

# Implantação de métodos de tratamento para combater as eflorescências

Iracira José da Costa Ribeiro <sup>[1]</sup>. Gerson Emídio Barbosa <sup>[2]</sup>. Osmando da Silva <sup>[3]</sup>. Débora Thais Rodrigues de Araújo <sup>[4]</sup>. Adri Duarte Lucena <sup>[5]</sup>.

[1] iracira@hotmail.com. [2] gerson\_e.b@hotmail.com. [3] osmandosilva@hotmail.com. [4] deborathaisaraujo45@gmail.com [5] adridulu@gmail.com. IFPB Monteiro.

## RESUMO

Os depósitos salinos que se formam nas superfícies das peças, ocorrendo com maior frequência nos revestimentos e alvenarias, são chamados eflorescências. Esse fenômeno ocorre devido à coexistência de umidade, sais solúveis, porosidade dos materiais e possibilidade de evaporação. É considerado um dano, por alterar a aparência do elemento onde se deposita, mas há casos em que os sais constituintes podem ser agressivos e causar degradação profunda, principalmente quando ficam no interior das peças, exercendo expansão. As eflorescências em alvenarias são comuns na cidade de Monteiro-PB. Antes, as casas mais acometidas eram as situadas próximas ao rio, mas há relatos que descrevem a evidência de eflorescência pela cidade, por conta da má execução das fundações das edificações, ou até mesmo pelo carreamento de materiais com uma quantidade considerável de sais. O objetivo deste estudo é implantar métodos de tratamento das eflorescências em uma residência e analisar como se comportarão diante do problema. As áreas sob tratamento serão observadas no decorrer do tempo, mediante as características de umidade recorrentes na edificação. Até o presente momento, não surgiram manchas de umidade e sais nas alvenarias observadas, denotando a eficiência dos métodos.

**Palavras-chave:** Salinidade. Eflorescência. Eletro-osmose. Impermeabilização. Monteiro-PB.

## ABSTRACT

*The saline deposits that form on the surfaces of the pieces, occurring more frequently in coatings and masonry, are called efflorescences. This phenomenon occurs due to the coexistence of moisture, soluble salts, porosity of materials and the possibility of evaporation. It is considered a damage because it changes the appearance of the element where it is deposited, but there are cases in which the constituent salts can be aggressive and may cause deep degradation, mainly when they are inside the parts, exerting expansion. Efflorescences in masonries are common in the city of Monteiro-PB. Before, the houses most affected were those that were located near the river, but there are reports that set out the evidence of efflorescence throughout the city due to poor execution of the foundations of buildings, or even the carrying of materials with a great quantity of salt. The aim of this study is to implement methods of treatment of efflorescence in a residence and analyze how these methods will work in the face of the problem. The methods will be observed in the course of time considering the recurring moisture characteristics in the building. So far no moisture spots and salts have appeared on the observed masonry, denoting the efficiency of the methods.*

**Keywords:** Salinity. Efflorescence. Electro-osmosis. Waterproofing. Monteiro-PB.

## 1 Introdução

A pesquisa foi realizada na cidade de Monteiro, estado da Paraíba, localizada no Cariri Ocidental, às margens do Rio Paraíba, que não é perene, mas possui um lençol freático abundante, característica que, por sua vez, traz muitos transtornos aos moradores, principalmente aos que moram próximo às margens do rio.

Monteiro é uma cidade interiorana distante das intempéries litorâneas, mas os moradores dessa localidade sofrem problemas patológicos em suas residências há quase um século. A presença de sais é um desses problemas, fato que tem causado muitos transtornos, pois ataques desses sais são constantes, a ponto de ressurgirem na mesma semana da conclusão de uma reforma. Além do desconforto que tais problemas têm trazido, estes também vêm colocando em risco a saúde de quem mora nos locais acometidos por essas manifestações patológicas ou com os moradores de lá convive.

Antes, as casas mais acometidas eram as situadas próximo ao rio, mas há relatos que descrevem a evidência de eflorescência pela cidade por conta da má execução das fundações das edificações, ou até mesmo pelo carreamento de materiais com um teor de salinidade considerável. Segundo Leite, Silva e Ribeiro (2013), a quantidade de eflorescências foi verificada em trinta edificações analisadas em três ruas do centro de Monteiro; 90% dessas edificações apresentaram manifestações patológicas. Também foi verificado que as pessoas se preocupavam em solucionar esse tipo de problema, mas só aplicavam métodos paliativos sugeridos pelos pedreiros. A falta de manutenção das casas e o desconhecimento de técnicas apropriadas para correção agravam ainda mais os casos.

Já foram testados vários métodos pelos pedreiros da região para tentar minimizar os problemas de sais: revestimento cerâmico, açúcar no traço, óleo queimado usado como impermeabilizante, cimento queimado como reboco, lona plástica pregada nos tijolos da alvenaria e por cima o reboco, entre outros. Tais métodos não mostraram eficiência para resolver o problema de salinidade.

O uso do método eletro-osmótico, citado por Marques (1989) e Gewehr (2004), é de grande eficácia para drenar a água das alvenarias e será objeto deste estudo para testar sua eficiência no decorrer do tempo, mediante a detecção das características

de umidade recorrentes numa edificação. Para isso, foi escolhida uma residência na Rua Rodolfo Simões, por esta conter paredes afetadas por eflorescências.

## 2 Revisão bibliográfica

Os sais originários no solo, conhecidos como salinização de origem primária, ocorrem em condições naturais, podendo ser provenientes do sistema aberto do solo, ou de origem secundária, quando induzida pelo homem. Naturalmente, as águas e os solos contêm sais. O solo está em constante interação com a atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera. As fontes naturais são os minerais que constituem as rochas, que formam a superfície da terra (SILVA, 2002).

Ainda segundo Silva (2002), dependendo da geomorfologia da região durante o processo de intemperismo das rochas, os sais podem ser carreados através da percolação ou levados a lugares distantes por escoamento artificial. O solo, como um sistema multicomponente, é constituído de materiais sólido, líquido e gasoso. A associação da fase líquida à gasosa chega a ocupar grande parte do volume do solo e compõe a porosidade total. A parte sólida é nomeada mineral, e as proporções de areia, argila e silte determinam a textura do solo.

De acordo com Assis (2002), o arranjo das diversas partículas, juntamente com os efeitos cimentantes de materiais orgânicos e inorgânicos, determinam a estrutura do solo; esses efeitos podem ser de origem natural do próprio solo ou causados pela ação antrópica, constituindo-se um processo de degradação. Em alguns casos, podem causar perdas irreparáveis na capacidade produtiva do solo, tornando-o improdutivo e ou até estéril.

### 2.1 Influência da umidade

De acordo com Taguchi (2010), entre as manifestações mais comuns referentes aos problemas de umidade em edificações, encontram-se mancha, corrosão, bolor, fungos, algas, líquens, eflorescências, descolamentos de revestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentícias, fissuras e mudança de coloração dos revestimentos. Há uma série de mecanismos que podem gerar umidade nos materiais de construção, sendo os mais importantes aqueles relacionados à absorção capilar de água; absorção de água de infiltração ou de fluxo superficial; absorção higroscópica de água; absorção de água por condensação capilar.

Nos fenômenos de absorção capilar e por infiltração ou fluxo superficial de água, a umidade chega aos materiais de construção na forma líquida; nos demais casos, a umidade é absorvida na fase gasosa. A infiltração de água pode ser agravada pela ação combinada do vento (pressão), direção e intensidade tanto da chuva quanto do vento e das condições de exposição da alvenaria. Eventuais anomalias, principalmente fissuração da parede, irão contribuir sobremaneira na gravidade das manifestações patológicas decorrentes (TAGUCHI, 2010).

A umidade – em conjunto com outros compostos de natureza química ou orgânica existentes nas alvenarias, na atmosfera ou no subsolo – provoca a formação de manchas ou de eflorescências, as quais, em longo prazo, provocam o destacamento de materiais dos paramentos. Araújo (2003), *apud* Taguchi (2010), aponta danos típicos provocados pela umidade ascendente que são manchas na base das construções; destruição dos rebocos e da argamassa de ligação, pela formação de sulfatos e pela sua consequente subida; formação de bolores; aumento da dispersão de calor proveniente do interior do edifício; alvenarias das paredes mais frias em que se verificam, com muita facilidade, fenômenos de condensação; ambiente insalubre; destacamento das camadas superficiais em algumas pedras e no tijolo, por efeito da cristalização de sais.

## 2.2 Eflorescências

As eflorescências são formações de depósitos salinos na superfície dos revestimentos, alvenarias, concretos e argamassas, como resultado da sua exposição à água resultante de infiltrações ou intempéries. Há casos em que seus sais constituintes podem ser agressivos e causar degradação profunda. A modificação no aspecto visual pode ser intensa, havendo um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre o qual estes sais se depositam. Para a ocorrência da eflorescência, devem existir, concomitantemente, sais solúveis nos materiais ou componentes; presença de água; pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície; e possibilidade de evaporação (FERNANDES, 2010).

Segundo Ferreira e Bergmann (2011), evitar as eflorescências esbarra na impossibilidade física de realizar a total eliminação de sais solúveis, quando presentes no corpo cerâmico. Mesmo se tendo conhecimento de que os danos causados pelos sais solúveis vêm sendo investigados há muito tempo, os

mecanismos e fatores que controlam a formação de cristais em meios porosos e o desenvolvimento do dano não são ainda compreendidos em sua totalidade.

Existem várias causas para a degradação de uma edificação. É importante que se tenha conhecimento sobre as diversas causas de origem da enfermidade, para que um correto diagnóstico das manifestações patológicas seja feito. Tais causas podem ser classificadas em diretas ou indiretas (GEWEHR, 2004).

As causas diretas agem de maneira concreta sobre a construção e seus materiais. Estas podem ser físicas, mecânicas e químicas. Gewehr (2004) responsabiliza as causas físicas como culpadas pela presença de umidade nos edifícios que – combinadas com a porosidade dos materiais, a elevada absorção capilar e o vento – provocam infiltrações. As causas mecânicas são os esforços mecânicos sobre as construções superiores ao previsto no projeto estrutural, as sobrecargas temporárias, cargas dinâmicas e também a transmissão de esforços mecânicos por deformação nos elementos estruturais ou fachadas e acabamentos. Os sais solúveis contidos nos tijolos, pedras e argamassas são causas químicas, que, com auxílio da umidade, podem provocar eflorescências. Já as causas indiretas, estão relacionadas à construção, como erros de projeto, tipo de materiais empregados, sistema construtivo, defeitos em fôrmas ou dimensões inadequadas de elementos construtivos e manutenção da obra.

Linhares (2012) define umidade como a quantidade de vapor de água presente na atmosfera e afirma que, pelo fato de existirem vários tipos de umidade, nem sempre esta se expressa da mesma maneira. Henriques (1995) *apud* Gewehr (2004) apresenta seis grupos de origem da umidade: vinda da construção; do terreno; de precipitação; de condensação; devido a fenômenos de higroscopia e devido a causas acidentais.

A combinação de umidade, sais e condições ambientais suscetíveis de causar ciclos de cristalização/dissolução trazem muitos malefícios a uma edificação, seja ela antiga, nova, ou até em fase de execução. Entre os problemas provenientes da umidade, podem-se citar, de acordo com Puim (2010), eflorescências; manchas em superfícies; fendilhação de rebocos, argamassas e elementos constituintes de alvenarias (tijolo, pedra); arenização de argamassas; destacamento de revestimentos (rebocos, azulejos,

pintura); pulverização de materiais pétreos e cerâmicos.

Entre os tipos de umidades, as que causam eflorescências são a umidade ascensional e a higroscópica. A água chega até uma estrutura permeável através da capilaridade – esse fenômeno define a umidade ascensional. Materiais minerais como tijolos, cimento, entre outros, apresentam uma ação capilar. A umidade ascensional é maior quando os materiais têm maior número de capilares finos e também depende da capacidade de evaporação e da espessura das paredes – os maiores danos são causados pela cristalização de sais que resultam da evaporação da água. É dessa maneira que Linhares (2012) se refere ao tema.

Ainda de acordo com Linhares (2012), alguns materiais têm a propriedade de, quando colocados em estado seco em um ambiente que contenha umidade, retê-la em seus poros até que atinja uma situação de equilíbrio, fenômeno denominado higroscopia. Diversos materiais de construção possuem sais solúveis em água na sua constituição; quando paredes feitas com esses materiais entram em contato com umidade, há dissolução dos sais, e estes acompanharão a água até as superfícies das paredes onde haverá a cristalização, assim, dando origem às eflorescências.

### 2.3 Métodos de prevenção das eflorescências

Segundo Puim (2010), existem vários fatores que podem contribuir para a ocorrência da degradação por sais solúveis, o que deve ser prevenido sempre que possível. Como existem fatores de riscos distintos, seu modo de prevenção torna-se distinto também. Deve-se, portanto, ser escolhida a melhor forma de prevenir as suas ações de acordo com o fator de risco que desencadeia a manifestação patológica.

Puim (2010) expõe alguns fatores de risco e suas respectivas formas de prevenção, como a aplicação de materiais de construção para prevenção, o que torna essencial a escolha criteriosa desses materiais. Vejamos alguns fatores e risco e as possibilidades de intervenção preventiva: 1) a entrada de água conseqüente do mau estado da construção – sua prevenção é feita a partir de uma manutenção regular da construção; 2) a ocorrência de cheias – este requer uma intervenção mais global, sendo em um nível urbano, uma vez que nem sempre este fator de risco é controlável já que este depende da eficiência da drenagem pela rede pública de esgotos; 3) a alteração das

condições ambientais interiores – para este deve ser feita uma análise de potenciais riscos de degradação diante das alterações ambientais, como temperatura e umidade relativa no interior dos edifícios, as quais são ocasionadas por intervenções na construção.

Para evitar os problemas de cristalização de sais na edificação, é necessário protegê-la da água, evitando-se sua entrada e facilitando a sua saída. Entre as medidas de prevenção, está a preocupação com as fundações, para que estas não sejam um veículo de transmissão da água do solo para as paredes, e o cuidado com o sistema de drenagem, para que estejam em boas condições de conservação, garantindo o escoamento. A drenagem é destinada a coletar as águas superficiais em terrenos com baixa permeabilidade, conduzindo-as ao sistema de esgoto pluvial. Pode ser efetuada através de uma rede de tubos porosos ou valas periféricas (SOCOLOSKI, 2015).

Outra forma de prevenir as eflorescências é evitar que a umidade do solo penetre nas alvenarias, e isso só é possível por meio de um sistema de impermeabilização eficiente. A seleção do sistema de impermeabilização e o projeto são definidos, no Brasil, com base na norma prescritiva NBR 9575 (ABNT, 2010). Essa norma tem como objetivo estabelecer as exigências e recomendações para atendimento das condições mínimas de proteção da construção contra a passagem de fluidos, garantindo a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram.

A eficiência no sistema de impermeabilização previne os danos causados por infiltrações, principalmente, quando se trata de umidade ascensional. Os sistemas existentes são classificados de acordo com a diferença entre suas concepções, princípios de funcionamento, materiais, técnicas de aplicação, entre outros. Os principais sistemas de impermeabilização disponíveis no mercado da construção civil são os materiais asfálticos, as argamassas cimentícias e as resinas poliméricas (LIMA; PASSOS; COSTA, 2013).

### 2.4 Métodos de tratamento das eflorescências

De acordo com Ahmad e Rahman (2010), o controle e tratamento para construções afetadas por sais devem seguir as orientações:

- i. Inspecionar qualquer sinal de ataque de sais em áreas que são propensas a isso,

como paredes de banheiros, tanto internas como externas;

ii. Determinar a umidade e a altura da ascensão capilar na parede afetada;

iii. Realizar estudos científicos por meio da coleta de amostras na parede afetada, a fim de determinar o teor e tipos de sais presentes;

iv. Aplicar o tratamento adequado na parede afetada, para erradicar o problema de ataque de sais;

v. Fazer ensaios em laboratório, para verificar a eficácia do tratamento. Se não houver resultados satisfatórios, uma nova rodada de tratamento deve ser aplicada até que o teor de sal na parede fique em um nível seguro, de acordo com as normas internacionais.

vi. Preparar um guia de prevenção para o ataque de sais, o que servirá como referência futura.

Ainda, segundo os mesmos autores (op cit), as orientações para o tratamento da umidade ascendente são semelhantes aos itens anteriores e recomendam aplicar um tratamento apropriado – dependendo do tipo de parede, pode ser uma injeção química, injeção de argamassa, eletro-osmose e inserção de impermeabilizantes hidrofugantes.

Puim (2010) lista dez métodos de tratamento para a eliminação ou atenuação da ação dos sais. O primeiro método trata da remoção mecânica das eflorescências, que consiste em sua eliminação na superfície porosa por meio de escovas. Este é um método de fácil execução, que tem como principal vantagem a não reabsorção dos sais pelo material poroso. Ao término da escovagem, torna-se necessário, contudo, a limpeza do piso ou do solo para evitar que os sais sejam absorvidos pelos elementos construtivos.

O segundo refere-se à remoção dos materiais contaminantes e permite a eliminação oriunda dos sais contaminantes – caso não exista contaminação dos elementos adjacentes, esse método poderá pôr fim à degradação. Esse método pode ser considerado mais oneroso, uma vez que o material problemático será removido e substituído; por outro lado, porém, pode mostrar-se vantajoso, visto que a permanência desses materiais acarretaria danos contínuos como

também inúmeras tentativas de conter os problemas encontrados.

O terceiro trata das compressas que poderão ser aplicadas diretamente sobre o material contaminado ou sobre um material intermediário, o qual pode ser o papel chinês, visando permitir uma melhor adesão ao substrato, funcionando como uma proteção contra detritos ou manchas deixadas pela compressa. As compressas são classificadas em úmidas e secas. As úmidas retêm a água utilizada na sua preparação, evitando-se as perdas por evaporação – para tanto, são colocadas sobre ela um material protetor (folha de polietileno). As de secagem permitem que a água evapore naturalmente após sua aplicação.

O quarto método apresentado é o da remoção eletroquímica de sais, que consiste na colocação de um ou mais pares de eletrodos no material contaminado por sais. A aplicação de uma determinada corrente elétrica, gerada por uma fonte de energia ligada ao par de eletrodos de polo negativo (cátodo) e positivo (ânodo), faz com que os cátions e os ânions contidos na solução salina se desloquem em direção ao eletrodo de sinal contrário. Os íons mobilizados ficarão retidos nos eletrodos, em material utilizado para o efeito, que os acumulará. Este material se contata diretamente com o material poroso, podendo, assim, ser conseguida uma redução do teor de sais contaminantes no segundo.

O quinto método equivale a microrganismos selecionados que são aplicados na superfície do material poroso, em meio que permita o crescimento da população microbiana. Essa aplicação poderá ser realizada de vários modos: spray, pincelagem, compressas ou, ainda, recorrendo a outros tipos de materiais capazes de transportar os micróbios, como certos solos ou geles (ou géis). Os microrganismos são capazes de remover alguns tipos de sais existentes na superfície do material, utilizando-os na sua atividade metabólica. Posteriormente, o produto aplicado sobre o substrato é removido e a superfície é limpa.

O sexto método se refere aos modificadores de cristalização, produtos que interagem com as soluções salinas, impedindo que a cristalização se dê, ou fazendo com que ela aconteça de forma menos nefasta para o material. A eficácia desse método pode depender de variáveis relacionadas com o modo de atuação do inibidor, das propriedades do meio físico e de outros fatores como composição química da substância utilizada como modificador, dosagem de

substância química, propriedades do meio físico onde o modificador de cristalização é aplicado e do modo como é aplicado.

O sétimo método trata da aplicação de rebocos, que é um procedimento frequente na reparação de construções e que envolve diversas etapas. No caso de paredes úmidas e com sais, existem dois tipos de fluxos: líquido e de evaporação. Os revestimentos podem afetar os dois tipos de fluxos e, assim, é possível obter diferentes princípios específicos de funcionamento. Entre os princípios fundamentais, estão o revestimento selante, revestimento de bloqueio de sal, revestimentos de transporte de sal e revestimento de acumulação de sal. A eficácia dessa técnica depende da escolha do reboco e de sua aplicação (GONÇALVES; RODRIGUES, 2010).

O oitavo método refere-se ao controle ambiental, pois a variação de algumas condições ambientais pode desencadear ciclos de cristalização/dissolução dos sais contaminantes. Entre essas variáveis estão: temperatura e umidade, ventilação existente, características dos materiais construtivos, entre outros. As técnicas de controle ambiental visam à estabilidade das condições ambientais, modificando para valores pré-determinados. Essas técnicas podem ter dois objetivos distintos: a implementação de condições ambientais, como a umidade relativa, e a temperatura. Alcançados tais objetivos é possível manter os sais em sua forma cristalizada ou em solução. Entre alguns fatores influentes na eficácia dessa técnica, estão a previsão das condições ambientais otimizadas e as limitações à implementação das condições ambientais definidas.

O nono método para controle da umidade ascensional trata da eliminação ou redução do ingresso de umidade a partir da base das paredes. O tratamento da umidade ascensional pode passar pela aplicação de várias técnicas: a introdução de espaços na base da parede; introdução de barreiras estanques na base da parede; injeção por gravidade ou sob pressão de produtos selantes ou hidrófugos em furos executados na base da parede; criação de uma diferença de potencial (método de eletro-osmose); tratamento superficial do terreno contínuo ao edifício e execução de valas periféricas envolventes ao edifício. Sua eficácia é muito dependente da natureza e particularidades de cada técnica – estas envolvem a aplicação e impermeabilização dos métodos, de acordo com as características da construção afetada.

O último método, o de hidróxido de bário, consiste em promover a transformação do gesso que contamina o material poroso em sulfato de bário (considerável insolúvel). São aplicadas duas substâncias químicas, o carbonato de amônio e o hidróxido de bário. Sua eficácia é dependente dos sais contaminantes do material poroso, em caso da existência de outros materiais além do gesso; material contaminado, em que uma penetração reduzida da substância no material pode resultar em uma menor eficiência. Esse método limita-se ao fato de ser específico para o gesso, sendo comum encontrar diferentes sais em construções.

#### 2.4.1 Método de eletro-osmose

Segundo Gewehr (2004), osmose é um fenômeno natural por onde um líquido, com uma determinada concentração de sais, passa, através de uma membrana ou corpo poroso no sentido da menor densidade, ou menor concentração de sais. O tratamento eletro-osmótico se fundamenta em certas propriedades da eletricidade terrestre e utiliza a eletricidade que se produz espontaneamente entre uma parede de tijolos úmidos e o solo, também úmido, sobre o qual se assenta. Colocam-se alguns dispositivos de contato na parede de tijolos e se conectam esses dispositivos a outros, metálicos, cravados na terra, por meio de condutores devidamente vedados.

A aplicação de eletro-osmose para secar paredes úmidas baseia-se no princípio de que a parede, a umidade e o terreno podem constituir um sistema semelhante ao de uma pilha elétrica. Uma pilha é constituída por dois materiais sólidos (eletrodos) que possuem potenciais elétricos diferentes, colocados em um meio condutor líquido ou sólido granulado úmido (eletrólito). Quando se liga um fio condutor entre os dois eletrodos (que podem ser formados por dois metais ou por um metal e uma haste de carbono), se obtém um circuito e aparece uma corrente elétrica (Gewehr, 2004).

### 3 Estudo de caso: aplicação de métodos de tratamento

O estudo foi realizado em uma residência unifamiliar, localizada na cidade de Monteiro, no Cariri paraibano. Foram selecionadas seis paredes da moradia para fazer o estudo. As paredes foram escolhidas por apresentarem maiores indícios de manifestações patológicas, as quais eram facilmente identificadas, uma

vez que seus danos eram aparentes, assim como sua interferência na qualidade estética do ambiente (ver Figura 1).

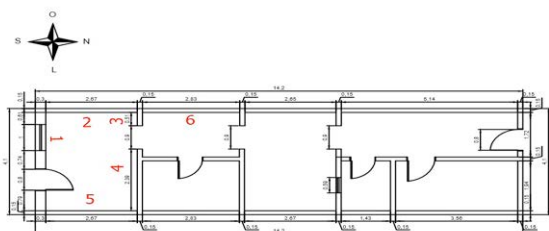
**Figura 1** – Parede 1 com eflorescências, antes das intervenções



Fonte: Autoria própria.

O método de eletro-osmose foi implantado na parede 1, em fevereiro de 2016. A parede 6 também recebeu o mesmo método no mês de julho. A parede 2 já continha revestimento cerâmico, e as demais paredes receberam reboco com impermeabilizante, como mostra o croqui da Figura 2.

**Figura 2** – Planta baixa da residência

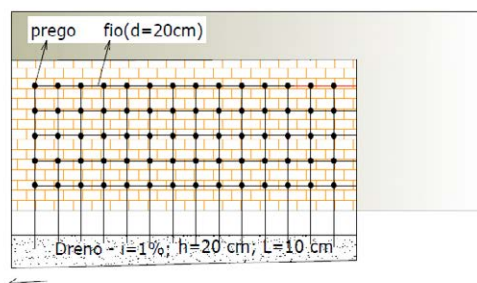


Fonte: Autoria própria.

### 3.1 Materiais e métodos

Este trabalho propôs um estudo de campo, do tipo descritivo, com dados de natureza qualitativa e quantitativa, adotando amostras de materiais, para análise em laboratório e implantação de métodos de tratamento das eflorescências nas paredes de uma residência situada na Rua Rodolfo Simões, no Centro da cidade de Monteiro. O método de eletro-osmose foi implantado, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4, sendo adaptado um dreno com tubo de PVC de 32,0 mm de diâmetro, pois a edificação é conjugada nas duas laterais, não permitindo o escoamento pela parte externa. O tubo foi furado na parte superior com brocas de 5,0 mm para drenar a água da parede.

**Figura 3** – Esboço do método de eletro-osmose



Fonte: Marques (1989).

**Figura 4** – Método implantado com dreno PVC



Fonte: Autoria própria.

A pesquisa qualitativa foi realizada por meio de vistoria na residência, observações visuais e fotografias. A pesquisa quantitativa deu-se pela medição das paredes e pela coleta de amostras, com o auxílio de espátula e potes de polietileno com capacidade de armazenagem de 40 g. Foram recolhidas amostras do material contaminado das paredes e estes foram encaminhados para análise em laboratório. As amostras foram extraídas por meio da raspagem da área afetada, da qual foi retirado cerca de 10 a 20g de reboco e ou tijolos, acondicionados em recipientes.

Por intermédio da metodologia da EMBRAPA (1997), foi determinada a condutividade elétrica, usando o condutímetro de bancada Tecnopon, modelo CA 150. As amostras de materiais salinizados utilizadas nesta pesquisa foram retiradas das paredes da edificação com grau elevado de manifestação patológica.

As amostras 1A, 1B, 2A, 2B, 3A e 3B foram coletadas na parede 1; as amostras 4A, 4B, 5A e 5B na parede 5; a 6A e 6B na parede 6, em alturas distintas.

### 3.1.1 Preparação das amostras para obtenção do extrato solúvel

Para determinar a massa da amostra, foi usada a balança do tipo Marte, com massa mínima de 0,5 g, e precisão de 0,01g. Para obtenção do extrato solúvel, foi misturado 10g de material, para algumas amostras, e 20g para outras (essa diferença foi considerada no momento do cálculo da concentração de sais), com 40 ml de água destilada e filtrada em papel filtro com diâmetro de 15,0 cm, gramatura de 80 g/m, espessura de 205,0 µm e permeabilidade ao ar de 14,0 l/s.m<sup>2</sup>. O filtro foi adaptado a um funil acoplado a uma proveta para a filtração. O extrato obtido foi usado para determinar a condutividade elétrica, como podemos observar na Figura 5.

Figura 5 – Obtenção do extrato solúvel



Fonte: Autoria própria.

### 3.1.2 Descrição dos métodos de tratamento implantados nas paredes

**Parede 1:** O método usado foi o de eletro-osmose, sendo removido todo o reboco, feita a limpeza do local por escovação e retiradas todas as impurezas. Em seguida, foram colocados os pregos de aço galvanizado, com um espaçamento de 20,0 cm, com todos os fios de cobre interligados, que foram conduzidos para um dreno feito de tubo PVC com diâmetro 32 mm (com furos de 5,0 mm na parte superior), embutido a uma declividade de 1%, com o caimento para fora da residência. Logo após, foi colocada a primeira camada de revestimento por cima da malha eletro-osmótica, com traço de cimento e areia lavada

na proporção de (1:6) e aditivo impermeabilizante hidrofugante Tecplus 1, na proporção de 1 litro para 25 kg de cimento. Após oito dias, foi colocada uma camada de reboco pronto com 1,0 cm de espessura. O método pode ser visto na Figura 4.

**Parede 2:** Foi realizado um revestimento cerâmico, há cerca de 3 anos, segundo os métodos tradicionais da região. Feito o emboço, foi assentado o revestimento cerâmico no tamanho 0,45 x 0,45 m com um rejunte de 0,004 m.

**Parede 3:** Foi realizado o mesmo procedimento de remoção do reboco. Foi feito o método da impermeabilização, com uma pintura aplicada com brocha, em três demãos cruzadas na alvenaria. O impermeabilizante usado foi uma resina acrílica plastificante, diluída com 10% de água. Em seguida, o emboço foi aplicado na espessura de 2,0 cm. Para o reboco final, foi aplicado "REBOCAL", que é um produto à base de material pozolânico, sílica aluminosa, hidróxido de cálcio, agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos na espessura de 1,0 cm.

**Paredes 4 e 5:** Foi removido todo o revestimento e aplicado novo emboço no mesmo traço da parede 1. Por cima do revestimento, três demãos cruzadas de impermeabilizante; e por último a camada de 1,0 cm de reboco com argamassa à base de cal "REBOCAL".

**Parede 6:** Foi utilizado o método da eletro-osmose da mesma forma que foi feito na parede 1. Foi utilizado, contudo, no reboco de revestimento à base de cal, o "REBOCAL", obedecendo ao traço recomendado pelo fabricante (1:2:8).

### 3.2 Resultados e discussões

Os resultados de condutividade elétrica e porcentagem de sais totais estão apresentados na Tabela 1. A porcentagem de sais foi determinada pela equação (1), com dados oriundos de Richards (1954) e adaptado por Ribeiro (1996).

$$\% \text{ Sais} = \frac{CE \times 640 \times VA \times 100}{10^3 \times P} \quad (1)$$

Em que, CE é o valor da condutividade elétrica (mS/cm);

640 é o fator de transformação em ppm (mg/l) determinado por Richards (1954:69); VA é o volume de água destilada adicionada ao extrato (l) e P é a massa da amostra (g).



**Tabela 1** – Condutividade Elétrica e Sais Totais

A <sup>1</sup>	M (g) <sup>2</sup>	H (m) <sup>3</sup>	CE (mS/cm)	%S <sup>4</sup>	Local de coleta
1 A	20	1,0	0,56	0,07	Parede 1, úmida.
1 B		1,0	106,47	13,63	Parede 1, pulverulenta com cristais.
2 A	20	0,95	0,92	0,12	Parede 1, úmida
2 B		0,95	135,37	17,33	Parede 1, pulverulenta com cristais.
3 A	20	0,45	1,08	0,14	Parede 1, úmida
3 B	10	0,45	22,62	5,79	Parede 1, pulverulenta com cristais.
4 A	20	0,90	11,12	1,42	Parede 5, seca
4 B	10	0,90	18,66	4,78	Parede 5, pulverulenta.
5 A	20	0,70	0,31	0,04	Parede 5, seca
5 B	10	0,70	20,08	5,14	Parede 5, pulverulenta.
6 A	20	0,80	0,55	0,07	Parede 6, úmida
6 B		0,70	82,27	10,53	Parede 6, pulverulenta com cristais.

<sup>1</sup>Amostras; <sup>2</sup>Massa; <sup>3</sup>Altura; <sup>4</sup>%Sais

Amostras A – Tijolos

Amostras B – Argamassa de Reboco

Fonte: Autoria própria.

Como pode ser observado na Tabela 1, todas as amostras continham uma quantidade considerável de sais. Os valores mínimo e máximo encontrados da condutividade elétrica foram, respectivamente, 0,31 mS/cm (0,04%) na amostra 5A (tijolos) e 135,37mS/cm (17,33%) na amostra 2B (argamassa de reboco), constatando que a quantidade de sais nas alvenarias danificadas tende a aumentar, fato comprovado por Ribeiro (2013) ao analisar tijolos danificados e não danificados em uma mesma parede e verificar que os teores de sais aumentam quando aparecem as eflorescências. Os teores de sais eram maiores nos revestimentos do que nos tijolos, comprovando a definição de eflorescência.

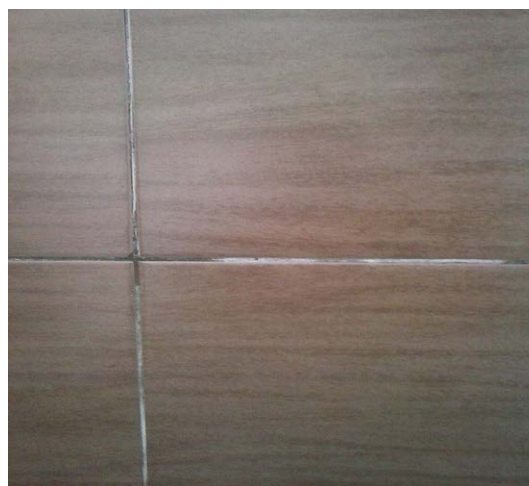
### 3.2.1 Métodos de tratamento

Foram implantados dois métodos de tratamento, impermeabilização e eletro-osmose e observado o método já implantado, que era o revestimento cerâmico.

O eletro-osmótico foi utilizado, pois este se aplica para a descontaminação da parede sujeita à ascensão capilar da umidade. A corrente elétrica gerada por diferença de potencial terá uma ação eletro-osmótica, na qual o sentido da ascensão capilar é invertido e encaminhado para um dreno na base da parede e dirigido até a parte externa (GEWEHR, 2004).

A parede 2 foi a primeira a receber o método da aplicação de revestimento cerâmico, há cerca de três anos, muito usado pelos moradores da cidade para solucionar o problema da salinidade, embora esse método só sirva para esconder as eflorescências. Um morador relatou que, em pouco tempo, aproximadamente um mês após ser colocado o revestimento, percebeu que as eflorescências surgiram em pequenos pontos nas juntas da cerâmica e continua aumentando muito lentamente no decorrer do tempo (Figura 6).

**Figura 6** – Parede 2 após o tratamento com cerâmica



Fonte: Autoria própria.

Após cerca de dez meses de observação, verificou-se que os métodos não são somente um paliativo, eles realmente funcionam, e pode-se dizer que a intervenção está sendo eficiente. Até o presente momento, não surgiram manchas ou qualquer outro problema relativo à eflorescência, como pode

ser observado nas figuras 7 e 8, que mostram como está o aspecto das paredes recentemente.

**Figura 7** – (A) Parede 1 ( B) Parede 6, método de eletro-osmose



Fonte: Autoria própria.

**Figura 8** – Parede 5, método de impermeabilização



Fonte: Autoria própria.

## 4 Conclusão

As eflorescências causavam constantes aborrecimentos aos moradores da residência, visto que tentaram por vezes, sem sucesso, barrar o problema. Foram aplicados, como métodos de tratamento, impermeabilização da alvenaria e o método de eletro-osmose, visando sanar ou ao menos tardar o reaparecimento da manifestação patológica.

A edificação, alvo da pesquisa, apresentava altos índices de sais, com porcentagens consideráveis nos tijolos e nas argamassas de reboco. Todas as amostras continham teores consideráveis de sais, porém foi possível identificar que as argamassas de reboco apresentaram uma quantidade superior aos tijolos, em que a maior porcentagem encontrada nos blocos foi de 1,42% (amostra 4A), enquanto o reboco, em sua amostra mais significativa, apresentou 17,33% (amostra 2B), fato que reforça a afirmação que a concentração de sais é consequência da solução salina,

que é formada na presença da umidade e atinge a frente exposta do material. Nesta, ocorre um processo de evaporação que elimina a umidade; e assim se dá o início do processo de cristalização na superfície do substrato.

Os métodos de tratamento são observados diariamente e, até o presente momento, não surgiram manchas de umidade ou de sais visíveis a olho nu. As paredes estudadas estão mostrando bons resultados. Enfim, após cerca de doze meses de observação, verificou-se que esses métodos não são apenas um paliativo, eles realmente são viáveis. E pode-se dizer que a intervenção está sendo duradoura.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9575**: Impermeabilização: seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

AHMAD, A. G.; RAHMAN, H. F. A. Treatment of Salt Attack and Rising Damp in Heritage Buildings in Penang, Malaysia. **Journal of Construction in Developing Countries**, v. 15, n. 1, p. 93–113, 2010.

ASSIS, C. S. de. **Modelo de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: uma contribuição ao planejamento urbano**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências exatas, Rio Claro, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

FERNANDES, P. H. C. **Estudo sobre a influência do massará no processo de formação de salitre em rebocos na região de Teresina – PI**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

FERREIRA, C. C. e BERGMANN, C. P. Formação da eflorescência em cerâmica vermelha: fatores de influência no transporte dos íons  $SO_4^{2-}$  e  $Ca^{2+}$ . **Cerâmica**, v. 57, n. 343, p. 356–363, São Paulo, 2011.

GEWEHR, U. **Aplicabilidade e eficiência de dois métodos de saneamento de paredes**

**degradadas por umidade e sais a partir de uma revisão bibliográfica e de um estudo de caso.**

179 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GONÇALVES, T. D.; RODRIGUES, J. D. Argamassas de Revestimento para paredes afectadas por cristalização de sais solúveis: influência do substrato. In: 3º Congresso Português de Argamassas de Construção, Lisboa, LNEC, 2010.

HENRIQUES, F. M. A. Umidade em paredes. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995.

LEITE, J. R. P.; SILVA, A. M. L.; RIBEIRO, I. J. C. Análises patológicas nas residências da cidade de Monteiro – PB. In: VIII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, Salvador, 2013. **Anais...** Salvador: IFBA, 2013.

LIMA, J. L. de A.; PASSOS, F. U.; COSTA, D. B. Processo integrado de projeto, aquisição e execução de sistemas de impermeabilização em edifícios residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 59-77, jul./set, 2013.

LINHARES, B. *et al.* **Humidade em Edifícios Intervenções.** 28 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2012.

MARQUES, M. T. Mágica eletrolítica. **Revista Construção Norte e Nordeste**, 191, p. 15-16, 1989.

PUIM, P. G. A. C. **Controlo e reparação de anomalias devidas à presença de sais solúveis em edifícios antigos**, 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

RIBEIRO, A. G. **Ação de sais minerais solúveis em alvenaria de tijolos cerâmicos no município de Petrolina- PE**, 144p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2013.

RIBEIRO, I. J. C. **Os sais solúveis na construção civil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).

Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1996.

RICHARDS, L. A. *et al.* **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Salinity Laboratory, 160 p. USDA. Agriculture Handbook, 60, 1954.

SILVA, E. F. F. **Manejo de fertirrigação e controle da salinidade da cultura do pimentão utilizando extratores de soluções de solo.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Escola Superior de Agricultura Luis Queiroz, Piracicaba, 2002.

SOCOLOSKI, R.F. **Tratamento de Umidade Ascensional em Paredes Através de Barreiras Químicas por Gravidade.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2015.

TAGUCHI, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, 84 f, Curitiba, 2010.