

## 6. TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN

A. Elena Charola y Marcela Cedrola

### 1. Introducción

Se entiende por tratamientos de conservación todas aquellas acciones dirigidas a eliminar o disminuir los factores de deterioro de un material a fin de reducir la velocidad de deterioro del objeto o estructura.

Los principales tratamientos de conservación son: la limpieza, eliminación de sales solubles, el control de la biocolonización, la consolidación del material y la hidrofugación.

### 2. Limpieza de superficies

El concepto de limpieza incluye toda acción dirigida a suprimir la suciedad o aditamentos que afectan la integridad original del objeto.

El tratamiento de limpieza es una operación delicada e irreversible, ya que todo lo que se elimine nunca podrá ser sustituido, por lo que debe ser efectuada por personal entrenado en ello.

Hay muchos métodos de limpieza, y la selección del más apropiado depende del tipo de depósito, sus componentes, así como del tipo de objeto a limpiar y su naturaleza. Cada método usará materiales y técnicas adecuadas. Por lo tanto, es preciso identificar los materiales constitutivos del objeto a limpiar y sus características, tales como tipo de piedra, tipo de argamasa, etc. Además, es necesario identificar el tipo de depósito o aditamento que aparece en la superficie.

Este último punto es fundamental pues, muchas veces los objetos adquieren una pátina que es el resultado natural del intemperismo. Y tales pátinas son en general protectoras y no deben ser quitadas. En tanto que otros depósitos, tales como la colonización biológica, la polución atmosférica, son comúnmente nocivos para el material del objeto. Por esta razón, la correcta identificación y caracterización de los depósitos superficiales es fundamental.

## 6. TRATAMENTOS DE CONSERVAÇÃO

A. Elena Charola y Marcela Cedrola

### 1. Introdução

Entende-se por tratamento de conservação todas as ações voltadas para eliminar ou diminuir os fatores de degradação de um material a fim de reduzir a velocidade de deterioração do objeto ou de sua estrutura.

Os principais tratamentos de conservação são: limpeza, eliminação de sais solúveis, controle da biocolonização, consolidação do material e hidrofugação.

### 2. Limpeza de superfícies

O conceito de limpeza inclui toda ação voltada a suprimir a sujeira ou depósitos que afetem a integridade original do objeto.

O tratamento de limpeza é uma operação delicada e irreversível, uma vez que tudo o que se elimine nunca poderá ser substituído, razão pela qual deve ser efetuada por pessoal especialmente treinado para tanto.

Existem muitos métodos de limpeza e a escolha do mais apropriado depende do tipo de deposição, seus componentes, assim como da natureza e do tipo de objeto a ser limpo. Cada método usará materiais e técnicas adequadas. Portanto é preciso identificar os materiais constitutivos do objeto e suas características, tais como o tipo de pedra, tipo de argamassa, etc. Além disso, é necessário identificar o tipo de deposição que se encontra na superfície.

Este último ponto é fundamental, pois, muitas vezes, os objetos adquirem uma pátina que é o resultado natural do intemperismo. Estas pátinas são, em geral, protetoras e não devem ser removidas. No entanto, outras deposições tais como a colonização biológica e a poluição atmosférica são geralmente nocivos para a matéria do objeto. Por esta razão, a correta identificação e caracterização das deposições superficiais são fundamentais. E



Y ésta debe ser realizada por expertos en el tema.

Una vez identificado el depósito y sus características, se puede decidir la metodología a utilizar en su eliminación.

## 2.1 Metodologías de limpieza

Hay diversos métodos de limpieza. En principio se pueden dividir en:

- a) los que se realizan en seco;
- b) los que se realizan por vía húmeda.

### 2.1.1 Métodos de limpieza en seco

El más sencillo es el **cepillado** utilizando cepillos de cerdas blandas, de modo de no dañar el material del sustrato. Este método se emplea para eliminar las acumulaciones de polvo sobre esculturas o detalles arquitectónicos esculpidos.

La **micro-abrasión** se utiliza en caso de depósitos muy duros y adherentes, tales como las concreciones calcáreas. Hace uso de un instrumento similar al de los dentistas, –un mini-equipamiento de arenado– y por lo tanto, sólo debe ser operado por personal que haya sido entrenado en su empleo adecuado y que tenga la experiencia suficiente para realizarla, además del criterio y la minuciosidad requeridas. De otra manera este método puede hacer mucho daño al sustrato.

También existen sistemas de “**arenado**” que pueden ser utilizados para grandes superficies. Se puede considerar un modelo a mayor escala del micro-abrasión. El equipo produce un chorro de partículas propulsadas a una cierta presión y que eliminan la suciedad por erosión. Pero su uso, la selección del material particulado, que no necesariamente es arena, su tamaño, forma y naturaleza, además de la presión a la que se propulsa, la distancia que media entre el pico que produce el chorro y la superficie, influirán en el resultado obtenido. La selección del material a utilizar y las condiciones del chorro que se utilizan deben ser adecuadas al material a limpiar y su resistencia mecánica. La superficie a limpiar debe estar “sana”, es decir, no debe estar escamándose o presentar pulverización superficial, ya que el método es agresivo y puede causar mucho daño a la superficie a limpiar.

debe ser realizada por especialistas no tema.

Uma vez identificada a deposição e suas características, pode-se decidir a metodologia a ser utilizada para sua eliminação.

## 2.1 Metodologias de limpeza

Existem diferentes métodos de limpeza. Em princípio, podem dividir-se em:

- a) os que se executam a seco;
- b) os que se executam por meios úmidos.

### 2.1.1 Métodos de limpeza a seco

O mais simples é a **escovação** utilizando escovas de cerdas macias, de modo a não danificar o material do substrato. Este método é empregado para eliminar as deposições de pó sobre esculturas ou detalhes arquitetônicos esculpidos.

A **micro-abrasão** se usa em caso de deposições muito duras e aderentes, tais como as concreções calcárias. Utiliza-se um instrumento similar ao dos dentistas, – um mini-equipamento de jato de areia. Portanto, só deve ser operado por pessoal que tenha sido capacitado para sua adequada utilização e que tenha a experiência suficiente para realizá-la, além do critério e da perícia requeridos. De outra forma, este método pode causar danos ao substrato.

Também existem sistemas de “**jato de areia**”, que podem ser utilizados para grandes superfícies. Pode ser considerado um modelo em maior escala da micro-abrasão. O equipamento produz um jato de partículas impulsionadas a certa pressão, que eliminam a sujeira por erosão. Mas o seu uso, a seleção do material granular (que não necessariamente é areia), seu tamanho, forma e natureza, além da pressão a que se propulsa, a distância intermediária entre o bico que produz o jato e a superfície, influirão no resultado a ser obtido. A seleção do material e as condições do jato a utilizar devem ser adequadas ao material a ser limpo e à sua resistência mecânica. A superfície a ser limpa deve estar “sã”, isto é, não deve estar escamando ou apresentar pulverização superficial, uma vez que o método é agressivo e pode causar danos à superfície a ser limpa.



Mientras que un operador con experiencia y criterio puede obtener una limpieza perfecta, otros pueden dañar irreversiblemente el sustrato del objeto. Por lo tanto, para utilizar este método es preciso contar con operarios especializados.

### 2.1.2 Métodos de limpieza por vía húmeda

Mientras que todos los métodos de limpieza por vía seca se basan en la acción mecánica, los métodos por vía húmeda pueden ser:

- a) de acción mecánica; o,
- b) de acción química.

#### 2.1.2.1 Acción mecánica

Entre los primeros se cuenta el “hidroarenado”, que es un método de arenado al que se le adjunta un chorro de agua, de modo que tiene la ventaja de no producir tanto polvo en el ambiente. El agua también actúa como lubricante y como amortiguador del golpe de las partículas sobre la superficie. Pero al tener una variable más (el chorro de agua mezclado con la arena) es más complicado de usar.

El “hidrolavado” usa solo el chorro de agua a presión. En este caso, el agua actúa como agente mecánico, y su correcta aplicación depende del tipo de pico que se utiliza para generar el chorro, la presión a la que se genera el chorro y su caudal. Como en todo método mecánico, el operario debe ser entrenado en la correcta aplicación del sistema. Y requiere además que el operador tenga el criterio necesario para usarlo correctamente.

#### 2.1.2.2 Acción química

En este caso, la limpieza se realiza mediante el uso de disolventes que ablandan o solubilizan la materia a eliminar, completándose el proceso con un “arrastre mecánico”, tales como un suave cepillado.

Para eliminar pequeñas áreas en esculturas se pueden usar hisopos o torundas de algodón. Para superficies más grandes, se utilizan compresas de un sólido inerte, que mantenga el producto aplicado, como ser un solvente, activo por más tiempo. En general se utilizan para eliminar capas muy gruesas, o muy insolubles, o para contaminantes

Enquanto que um operador com experiência e critério pode fazer uma limpeza perfeita, outros podem danificar irreversivelmente o substrato do objeto. Sendo assim, para utilizar este método é preciso contar com operários especializados.

### 2.1.2 Métodos de limpeza por meios úmidos

Enquanto todos os métodos de limpeza por via seca baseiam-se na ação mecânica, os métodos por meios úmidos podem ser:

- a) de ação mecânica; ou,
- b) de ação química.

#### 2.1.2.1 Ação mecânica

Entre os primeiros se insere o “hidroarejado”, um método de jateamento com areia ao qual se agrega água, que tem como vantagem não produzir tanto pó no ambiente. A água também atua como lubrificante e como amortecedor do impacto das partículas sobre a superfície. Mas, ao ter uma variável a mais (o jato d’água misturada com a areia) é mais complicado de usar.

Também se pode usar somente um jato de água com pressão, chamado “hidrolavagem”. Neste caso, a água atua como agente mecânico e sua correta aplicação depende do tipo de bico que se utiliza para gerar o jato, da pressão da água e de sua vazão. Como em todo método mecânico, o operador deve ser treinado para uma correta aplicação. Além disso, se requer que tenha o discernimento necessário para usá-lo adequadamente.

#### 2.1.2.2 Ação química

Neste caso, a limpeza é realizada mediante o uso de solventes que amolecem ou dissolvem a matéria a ser eliminada, completando-se o processo com uma “abrasão mecânica”, como uma escovada suave.

Para eliminar pequenas áreas em esculturas, podem ser usados cotonetes ou buchas de algodão. Para superfícies maiores, utilizam-se compressas de material sólido inerte, que mantenham o produto aplicado – como o solvente – ativo por mais tempo. Em geral, são utilizadas para eliminar camadas muito grossas ou muito insolúveis, ou



que se encuentran en el interior del sustrato, por ejemplo, las sales solubles.

Las compresas constan de dos ingredientes: un soporte inerte (como algodón, pulpa de papel, arcillas, geles, etc.), y un agente activo que actúa como solvente. La selección de este último, que puede ser simplemente agua, o una solución con detergente, y hasta un solvente orgánico, depende del material a eliminar de la superficie. Por lo tanto, es fundamental caracterizar correctamente el depósito, suciedad o impureza a eliminar para elegir el solvente adecuado.

Los detergentes sirven fundamentalmente para “mojar” los depósitos que muchas veces son hidrófobos por la presencia de materias orgánicas, tales como aceites. Un detergente es básicamente una molécula orgánica larga (un polímero) que tiene una punta o “cabeza” hidrófila y una punta o “cola orgánica” hidrófuga o lipofílica.

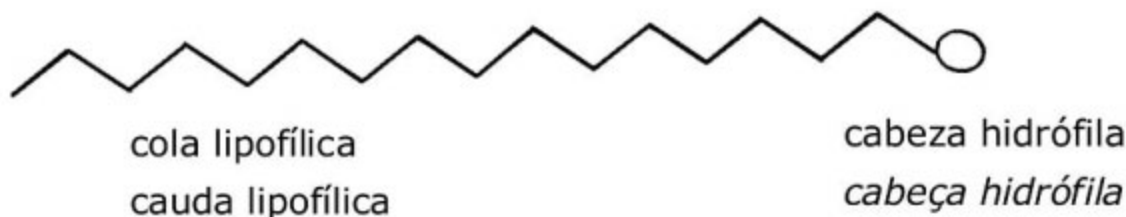


Fig. 1 Esquema de una molécula de detergente: a la izquierda la “cola” lipofílica (hidrófuga), y a la derecha la punta o cabeza hidrófila.

para contaminantes que se encontram no interior do substrato, por exemplo, os sais solúveis.

As compresas são compostas por dois ingredientes: um suporte inerte (como algodão, polpa de papel, argilas, géis, etc.), e um agente ativo, que funciona como solvente. A seleção deste último, que pode ser simplesmente água ou uma solução com detergente e até mesmo um solvente orgânico, depende do material a ser eliminado da superfície. Portanto, é fundamental caracterizar corretamente a deposição, sujeira ou impureza a ser eliminada para escolher o solvente adequado.

Os detergentes servem, fundamentalmente, para “molhar” os sedimentos que, muitas vezes, são hidrófobos pela presença de matérias orgánicas tais como azeites. Um detergente é basicamente, uma molécula orgánica longa (um polímero) que tem uma ponta ou “cabeça” hidrófila e uma ponta ou “cauda orgánica”, hidrófuga ou lipofílica.

Fig. 1 Esquema de uma molécula de detergente: à esquerda a “cauda” hidrófila (hidrófuga), e à direita a ponta ou cabeça hidrófila.

La “cola” lipofílica se solubiliza en los materiales orgánicos como aceites o grasas, mientras que la cabeza hidrófila se solubiliza en el agua. De esta manera, “disuelve” el material orgánico en el agua.

Parte de la efectividad del detergente reside en que cambia la tensión superficial del agua, por lo que se los considera un surfactante, aunque hay otros productos surfactantes que no son detergentes. De la misma manera, todos los jabones son detergentes, pero no todos los detergentes son jabones.

A los efectos de uso en conservación, los detergentes llamados no-iónicos son los más recomenda-

A “cauda” lipofílica se solubiliza nos materiais orgánicos, como azeites ou graxas, enquanto a cabeça hidrófila se dissolve em água. Desta maneira, “dissolve” a matéria orgánica em água

Parte da eficácia dos detergentes reside em que eles mudam a tensão superficial da água, razão pela qual são considerados surfactantes, ainda que existam outros produtos surfactantes que não são detergentes. Da mesma maneira, todos os sabões são detergentes, mas nem todos os detergentes são sabões.

Para efeitos de uso em conservação, os detergentes chamados não-iônicos são os mais recomendáveis,



bles, pues no dejan en el material iones que puedan formar sales solubles.

pois não deixam nos materiais íons que possam formar sais solúveis.

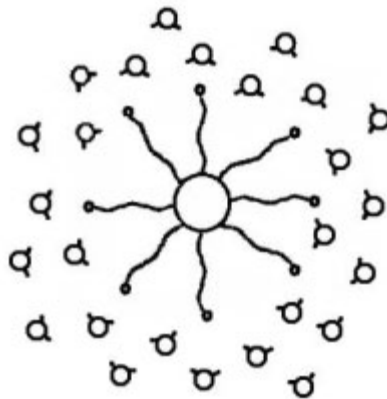


Fig. 2. El esquema muestra como el detergente “disuelve” una gota de aceite o grasa, en el centro del dibujo, en agua. Las moléculas de agua se orientan de acuerdo a la carga eléctrica de la cabeza del detergente. La cabeza puede tener una carga positiva (detergentes catiónicos), negativa (detergentes aniónicos, como el ejemplo mostrado) o no-iónica (detergentes no-iónicos).

Fig. 2 O esquema mostra como o detergente “dissolve” uma gota de azeite ou graxa, no centro do desenho, em água. As moléculas de água se orientam de acordo com a carga elétrica da cabeça do detergente. A cabeça pode ter uma carga positiva (detergentes catiônicos), negativa (detergentes aniônicos, como o exemplo mostrado) ou não-iônica (detergentes não-iônicos).

En las compresas, la función del material inerte de soporte es prolongar la acción del disolvente, manteniéndolo en contacto con la superficie de la materia que se pretende suprimir. Su espesor y su capacidad absorbente influyen en la variación del tiempo de acción de los disolventes, permitiendo elegir el soporte inerte más adecuado en cada caso.

Nas compresas, a função do material inerte de suporte é de prolongar a ação do solvente, mantendo-o em contato com a superfície da matéria que se pretende suprimir. Sua espessura e sua capacidade de absorção influem na variação do tempo de ação dos solventes, permitindo a escolha do suporte inerte mais adequado para cada caso.

La acción de las compresas se basa en que el solvente, al estar embebido en el soporte inerte, está en contacto por más tiempo con la superficie del objeto. Esto permite al solvente: difundir en el depósito, y aún dentro del sustrato (caso de la presencia de sales solubles), disolver el material a eliminar, y, a medida que la compresa se seca, redifundir hacia la compresa, donde se concentrará el material solubilizado. Para prolongar esta acción, las compresas se cubren muchas veces con un film de polietileno, de modo de reducir la velocidad de su secado.

A ação das compresas se baseia em que o solvente, ao estar embebido no suporte inerte, fica por mais tempo em contato com a superfície do objeto. Isto permite ao solvente: se difundir no interior da deposição e ainda no substrato (no caso da presença de sais solúveis), dissolver o material a ser eliminado e, à medida que a compresa for secando, voltar a se difundir na compresa, onde se concentrará o material dissolvido. Para prolongar esta ação, muitas vezes as compresas são cobertas com um filme de polietileno, a fim de reduzir a velocidade de secagem.

Aunque el sistema de compresas es muy útil, tiene, como todos los métodos, sus problemas. Entre estos cabe señalar que:

Ainda que o sistema de compresas seja muito útil, tem, como todos os métodos, seus problemas. Entre estes, cabe apontar que:



Impiden la observación directa de la superficie de la obra que se está tratando, por lo que requiere de mucho cuidado en su aplicación, y de experiencia en determinar el tiempo que se ha de dejar la compresa.

Si la superficie es pulverulenta o se encuentra débilmente adherida, puede ser dañada por la compresa cuando ésta se quita.

## 2.2. Conclusiones

A primera vista, la limpieza aparece como uno de los procedimientos más fáciles a implementar. Sin embargo, esta apariencia es engañosa, pues la limpieza de superficies, dentro de la cual se puede incluir la eliminación de sales solubles y la de la colonización biológica, es una operación que requiere la colaboración de profesionales que puedan identificar el problema así como el material que lo presenta. Requiere asimismo de la destreza manual que implica la aplicación del sistema utilizado, como el criterio necesario para determinar la mejor manera de implementar la aplicación.

## 3. Eliminación de sales solubles

La presencia de sales solubles es uno de los factores más importantes en el deterioro de los materiales porosos y por lo tanto es importante eliminarlas. Pero antes de tratar de su eliminación se debe saber el origen de la presencia de estas sales. ¿De donde provienen? ¿Cómo llegaron a concentrarse? ¿Continúa su penetración en el sustrato?

La determinación del tipo de sales presentes puede dar una idea de su origen. El yeso, sulfato de calcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) puede originarse por reacción de la polución aérea con materiales calcáreos como los morteros de cal. Pero esta sal, así como otros sulfatos más solubles de sodio o magnesio, también están presentes en los suelos y pueden penetrar en el material poroso por ascenso capilar.

El diagnóstico del origen de las sales requiere no sólo del análisis químico de las mismas sino también de la experiencia para poder identificar, en base a la localización de las eflorescencias, el cami-

Impede a observação direta da superfície da obra que está sendo tratada, razão pela qual requer muito cuidado em sua aplicação e experiência para determinar o tempo que se deve deixar a compresa.

Se a superfície é pulverulenta ou se encontra mal aderida esta pode ser danificada pela compresa quando de sua retirada.

## 2.2 Conclusões

À primeira vista, a limpeza aparece como um dos procedimentos mais fáceis de implementar. No entanto, esta aparência é enganosa, pois a limpeza de superfícies, dentro da qual se pode incluir a eliminação de sais solúveis e a eliminação de colonização biológica, é uma operação que requer a cooperação de profissionais que possam identificar o problema, assim como o material que o apresenta. Requer também a destreza manual necessária para a aplicação do sistema utilizado, bem como o critério para determinar a melhor maneira de implementar a aplicação.

## 3. Eliminação de sais solúveis

A presença de sais solúveis é um dos fatores mais importantes na deterioração dos materiais porosos e, portanto, é importante eliminá-los. Mas antes de tratar de sua eliminação, deve-se saber a origem da presença destes sais. De onde provêm? Como se concentraram? A sua penetração no substrato continua?

A determinação do tipo de sais presentes pode dar uma idéia de sua origem. O gesso, sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) pode originar-se por reação da poluição aérea com os materiais calcários, como as argamassas de cal. Mas este sal, assim como outros sulfatos mais solúveis de sódio ou magnésio, também está presente nos solos e pode penetrar no material poroso por ascensão capilar.

O diagnóstico da origem dos sais requer, além de sua análise química, experiência para poder identificar, a partir da localização das eflorescên-





no por ellas recorrido, y de ahí, su punto de ingreso. Es evidente que la eliminación de sales solubles sólo tiene sentido si previamente se han tomado medidas para evitar el continuado ingreso de las mismas.

### 3.1 Metodologías

La eliminación de sales solubles se realiza por métodos aparentemente sencillos. El problema reside en que no son muy eficientes dado que las sales no sólo se encuentran en superficie sino que también están distribuidas, y no necesariamente de forma homogénea, dentro del material mismo.

Si hay eflorescencias, el método más sencillo de eliminación es por acabado cepillado en seco, cuidando recoger todas las sales eliminadas con una palita o, en su defecto, sobre un papel, de modo de evitar que caigan al suelo y de allí vuelvan a penetrar al material poroso cuando llueve o cuando el rocío las disuelva. El mejor sistema es usar una aspiradora y luego vaciar la bolsa con todo cuidado en un recipiente que se descarte lejos del sitio.

Como las sales solubles tienden a migrar hacia la superficie, si este proceso se repite regularmente a lo largo de varios años, se conseguirá eliminarlas. Es un proceso lento que requiere constancia y paciencia.

El proceso se puede acelerar algo por la aplicación de compresas con agua, una vez removidas las eflorescencias superficiales en seco. Conviene aplicar las compresas y dejarlas en el sitio hasta casi secas, pues así se extraerá la mayor parte de las sales.

Al aplicar la compresa húmeda, el agua de la compresa penetra en la piedra por absorción capilar, disuelve al menos parte de las sales que encuentra en los poros del substrato, y luego, al evaporar, cosa que fundamentalmente hará por la superficie externa de la compresa, traerá consigo las sales disueltas que se concentrarán en la compresa.

cias, o caminho percorrido e o local de seu acesso. É evidente que a eliminação de sais solúveis só tem sentido se, previamente, foram tomadas medidas para evitar a continuidade do seu ingresso.

### 3.1 Metodologias

A eliminação de sais solúveis se realiza por métodos aparentemente simples. O problema está em que não são muito eficientes, uma vez que os sais não se encontram apenas na superfície, mas também estão distribuídos - e não necessariamente de forma homogênea - no interior do material.

Se existem eflorescências, o método mais simples de eliminação é por uma cuidadosa escovação a seco, tendo o cuidado de recolher todo o sal eliminado com uma pазinha ou, em sua ausência, sobre um papel, de forma a evitar que caia no solo e volte a penetrar no material poroso quando chover ou quando o orvalho o dissolver. O melhor sistema é usar um aspirador, e logo esvaziar a bolsa, com todo o cuidado, em um recipiente a ser descartado longe do local tratado.

Como os sais solúveis tendem a migrar para a superfície, se este processo for repetido regularmente ao longo de vários anos, será possível eliminá-los. É um processo lento, que requer persistência e paciência.

O processo pode ser um pouco acelerado pela aplicação de compresas com água, uma vez removidas as eflorescências superficiais a seco. Convém aplicar as compresas e deixá-las no local até que estejam quase secas, pois assim se poderá extrair a maior parte dos sais.

Ao aplicar a compresa úmida, a água da compresa penetra na pedra por absorção capilar, dissolve ao menos parte dos sais que encontra nos poros do substrato, e, ao evaporar - ação que fundamentalmente se dará pela superfície externa da compresa - trará consigo os sais dissolvidos, que se concentrarão na compresa.



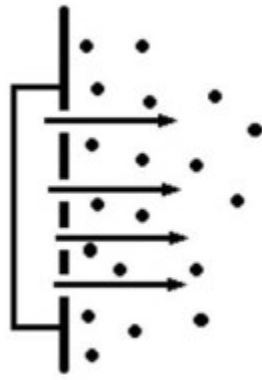


Fig. 3 Esquema del funcionamiento de una compresa para la eliminación de sales solubles: el agua de la compresa al entrar en el material con sales, disuelve éstas y las hace penetrar hacia el interior (izquierda). Al secar la compresa por evaporación del agua, el agua redifunde hacia la compresa acarreado las sales hacia ella (derecha). Es muy difícil eliminar todas las sales, pues están muy distribuidas por todo el material.

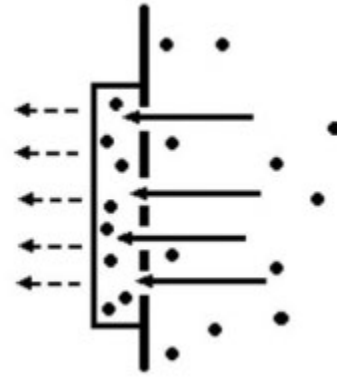


Fig. 3 Esquema do funcionamento de uma compresa para a eliminação de sais solúveis: a água da compresa, ao penetrar no interior de um material com sal, provoca sua dissolução (esquerda). Com a evaporação da água pela secagem da compresa, a água do material retorna, trazendo os sais para a compresa (direita). É muito difícil eliminar todo o sal, pois ele se difunde pelo material.

La primera compresa aplicada será la más eficiente, las subsiguientes extraerán muchas menos sales. Esto no implica que se han extraído todas las sales, sino que se han extraído las que estaban en la zona de influencia de la compresa, pues parte de las sales migran hacia el interior de la piedra como resultado de la absorción capilar de la misma.

Por lo tanto, la manera más sencilla y eficiente de eliminación de sales (que muchas veces no es factible en la práctica por razones logísticas) es la de eliminar las eflorescencias por vía seca y subsecuentemente aplicar una sola compresa. Esperar un tiempo, que puede ser de semanas hasta meses, hasta observar que nuevamente se forman eflorescencias y sólo entonces repetir el proceso.

### 3.2 Conclusiones

La eliminación de sales solubles requiere que previamente se identifique su origen de manera de poder eliminar, o al menos disminuir, la fuente de contaminación. Recién entonces se podrá proceder a su eliminación. Es evidente que estos métodos conviene aplicarlos cuando el ambiente esté seco de modo que la mayor parte de las sales estén cristalizadas, tanto en la superficie como eflorescencia,

A primeira compresa aplicada será a mais eficiente; as seguintes vão extrair muito menos sal. Isto não implica que se haja extraído todo o sal, mas que se extraiu o que estava na zona de influência da compresa, pois parte dos sais migram para o interior da pedra como resultado da absorção capilar da mesma.

Portanto, a maneira mais simples e eficiente de eliminação de sais (que muitas vezes não é possível executar na prática por razões logísticas) é eliminar as eflorescências por via seca e, subseqüentemente, aplicar apenas uma compresa. Esperar um tempo, que pode ser de semanas ou meses, até observar que novamente se formam eflorescências, e só então repetir o procedimento.

### 3.2 Conclusões

A eliminação de sais solúveis requer que se identifique previamente a sua origem, de maneira a ser possível eliminar ou ao menos diminuir a fonte de contaminação. Só então se poderá proceder à sua eliminação. É evidente que estes métodos devem ser aplicados quando o ambiente esteja seco, de modo que a maior parte dos sais esteja cristalizada, tanto na superfície, como eflorescência, quanto no





como en el interior, ya sea como subflorescencias o criptoflorescencias aún a mayor profundidad.

La eliminación de las eflorescencias se podrá realizar por vía seca, y la de las subflorescencias, por vía húmeda. El proceso requiere de sucesivas aplicaciones que, raramente pueden ser ejecutadas en un breve período. Y requiere de una monitorización y control regular para poder determinar el mejor momento para la intervención.

## 4. Control de la biocolonización

### 4.1 Introducción

La biocolonización más visible es el crecimiento de vegetación infestante, desde los pastos (gramíneas), a arbustos y, eventualmente, a árboles. En el caso de estructuras, se debe recordar que sobre una superficie se deposita el polvo, polen, esporas y bacterias presentes en el aire. De esta manera se forma una capa “fértil” que facilita el desarrollo de microorganismos, tales como las algas unicelulares, comúnmente llamado “*biofilm*”. Este facilita el desarrollo de microorganismos tales como las bacterias, algas y hongos. Una vez establecidos éstos, se pueden desarrollar los líquenes, que son asociaciones de un alga con un hongo, y se tiene un campo fértil para el desarrollo de musgos, hepáticas (Marchantiophyta) y helechos.

Para controlar estos crecimientos existen varios métodos, los más importantes son los químicos y los mecánicos.

Siempre que se aplique un biocida, cualquiera sea, hay que tener en cuenta la toxicidad del mismo, ya sea para el operador (quien sólo ha de manipular y aplicar los productos debidamente protegido), como para el medio ambiente, teniendo cuidado de no dejar residuos en las zonas aplicadas, y finalmente, disponiendo debidamente de los envases vacíos.

### 4.2 Productos biocidas

Los biocidas son productos químicos que, en general tienen acción específica para ciertos organismos, por ejemplo, para hongos (fungicidas), para algas (alguicidas), para bacterias (bactericidas) o para hierbas (herbicidas).

interior, como subflorescência, e, a uma profundidade ainda maior, como criptoflorescências.

A eliminação das eflorescências poderá ser realizada a seco, e a das subflorescências por via úmida. O processo requer sucessivas aplicações, que raramente podem ser executadas em curto prazo. E exige monitoramento e verificação regulares para poder determinar o melhor momento para a intervenção.

## 4. Controle da biocolonização

### 4.1 Introdução

A biocolonização mais visível é o crescimento de vegetação invasora, desde os pastos (gramíneas) aos arbustos e, eventualmente, as árvores. No caso de estruturas, deve-se recordar que sobre uma superfície se deposita o pó, pólen, esporos e bactérias presentes no ar. Desta maneira, forma-se uma camada “fértil” que facilita o desenvolvimento de microorganismos, tais como as algas unicelulares, comumente chamado “*biofilme*”. Ele facilita o desenvolvimento de microorganismos, tais como as bactérias, algas e fungos. Uma vez estabelecidos, podem desenvolver-se líquens, que são associações de algas com fungos; e, se têm campo fértil para o desenvolvimento de musgos, hepáticas (Marchantiophyta) e samambaias.

Para controlar o desenvolvimento destes organismos existem vários métodos; os mais importantes são os químicos e os mecânicos.

Sempre que se aplique um biocida, qualquer que seja, deve-se considerar sua toxicidade, tanto para o operador (que só deve manipular e aplicar os produtos debidamente protegido), como para o meio ambiente, tendo o cuidado de não deixar resíduos nas zonas aplicadas, e finalmente, descartando adequadamente as embalagens vazias.

### 4.2 Produtos biocidas

Os biocidas são produtos químicos que, em geral, têm ação específica para certos organismos, por exemplo, para fungos (fungicidas), para algas (alguicidas), para bactérias (bactericidas) ou para ervas (herbicidas).



También hay productos inorgánicos que se puede utilizar. El más difundido es la lavandina, el hipoclorito de sodio. Este producto **NO** debe utilizarse para el caso de estructuras arqueológicas o históricas de valor, pues deja residuos de sales solubles introduciendo un nuevo factor de deterioro.

Pero sí se puede utilizar el agua oxigenada de 10 ó 20 volúmenes, ya que ésta no deja residuos de ninguna especie. Se hace notar que no tiene efecto residual, de modo que no protege la superficie de recolonización.

Respecto a los biocidas comerciales, son **desaconsejados** por su alta toxicidad los formulados en base a productos organofosforados, organoclorados, piridinas y carbamidas.

Hasta la fecha, los biocidas que han dado mejor resultado en la eliminación de la biocolonización de estructuras históricas o arqueológicas, son los formulados a base de sales de amonio cuaternario, tales como el cloruro de benzalconio. Estos biocidas tienen una baja acción residual —a veces llegan a algunos años— pero no matan las esporas. Se hace notar que la acción de estos biocidas no es instantánea, sino que su efecto se nota recién luego de unos meses.

### 4.3 Aplicación de biocidas

La aplicación de un biocida conviene hacerla sólo sobre la colonización fina, adherente a la superficie. Conviene además, realizar la aplicación en la época en que la mayor parte de las plantas hayan perdido sus hojas. Es decir, en invierno antes de la primavera. Por lo tanto, si hay una colonización de pastos, helechos o musgos, éstos deben ser erradicados manualmente y con un cepillado suave, de modo de eliminar todo el crecimiento mayor eliminando al mismo tiempo el exceso de polvo acumulado, que de otra manera absorbe una gran cantidad de biocida que luego entra en el medio ambiente.

Los arbustos y árboles que se desarrollan dentro de juntas de las estructuras, deben ser cortados a ras de la superficie sin tratar de eliminar las raíces que quedan adentro. Para evitar que renazca la planta,

Também existem produtos inorgânicos que podem ser utilizados. O mais difundido é a água sanitária ou hipoclorito de sódio. Este produto **NÃO** deve ser utilizado para o caso de estruturas arqueológicas ou de valor histórico, pois deixa como resíduos sais solúveis, introduzindo um novo fator de deterioração.

Mas pode-se utilizar água oxigenada de 10 ou 20 volumes, uma vez que esta não deixa resíduos de nenhuma espécie. Deve-se considerar que não tem efeito residual, de modo que não protege a superfície de nova colonização.

No que se refere aos biocidas comerciais, são **desaconselhados**, por sua alta toxicidade, os formulados com base em produtos organofosforados, organoclorados, piridinas e carbamidas.

Até o momento, os biocidas que deram melhores resultados na eliminação da biocolonização em estruturas históricas ou arqueológicas foram os formulados à base de sais de amônio quaternário, tais como o cloreto de benzalcônio. Estes biocidas têm uma baixa ação residual —às vezes chegam a alguns anos— mas não matam os esporos. Deve-se considerar que a ação destes biocidas não é instantânea, mas que seu efeito se nota depois de alguns meses.

### 4.3 Aplicação de biocidas

É conveniente aplicar um biocida apenas sobre uma colonização fina, aderente à superfície. Além disso, é também conveniente realizar a aplicação na época em que a maior parte das plantas tenha perdido suas folhas, ou seja, no inverno, antes da chegada da primavera. Portanto, se há uma colonização de gramíneas, samambaias ou musgos, esta deve ser erradicada manualmente e com uma escovação suave, de modo a eliminar o maior crescimento, eliminando ao mesmo tempo o excesso de pó acumulado, que poderá absorver uma grande quantidade de biocida, que ficará no ambiente.

Os arbustos e árvores que se desenvolvem no interior das juntas das estruturas devem ser cortados rentes à superfície, sem tratar de eliminar as raízes que estão no interior. Para evitar que a planta se recupere, pode-se injetar um herbicida o um bio-



se puede inyectar un herbicida o un biocida, como el amonio cuaternario mencionado anteriormente.

Una vez que se tiene la superficie relativamente limpia de todas las plantas foliosas y musgos, se puede aplicar el biocida para eliminar los hongos, algas y líquenes. El agua oxigenada conviene aplicarla en compresas, pues no conviene aplicarla a pincel o por aspersión ya que se descompone rápidamente. La solución (entre el 3 y el 5% v/v) del biocida en base a sales de amonio cuaternario, puede aplicarse por spray o aspersión, a pincel o por compresas. Se recuerda que su acción, a diferencia de la del agua oxigenada, **NO** es inmediata, por lo que se ha de esperar unos meses para ver su acción.

Una vez que el biocida tuvo su efecto, lo que se nota sobre todo en los líquenes porque se comienzan a desprender solos, se debe realizar una limpieza superficial, por cepillado en seco o húmedo.

Hay algunos líquenes que son muy resistentes, y pueden necesitar la reaplicación puntual del biocida. Es más efectivo y mejor para el medio ambiente, aplicar una solución diluida del biocida, y reaplicarla en unos meses, que hacer una sola aplicación de una solución más concentrada.

La limpieza puede completarse con la aplicación de compresas de una solución carbonato de amonio  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ , concentración 20% p/v (peso/volumen) o sea 20 g en 100 ml.

#### 4.4 Conclusiones

La eliminación de la colonización biológica es fundamental para la conservación de estructuras arqueológicas, tales como las de las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes. Pero se debe tener en cuenta que esta actividad es realmente una actividad de mantenimiento, pues aunque el biocida aplicado sea efectivo por unos años, los micro y macro-organismos vuelven a crecer. Por lo tanto, es fundamental planear la operación con tiempo y en el tiempo.

Muchas veces, la eliminación de la colonización biológica en la estructura se realiza al mismo tiempo de una intervención extraordinaria, pues es entonces que se tienen andamios para acceder a las

cida, como el amônio quaternário anteriormente mencionado.

Uma vez que se tenha a superfície relativamente limpa de todas as plantas folhosas e de musgos, pode-se aplicar o biocida para eliminar os fungos, algas e líquens. A água oxigenada deve ser aplicada em compresas, pois não convém aplicá-la com pincel ou por aspersão, uma vez que ela se decompõe rapidamente. A solução (entre 3 e 5% p/volume) do biocida à base de sais de amônio quaternário pode ser aplicada por spray ou aspersão, com pincel ou por compresas. Reitera-se que sua ação, diferentemente da água oxigenada, **NÃO** é imediata, razão pela qual devemos esperar alguns meses para verificar sua ação.

Uma vez que o biocida fez efeito, o que se nota principalmente nos líquens porque começam a se desprender, deve-se realizar uma limpeza superficial, com uma escova seca ou úmida.

Existem alguns líquens que são muito resistentes que podem necessitar uma reaplicação pontual de biocida. É mais eficiente e melhor para o meio ambiente aplicar uma solução diluída do biocida e reaplicá-la em alguns meses, do que fazer uma única aplicação de uma solução mais concentrada.

A limpeza pode ser concluída com a aplicação de compresas de uma solução de carbonato de amônio  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ , concentração 20% p/v (peso/volume), ou seja, 20g em 100 ml.

#### 4.4 Conclusões

A eliminação da colonização biológica é fundamental para a conservação de estruturas arqueológicas, tais como as das Missões Jesuíticas dos Guaraníes. Mas deve-se considerar que esta é uma atividade de manutenção, pois ainda que o biocida aplicado seja eficaz por alguns anos, os micro e macro-organismos voltam a crescer. Portanto, é fundamental planejar a operação com tempo e ao longo do tempo.

Muitas vezes a eliminação da colonização biológica em uma estrutura se realiza durante uma intervenção extraordinária, pois é quando há andaimes para alcançar as partes mais altas. E justamente



partes más altas. Y justamente por que sólo se accede a esos sitios ocasionalmente, es que se debe planear la aplicación de biocida. Por ejemplo, se tiene experiencia que la aplicación de los biocidas a base de sales de amonio cuaternario, llevan unos meses en mostrar su efectividad. Y que, los microorganismos, una vez muertos, se desprenden solos. Esto quiere decir que, en el caso de limpieza de mamposterías altas, no es preciso hacer una limpieza “perfecta” sino que es importante asegurarse que el biocida se haya aplicado uniformemente. Si se sabe que hay organismos muy resistentes, como ciertos líquenes, se puede aumentar, para estos casos específicos, la concentración del biocida a un 10% v/v, pero no es necesario cepillar inmediatamente después. El tiempo, y la lluvia eliminarán los organismos muertos.

En zonas más visibles y con tallas, –recién luego de tres meses de aplicado el biocida–, puede ser necesario un suave cepillado o, en los peores casos, la aplicación de compresas con carbonato de amonio, para completar la limpieza. Hay algunos organismos, como los llamados “hongos blancos” (en realidad son líquenes crustosos) que son muy resistentes y difíciles de eliminar. En estos casos conviene dejarlos, pues el tratar de eliminarlos a toda costa induce más daño de lo que inducen estos organismos.

En resumen, la eliminación de la biocolonización es una actividad que debe ser considerada de mantenimiento regular para el caso de las Misiones. Se debe planificar para hacerla lo más eficiente posible de modo de minimizar el trabajo requerido así como el uso de biocidas y herbicidas.

## 5. Tratamientos consolidantes

El deterioro de los materiales porosos resulta en la disminución de su resistencia mecánica por acción de los varios factores de deterioro. Esta menor resistencia resulta en una aceleración del deterioro de manera que, con el tiempo, la velocidad de deterioro incrementa de manera exponencial.

Para tratar de proporcionar al material debilitado una mayor resistencia, se puede aplicar un tratamiento consolidante. Hay muchos productos que

porque só se tem acesso a estes pontos ocasionalmente, é que se deve planejar a aplicação do biocida. Por exemplo, tem-se a experiência de que a aplicação dos biocidas a base de sais de amônio quaternário, leva alguns meses para demonstrar sua eficácia. E que os microorganismos mortos, logo se desprendem. Isto quer dizer que, no caso de limpeza de alvenarias altas, não é preciso fazer uma limpeza “perfeita”, mas é importante assegurar que o biocida tenha sido aplicado uniformemente. Quando se sabe que existem organismos muito resistentes, como certos líquens, pode-se aumentar, nestes casos específicos, a concentração do biocida para 10% v/v, mas não é necessário escovar imediatamente após. O tempo e a chuva eliminarão os organismos mortos.

Em zonas mais visíveis e com relevos – apenas após três meses da aplicação do biocida –, pode ser necessária uma suave escovada e, nos casos piores, a aplicação de compresas com carbonato de amônio para completar a limpeza. Existem alguns organismos, como os chamados “fungos brancos”, (na realidade são líquens crustosos) que são muito resistentes e difíceis de eliminar. Nestes casos, é conveniente deixá-los, pois tratar de eliminá-los a qualquer custo pode causar mais danos do que estes organismos provocam.

Em resumo, a eliminação da biocolonização é uma atividade que deve ser considerada como de manutenção rotineira para o caso das Missões. Deve-se planejar para fazê-la o mais eficiente o possível de forma a minimizar o trabalho requerido bem como o uso de biocidas e herbicidas.

## 5. Tratamentos consolidantes

A deterioração dos materiais porosos provoca a diminuição de sua resistência mecânica, por ação dos vários fatores de degradação. Esta menor resistência resulta na aceleração da degradação, de forma que, com o tempo, a velocidade de deterioração aumenta de maneira exponencial.

Para tratar de proporcionar ao material debilitado uma maior resistência, pode-se aplicar um tratamento consolidante. Existem muitos produtos



se pueden obtener en el mercado, y su elección no puede ser realizada solamente en base a las indicaciones dadas por las empresas que los producen o venden. Se requieren estudios de laboratorio para asegurarse que el producto elegido produzca el resultado deseado.

Los productos consolidantes se pueden dividir en productos inorgánicos y en productos orgánicos. Entre los productos inorgánicos, el agua de cal es el que se ha usado tradicionalmente para la consolidación de piedras calizas y también para materiales cerámicos, si éstos fueron calcinados a temperaturas relativamente bajas.

Los productos orgánicos se pueden agrupar de acuerdo al tipo de resina utilizada en su formulación. Los principales tipos de resinas son las acrílicas, las epoxídicas, los poliuretanos y los silicatos de etilo.

## 5.2 Agua de cal

El agua de cal ha sido utilizada fundamentalmente en Inglaterra para consolidar las piedras calizas locales. No es un método muy eficiente, pero tiene la gran ventaja que no produce ninguna reacción negativa. Se basa en la carbonatación de la cal tal como ocurre en un mortero (ver Capítulos 7 y 8). No se recomienda su uso sobre materiales coloreados ya que la formación del carbonato de calcio resultará en un velo blancuzco sobre la superficie.

Pero el agua de cal también se puede utilizar para la consolidación de materiales cerámicos, como las baldosas en las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes. El principio de consolidación se basa en la reacción puzolánica entre la cal y las arcillas calcinadas a temperatura relativamente baja, resultando en la formación de compuestos hidráulicos. Estos últimos, con la presencia del agua, reaccionan como un cemento consolidando el material cerámico.

## 5.2 Resinas acrílicas

Estos materiales, como el Paraloid B72, han sido muy utilizados en el pasado, pero se ha encontrado que, para monumentos exteriores, tienen el inconveniente que los materiales tratados con ellos se ensu-

que podem ser obtidos no mercado e sua escolha não pode ser realizada somente a partir das indicações fornecidas pelas empresas que os produzem ou comercializam. São necessários estudos de laboratório para se assegurar que o produto escolhido produza o resultado desejado.

Os produtos consolidantes podem ser divididos em produtos inorgânicos e orgânicos. Entre os produtos inorgânicos, a água de cal é o que tem sido usado tradicionalmente para a consolidação de pedras calcárias assim como para materiais cerâmicos se estes foram cozidos a temperaturas relativamente baixas.

Os produtos orgânicos podem ser agrupados de acordo com o tipo de resina utilizada em sua formulação. Os principais tipos de resinas são as acrílicas, as epoxídicas, os poliuretanos e os silicatos de etilo.

## 5.1 Água de cal

A água de cal foi utilizada fundamentalmente na Inglaterra para consolidar as pedras calcárias locais. Não é um método muito eficiente, porém tem a grande vantagem de não produzir nenhuma reação negativa. Baseia-se na carbonatação da cal, tal como ocorre numa argamassa (ver Capítulos 7 e 8). Não se recomenda seu uso sobre materiais coloridos, uma vez que a formação do carbonato de cálcio resultará em uma veladura esbranquiçada na superfície.

Mas a água de cal também pode ser utilizada para a consolidação de materiais cerâmicos, como as lajotas das Missões Jesuíticas dos Guaraní. O princípio da consolidação se baseia na reação puzolânica entre a cal e as argilas calcinadas a uma temperatura relativamente baixa, resultando na formação de compostos hidráulicos. Estes últimos, com a presença da água, reagem como um cimento, consolidando o material cerâmico.

## 5.2 Resinas acrílicas

Estes materiais, como o Paraloid B72, foram muito utilizados no passado, mas se descobriu que, aplicados a monumentos localizados em áreas externas, eles sujam-se mais rapidamente que os



cian mucho más rápido que los no tratados. Sin embargo es importante recordar que, para uso en objetos en interiores, como en el caso de museos, es una de las resinas que mejor resultado ha dado.

### 5.3 Resinas epoxídicas

Estas resinas se utilizan sobre todo para unir piezas quebradas dada su excelente adherencia a los materiales inorgánicos como la piedra. Ha sido utilizada como consolidante en el pasado (en los años '70) pero hoy en día hay productos mucho mejores que cumplen esta función.

### 5.4 Poliuretanos

Estas resinas se han empezado a utilizar hace unos 10 años, sobre todo en Alemania, pero no se han mostrado mejores que los silicatos de etilo, por lo que su uso no se ha generalizado

### 5.5 Silicatos de etilo

Químicamente estas resinas son ésteres alquílicos del ácido silícico y las más utilizadas son los ésteres etílicos. Son las que actualmente se utilizan con mejor resultado y hay una larga lista de monumentos consolidados con este producto en los últimos 30 años. Se debe tener en cuenta que hay muchos productos basados en este tipo de resina, tales como el Wacker OH uno de los primeros puestos en venta. No sólo los fabricantes de este tipo de resina venden estos productos, sino que existen muchos reformuladores que, comprando el principio activo, varían su concentración, solvente y catalizador, de modo que el comportamiento del producto variará.

Es importante considerar que el control de calidad de una empresa mayor, es en general, mejor que el de las empresas reformuladoras. Conviene mencionar que en los últimos 10 años se han introducido importantes mejoras en estos productos, tales como el desarrollo de resinas elasticadas, que son menos rígidas y evitan un cambio brusco entre la resistencia del material original y del consolidado. Entre ellas cabe mencionar las desarrolladas por la empresa Remmers.

não tratados. Não obstante, é importante recordar que, para o uso em objetos localizados em interiores, como no caso de museus, é uma das resinas que deram melhores resultados.

### 5.3 Resinas epoxídicas

Estas resinas são utilizadas principalmente para unir peças quebradas dada sua excelente aderência a materiais inorgânicos, como a pedra. Foi utilizada como consolidante no passado (nos anos 70), mas hoje em dia existem produtos muito melhores para esta função.

### 5.4 Poliuretanos

Estas resinas começaram a ser utilizadas há cerca de 10 anos, principalmente na Alemanha, mas não demonstraram ser melhores que os silicatos de etilo, razão pela qual seu uso não se generalizou.

### 5.5 Silicatos de etilo

Quimicamente, estas resinas são ésteres alquílicos do ácido silícico e os mais utilizados são os ésteres etílicos. São as que atualmente se utilizam com melhor resultado e existe uma longa lista de monumentos consolidados com este produto nos últimos 30 anos. Deve-se considerar que existem muitos produtos baseados neste tipo de resina, tais como o Wacker OH, um dos primeiros postos à venda. Não só os fabricantes deste tipo de resina vendem estes produtos, mas também existem muitos reformuladores que, comprando o princípio ativo, variam sua concentração, solvente e catalizador, de modo que o comportamento do produto variará.

É importante considerar que o controle de qualidade de uma empresa maior é, geralmente, melhor que o das empresas reformuladoras. Convém mencionar que nos últimos 10 anos, foram introduzidos importantes melhoramentos nestes produtos, tal como o desenvolvimento de resinas elasticadas, que são menos rígidas e evitam mudanças bruscas entre a resistência do material original e do consolidado. Entre eles, cabe mencionar os desenvolvidos pela empresa Remmers.





## 5.6 Conclusiones

Tanto la selección como la aplicación de un consolidante debe ser realizada por personal idóneo. No sólo es fundamental realizar un estudio previo para asegurarse que la consolidación del material en cuestión resultará eficaz y que no introducirá cambios negativos en el material. Por ejemplo, dada las muchas variables en las formulaciones de un tipo de resina, puede resultar que una formulación resulte en un material consolidado que aunque absorba menos agua tarde más tiempo en secar (característica negativa) que el material original o que el material tratado con otra formulación.

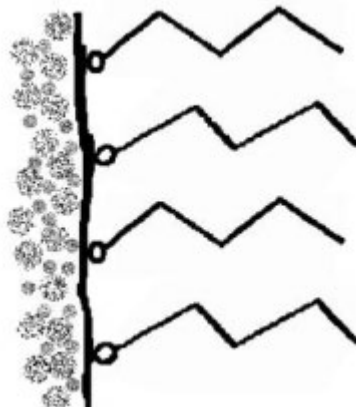
La aplicación en terreno de estos materiales requiere de la experiencia y criterio de un conservador. Pues una buena aplicación es fundamental para asegurar una consolidación uniforme, eficaz y duradera.

## 6. Tratamientos hidrofugantes

Los tratamientos hidrofugantes tienen la función de evitar la penetración del agua líquida por la superficie a la que son aplicados. Los productos que se usan para hidrofugar mamposterías son similares a los utilizados en la impermeabilización de telas.

El hidrofugante es un polímero con una cabeza hidrófila y una “cola” hidrófuga. Como las moléculas superficiales de la piedra y otros materiales porosos inorgánicos son hidrófilos, el polímero se orienta de modo que la punta hidrófila se “agarre” al material que de hecho queda cubierto por las “colas” hidrófugas. De esta manera, el agua no puede pasar por esta barrera.

Fig 4 Esquema de un hidrofugante: la “cabeza” del silicato se adhiere a la superficie, mientras que la “cola” del radical alquilo confiere la hidrofugación.



## 5.6 Conclusões

Tanto a seleção como a aplicação de um consolidante deve ser realizada por pessoal idóneo. É fundamental que, além de realizar-se um estudo prévio para se assegurar de que a consolidação do material em questão seja eficaz, se verifique que o mesmo não provocará transformações negativas no material. Por exemplo, considerando as diferentes variações nas formulações de um tipo de resina, pode acontecer que o uso de uma formulação resulte num material consolidado que, mesmo que absorva menos água, demore mais tempo para secar (característica negativa) que o material original, ou que o material tratado com uma outra formulação.

A aplicação em campo destes materiais requer experiência e critérios de um conservador, pois uma boa aplicação é fundamental para assegurar uma consolidação uniforme, eficaz e duradoura.

## 6.Tratamentos hidrorepelentes

Os tratamentos hidro-repelentes têm a função de evitar a penetração da água líquida na superfície onde são aplicados. Os produtos utilizados como hidro-repelentes para alvenarias são similares aos utilizados na impermeabilização de tecidos.

O hidorepelente é um polímero com uma cabeça hidrófila e uma “cauda” hidrófuga. Como as moléculas superficiais da pedra e outros materiais porosos inorgânicos são hidrófilos, o polímero se orienta de modo que a ponta hidrófila se “vincule” ao material, que de fato fica coberto pelas “caudas” hidrófugas. Deste modo, a água não pode passar por esta barreira.

Fig 4 Esquema de um hidro-repelente: a “cabeça” do silicato se adere à superfície, enquanto que a “cauda” do radical alquilo permite a hidrofugação.



Los hidrofugantes más usados están basados en resinas de silicato de etilo, en las cuales una o dos de las cuatro “patas” del silicio están reemplazadas por las “colas” hidrófugas, que químicamente son radicales tales como el metilo, etilo u otros. Como tienen estos grupos directamente unidos al silicio (Si), es decir tienen una unión Si-C, se los llaman **silanos**. Los radicales alquilo son los que proveen la función hidrofugante. De esta manera, los hidrofugantes se pueden llamar tanto como alquil silicatos de alquilo o como alquil trietoxi silanos.

La Figura 5 ilustra el metil silicato de etilo o metil trietoxi silano.

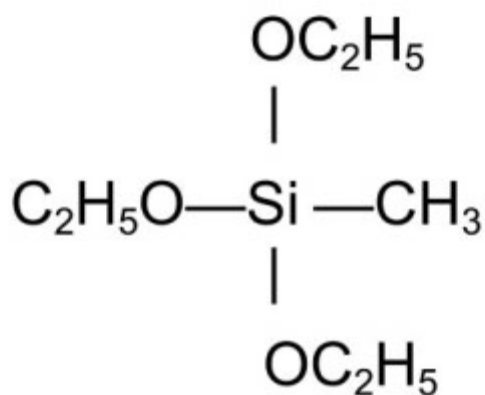


Fig. 5 Fórmula esquematizada del metil silicato de trietilo o metil tri-etoxi silano.

Os hidropelentes mais usados são baseados em resinas de silicato de etilo, nas quais um ou dois dos quatro “pés” do silício são substituídos pelas “caudas” hidrófugas, que químicamente são radicais, tais como o metilo, etilo ou outros. Como têm estes grupos diretamente unidos ao silício (Si), ou seja, tem uma ligação Si-C, são chamados de **silanos**. Os radicais alquilo são os que provêm a função hidropelente. Desta maneira, os hidropelentes podem ser chamados tanto de alquil silicatos, de alquilo ou de alquil trietoxi silanos.

A Figura 5 ilustra o metil silicato de etilo ou metil trietoxi silano.

Fig. 5 Fórmula esquematizada do metil silicato de trietil ou metil trietoxi-silano



Como los silanos son muy volátiles, en general se usan ya polimerizados. Cuando se tienen polímeros con tres a ocho unidades, se los llama genéricamente **siloxanos** u **oligosiloxanos**. Cuando tienen más de 9 unidades, se pueden llamar **polisiloxanos**. Y cuando los polímeros están altamente ramificados, se denominan **siliconas**. La mayor parte de los hidrofugantes comerciales están basados en suspensiones acuosas de siloxanos.

Como os silanos são muito voláteis, em geral são utilizados já polimerizados. Quando se tem polímeros com três a oito unidades, são denominados genericamente **siloxanos** ou **oligosiloxanos**. Quando têm mais de 9 unidades, são chamados **polisiloxanos**. E quando os polímeros estão muito ramificados, denominam-se **silicones**. A maior parte dos hidropelentes comerciais está baseada em suspensões aquosas de siloxanos.

## 6.1 Conclusiones

Como en el caso de los consolidantes, tanto la elección del hidrofugante como su aplicación deberán ser realizadas por un conservador idóneo.

Es importante tener en cuenta que la única función que cumple un hidrofugante es la de disminuir la absorción de agua líquida. Si un edificio tiene problemas de absorción capilar, el hidrofugante no cumple ninguna función y puede aún, empeorar la situación.

También se debe tener en cuenta que la eficiencia de un hidrofugante no es homogénea con el paso del tiempo, resultando que una pared hidrofugada pueda adquirir un aspecto “manchado” cuando llueve. En ciertos materiales, y de ahí la importancia de ensayos y estudios previos, un hidrofugante puede reducir la velocidad de secado de la pared. Este es un punto importante, pues aunque el agua líquida no penetre, el vapor de agua sí lo hace, y entonces queda atrapada por más tiempo dentro del material, es decir, el material queda húmedo por más tiempo. Y es justamente ésto lo que se quiere evitar con un tratamiento hidrófugo. En resumen, el tratamiento puede empeorar la situación original. La razón para esto es que aún no se sabe exactamente cómo va a reaccionar un material dado con un hidrófugo en particular. Por lo tanto, los estudios previos son fundamentales.

## 6.1 Conclusões

Como no caso dos consolidantes, tanto a escolha do hidrorepelente como a sua aplicação deverá ser realizada por um conservador idóneo.

É importante observar que a única função de um hidrorepelente é a de diminuir a absorção de água líquida. Se um edifício tem problemas de absorção capilar, o hidrorepelente não tem nenhuma função e ainda pode piorar a situação.

Também se deve considerar que a eficiência de um hidrorepelente não é homogênea com o passar do tempo, resultando que uma parede hidrofugada possa adquirir um aspecto “manchado” quando chova. Em certos materiais, e daí a importância dos ensaios e estudos prévios, um hidrorepelente pode reduzir a velocidade de secagem da parede. Este é um ponto importante, pois ainda que a água líquida não penetre, o vapor o faz, e a água fica retida por mais tempo dentro do material, quer dizer, o material fica úmido por mais tempo. E é justamente isto o que se quer evitar com um tratamento hidrófugo. Em resumo, o tratamento pode piorar a situação original. A razão para isto é que ainda não se sabe exatamente como vai reagir um dado material com um hidrófugo em particular. Desta maneira, os estudos prévios são fundamentais.

