alveolar”. Esta forma de degradação é devida à acção dos sais muito solúveis e higroscópicos, capazes de permutarem rapidamente e frequentemente o vapor de água com o ar. A dinâmica deste fenómeno é fortemente influenciada por fenómenos de turbulência localizada. De facto, o vento actua como vector de calor e de humidade, fazendo aumentar a frequência das passagens através da curva de equilíbrio de hidratação dos sais. O citado aspecto característico desta corrosão, casualmente disposta sobre a superfície da pedra, é típico dos materiais fortemente heterogéneos que apresentam zonas com uma porosimetria fortemente diferenciada. A porosidade do material influencia a capacidade de dissolução dos sais por parte do deslavamento consequente às águas pluviais. Por esta razão, os sais muito solúveis nunca serão expulsos as zonas muito porosas de uma pedra, já que o escoamento da água só terá início quando estes sais já estiverem totalmente dissolvidos e reabsorvidos pela pedra. É em correspondência com estas zonas que tende a localizar-se a corrosão alveolar. Não só a cristalização ou a hidratação dos sais determinam uma cavidade sobre a superfície, mas em correspondência com esta cavidade vem a estabelecer-se uma zona turbulenta por causa da não uniformidade do campo aerodinâmico criado pelo vento sobre a superfície da pedra. A turbulência, como já foi dito, aumenta por sua vez a dinâmica do fenómeno desagregador.

- g) Concreções sob a forma de estalactites – Estas são devidas ao ataque químico da chuva sobre a pedra; em particular, por causa da acidez da chuva, os sulfatos e carbonatos são dissolvidos. Esta solução, percolando do interior para o exterior da pedra evapora seguidamente, depositando os sais dissolvidos sob a forma de concreções.

As alterações podem ser consideradas como constituídas por :

- a) Alterações internas não visíveis – Estas não aparecem na superfície da pedra e a completa desagregação produz-se no interior e a uma profundidade de alguns centímetros. Este tipo de alteração é o mais frequente e é dificilmente identificável no início, visto que o estado superficial se mantém constante. Tende a localizar-se em correspondência com zonas limite de subida de águas de capilaridade, em correspondência com molduras e outros objectos do tipo balanceado, balcões, etc. Em coincidência com o estado avançado da degradação, a espessa crosta de pedra destaca-se deixando no seu lugar uma cavidade pulverulenta.
- b) Alterações internas visíveis – Este tipo de alterações tem início em correspondência com as arestas e dirige-se para o interior do bloco de pedra, o qual parece inchar e fissurar. Pode interessar o monumento em qualquer altura e ferir toda a pedra ou apenas parte desta. O material aparece fortemente desagregado, apresentando ainda um preocupante estado de alteração. Parece que as causas desta alteração devem ser atribuídas principalmente à natureza da própria pedra, mais do que à sua colocação na construção. Em qualquer caso trata-se unicamente de pedras mal trabalhadas ou cortadas conforme os planos de jazida, podendo, no entanto, o fenómeno depender da presença de veios brandos de argila ou ainda da acção do gelo. Pelo contrário não parece ser determinante, neste tipo de alteração, qualquer tipo de acção química.

PARÂMETROS INDICADORES

Os parâmetros fundamentais para a caracterização do estado de degradação de um material pétreo são constituídos por :

- 1) Parâmetros físico-químicos correspondentes à natureza do material constituinte da estrutura interna.
- 2) Composição elementar.
- 3) Composição mineralógica.

Os parâmetros físicos correspondentes à natureza do material constituinte são :

- 1) Módulo de Young dinâmico.
- 2) Densidade.

Os parâmetros de natureza física correspondentes à estrutura porosimétrica do material constituinte são :

- 1) Porosidade.
- 2) Permeabilidade ao ar.
- 3) Permeabilidade à água.
- 4) Capacidade de evaporação.

As características mecânicas do material constituinte são :

- 1) Resistência à tracção.
- 2) Resistência à compressão.
- 3) Resistência à flexão.
- 4) Resiliência.

As características superficiais do material constituinte são :

- 1) Dureza.
- 2) Resistência ao desgaste.
- 3) Resistência ao envelhecimento.
- 4) Resistência à fadiga.
- 5) Efeitos do microclima sobre o material.
- 6) Estado de contaminação biológica.

INSTRUMENTOS APLICÁVEIS

Relativamente aos parâmetros indicadores apresentados no parágrafo precedente, podem ser aplicados, para a sua quantificação, os seguintes instrumentos científicos :

- Exame espectrográfico ao microscópio óptico, sobre secções finas.
- Exame ao microscópio de varrimento electrónico.
- Microsonda electrónica.

MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO PARA A PEDRA

As características principais dos materiais que devem ser determinadas com a finalidade de se conhecer e descrever correctamente o seu comportamento, dizem respeito às suas propriedades mecânicas, ao seu estado de alteração estrutural, ao estados das suas ligações e uniões, e à sua resposta às acções exteriores.

A variabilidade das características do material e a dificuldade correspondente a uma correcta interpretação dos resultados podem levar a que se programem tipos de investigação diferentes que respeitem à medição das mesmas características.

A extracção de amostras é sempre traumática para os edifícios monumentais, devendo ser cuidadosamente programada no que respeita, quer aos pontos em que é possível fazer-se a sua extracção, quer às dimensões das amostras a serem extraídas, as quais não podem ser grandes, mas também não excessivamente reduzidas, porque o ensaio pode não resultar suficientemente representativo, em consequência da heterogeneidade das alvenarias.

PREPARAÇÃO DE SECÇÕES FINAS E TRANSPARENTES

Tipo de técnica : Destrutiva (da amostra a ser analisada, deve ser retirado material suficiente para a preparação de provetes).

Utilização : Observação ao microscópio óptico (binocular ou metalográfico, para o estudo de secções transparentes, e petrográfico com luz polarizada, para o estudo de secções finas) ou ao

microscópio electrónico de varrimento com microanálises X (secções finas e secções transparentes). Quando se pretende obter informações de tipo morfológico, estrutural e quando se pretende conhecer a composição mineralógica da amostra em exame.

Campo de aplicação : Estudo das diferentes estratificações (crostas, protecções, consolidantes, produtos da corrosão, integrações, mineralizações secundárias, transformações de fase, etc.) presentes nas diferentes obras de arte : pinturas, materiais argilosos e pétreos, materiais metálicos, etc.

DIFRACÇÃO DE RAIOS X

Tipo de técnica : Pode ser destrutiva quando se utilizam instrumentos de fabricação antiga, para os quais era necessária a colheita de uma amostra do material a ser analisado, não destrutiva quando se usam instrumentos da última geração que permitem trabalhar-se directamente sobre o objecto a ser analisado sem se efectuar qualquer tipo de extracção.

Utilização : Reconhecimento das fases cristalinas presentes nos diferentes tipos de obras de arte : desde as pinturas aos materiais argilosos e pétreos, aos materiais metálicos, etc.

Campo de aplicação : Análise qualitativa e semiquantitativa dos componentes cristalinos presentes nos pigmentos, nos agentes da poluição atmosférica, nos produtos da corrosão, nos materiais argilosos e pétreos, nas ligas metálicas, nos materiais cerâmicos, nos vidros, etc.

FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Tipo de técnica : Pode ser destrutiva (instrumentos de fabricação antiga) quando é necessária a extracção de uma amostra do material a ser analisado, não destrutiva (instrumentos de concepção moderna) quando se pode trabalhar directamente sobre o objecto a ser analisado sem se efectuar nenhuma extracção.

Utilização : Reconhecimento dos elementos químicos presentes nos diferentes tipos de amostras a serem analisadas.

Campo de aplicação : Análises qualitativas e quantitativas dos elementos químicos presentes nas pinturas, nos poluentes atmosféricos, nos produtos da corrosão, nos materiais argilosos e pétreos, nas ligas metálicas, nos materiais cerâmicos, vidros, etc.

ABSORÇÃO ATÓMICA

Tipo de técnica : Destrutiva quando é necessária a extracção de uma amostra para ser analisada.

Utilização : Análise quantitativa dos elementos químicos nos diversos tipos de obras de arte.

Campo de aplicação : Sobretudo para a análise dos elementos em vestígio (partes por milhões) e em ultravestígio (partes por biliões) presentes nos pigmentos, nos sais, nos produtos da corrosão, nos materiais metálicos, nos materiais argilosos e pétreos, nos materiais cerâmicos e vítreos, etc.

CROMATOGRAFIA IÓNICA

Tipo de técnica : Destrutiva quando é necessária a extracção de uma amostra de material para ser analisado.

Utilização : Análise das águas e dos fenómenos de poluição ambiental, determinação qualitativa e quantitativa dos agentes poluentes, tais como os nitratos, os sulfatos e os cloretos, sob a forma salina ou ácida.

Campo de aplicação : Sobretudo nos materiais argilosos, pétreos e metálicos.

TERMOGRAFIA POR INFRAVERMELHOS

Tipo de técnica : Totalmente não destrutiva.

Utilização : Para evidenciar a presença de diferenças e de particularidades estruturais, não visíveis a olho nu, em qualquer obra de arte.

Campo de aplicação :

- Sobre estruturas arquitectónicas, nas quais é possível ler-se o aparelho da alvenaria, efectuar-se o levantamento das heterogeneidades estruturais e subsuperficiais, mapear-se as frentes de humidade, localizar-se as zonas de dispersão e/ou de acumulação térmica e individualizarem-se as eventuais reconstruções relativas a intervenções arquitectónicas anteriores (tapamentos, ductos de chaminé, etc.);
- Sobre superfícies de alvenaria pintadas e revestidas a mosaico, onde permite efectuar-se o levantamento das heterogeneidades estruturais e subsuperficiais (destacamentos, levantamentos do reboco e da camada pictórica), o mapeamento das frentes de humidade e a localização das zonas de dispersão e/ou de acumulação térmica.

FOTOGRAMETRIA

Tipo de técnica : Não destrutiva.

Utilização : Para a documentação da forma e das dimensões das obras de arte valorizando os processos de alterações ao longo do tempo pelo confronto de levantamentos obtidos periodicamente, para o levantamento planimétrico e altimétrico, para o levantamento cartográfico, e para o levantamento arquitectónico.

Campo de aplicação : Em todos os tipos de obra de arte, mas particularmente nos monumentos e nos edifícios.

MICROSCOPIA ELECTRÓNICA COM VARRIMENTO E COM MICROANÁLISES POR RAIOS X

Tipo de técnica : Não destrutiva quando for possível trabalhar-se directamente sobre o objecto sem nenhum tipo de preparação preliminar, destrutiva quando se tenha que proceder à preparação de uma microamostra extraída do objecto a ser analisado.

Utilização : Estudo e caracterização físico-química de estruturas possuidoras de dimensões inferiores à observáveis a olho nu ou por microscópio óptico, a para análises elementares qualitativas e quantitativas.

ENDOSCOPIA

Tipo de técnica : Não destrutiva.

Utilização : Inspeção das partes interiores de uma obra de arte, com o objectivo de se verificar o seu estado de conservação.

Campo de aplicação : Em qualquer tipo de obra de arte.

RADIOGRAFIA

Tipo de técnica : Não destrutiva.

Utilização : Para se estudar e evidenciar a presença de estruturas subjacentes à superfície ou no interior de uma obra de arte, não visíveis a olho nu.

Campo de aplicação : Usa-se sobre quase todos os objectos, em particular : sobre pinturas para se identificarem alterações, repinturas, a presença de pregos, de galerias de insectos xilófagos, etc., sobre objectos arqueológicos cerâmicos para se reconhecerem as estruturas presentes abaixo da sua superfície, as fracturas, etc., sobre os objectos metálicos para se evidenciar a presença de fracturas, defeitos de fundição, segregações, e a presença de materiais diferentes.

TERMOLUMINESCÊNCIA

Tipo de técnica : Destrutiva já que prevê a extracção de uma ou mais amostras do objecto a ser analisado.

Utilização : Em todos os materiais cerâmicos e em vidros antigos.

Campo de aplicação : Datação dos achados cerâmicos e, indirectamente, das estátuas em bronze (pelo extracção dos restos da fusão).

RADIOCARBONO

Tipo de técnica : Destrutiva.

Utilização : Datação dos restos orgânicos quer vegetais quer animais.

Campo de aplicação : Pelo seu elevado grau de exactidão, mais ainda possível de ser melhorado, este método de datação interessa em especial à arqueologia, à paleontologia, à antropologia e à geologia (relativamente ao Quaternário).

ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL

Tipo de técnica : Destrutiva já que é necessária a extracção de uma certa quantidade de material a partir da amostra que vai ser analisada.

Utilização : Estudo dos materiais orgânicos (ligantes, colas, vernizes, estuques, etc.) e caracterização dos minerais presentes nos esmaltes.

Campo de aplicação : Sobretudo nos edifícios de carácter monumental.

LEVANTAMENTO ARQUITECTÓNICO

Tipo de técnica : Totalmente não destrutiva.

Utilização : Para a documentação das formas e das dimensões das obras de arte e dos monumentos, mesmo sob o ponto de vista de uma avaliação dos processos de alteração.

Campo de aplicação : Sobre superfícies arquitectónicas e sobre todas as obras de arte com interesse histórico, artístico e arqueológico em pedra, metal, estuque, gesso, tijolo, cerâmica, madeira, decorações pictóricas, frescos, etc.

Critérios gerais sobre tratamentos da pedra

Todos os restauros devem ser precedidos por um estudo exaustivo das causas da sua degradação. O aspecto original do monumento deve ser conservado o mais possível.

A sequência das operações de restauro pode ser :

1. Diagnóstico
2. Limpeza
3. Preconsolidação
4. Consolidação
5. Protecção

DIAGNÓSTICO : Estudo aprofundado das causas e dos mecanismos da degradação.

- Documentação fotográfica
- Pesquisa em arquivo
- Observação macroscópica (morfologia da degradação).

ANÁLISES

- Mineralógicas (difratometria x)
- Petrográficas (secções finas)
- Químicas (absorção atómica – cromatografia iónica)
- Químico mineralógicas (microscopia electrónica de varrimento)
- Físicas (porosidade – absorção de água – capilaridade – embebibimento)

AMOSTRAGEM : Deve ser representativa dos fenómenos de degradação que se verificaram.

- Exposição aos pontos cardeais
- Zonas deslavadas pela chuva
- Zonas não deslavadas pela chuva
- Diversos tipos de pedra presentes
- Zonas muito degradadas
- Zonas pouco degradadas.

LIMPEZA : Consiste na remoção da sujidade ou das crostas negras por métodos mecânicos – químicos e físicos.

PRÉCONSOLIDAÇÃO : É uma consolidação superficial que precede a limpeza quando a pedra está muito degradada.

CONSOLIDAÇÃO : Tratamento em profundidade para a reconstrução da coesão da pedra – deve impregnar até às partes sãs.

PROTECÇÃO : Aplicação de uma substância sobre a superfície, com o objectivo de tornar esta hidropelente e não atacável pelos poluentes atmosféricos.

MANUTENÇÃO : Inspecção periódica com o objectivo de identificar degradações posteriores e de controlar a eficiência do tratamento.

Sistemas para a limpeza da pedra

Limpeza, consolidação e protecção dos materiais pétreos :

Os trabalhos de limpeza de um material pétreo (natural ou artificial) consistem numa série de operações destinadas a removerem as substâncias estranhas presentes na sua superfície, patogénicas e geradoras de degradação; para serem executados, estão disponíveis métodos físicos e químicos que devem ser empregues com diferentes ordem e intensidade, em função do tipo de substância que se pretende retirar, da natureza do elemento pétreo e, sobretudo, do estado de conservação do objecto que vai ser limpo.

Por estes motivos, a limpeza torna-se numa operação complexa e delicada que necessita de uma atenta análise do quadro patológico geral, de um aprofundado conhecimento da degradação específica e, até, da verdadeira consistência física da pedra.

Será, portanto, excluída qualquer técnica ou produto na falta de anteriores aplicações suas, explicitamente autorizadas pela D.L., e de ensaios de experimentação a serem feitos graduando-se as diferentes intensidades de acção.

Em qualquer caso, uma intervenção de limpeza terá exclusivamente o objectivo de apenas eliminar as patologias que estejam no ponto de gerarem degradações posteriores, sem se preocupar, portanto, com melhorar e/ou modificar o aspecto estético e cromático do objecto através de uma limpeza radical. Uma boa parte dos sistemas de limpeza. De facto, geram uma acção frequentemente prejudicial nos seus confrontos com os materiais, acção essa que vai, de qualquer modo, prejudicar a integridade da obra.

Consciente destes riscos, o técnico terá o cuidado de decidir cada intervenção pontualmente, sem mais generalizações, iniciando, sempre e em qualquer caso, pelas operações mais brandas e prosseguindo gradualmente com as ligeiramente mais fortes e agressivas, tendo a sagacidade de se deter "um pouco antes do certo".

Entre os materiais usados na construção, os que são porosos ressentem-se principalmente pela acção desagregadora exercida pelo ambiente. O natural e irreversível processo de formação da patina superficial (entendendo-se por esta apenas as transformações cromáticas não degradadoras) foi substituído, nas últimas décadas, por mecanismos de alteração profunda consequentes das substâncias poluentes presentes na atmosfera. Estas substâncias interagem com a água e com os materiais porosos. A formação das crostas e a desagregação superficial das pedras são os resultados mais evidentes de tais interações.

A limpeza dos materiais porosos deve, em primeiro lugar, remover da sua superfície todas as substâncias patogénicas, respeitando a patina natural (onde ela ainda existir), afastando os produtos de reacção (crostas negras, eflorações, manchas diversas) que estejam em condições de prosseguirem a acção de degradação. Por outro lado, se tivermos que intervir sobre materiais já profundamente degradados, o tratamento de limpeza deve ser atentamente calibrado por forma a não provocar o posterior decaimento do objecto que se pretende conservar. O executante, portanto, não deve remover fragmentos debilitados, incoerentes ou esfoliados, nem deve activar (utilizando a água ou produtos químicos) a formação de substâncias que possam vir a tornar-se perigosas mas, em tais circunstâncias, deve deter-se para recorrer a outras técnicas. Em qualquer caso precisa ter presente que, frequentemente, se podem combinar as acções de diferentes técnicas.

Para se removerem os depósitos de materiais incoerentes bastam os sistemas mecânicos suaves: aspiradores, vassouras e escovas de fibras vegetais (menos agressivas que as de materiais sintéticos), ligeiros sopros de ar comprimido, etc.; estes métodos podem ser integrados com o emprego de bisturis, de pequenas espátulas e de escovas menores em nylon.

Para se removerem as crostas negras, os sistemas variam, de caso em caso, conforme a natureza específica dessa alteração.

Para se proceder a uma correcta selecção do sistema de limpeza mais adequado a cada caso individual, devem-se seguir os critérios que se enumeram abaixo :

- A relevância histórica, artística e cultural do objecto;
- A estrutura petrográfica e mineralógica da pedra;
- O estado de degradação da pedra; em muitos casos pode estar de tal forma avançado que exija, antes de se proceder à limpeza, uma adequada pré-consolidação reversível das suas partes superficiais;
- A natureza das crostas ou dos depósitos que se devem remover;
- A forma e a configuração da superfície a ser tratada (paramento liso, escultura, baixo relevo, etc.);
- Os tempos de execução; e a disponibilidade de executantes especializados.

Uma boa parte das patologias que provocam a degradação dos materiais pétreos, presentes nas fachadas dos edifícios, depende das alterações induzidas por agentes externos (infiltrações de água, depósitos superficiais de substâncias nocivas, etc.).

A seguir aos trabalhos de limpeza, as superfícies de pedra (natural ou artificial) ficam maioritariamente expostas à acção destes agentes. Todas as intervenções de conservação, por isso mesmo, para serem realmente consideradas como tal, devem ter como objectivo não só a cura da patologia mas, também e principalmente, a defesa eficaz e duradoura contra as causas que determinaram o seu aparecimento.

Nos raros casos em que os agentes patogénicos são facilmente identificáveis e rigorosamente atribuíveis a factores acidentais ou a vícios construtivos dependentes das características específicas da construção, é possível executar-se uma acção radical, capaz de os desactivar. Pelo contrário, na maior parte dos casos, as patologias são atribuíveis a fenómenos não directamente enfrentáveis e resolúveis no âmbito da intervenção sobre a construção. Referimo-nos à acção de substâncias poluentes presentes na atmosfera, às chuvas ácidas, aos aerossóis marítimos, aos raios ultravioleta, etc., cujos efeitos, geralmente, se sobrepõem e agem independentemente da nossa possibilidade de intervenção.

Para se protegerem os materiais pétreos contra os efeitos de tais acções patogénicas, é possível realizarem-se dois níveis distintos de intervenção :

Intervenções indirectas – São as intervenções destinadas a melhorarem, através de adições e/ou modificações equilibradas sobre algumas particularidades arquitectónicas, o comportamento geral do inteiro organismo. Respeitam a uma série de pequenas intervenções pontuais capazes de evitarem a retenção, o escoamento ou a infiltração das águas pluviais. A eficácia destes trabalhos, não assimiláveis entre categorias específicas, depende essencialmente da sensibilidade do restaurador.

Intervenções directas – São aquelas que, através do recurso a substâncias impregnantes específicas, se destinam a proteger o elementos em pedra. Os impregnantes de efeito hidrofugante são substâncias químicas destinadas a formarem uma barreira transparente e hidrorrepelente capaz de impedir ou de limitar consideravelmente a absorção da água e dos agentes patogénicos nela presentes.

O emprego das ditas substâncias é aconselhado para a protecção quer dos materiais pétreos (naturais e artificiais), quer de caiações ou de velaturas com leite de cal.

Os protectores químicos com efeito hidrofugante têm uma duração limitada pelo tempo, avaliável entre os limites de uma dezena de anos; ao longo do período da sua persistência, estes produtos realizam um filtro eficiente contra a penetração quer da água, quer das diferentes substâncias poluentes que esta veicula. A aplicação destes protectores inclui-se, assim, entre as operações a realizar nos programas de manutenção periódica subseqüentes à intervenção de restauro.

A escolha dos produtos a utilizar deve ser sempre acordada com os organismos responsáveis pela tutela do bem objecto da intervenção, já que a utilização de todas as substâncias impregnantes deve ser precedida por análises laboratoriais com o objectivo de ser verificada a sua verdadeira eficácia sobre o elemento de pedra que vai ser preservado e no ambiente a que este vai estar submetido.

Preparação por pré-consolidação para a limpeza das superfícies degradadas :

A preparação por pré-consolidação, para a limpeza das superfícies degradadas nos materiais pétreos, deve ser executada pelo seguinte método :

- preparação da superfície a ser tratada através da remoção à escova dos depósitos superficiais;
- execução de um adequado número de pequenas amostras (experiências) a submeter à aprovação da D.L.;
- aplicação por impregnação, com pincel e/ou aspersor, de silicato de etilo, com o objectivo de favorecer o melhoramento das propriedades mecânicas do material original;
- remoção dos excessos da substância impregnante.

Limpeza mecânica de precisão com microescalpelo :

Remoção de estucagens (N.T. – reparações de lacunas) e de elementos estranhos aos aparelhos decorativos através de limpeza mecânica de precisão das superfícies pétreas, a ser executada, com a máxima cautela, através da utilização de vibroincisores específicos ou de microscalpelos. Nesta tarefa estão compreendidos todos os encargos para se executar a obra completa sob o controlo e as indicações de um restaurador profissional.

Execução de emplastos (pasta de papel) para a remoção de caiações preexistentes :

Remoção de caiações, ou de camadas finas de pintura, sobrepostas aos elementos pétreos através da aplicação de emplastos de pasta de papel preparados em solução com substâncias químicas em suspensão, a serem utilizadas com a formulação mais indicada para as características específicas e para a natureza da substância a ser removida (misturas complexas, solventes, soluções ligeiramente básicas ou ácidas). Esta tarefa prevê os seguintes encargos :

- a execução de um adequado número de pequenas amostras (experiências) a submeter à aprovação da D.L.;

- a limpeza do suporte a ser executada manualmente com escovas de fibra vegetal ou com bisturis;
- a aplicação do emplastro de acordo com a formulação e com os tempos determinados no decurso da amostragem;
- a remoção do emplastro e a fase final da limpeza pela acção combinada de escovas vegetais, bisturis e ligeiras aspersões com água nebulizada por um apropriado utensílio de jardinagem.

Limpeza através de emplastros de argila absorvente (extracção de sais)

Limpeza prévia dos materiais pétreos fortemente degradados a ser executada com emplastros absorventes, com o objectivo de amolecerem e removerem os depósitos superficiais e as crostas negras atingindo-se um satisfatório grau de limpeza sem se afectar a integridade do paramento. Esta tarefa prevê os seguintes encargos :

- a execução de um adequado número de pequenas amostras (experiências) a submeter à aprovação da D.L.;
- a limpeza do suporte a ser executada manualmente com escovas de fibra vegetal ou com bisturis;
- o amolecimento das crostas negras pela execução de emplastros químicos emolientes, à base de argilas inertes absorventes, a serem aplicados com uma espessura adequada e em camadas sucessivas, ficando em obra durante o período de tempo determinado no decurso da amostragem;
- a aplicação por cima do emplastro, no caso de tempos de intervenção prolongados, de algodão hidrófilo ou de um material similar, capaz de manter o emplastro húmido;
- o revestimento do emplastro com uma película de polietileno, selada e ligada com fita colante impermeável;
- a remoção do emplastro e a fase final da limpeza pela acção combinada de escovas vegetais, bisturis e ligeiras aspersões de água nebulizada por um apropriado acessório de jardinagem.

Limpeza química através de emplastros com a formulação AB57

Limpeza de materiais pétreos a ser executada com emplastros de AB57, com o objectivo de amolecerem e removerem os depósitos superficiais e as crostas negras atingindo-se um satisfatório grau de limpeza sem se afectar a integridade da paramento. Esta tarefa prevê os seguintes encargos :

- a execução de um adequado número de pequenas amostras (experiências) a submeter à aprovação da D.L.;
- a limpeza do suporte executada manualmente com escovas de fibra vegetal ou com bisturis;
- a preparação do formulado nas proporções rigorosas de, por cada litro de água, 30 g de bicarbonato de amónio, 50 g de bicarbonato de sódio, 25 g de EDTA (sal bi-sódico), 10 g de Neodesogen e 50 g carboxicelulose;
- o amolecimento das crostas negras pela execução de emplastros químicos emolientes a serem aplicados com uma espessura adequada e em camadas sucessivas, ficando em obra durante o exacto período de tempo determinado no decurso da amostragem;
- o revestimento do emplastro, onde necessário, com uma película de polietileno, a ser selada e ligada com fita colante impermeável;
- a remoção do emplastro e a fase final da limpeza pela acção combinada de escovas vegetais, bisturis e ligeiras aspersões com água nebulizada por apropriado acessório de jardinagem.

Limpeza com água nebulizada

Limpeza do material pétreo a ser executada por aplicações de água nebulizada, com o objectivo de se removerem os depósitos superficiais e as crostas negras, atingindo-se um satisfatório grau de limpeza sem se afectar a integridade da paramento. Esta tarefa prevê os seguintes encargos :

- o aluguer, transporte, colocação, desmontagem e a devolução do equipamento de nebulização, munido de aspersores preparados para dupla entrada (ar e água), de inclinação regulável, colocados em série (4/6) com mangueiras separadas em nilsan (8x6 mm para a água e 5x4 mm para o ar) e ligadas, através de colectores de distribuição apropriados, à conduta de água e ao compressor de ar;
- a execução de um adequado número de pequenas amostras (experiências) a submeter à aprovação da D.L.;
- a limpeza do suporte a ser executada manualmente com escovas de fibras vegetais ou com bisturis;
- a colocação em obra de um apropriado sistema de recolha e de esgoto das águas residuais;
- o revestimento com membrana de polietileno, a ser selada e colada com fita adesiva impermeável, dos materiais pétreos não interessados na obra ou de outras partes da construção a serem protegidas;
- a eventual selagem, através de elastómeros silicónicos facilmente removíveis, de fissuras e cavidades;
- a aplicação da nebulização, com a aplicação da água em chuveiro excluindo-se, portanto, o jacto directo sobre o elemento em pedra;
- e tudo durante o período de tempo exacto determinado no decurso da amostragem.

Limpeza com microabrasão de precisão

Limpeza de materiais pétreos a ser executada com microabrasão de precisão, com o objectivo de se removerem os depósitos superficiais e as crostas negras atingindo-se um satisfatório grau de limpeza sem se afectar a integridade do paramento. Esta tarefa prevê os seguintes encargos :

- a execução de um adequado número de pequenas amostras (experiências) a submeter à aprovação da D.L.;
- o aluguer, transporte e remoção de um equipamento adequado dotado com bicos de projecção entre 0,4 mm e 1,8 mm, de dosagem electrónica da quantidade de pós abrasivos, de um eficiente sistema de regulação da pressão, de uma unidade de filtragem e de desidratação dos pós;
- o fornecimento do abrasivo mais adaptado às peculiaridades do tipo de pedra (em todos os casos, de dureza inferior à do material tratado);
- a realização de uma protecção com membrana de nylon adequada que impeça a dispersão dos pós no ambiente urbano;
- os equipamentos de protecção para os operários;
- a aplicação da microabrasão durante o período de tempo exacto determinado no decurso da amostragem;
- são incluídos ainda todos os encargos necessários para se proporcionar uma laboração executada e controlada sob a vigilância e as indicações de restaurador profissional.

Limpeza por hidrojecto abrasivo controlado

Limpeza do material pétreo a ser executada com um equipamento de hidrojecto abrasivo, com o objectivo de se removerem os depósitos superficiais ou películas de tinta ou de vernizes, atingindo-se um grau satisfatório de limpeza sem se afectar a integridade do paramento. Esta tarefa prevê os seguintes encargos :

- o aluguer, transporte, colocação, desmontagem e a devolução do equipamento de hidrojecto a baixa pressão (0,1 a 1,0 bar), dotado com um sistema patenteado para a projecção em vórtice helicoidal quer de pós abrasivos finíssimos (5 a 300 microns) de dureza variável entre 1 a 4 Mohs, quer de uma quantidade de água regulável entre um mínimo de 10 litros e um máximo de 60 litros/hora;
- a execução de um adequado número de pequenas amostras (experiências) a submeter à aprovação da D.L.;
- a limpeza do suporte a ser executada manualmente com escovas de fibras vegetais ou com bisturis;
- a colocação em obra de um apropriado sistema de recolha e de esgoto das águas residuais;
- o revestimento com membrana de polietileno, a ser selada e colada com fita adesiva impermeável, dos materiais pétreos não interessados na obra ou de outras partes da construção a serem protegidas;
- a eventual selagem, através de elastómeros silicónicos facilmente removíveis, de fissuras e cavidades;
- a aplicação da abrasão por hidrojecto durante o exacto período de tempo determinado no decurso da amostragem.

Desinfestação

Desinfestação dos elementos pétreos contra agentes biológicos, plantas superiores e microflora através da aplicação, a pincel ou por aspersão, de biocidas com largo espectro de acção, incluindo a prévia e cuidadosa limpeza e remoção mecânica das partes macroscópicas, a execução de um adequado número de pequenas amostras (experiências) a serem submetidas à aprovação da D.L.

Consolidação da pedra

Os objectivos da consolidação são o aumento da coesão da pedra, o aumento da aderência entre zonas degradadas, e o aumento da resistência mecânica da pedra consolidada.

É fundamental a penetração do consolidante, mas esta não deve criar descontinuidades entre camadas externas e internas.

Esta penetração depende da porosidade da estrutura a ser tratada, das propriedades químicas e físico-químicas do consolidante, da composição química do solvente, da densidade, viscosidade e tensão superficial da solução, das modalidades de aplicação da solução, do tempo de contacto entre a pedra e a solução, e das condições ambientais durante o tratamento.

Como resultado da consolidação também pode acontecer uma diminuição da porosidade.

Devem ser preferidas consolidações que reduzam parcialmente a porosidade do material e que reduzam a penetração da água, mantendo uma boa permeabilidade ao vapor.

É difícil controlar-se a distribuição do produto dentro da pedra e estabelecer-se qual deve ser a porosidade ideal depois do tratamento.

A consolidação não deve produzir substâncias agressivas para a pedra e a sua reversibilidade deve ser considerada em sentido relativo; é preferível usar-se um produto reversível mesmo que depois o processo de extracção não permita a sua total remoção.

Em todos os casos, o consolidante deve permitir tratamentos futuros.

MÉTODOS DE CONSOLIDAÇÃO

Métodos mais simples – aplicação a pincel ou spray (a penetração não é satisfatória).

Pode-se atingir uma maior penetração aumentando-se o tempo de contacto entre a pedra e a solução por :

- percolação contínua a pincel e com agulhas hipodérmicas;
- absorção capilar por contacto com compressas;
- alternância solvente e consolidante;
- para objectos que possam ser colocados em contentores, pode-se usar a imersão progressiva ou sob vácuo.

CONSOLIDANTES INORGÂNICOS E ORGÂNICOS

INORGÂNICOS – A consolidação tem imediatamente lugar, por precipitação de um novo produto consequente da reacção entre a pedra com o anidrido carbónico ou por aerossóis. O novo produto liga-se debilmente e é mais resistente que os produtos orgânicos, mas mais frágil.

ORGÂNICOS – Prépolímeros e monómeros que polimerizam dentro da pedra e formam uma camada fortemente aderente de hidrorrepelente que reveste as paredes dos capilares da pedra. As resinas podem ser :

1. Termoendurecidas
2. Termoplásticas.

Nenhum dos consolidantes existentes pode ser utilizado sobre todos os tipos de pedra. O sucesso de um tratamento depende das características e do estado de conservação da pedra e das propriedades do produto usado.

RESINAS TERMOENDURECIDAS - A cadeia destas resinas é ligada com ligantes fortes, pelo que se diminui a flexibilidade e se aumenta a resistência ao calor e aos agentes mecânicos. É uma boa cola estrutural.

RESINAS TERMOPLÁSTICAS – As cadeias estão ligadas por ligações secundárias mais fracas, pelo que resulta que, com solventes específicos, são principalmente flexíveis e podem ser deformadas pelo calor. São mais fáceis de aplicar do que as resinas termoendurecidas.

Entre os defeitos das resinas orgânicas, o seu coeficiente de dilatação, muito mais elevado do que o da pedra.

Como vantagens têm melhores propriedades adesivas, maior flexibilidade e maior resistência à tracção.

PROTECTORES

A intervenção de protectores têm como objectivo atrasarem o processo de degradação :

- com produtos químicos
- agindo sobre o ambiente exterior

A aplicação de produtos químicos é efectuada quando se estabelece que agem sobre a superfície exterior processos de degradação consequentes de :

- poluentes
- condensação
- chuva

Os protectores não devem ser usados quando a penetração da água acontece por ascensão capilar e não seja possível impedir este fenómeno.

REQUISITOS DOS PROTECTORES

- Inércia química no que respeita ao material pétreo
- Ausência de subprodutos prejudiciais
- Boa estabilidade química
- Boa estabilidade às radiações UV.
- Baixa permeabilidade ao vapor de água.
- Influência mínima sobre as propriedades cromáticas da superfície tratada.

Os ligantes e os inertes no restauro da pedra

LIGANTES

Nas argamassas, o ligante é o componente que, através de processos do tipo químico, permite a presa e o endurecimento do composto. Os ligantes tradicionalmente empregues na construção são o gesso e a cal aérea, e mais recentemente as cales hidráulicas e os cimentos; derivam todos de procedimentos de cozedura de rochas presentes na natureza, e têm características diferentes, conforme o tipo de fabricação a que forem submetidos.

Cal aérea

Quimicamente, é constituída por protóxido de cálcio (CaO), derivado da calcinação de calcários puros formados apenas por carbonato de cálcio (mármore branco, alabastro, etc.) com menos de 10% de materiais estranhos tais como o manganês, as argilas e outros.

As cales aéreas podem ser gordas, magras e fortes segundo a variação dos materiais componentes; no caso da cal gorda, por exemplo, a percentagem de materiais estranhos é inferior a 5% do volume total.

A cal gorda é um produto cáustico, que não deve ser tocado nem posto em contacto com a pele.

Um processo geralmente lento de cozedura em forno, transforma o material de base, libertando o anidrido carbónico contido; quando tal processo não fica completo, este torna heterogéneo o produto, alterando-lhe as características de presa.

Degradações do material, tais como quedas, efflorescências e destaques, são devidos, de facto, à utilização em obra de cales não completamente cozidas.

Superada a cozedura, a cal anidra, ou cal viva, é muito ávida de água; se for emersa emana calor até aos 300 graus, sofre uma abundante ebulição e aumenta de volume em cerca de 2 a 3 vezes.

A cal aérea pode ser comprada no mercado sob duas formas, ambas derivadas do processo de hidratação do material de base; se a administração de água for gradual e contida, obtém-se um produto em pó chamado de cal hidratada, se a hidratação for maior obtém-se a cal em pasta (N.T. – *grassello*).

Cal hidratada ou em pó (N.T. – *bianchetto*)

Pó branco que se pode comprar ensacado; no uso comum das caiações é preferida à cal em pasta pela comodidade e facilidade do seu emprego. Destemperando-se o pó em água, obtém-se uma pasta homogénea, empregada para rebocos e pinturas a cal.

O processo de endurecimento do material aplicado é gradual, e advém por carbonatação, ou seja, por absorção do anidrido carbónico da atmosfera, com pedra de água; um reboco executado com cal hidratada permanece friável durante algumas semanas, forma seguidamente uma camada superficial compacta e, só depois de um ano após a sua aplicação, atinge a dureza dos rebocos hidráulicos. Por causa desta lentidão de presa, é preferível utilizar-se a cal hidratada apenas em trabalhos interiores.

Cal em pasta (N.T. – *grassello*)

Pasta ligante gorda ao tacto, que endurece como a cal hidratada ao contacto com o ar, mas com tempos mais rápidos relativamente a esta; por este motivo é preferida para ser utilizada em trabalhos no exterior dos edifícios, quer seja para rebocos, quer seja para pinturas.

Na preparação das argamassas, a cal em pasta deve ser previamente destemperada, ou seja dissolvida em igual volume de água, para se obter uma densidade que conserve parcialmente as formas, não ficando autonivelante à superfície.

Obtido o leite de cal, adiciona-se o inerte amassando-se sempre.

Se não se destemperar previamente a cal, e se despejar directamente a pasta sobre o inerte, a operação de amassadura torna-se difícil pela formação imediata de grumos.

Quando se quer adicionar cal hidráulica à cal em pasta, esta deve ser previamente misturada com o inerte.

Cal hidráulica

A cal hidráulica é o produto da cozedura de calcários com presença de argila e de sílica, compreendidas entre os 10% e os 20% do peso; esta relação faz definir o índice da sua hidraulicidade. A denominação de hidráulica corresponde à sua característica de fazer presa na água, ao contrário da cal aérea; diferencia-se, ainda, pela propriedade de não aumentar de volume em contacto com a água e de não desenvolver calor com a extinção.

Encontra-se normalmente em sacos de papel sob duas fabricações diferentes, a cal hidráulica e a cal eminentemente hidráulica, conforme a menor ou maior quantidade de argila contida.

A cal de boa quantidade reconhece-se pela sua leveza e pela típica efervescência em contacto com a água. Quando os pós são pesados, compactos e parte deles são inactivos apesar de emersos, quer dizer que a cozedura foi excessiva.

A cal deve ser conservada num lugar apropriado, isento de humidade e separada da terra; se durante um certo período de tempo não for utilizada, é preferível conservá-la em contentores hermeticamente fechados.

Pozolanas

Pós de origem vulcânica que, misturados à cal gorda, conferem hidraulicidade às argamassas. São essencialmente compostos por sílica, alumina, peróxido de ferro e encontram-se em estado natural em Pozzuoli, mas também se extraem noutras zonas de origem vulcânica. A sua hidraulicidade é devida à argila contida, entre 40% a 90% do seu peso total. Analogamente ao cimento, a pozolana pode ser composta artificialmente, ou a partir da calcinação de rochas tais como xistos, granitos e pórfiros. Para a sua armazenagem e preparação procede-se como para a cal hidráulica e para o cimento.

Gesso

Quimicamente, é composto por sulfato de cálcio anidro, obtido pela calcinação do sulfato de cálcio hidratado que se encontra na natureza sob a forma de minerais. O pó é obtido pela cozedura do mineral a

uma temperatura entre os 100 ° e os 200 °; em seguida, o contacto com a água inverte o processo, devolvendo este pó à sua estrutura original, com emissão de calor. Temperaturas de cozedura diferentes, diferentes qualidades de mineral e granulometrias do produto cozido e triturado dão lugar ao gesso e à escaiola (N.T. – o termo escaiola pode ter outros significados). O gesso é de cor cinzenta clara. Tem um grão heterogéneo e uma presa rápida, reduzida a poucos minutos. O gesso em pó absorve a humidade se ficar exposto ao ar, perdendo as suas características; é por isso que deve ser utilizado num lapso de tempo breve, e ainda conservado em recipientes herméticos para ser aumentada a sua duração.

Na preparação do gesso é desaconselhável a utilização de ferramentas em ferro, sujeitas à presença da ferrugem, a qual permanece sobre o gesso produzindo manchas superficiais; além disso, a higroscopicidade do gesso favorece a oxidação dos ferros colocados como armadura.

Normalmente, na preparação do gesso, a quantidade de água e a quantidade de pó é a mesma, mas esta percentagem pode variar conforme a utilização que se vai fazer – uma argamassa para uma parede deve ser rica em água, para compensar aquela que é absorvida pelo paramento e para retardar o processo de presa. Aumentado-a ainda mais, obter-se-á uma massa própria para se rebocar os tectos e modelar as sancas. Se se reduzir ainda a quantidade de pó (na proporção de 1 para 2) obtém-se um material adaptado à preparação de moldados em gesso. O excesso de água provoca, no entanto, uma perda parcial das propriedades físicas do material.

Um fenómeno que se verifica durante a presa e que deve ser considerado, é o aumento do volume em cerca de 1%, tanto que nos moldados de grandes dimensões é normal verificarem-se vazios. É perigoso encherem-se grandes cavidades com gesso líquido, porque se pode produzir um efeito de “macaco” sobre toda a superfície envolvente, o qual pode levar à rotura até de materiais muito sólidos. Neste caso consegue-se anular o aumento de volume misturando na amassadura cerca da mesma quantidade de poliestireno em grão.

A utilização do ferro em combinação com o gesso, pelos motivos anteriormente descritos, deve ser limitada aos elementos provisórios que irão ser demolidos, tais como selos, formas, protecções, etc.; nunca deve ser utilizado em restauros, onde é preferível substituí-lo por aço inoxidável e, onde não for possível, por latão.

Escaiola

Pó de cor branca, de grão homogéneo, impalpável e com presa lenta. A escaiola normalmente encontra a sua utilização na construção em barramentos, rebocos, etc., enquanto que as escaiolas mais finas, tais como a alabastrina são usadas na produção de moldados.

(N.T. – em italiano, o termo *intonaco* tem uma abrangência superior à do seu equivalente português - reboco, ou seja, um revestimento para paredes e tectos à base de argamassa de cal e/ou de cimento, e significa um revestimento para paredes e tectos à base de uma argamassa qualquer; neste caso, *intonaco* significa estuque, palavra que, em português, se refere a um revestimento à base de argamassa de gesso)

A escaiola pode ser aplicada facilmente sobre a cal, o cimento, os tijolos e apedra, na condição de que o suporte esteja enxuto e sem vestígios de poeiras.

Cimento

Obtido através de um procedimento de cozedura idêntico ao da cal, mas com o emprego de calcários contaminados com argila, entre os 23% e os 40% em peso; normalmente os componentes são misturados artificialmente, pois é raro encontrarem-se bancos de calcário com as proporções de argila certas.

Os melhores cimentos são chamados de Portland, a partir do nome da cidade inglesa homónima onde existe uma pedra que produz um óptimo cimento.

A cor do cimento é cinzenta mais escura relativamente à da cal hidráulica, da qual se distingue tanto ao tacto como pela sua maior frieza. Ao contrário da cal, diminui de volume quando misturado com água; se for misturado às cales gordas, confere-lhes hidraulicidade, aumentando esta nas cales normais.

Os cimentos têm dois tipos diferentes de presa – presa lenta quando endurecem entre as 8 e as 15 horas, e presa rápida quando endurecem em poucos minutos; a rapidez de presa está relacionada com a quantidade de cimento, o qual, com o tempo, sobretudo se exposto no exterior, tende a degradar-se.

Deve ser armazenado e conservado da mesma forma que a cal hidráulica; tende a estragar-se por absorção da humidade, começando a partir da superfície para chegar gradualmente ao interior. Para a preparação da argamassa de cimento deve-se misturar cuidadosamente o inerte, juntado-se seguidamente a água, a qual não deve superar a metade do volume do cimento em pó. Quando a massa estiver completamente homogénea, tem um aspecto reluzente e ligeiramente untuoso.

Preparação das argamassas

Excluindo-se as argamassas à base de cal aérea, geralmente as argamassas são preparadas no momento da sua utilização; é errado misturarem-se previamente a cal e o cimento com a areia para uma utilização gradual, porque a humidade da areia e a exposição ao ar produzem um início de presa nos ligantes. A preparação deve ser executada com cuidado, de forma a se produzir uma argamassa homogénea; esta consegue-se combinando-se em primeiro lugar o inerte com o ligante em pó (cal, cimento, cal hidratada) para se obterem os dois componentes misturados, após o que se junta gradualmente a água na quantidade estritamente necessária, para se evitarem perdas qualitativas nas características. Nas argamassas, a consistência é adequada quando a massa mantém uma determinada forma sobre a talocha. É necessário empregar-se bastante água na humificação dos suportes, em vez de se aplicarem argamassas líquidas sobre suportes secos; neste caso, as argamassas perdem consistência e pulverizam-se.

INERTES

A actual prática da construção habituou-se à utilização de uma série bem definida e substancialmente limitada de argamassas, notavelmente aperfeiçoadas e optimizadas nas suas características físicas e mecânicas, equilibradas com as actuais exigências construtivas.

A tecnologia tradicional da construção, pelo contrário, era determinada pelos materiais locais e pela economia dos recursos, a maior das vezes pobres, pelo seu máximo e frequentemente fantasioso usufruto destinado ao constante melhoramento dos resultados. As argamassas desenvolveram sempre um papel essencial na construção antiga; para além das “estruturais” destinadas à construção das alvenarias, desenvolveram-se variantes específicas para os acabamentos interiores e exteriores. A uma utilização diferente deviam corresponder necessariamente diferentes características, para se obterem as quais se recorria a muitos tipos de inertes, frequentemente misturados entre si.

Podem-se distinguir quatro tipologias principais de inertes, todos ainda actualmente fáceis de adquirir no mercado :

1. Inertes do rio.
2. Inertes dos areeiros.

3. Inertes derivados do fabrico dos mármore e da pedra.
4. Material cerâmico triturado.

Inertes do rio

A particular conformação geológica da nossa península, subdividida ao longo de todo o seu comprimento pela cadeia dos Apeninos, é rica em cursos de água, nos quais se foi formando com o tempo uma rede capilar de extracção, laboração e distribuição de inertes com diferentes pesos.

Estes inertes podem ser subdivididos em 5 categorias :

a) Inertes naturais de recolha simples, por exemplo :

- Areia fina proveniente das torrentes, rios e areiros com uma granulometria entre os 0,5 mm e os 2 mm, utilizada para acabamentos e rebocos de acabamento.
- Areia grossa proveniente das torrentes, rios e areiros com uma granulometria entre os 4 mm e os 6 mm, utilizada como inerte para argamassas de construção, fundos, esboços (para espessuras de 2,5 cm).

b) Inertes seleccionados por crivagem, por exemplo os calhaus com diferentes granulometrias :

- Saibro (*ghiaietto*) com granulometria entre os 3 a 6 mm e os 6 a 12 mm utilizado para esboços, tirolezes e efeitos ásperos.
- Seixo (*ghiaone*) com granulometria entre os 6 a 12 mm, os 12 a 25 mm e os 25 a 35 mm utilizado para betões, enchimentos e pavimentos (betonilhas).
- Calhau (*ghiaone*) com granulometria entre os 35 e os 100 mm utilizado para enchimentos, "ninhos de vespa" (*vespa*) e pavimentos (massames).

c) Inertes obtidos por transformação com meios mecânicos :

- Detritos da britadeira resultantes da trituração dos calhaus, com granulometria entre os 1 e os 3 mm, utilizado para fundos e para o assentamento de pedra.
- Sarrisca (*pietrico*) resultante da trituração dos calhaus, com granulometria entre os 3 a 6 mm, os 8 a 12 mm, os 10 a 20 mm, os 15 a 30 mm, os 20 a 40 mm, os 30 a 50 mm e os 40 a 70 mm, utilizada para betões, enchimentos e "ninhos de vespa" (*vespa*).

d) Misturas obtidas com areia e calhaus de pequena granulometria :

- Calhaus misturados com areia grossa de granulometria entre os 3 a 6 mm, os 6 a 12 mm, e os 25 a 35 mm, utilizada para emboços de grande espessura e para projectados.

e) *Compatto* ou *compattato*, ou seja, uma mistura obtida pela junção de calhaus de diferente granulometria e de detritos da britadeira :

- Detritos da britadeira ou areia e calhaus triturados com uma granulometria entre os 0 a 20 mm, os 0 a 40 mm e os 0 a 70 mm, utilizados para enchimentos e preparação de fundos.

Os calhaus usados nas misturas devem estar inteiros, pelo que não devem ser utilizados os triturados mecanicamente porque apresentam micro fracturas que os tornam inadequados à utilização nos

moldados em betão armado. Uma proporção correcta para um rendimento óptimo da mistura com ligantes tais como a cal e o cimento é de uma parte de areia ou areão para duas de seixo miúdo, ou seja de 0,4 m³ de areia e 0,8 m³ de seixo para cada 1,2 m³ de mistura.

Os inertes devem ser totalmente lavados das impurezas antes do seu emprego; quanto mais limpos, maior é o rendimento.

Inertes derivados da laboração do mármore e da pedra

São materiais históricos da construção e eram utilizados especialmente em massas de suporte da acabamentos e para pavimentações.

Os seus custos elevados e as dificuldades no seu aprovisionamento relegaram o seu uso a "acabamentos especiais" geralmente encontrados em edifícios de importância arquitectónica. No exterior, estes detritos eram usados na composição de argamassas para acabamentos de valor, frequentemente "*a velo*" (N.T. – por velatura) sobre um suporte, laminados ou pelo menos tratados como imitação de materiais mais nobres. Os detritos dos mármore comuns (*carrara, verona, botticino*) eram brancos, raramente amarelos ou rosados; a sua função específica na amassadura de barramentos (N.T - rebocos finos = *intonachin*) não era tanto pela pigmentação, quanto pelas suas características de maleabilidade de execução e de resistência à degradação. O uso dos inertes derivados da pedra e do mármore traz bons resultados se aqueles forem fabricados com cuidado e qualidade; a vasta gama cromática permite a obtenção de barramentos pigmentados na amassadura e acabamentos de assinalável valor.

Terminologia de referência :

Impalpabile (impalpável) – com granulometria entre os 000 e os 00 mm, utilizado em estuques polidos (*atucchi lucidi*), rebocos de acabamento (*intonaci di finitura*) e na pigmentação na amassadura.

Polveri (pós) – com granulometria entre os 0 e os 1,2 mm, utilizado em rebocos de suporte, acabamentos, pigmentação na amassadura, pavimentos e acabamentos especiais.

Granigliati (granitados) – com granulometrias entre os 0,8 e os 1,2mm, entre os 1,2 e os 1,8 mm, entre os 1,8 e os 2,5 mm e entre os 2,5 e os 4,0 mm, utilizados em efeitos ásperos (*bugnati*) tiroleses (*zoccolature*) e pavimentos.

Granulati (granulados) – com granulometria entre os 0 e os 80 mm, utilizados em pavimentos, conglomerados e acabamentos especiais.

Material cerâmico triturado (*cotto macinato*)

Este material foi e continua a ser usado como carga para rebocos e acabamentos especiais; fabrica-se pela trituração do tijolo (geralmente cacos dos fornos) e compra-se no mercado em sacos de 50 kg, em diferentes granulometrias.

Conforme a zona da sua proveniência tem uma cor dominante rosa ou amarela e um elevado poder corante se for utilizado em pó.

Quando sabiamente doseado pode conferir aos rebocos, sobretudo aos aéreos, uma extrema resistência e uma maior impermeabilidade; o *cotto* reage com o hidrato de cálcio (a cal em pasta) conferindo-lhe características de hidráulidade.

As argamassas com esta composição são preparadas pouco antes do seu emprego, enquanto que as à base de areia ou de detritos de mármore são duráveis, já que a água as isola do anidrido carbónico da atmosfera.

Um aspecto particular que deve ser tomado em atenção é a diferença de comportamentos nas composições das argamassas à base de *cotto* relativamente às de areia; para além da composição, as primeiras tornam-se “gordas” mesmo com uma elevada percentagem de inerte. Por isso é necessário orientarmo-nos com uma dosagem cuidadosa.

O pó de material cerâmico permite a preparação de argamassas com as mais diversas características - desde a impalpável para velaturas transparentes (*sagramature*) sobre um paramento irregular, passando por aquelas um pouco mais consistentes, para velaturas semi transparentes (*sagramature semitrasparenti* - com 1,5 mm de espessura) e para barramentos (*intonachini*; com 3 a 8 mm de espessura), até aos rebocos (*intonaci*) e aos emboços (*rinzaffi* - com espessuras de 10 a 15 mm).

Uma outra característica, que se observa nos objectos históricos, é a sua compatibilidade com os outros inertes, com os quais pode ser misturado para atenuar as retracções e melhorar o rendimento, sobretudo nas grandes espessuras; entre estes, a areia nas suas diferentes granulometrias e os detritos de mármore. A sua única contra-indicação diz respeito à qualidade do produto - se no processo de trituração forem incluídas pequenas quantidades de tijolo ou de cacos degradados, isso manifestar-se-á sob a forma de pequenas eflorescências salinas que emergirão sobre o reboco.

O tijolo no restauro da pedra

O tijolo é um dos mais antigos e espalhados materiais de construção; é composto por argila cozida num forno a temperaturas que variam desde os 850 ° até cerca dos 1100 °. A simplicidade da composição e da execução, em conjunto com a extrema resistência do material, seja sob o perfil físico seja do químico, contribuíram desde o início para fazer dele o material de construção por excelência.

Incluem-se sob a denominação comum de tijolo (*laterizio*) uma série de produtos completamente diferentes entre si, reunidos pela mesma origem e pelo mesmo processo de fabricação, mas diferenciados pelas formas que correspondem às diferentes funções que o ciclo produtivo da construção lhes exigiu ao longo dos tempos. O tijolo maciço (*mattone*) foi o primeiro, e permaneceu o principal destes produtos; nasceu em substituição da pedra e do adobo em argila seca, pelo menos há cinco mil anos, e desde então foi empregue na construção de alvenarias por todas as civilizações, sobretudo pela romana que lhe vulgarizou a utilização, codificando formas próprias e ampliando-lhe as possibilidades de emprego.

A sua forma e a relação entre as suas dimensões foram determinadas pelas exigências de execução, a primeira das quais é a necessidade de se criar um módulo único de referência, que pudesse servir indiferentemente para a execução de alvenarias com funções e espessuras diferentes, suficientemente versátil para que não seja necessário adaptá-lo no local da obra de cada vez, como é o caso da pedra.

O fabricação do tijolo foi profundamente alterada no decurso do século XX, envolvendo metodologias produtivas, tipologias e características do produto, forçadas em parte pela evolução da industrialização, e em parte pela radical transformação dos processos construtivos.

Recuperação do material antigo

Encontram-se frequentemente nas obras de restauro condições em que se têm que executar substituições ou integrações na cortina de alvenaria original – é importante, nestes casos, servirmo-nos de materiais absolutamente homogéneos com os preexistentes, possivelmente recuperados em demolições feitas no próprio edifício.

Demasiado facilmente, esta simples norma comportamental tem sido considerada fruto da personalidade e da extravagância operativa pela parte do projectista, agravada pelos custos acrescidos consequentes da recuperação dos materiais antigos relativamente à compra de tijolos modernos. Pelo contrário, é uma série de exigências históricas, estéticas, mas sobretudo técnicas que está na sua base, e da qual se espalha lentamente o conhecimento entre os executantes.

Nas recomposições de alvenarias efectuadas pelo método do «*cuci e scuci*», por exemplo, é necessário utilizarem-se tijolos maciços que tenham as mesmas dimensões, para se evitar que a sobreposição em fiadas gere descontinuidades no aparelho e provoquem descolamentos estruturais entre as partes velhas e as novas; a presença de tijolos com compacidades diferentes e frequentemente com diferentes graus de absorção, pode gerar posteriores inconvenientes, como por exemplo respostas diferente à aplicação dos rebocos (efeito de “teia de aranha” - *ragnatela*), ou a subsequente formação de manchas localizadas, devidas à infiltração da humidade de condensação.

Pelo contrário, é prejudicial o emprego de materiais antigos demasiadamente deteriorados – os tijolos saturados de humidade podem, de facto, gerar extensas manchas de bolor e de sais sobre o reboco, e os tijolos fisicamente comprometidos não são fiáveis, quando inseridos em alvenarias de sustentação. Na consolidação das estruturas portantes, por seu lado, a utilização de materiais e de tecnologias modernas deve ser estudada caso a caso; sucede frequentemente que a utilização do betão, para reforço de partes de fundações em tijolo, por exemplo, provoca novos motivos de ruína nas partes remanescentes, por causa das suas mais elevadas características de resistência.

A recuperação dos materiais deve poder ser efectuada de uma forma crítica, avaliando-se com atenção o tijolo reutilizável e descartando-se todos os que possam gerar problemas, especialmente os tijolos das fundações ou os que estiveram demasiadamente expostos à humidade – aspecto exterior, dimensões e cor proporcionarão indicações adicionais para a sua colocação definitiva.

Se o sentido do bom senso deve estar presente antes dos factores técnicos, do mesmo modo não podemos pretender ser completamente livres frente aos resultados estéticos, que nos casos mais importantes, estão ligados à própria natureza histórica do edifício.

Em geral, esta deve ser respeitada, deixando-se que os resultados das intervenções de restauro permitam transparecer a leitura dos trabalhos efectivamente desenvolvidos. De facto, é importante considerar-se que uma qualquer estrutura arquitectónica é um organismo em evolução contínua, pelas diferentes funções a que é destinada ao longo do tempo, pela degradação natural das estruturas e dos materiais, os quais necessitam de uma manutenção contínua, e por uma multiplicidade de factores ocasionais.

Quem intervém nunca é o primeiro, como não será o último, e é importante que quem mais tarde lá trabalhar encontre vestígios do nosso trabalho, por forma a poder avaliar com precisão a natureza e a forma da intervenção seguinte.

Não deve prevalecer a tendência para a reposição integral, nem para a devolução dos elementos arquitectónicos importantes ao seu esplendor inicial, porque não se gera outra coisa que não seja uma falsidade; a uma pessoa que envelhece pode-se mudar a roupa, mas não se podem substituir partes do corpo para que rejuvenesça.

PATOLOGIAS DO MATERIAL

Humidade – A causa fundamental deste problema é a porosidade da tijolo que, pelo princípio da capilaridade, atrai para dentro de si quantidades de água que podem atingir os 30% do seu volume (três quintais de água por metro cúbico de alvenaria).

A capacidade de absorção varia em correspondência com a composição do material, aumentando com os tijolos brandos e porosos, diminuindo com os compactos. Tais características foram frequentemente aproveitadas habilmente no passado, tanto que a cada material era confiada uma função precisa – os tijolos mais brandos eram inseridos nas estruturas em elevação, enquanto que os tijolos klinkerizados, os que apresentassem uma cozedura elevada, encontravam o seu emprego nas fundações, em contacto com o terreno.

As manchas de humidade visíveis nos paramentos, aumentam de dimensões nos períodos de invernia, sobretudo em consequência dos sais minerais que fazem as funções de veículo para o espalhamento da água, e que podem estar contidos directamente na composição dos tijolos ou serem consequência da absorção a partir do terreno subjacente.

No primeiro caso, a quantidade e a duração do fenómeno, ou a presença de bolores ou de manchas, têm apenas um carácter transitório e tendem a desaparecer em tempos relativamente breves; no segundo caso, o diagnóstico é mais complexo, as dimensões do problema variam conforme os casos e em relação com a natureza dos sais presentes, mas resulta quase sempre difícil de debelar - os problemas da humidade são de tal forma que não permitem em nenhum caso uma intervenção redutora ou uma medida paliativa, e requerem sobretudo um empenho orgânico que encare a eliminação das suas causas nas próprias raízes.

Entre os elementos expostos a estes riscos, o tijolo é seguramente o mais agredido, seja pela difusão da sua utilização na realização de alvenarias, seja pela sua natureza própria; a água encontra, de facto, o seu principal veículo na capacidade física de absorção deste material, mas é a estrutura da alvenaria no seu complexo que fica exposta aos riscos e que deve ser posta em condições de se opor às infiltrações.

Gelividade

Não se pode considerar como um fenómeno, em si mesma, mas como uma directa consequência da presença da humidade nas alvenarias expostas ao frio invernal; congelando, a água aumenta de volume, provocando esfoliações na superfície do tijolo, o qual vai ficando gradualmente debilitado. A gelividade incide sobretudo nos tijolos de fabricação moderna que, absorvendo a maior quantidade de água à superfície e deixando seco o seu núcleo central, provocam uma pressão de dilatação concentrada apenas sobre as faces expostas ao exterior, facilitando a progressão da degradação.

