

ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA REFERENTE ÀS EFLORESCÊNCIAS E FORMAS DE MITIGAÇÃO DO FENÔMENO

Rennan Campelo Bessa¹, Rodrigo Nogueira de Codes²

Resumo: Amplamente presente na construção civil, a eflorescência configura-se como uma manifestação patológica que possui a capacidade de causar danos potenciais estéticos às edificações e gerar custos para o reparo das mesmas. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise bibliográfica referente às eflorescências, destacando do que se trata a problemática, de que forma a mesma interfere na estética das construções, além de analisar o que há de mais atual e eficaz no mercado para prevenção e controle do problema. Para que isso seja possível, realizaram-se buscas nas bases de dados da Scopus® (da Elsevier) e Web of Science, de forma a consultar os principais artigos que tratam sobre a eflorescência, além de ser aplicado um questionário online para inferir o conhecimento da comunidade ufersiana a respeito da temática abordada nessa pesquisa.

Palavras-chave: Eflorescência; Prevenção; Análise Bibliográfica; Manifestação Patológica.

1. INTRODUÇÃO

A eflorescência, popularmente conhecida como “salitre” é uma manifestação patológica da construção civil de frequente ocorrência e que se manifesta por meio do aparecimento de manchas nas alvenarias. A eflorescência é caracterizada pela formação de depósitos cristalinos - geralmente de cor branca-, que surgem na superfície do revestimento, como paredes e tetos, através da migração e subsequente evaporação de soluções aquosas salinizadas (OLIVEIRA, 2018). A ocorrência dessa manifestação patológica afeta negativamente a estética da edificação, podendo afetar também os materiais que compõem a estrutura.

Com o crescente aumento da população brasileira e consequente elevação na demanda de construção de novas residências, torna-se cada vez mais importante a procura por métodos paliativos e preventivos, que possam dificultar a presença da eflorescência, bem como minimizar as consequências trazidas às construções, ao passo que após o seu surgimento torna-se extremamente dificultoso o controle e eventual solução do problema. Nesse contexto, ressalta-se a importância do uso de tecnologias no controle da eflorescência.

Segundo Menezes (2006), regiões áridas e semiáridas, como grande parte do Nordeste do Brasil, apresentam condições climáticas que favorecem uma elevada salinização do solo. Esta fonte “inesgotável” de sais solúveis, aliada aos ventos contínuos, faz do Nordeste uma região com elevadas condições para o desenvolvimento de eflorescências. Com o objetivo de reduzir o potencial surgimento de salitre nessas regiões, são utilizados tipos especiais de materiais para a construção, como exemplo do cimento Portland Pozolânico Resistente a Sulfatos - indicado principalmente para ambientes com alta umidade e teor de sulfatos, ou também o cimento Portland de Alto-Forno, que por sua vez possui baixa concentração de hidróxido de cálcio.

Além do cimento RS, existem ainda outras tecnologias mais sofisticadas que são implementadas com objetivo de prevenir as eflorescências, como exemplo do uso de revestimentos nas paredes para reduzir a umidade da mesma. Para Socoloski (2015), essa técnica consiste na realização de um revestimento poroso, o qual facilitará a evaporação da água presente na parede. É importante destacar que a aplicação desse e de outros métodos promovem uma melhoria substancial na estética das edificações, de forma a reduzir o surgimento do salitre.

Existem também tratamentos eletroquímicos que buscam realizar a eliminação da umidade das paredes, como é o caso da eletro-osmose. De acordo com Ribeiro *et al.* (2018), 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. É importante salientar que a técnica em questão apresenta algumas limitações que a torna menos eficiente quando comparada com as demais.

Ante o exposto, considerando a importância de estudar e entender do que se trata a eflorescência, o presente trabalho tem como objetivo difundir informações a respeito da temática, de forma a possibilitar a compreensão da mesma, bem como apresentar as principais formas existentes no mercado para sua atenuação. Para isso, será realizada a análise bibliográfica das principais literaturas existentes sobre o assunto.

1.1. OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise bibliográfica referente à eflorescência e às técnicas existentes para o controle da mesma.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contribuir para a formação de conhecimento por parte da sociedade a respeito da eflorescência, bem como as consequências que a mesma traz às construções.
- Expor as principais técnicas paliativas existentes no mercado para combate à manifestação patológica.
- Analisar os principais fatores que propiciam o surgimento da eflorescência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. DEFINIÇÃO DE EFLORESCÊNCIA

De acordo com Bauer (2007), a eflorescência pode ser definida como “depósitos cristalinos, formados na superfície e no interior dos painéis de alvenaria por cristalização de soluções salinas”. Já de acordo com Ribeiro *et al.* (2018) 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”.

Perante as definições apresentadas por esses autores, é perceptível que a eflorescência é uma manifestação muito comum nas construções, visto que há naturalmente a presença de sais nos próprios materiais construtivos, além da umidade presente no ar, sendo essa intensificada em zonas litorâneas. É pertinente ressaltar que essa problemática se manifesta de diferentes cores e intensidades, a depender do tipo de sal presente no local e da umidade, entretanto, é mais comum a coloração branca na superfície afetada.

Na maioria das situações a eflorescência produz danos inicialmente estéticos, mas que podem evoluir para posterior degradação dos materiais e até exposição de armaduras caso não haja um controle. A Figura 1 ilustra os potenciais danos causados pela eflorescência.

Figura 1: Depósito de eflorescência em alvenaria



Fonte: Autoria própria, 2021

2.2. FATORES AGRAVANTES PARA O SURGIMENTO DE EFLORESCÊNCIAS

Para o surgimento de eflorescências são necessárias a existência de fatores como umidade e presença de sais solúveis. Essa combinação é comum em regiões áridas e semiáridas, onde há elevado número de casos dessa manifestação patológica. Pode-se destacar também a qualidade dos materiais utilizados para a construção, no que se refere à quantidade de sais contidos nos mesmos, a presença de infiltrações em residências, devido principalmente à falta de manutenção.

2.3. TIPOS DE EFLORESCÊNCIA

As eflorescências podem se originar por meio de diversos fatores e formas, por conta disso, é necessário que sejam abordados alguns tipos de eflorescências existentes. Na sequência são apresentados três tipos, a saber (SILVA, 2018):

- A) Eflorescências sob forma de véu na superfície das argamassas modificam o aspecto estético das mesmas, mas não prejudica sua durabilidade. Geralmente ocorrem pela presença de sulfatos de sódio e de potássio, sulfatos de cálcio e magnésio, carbonatos de sódio e de potássio, provavelmente provenientes do cimento, cal, areia ou água de amassamento que compõe as argamassas;
- B) Eflorescências de cor branca, aderente, pouco solúvel em água, com aspecto de escorrimento, provenientes do carbonato de cálcio presente nas argamassas, não causando sua deterioração;
- C) Eflorescências provocadas pela presença de sulfato de cálcio e água que se transforma em gesso. Estas eflorescências são menos comuns e causam expansão e fissuração.

É válido destacar a importância de que haja conhecimento prévio dos tipos de eflorescência, bem como suas fontes de origem, posto que isso irá influenciar de forma direta nas técnicas que poderão ser empregadas para mitigar o problema.

2.4. TÉCNICAS DE CONTROLE

As técnicas utilizadas para controle do salitre estão por vezes diretamente associadas à retirada de sais solúveis das alvenarias que estão sendo acometidas, isso devido a este fator ser um forte aliado para o surgimento de manifestações patológicas. Algumas técnicas que auxiliam no controle do salitre são apresentadas por Puim (2010). A primeira delas diz respeito à remoção mecânica das eflorescências por meio da escovação da área acometida. Essa técnica é utilizada com o objetivo de eliminar os sais solúveis contidos na área afetada, de forma a controlar o problema, ainda que de forma temporária. É importante destacar que essa prática pode não ser tão eficaz para controle do problema, a depender de alguns fatores como a natureza dos sais que geram a manifestação patológica ou ainda a distribuição superficial da mesma.

Em seguida, o autor propõe a remoção dos materiais contaminantes da superfície. Essa prática consiste inicialmente em identificar quais materiais estão contribuindo para a ocorrência do salitre e em seguida fazer a remoção e substituição dos mesmos. Nessa técnica é nítida a maior demanda de trabalho e custos, haja vista a retirada e aquisição de novos materiais. Entretanto, se comparada à remoção mecânica, por exemplo, poderá ser percebida uma maior eficácia da remoção dos materiais, visto que o material contaminado iria afetar os materiais que estavam em bom estado, elevando assim as proporções do problema e dificultando sua atenuação. Novamente, a eficácia dessa técnica pode ser reduzida caso não seja identificado corretamente os materiais contaminantes.

A terceira técnica abordada por Puim (2010) consiste no uso de compressas. Assim como os métodos supracitados, as compressas também buscam a remoção dos sais que estejam contidos nas alvenarias. Essa remoção, por sua vez, é realizada através da colocação da compressa na superfície com o salitre, de modo que os sais ali presentes tendem a migrar para a compressa por difusão ou capilaridade, de forma a reduzir as manchas na parede. Essas compressas podem ser úmidas ou secas, sendo as úmidas responsáveis pela retenção de água, enquanto que as secas possuem a função de realizar o controle da evaporação da água após sua aplicação. Assim como nas técnicas anteriores, a eficácia desse método está diretamente relacionada a alguns fatores, como o tempo de aplicação da compressa e o tipo de sal contido no substrato.

Propõe-se ainda a remoção eletroquímica dos sais. Essa técnica consiste na implantação de pares de eletrodos na superfície afetada pelos sais. Quando os eletrodos estão em contato com a superfície salina, conectados a uma fonte de tensão, será inserida uma corrente elétrica no material, de forma a possibilitar a migração dos sais contidos na superfície, para os eletrodos que poderão estar acoplados a compressas, onde poderão ser removidos posteriormente. Essa técnica ainda não é empregada em larga escala devido a estar condicionada a variados fatores, como o teor de umidade presente nos materiais, solubilidade dos sais e intensidade de corrente a ser aplicada.

Outro método bastante promissor apresentado por Puim (2010) se trata dos modificadores de cristalização. Esse, por sua vez, difere levemente dos destacados anteriormente, visto que busca alterar o comportamento dos sais solúveis. Para que isso seja possível, são utilizados materiais compostos que interagem com os sais, de forma a barrar ou atenuar a ocorrência da cristalização. Embora promissora, essa técnica ainda se encontra em fase de testes para verificar sua eficácia na aplicação em residências. É conhecido, entretanto, que seus resultados dependem da boa atuação do material modificador e também das propriedades físicas do meio ao qual será utilizado.

Em seu trabalho, Puim (2010) apresenta também como método, o reboco e aplicação de impermeabilizantes. Essa prática é amplamente conhecida e a mais utilizada para atenuar o salitre. A mesma difere das demais pois visa a modificação das características físicas do meio. Os rebocos funcionam como um dessalinizador das alvenarias e possibilita a cobertura e proteção de materiais adjacentes aos contaminados com sais. Existem algumas formas de atuação para esse tipo de revestimento, como o bloqueio de sal, acúmulo de sal, retenção de sal e selador. Ainda que seja a prática comumente utilizada, a eficácia da mesma estará associada ao tipo de revestimento utilizado, a uniformidade do revestimento e a fatores ambientais.

O último método aqui destacado diz respeito ao tratamento da umidade ascensional e se baseia na eliminação ou redução da umidade advinda da base das paredes. O tratamento dessa umidade é realizado mediante a aplicação de diversas técnicas, como introdução de barreiras e estanques, uso de impermeabilizadores e execução de valas periféricas ao edifício.

Para a utilização de alguma dessas práticas de mitigação, é extremamente importante que sejam avaliados diversos fatores relacionados à natureza, forma de manifestação e tipos de sais que estão associados ao salitre, de modo a identificar qual a técnica será mais adequada para o caso em específico. Diante do caráter de revisão do presente trabalho, apresenta-se a seguir o que alguns autores tratam sobre os métodos supracitados.

2.4.1. REMOÇÃO MECÂNICA DA EFLORESCÊNCIA POR MEIO DE ESCOVAÇÃO

A remoção manual configura-se como uma das práticas paliativas da eflorescência e, embora não apresente resultados duradouros, é bastante utilizada devido principalmente ao seu baixo custo de implementação e rapidez na execução. De acordo com Puim (2010), a remoção mecânica de eflorescências na superfície de materiais porosos é efetuada por abrasão das mesmas, com recurso a escovas. Ou seja, a eliminação é realizada por meio da escovação da área acometida, de modo a ser válido ressaltar a necessidade do cuidado para evitar danos ao substrato. Após ser realizada a escovação da área acometida, faz-se necessário que haja a limpeza da mesma com intuito de evitar eventuais contaminações de materiais adjacentes. Nessa perspectiva, 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 (Charola; Cedrola, 2009). É válido destacar que a escova utilizada deve ser de cerdas rígidas, de forma a garantir que haverá a remoção dos sais solúveis da superfície. A Figura 2 apresenta o tipo de escova indicada para execução do procedimento.

Figura 2: Escova com cerdas rígidas



Fonte: <https://tintasepintura.pt/salitre-causas-e-tratamento/> (2021)

Ainda de acordo com Charola; Cedrola (2009), como os sais solúveis tendem a migrar para a superfície, se a escovação for repetida regularmente ao longo de vários anos, será possível eliminá-los. Embora seja de rápida execução e baixo custo, a remoção mecânica da eflorescência não apresenta grandes vantagens para controle dos sais solúveis, isso pois trata-se de uma técnica de controle temporário e que necessita estar sendo refeita

constantemente, oferecendo riscos de degradação e danos aos materiais. Além disso, não é certeza que haja a remoção total dos sais da superfície, o que pode comprometer ainda mais a viabilidade de sua aplicação.

2.4.2. REMOÇÃO DOS MATERIAIS CONTAMINANTES DA SUPERFÍCIE

A escolha adequada dos materiais que serão utilizados na construção de um edifício é etapa fundamental para garantir a segurança e bom funcionamento do mesmo. Entretanto, na maioria das vezes essa escolha não é realizada de forma planejada e acaba por gerar problemas, seja de desempenho inadequado do material, seja pelo surgimento de manifestações patológicas associadas. No que diz respeito às manifestações patológicas, em especial à eflorescência, quando os materiais são os causadores, é fundamental que ocorra sua retirada para evitar o agravamento do problema. De acordo com Barros (2020), o procedimento de remoção dos materiais divide-se em três etapas, sendo que primeiramente identifica-se os materiais que estão originando os sais, logo após deve-se iniciar a remoção dos mesmos e posteriormente realizar a substituição por uma solução adequada.

Para que o procedimento seja realizado de forma adequada e atinja os resultados esperados, é necessário haver a cautela na seleção dos materiais, de forma a garantir que seja retirada totalmente a fonte contaminante e que os sais não sejam repassados para materiais circundantes. Já para a retirada dos materiais, os autores recomendam eliminação somente do material selecionado como contaminante, exceto se toda a superfície for preenchida. Quanto à etapa de substituição dos materiais, Gonçalves, Brito e Branco (2015) destacam que os revestimentos a aplicar podem ser de natureza idêntica aos existentes ou de outra que se considere mais adequada, desde que se garanta a compatibilidade química e mecânica. O método destacado apresenta razoável facilidade de execução, a depender do tipo e quantitativo de material a ser removido. A eficácia dessa metodologia pode ser muito positiva caso não haja contaminação de regiões subjacentes.

2.4.3. APLICAÇÃO DE COMPRESSAS

Com objetivo de remover os sais solúveis presentes nas alvenarias, a técnica de aplicação de compressas configura-se como uma boa forma de controle, desde que executada de forma adequada. Em sua obra Puim (2010) descreve as compressas como sendo com base em argila ou compostos de celulose que são aplicadas na superfície do material poroso, proporcionando a remoção dos sais do substrato e sua acumulação por processos de difusão em meio líquido (compressas húmidas) ou por capilaridade (compressas secas). Os compostos que compõem cada compressa devem estar relacionados a fatores como, o tipo de sal a ser removido e a natureza das eflorescências.

Já de acordo com Charola e Cedrola (2009), as compressas são compostas por dois ingredientes: um suporte inerte (como algodão, polpa de papel, argilas, géis, etc.), e um agente ativo, que funciona como solvente. É válido salientar que assim como o suporte, o solvente a ser utilizado nas compressas depende de fatores relacionados à disposição e impurezas que se deseja remover. O mesmo autor acrescenta ainda que a ação das compressas se baseia em que o solvente, ao estar embebido no suporte inerte, fica por mais tempo em contato com a superfície do objeto.

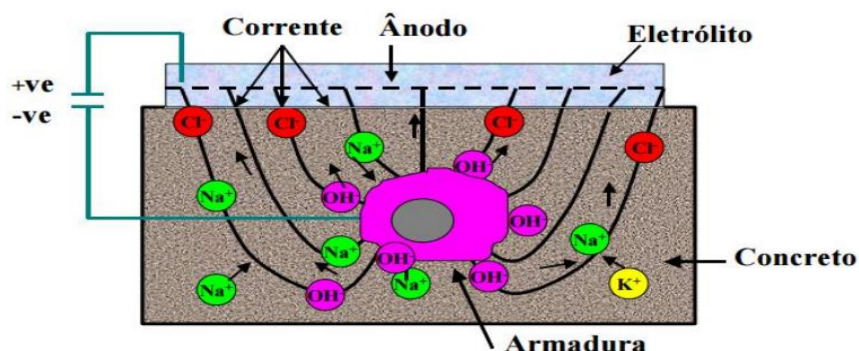
O maior tempo de contato que é destacado por Charola e Cedrola (2009) reflete em uma maior dissolução dos sais que ficarão retidos na compressa, fator determinante para a eficácia do método tratado. Embora as compressas sejam uma das formas de eliminação de sais, as mesmas apresentam fatores que dificultam a sua execução, como por exemplo, determinar o tempo adequado para sua retirada, realizar a análise para determinar qual o material inerte a ser usado e ainda o material solvente. Além disso, Puim (2010) analisa que a aplicação de compressas como método de dessalinização tem uma das suas mais importantes limitações na profundidade máxima a que se consegue remover sais (poucos centímetros). É importante destacar que para mitigar os efeitos negativos supracitados, recomenda-se a repetição da técnica até que se consiga remover boa parte dos sais presentes na área afetada.

2.4.4. REMOÇÃO ELETROQUÍMICA DE SAIS

A busca pela eliminação de sais solúveis das alvenarias apresenta grande relevância para o controle de manifestações patológicas oriundas dos mesmos. Em função disso, um dos métodos utilizados para essa tarefa diz respeito à remoção eletroquímica dos sais. De acordo com Puim (2010), o método consiste em colocar no material poroso contaminado por sais um ou mais pares de eletrodos. Destaca-se que esses eletrodos devem estar conectados a uma fonte de tensão, a qual será responsável por inserir uma determinada corrente elétrica no material, de forma a possibilitar a migração dos sais para o exterior do material, ficando retido em um acoplamento conectado ao eletrodo, sendo normalmente uma compressa.

A Figura 3 ilustra o princípio de funcionamento de um sistema eletroquímico para remoção de um sal de Cloreto.

Figura 3: Princípio de funcionamento de um sistema eletroquímico para remoção de um sal de Cloreto



Fonte: XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas (2017)

É válido salientar que a remoção eletroquímica se trata de uma prática ainda pouco estudada, havendo inclusive reduzida presença de literaturas que a abordam. As literaturas analisadas destacam que há de fato uma considerável redução dos sais a partir desse método, mas que sua eficiência está condicionada à diversos fatores, como o nível de solubilidade dos sais, tempo de aplicação do sistema, intensidade de corrente elétrica empregada e teor de porosidade dos materiais. Desse modo, faz-se imprescindível que se realize uma análise prévia das características do problema que tentar-se-á resolver.

2.4.5. MODIFICADORES DE CRISTALIZAÇÃO

O uso dos modificadores de cristalização para controle de eflorescência, diferentemente das demais práticas, visa a modificação do comportamento dos sais solúveis contidos nos materiais. Essa modificação ocorre por meio do contato de materiais compostos com os sais, de forma a reduzir os níveis de cristalização. De acordo com Puim, Gonçalves e Brito (2012), os modificadores de cristalização podem atuar de quatro principais formas: (i) os inibidores de cristalização, que previnem ou atrasam o crescimento dos cristais; (ii) os promotores de nucleação, que aumentam o número de cristais mas diminuem o seu tamanho, o que gera menores tensões internas no material; (iii) os modificadores de hábito são adsorvidos em determinadas faces do cristal, dando origem a formas cristalinas diferentes e potencialmente menos nefastas; (iv) estes produtos podem também atuar promovendo o transporte salino até a superfície e, assim, a formação de eflorescências que não causam danos e podem ser removidas, em vez de sub eflorescências.

De forma análoga aos tratamentos eletroquímicos, o uso de modificadores de cristalização ainda se apresenta como um método que possui poucos estudos comprobatórios a respeito de sua eficiência e aplicabilidade comercial. Esse fator soma-se ao fato de que algumas das substâncias que são usadas com o caráter de modificador apresentam toxicidade, o que pode comprometer a saúde dos aplicadores. As limitações da prática citada estão relacionadas a fatores como a substância escolhida para ser o modificador (na maioria dos testes são usados o ferrocianeto de Sódio ou de Potássio) e ainda as propriedades físicas do meio ao qual se deseja modificar.

2.4.6. REBOCO E IMPERMEABILIZAÇÃO

A aplicação do reboco visa a modificação das características físicas do meio. Os revestimentos funcionam como um dessalinizador das alvenarias e possibilita a cobertura e proteção de materiais adjacentes aos contaminados com sais, além de possuir a função de uniformizar as superfícies, bem como proteger os materiais que compõem a alvenaria. Para Puim (2010), os rebocos são tradicionalmente usados, pela sua substituição periódica, como camadas “de sacrifício” que permitem o controle e mitigação da ação nefasta dos sais. Nessa perspectiva, devem ser empregados tipos específicos de materiais de revestimento para o reboco, de forma a garantir o bom funcionamento da prática. A Figura 4 apresenta o procedimento indicado para a aplicação de um reboco de drenagem.

Figura 4: Procedimento para aplicação de reboco de drenagem.

1	Eliminar totalmente os rebocos e pinturas existentes, até cerca de 50 cm acima do extremo superior da mancha produzida pela humidade ascendente e pelos sais.
2	Lavar cuidadosamente com água a pressão moderada.
3	Em pedras pouco duras ou alvenaria diversa, coloque uma rede de arame galvanizado presa com pregos, estilo rede de galinheiro. Preencher os buracos existentes com pedaços de tijolo ou pedra e argamassa.
4	Molhar bem o suporte na véspera da aplicação do reboco e novamente antes da aplicação. Depois do suporte ter sido humedecido.
5	Aplique o reboco. Proceda sempre de acordo com as especificações técnicas que utiliza, consulte a ficha técnica do produto. Isto é de grande importância para se obter o resultado desejado. Rebocos indicados: (webercal sane ou reabilita ra 05).
6	No caso de querer recobrir o reboco, use um revestimento que permita retardar o aparecimento de salitre: desse tipo.
7	Finalmente, pinte na cor a seu gosto, utilizando uma tinta com boa resistência a limpezas frequentes.

Fonte: <https://tintasepintura.pt/salitre-causas-e-tratamento/> (2021)

A eficiência dos revestimentos de reboco está relacionada ao tipo de material empregado na sua preparação, bem como o tipo de revestimento executado, se possuirá a função simples de revestimento ou também de selante ou bloqueador de umidade. Assim como os outros métodos citados, alguns fatores interferem no reboco, os quais podemos citar a presença de umidade nas alvenarias, condições ambientais do local de aplicação e aderência do local a receber o revestimento.

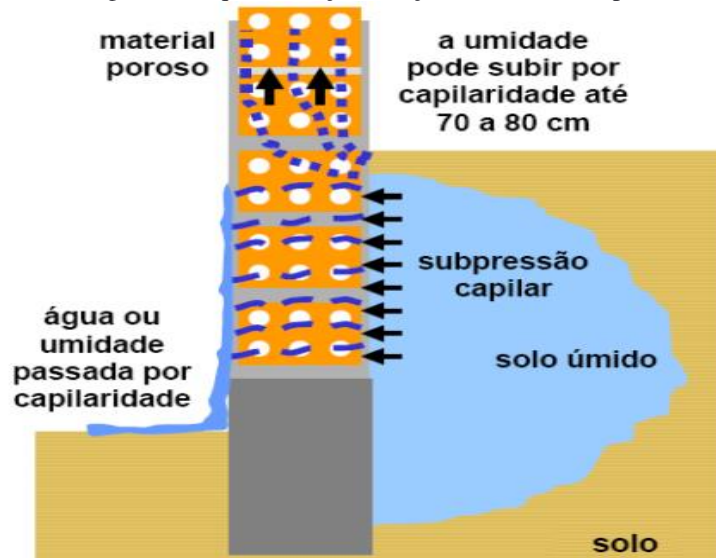
Para evitar a presença de infiltrações nas alvenarias, são utilizados produtos impermeabilizantes, os quais funcionam de maneira a revestir as superfícies que estejam expostas à umidade. Alguns tipos mais modernos de impermeabilizantes utilizam nanotecnologias que são capazes de catalisar o efeito de controle de umidade.

Os produtos nano tecnológicos, por sua vez, são comercializados em forma de pó ou líquido e são indicados para aplicação em variadas superfícies. Os impermeabilizantes com nanotecnologia se destacam dentre os demais impermeabilizantes pois além de impermeabilizar as superfícies, funciona como um repelente da água que possa chegar na parede, sendo isso possível devido sua característica hidrofugante. Essa propriedade repelente está relacionada com reações químicas que ocorrem entre o impermeabilizante e o cimento, bloqueando a ascensão capilar na alvenaria.

2.4.7. TRATAMENTO DA UMIDADE ASCENCIONAL

Fator preponderante para o surgimento das eflorescências, a umidade presente nas alvenarias requer atenção especial. O termo umidade ascensional deriva do fato da umidade migrar verticalmente da base das paredes por um fenômeno denominado capilaridade. De acordo com Socoloski (2015), a umidade ascensional ocorre em uma parede quando a impermeabilização foi mal executada, quando a vida útil dos materiais utilizados chegou ao fim ou ainda quando não houve impermeabilização. A Figura 5 ilustra o fenômeno estudado nesse tópico.

Figura 5: Esquemática de ação da ascensão capilar



Fonte: Pozzobon (2007, *apud* Schönardie, 2009)

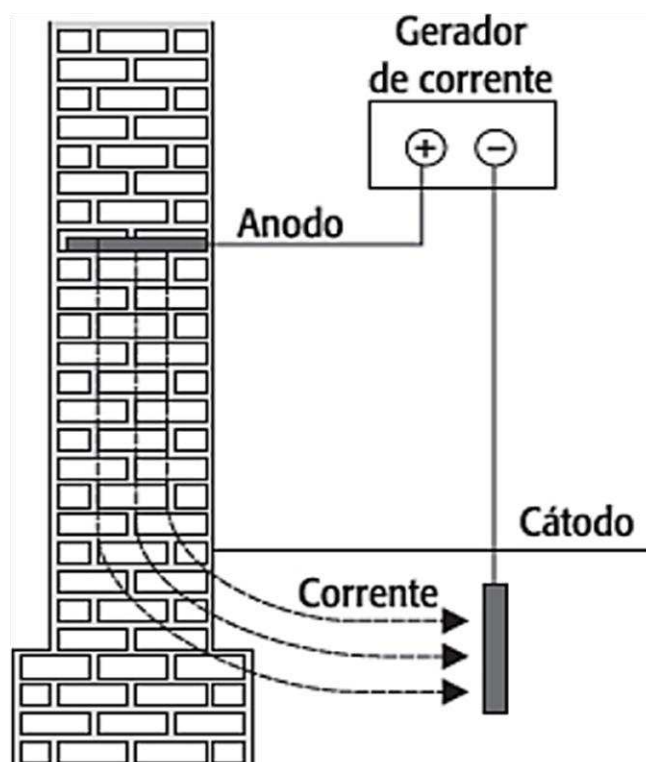
Para postergar a ocorrência desse fenômeno, são empregadas algumas técnicas de tratamento, as quais devem ser escolhidas de forma minuciosa. Alguns dos métodos de tratamento são abordados por Socoloski (2015) - Implantação de barreiras físicas: O princípio dessa técnica consiste na colocação de barreiras que devem impedir a passagem da água, tanto no interior quanto no exterior da parede. Ou seja, a partir do momento que ocorre o barramento da água, reduz-se consideravelmente a ascensão da umidade nas alvenarias, possibilitando sua posterior secagem.

Em seu texto, Puim (2010) também apresenta metodologias a serem adotadas no controle da umidade ascensional, a saber: tratamento superficial do terreno contíguo ao edifício, para correção de declives, de modo a afastar da construção água proveniente das chuvas e criação de uma diferença de potencial susceptível de fazer cessar ou inverter o sentido de migração da humidade na parede (método da eletro-osmose). É oportuno destacar que os métodos abordados pelos autores possuem limitações e estão condicionados a análise de cada caso para que seja realizada a melhor escolha.

2.4.8. MÉTODO ELETRO-OSMÓTICO

Além dos métodos supracitados, existe ainda a técnica de desumidificação das paredes fazendo-se uso de corrente elétrica. Para Ribeiro *et al.* (2018), 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. Esse sistema que se assemelha a uma pilha irá fazer surgir uma diferença de potencial na parede, a qual atuará de forma a inverter o sentido da ascensão capilar na alvenaria. Para que seja formado o sistema do método eletro-osmótico, é necessário o uso de um par de eletrodos, estando um conectado na alvenaria (ânodo) e outro no solo (cátodo), além de uma fonte a qual vai fornecer a corrente necessária ao sistema. A Figura 6 representa o procedimento aqui destacado.

Figura 6: Esquema de aplicação da eletro-osmose

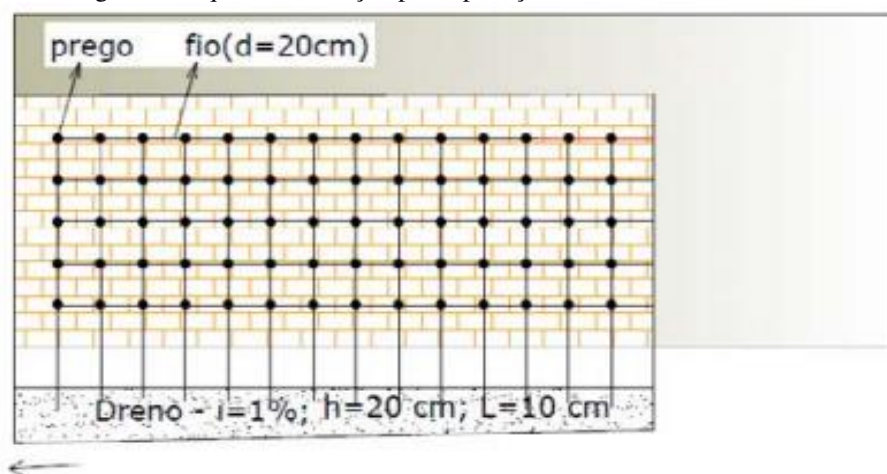


Fonte: Bertolini (2016)

É pertinente analisar que na Figura 6, a corrente que chega ao cátodo do sistema é conduzida por meio da umidade presente na própria parede. Algumas bibliografias analisadas dividem a eletro-osmose em quatro grupos, a saber: Eletro-osmose passiva, semipassiva, ativa e forese. Essas variações, entretanto, não serão aqui abordadas, muito em função da semelhança entre os procedimentos de aplicação, havendo apenas alterações na natureza dos eletrodos empregados.

Para que o método eletro-osmótico abranja toda a alvenaria afetada pela umidade, é indicado o uso de telas metálicas, as quais estarão fixadas na parede por pregos. Além disso, é necessário a utilização de um dreno acoplado ao sistema, de modo a realizar a retirada da umidade. Os elementos de fixação descritos devem estar separados por 20 cm de largura e 20 cm de altura, além disso, o dreno deve possuir uma inclinação de 1 % referente ao nível da parede. A Figura 7 ilustra o procedimento aqui descrito.

Figura 7: Esquema de fixação para aplicação do método eletro-osmótico

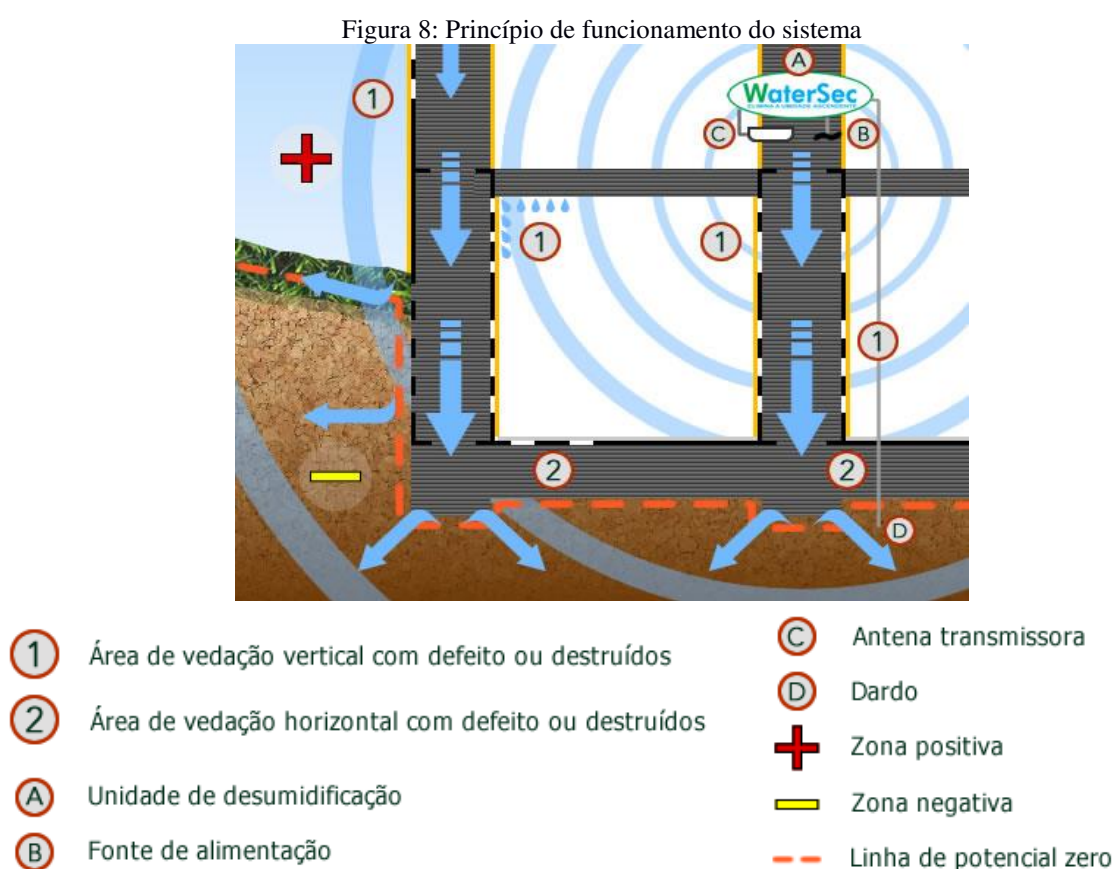


Fonte: Marques (1989, *apud* Ribeiro, *et al.* 2018)

De maneira análoga aos demais métodos tratados nesse trabalho, a eletro-osmose apresenta suas limitações. Essas, por sua vez, estão condicionadas a fatores como a resistência elétrica do solo ao qual se deseja aplicar e a natureza dos materiais. Além disso, merece destaque o fato de que a medida em que ocorre a secagem da alvenaria, há a interrupção do fluxo eletro-osmótico, o que acaba por prejudicar a eficiência do sistema.

2.4.9. MÉTODO COMERCIAL BASEADO NA ELETRO-OSMOSE

Baseando-se no princípio da eletro-osmose, uma empresa brasileira comercializa um sistema que promete solucionar de forma definitiva os problemas oriundos da umidade ascendente nas alvenarias. O método proposto consiste na implantação de um sistema de controle, alimentado por uma fonte de tensão em corrente contínua, acoplado a uma barra de aterramento, uma antena e a pares de eletrodos, instalados na alvenaria afetada pela umidade ascendente, funcionando por meio da emissão de ondas eletromagnéticas. Essas ondas, por sua vez, atuarão na alvenaria de forma a induzir um campo elétrico na mesma, forçando o retorno da umidade para o solo, devido a inversão no sentido da ascensão capilar. A medida em que o fluxo de corrente percorre a área coberta pelo sistema, além da eliminação da umidade, haverá a redução dos sais presentes nas paredes, o que traz ainda mais benefícios, dificultando o surgimento de eflorescências. A Figura 8 ilustra o princípio de funcionamento do sistema em questão.



Fonte: watersec.com.br/umidade-ascendente/solucao-definitiva/ (2021)

De acordo com a empresa que comercializa esse sistema, não é necessária a instalação de mais de um equipamento para o caso de construções com até 2800 m² de área. Além disso, destaca-se que o sistema possui garantia de 10 anos a partir do dia da instalação. No que se refere a custos de instalação desse sistema, não foi encontrada uma faixa de valores as quais permitissem inferir tal informação.

3. METODOLOGIA

Para realização do presente trabalho foram analisadas as principais literaturas que se referem a temática da eflorescência, bem como as que abordam as técnicas de controle da mesma. Após essa etapa, foram feitos comparativos de eficiência das técnicas de controle, buscando identificar quais as mais utilizadas no mercado e que oferecem melhores resultados.

3.1. LOCAIS DE BUSCA DE ARTIGOS / PERIÓDICOS

Para melhor embasamento e discussão desse trabalho, foram utilizadas as bases de dados da Scopus® (da Elsevier) e Web of Science para localizar os artigos em jornais e revistas acadêmicas, visto que as mesmas se constituem como os maiores bancos de dados de resumos e citações da literatura internacional, contemplando praticamente todas as áreas do conhecimento.

3.2. APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO

Com objetivo de verificar o conhecimento existente no que se refere à temática desse trabalho, bem como avaliar a importância da realização do mesmo, foi aplicado um questionário com perguntas de múltipla escolha, com opções de resposta, “SIM”, “NÃO” e ainda uma questão discursiva. O formulário em questão foi aplicado para toda comunidade da UFRSA (discentes, docentes, técnicos administrativos e terceirizados), de forma eletrônica, com auxílio da plataforma de formulários do Google, o Google Forms.

Modelo de Questionário:

- 1) Você conhece os fatores que propiciam o surgimento da eflorescência?
☐ Sim ☐ Não
- 2) Já identificou a presença de eflorescência na sua residência?
☐ Sim ☐ Não
- 3) Você já adotou ou conhece alguém que tenha adotado medidas para controlar a eflorescência?
☐ Sim ☐ Não
- 4) Caso a resposta anterior seja “sim”, as medidas adotadas para controle do salitre resolveram o problema?
☐ Sim, resolveram totalmente
☐ Sim, resolveram parcialmente / temporariamente
☐ Não resolveram
- 5) Quais foram as medidas adotadas?

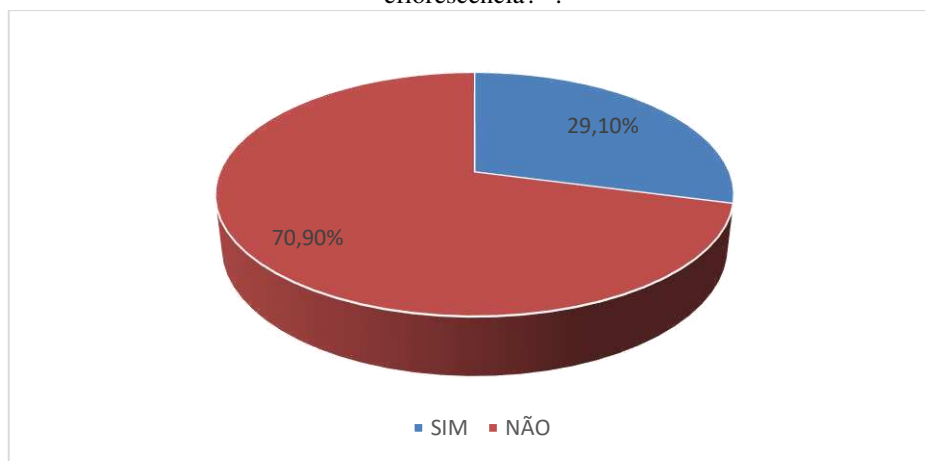
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em virtude dos dados obtidos na aplicação do questionário mencionado anteriormente, tornou-se possível avaliar o conhecimento prévio da comunidade ufersiana no que se refere à eflorescência, bem como avaliar a relevância da elaboração da presente pesquisa. Nessa perspectiva, conforme supracitado, o questionário foi aplicado de maneira online, para as diversas partes que formam a UFRSA (discentes, docentes, técnicos administrativos e terceirizados), ficando disponível para resposta por um período de 7 dias, tendo início no dia 17 de setembro de 2021. Ao término desse período, foram obtidas 203 respostas. É pertinente destacar que para um alcance maior do público, o formulário em questão foi “enviado a todos”, com auxílio da coordenação do curso.

4.1. ANÁLISE POR QUESTÃO

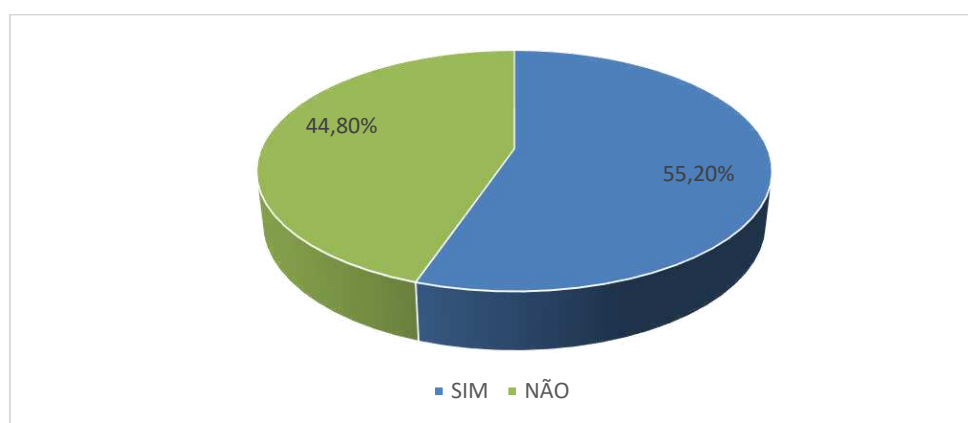
Para uma melhor análise e compreensão dos resultados obtidos mediante a aplicação do questionário, é pertinente a análise de cada pergunta individualmente. Nesse sentido, apresenta-se a seguir, nas Figuras 9 a 12, as respostas obtidas para as perguntas de múltipla escolha. A última questão, por ser de caráter discursivo, não será abordada de forma gráfica, mas sim de forma escrita.

Figura 9: Resultado em porcentagem da questão “Você conhece os fatores que propiciam o surgimento da eflorescência?”.



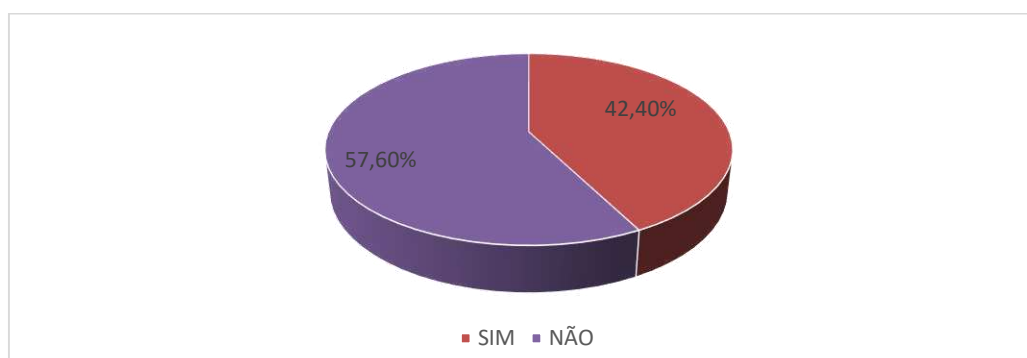
Fonte: Autoria própria

Figura 10: Resultado em porcentagem da questão “Já identificou a presença de eflorescência na sua residência?”.



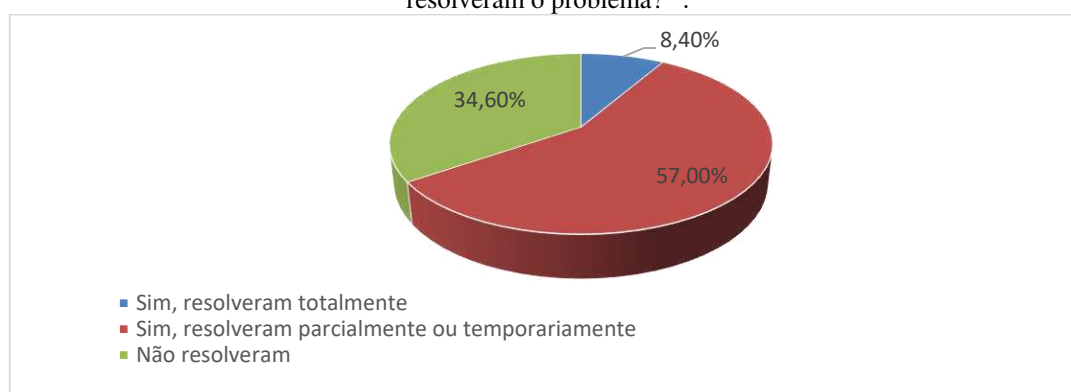
Fonte: Autoria própria

Figura 11: Resultado em porcentagem da questão “Você já adotou ou conhece alguém que tenha adotado medidas para controlar a eflorescência? ”.



Fonte: Autoria própria

Figura 12: Resultado em porcentagem da questão “Caso a resposta anterior seja "sim", as medidas adotadas resolveram o problema? ”.



Fonte: Autoria própria

Mediante a aplicação do questionário, tornou-se possível perceber que 70,90% das pessoas que responderam, não tinham conhecimento acerca dos fatores que propiciam o surgimento da eflorescência. Já no que se refere a identificação da eflorescência, 55,20% declararam já ter a identificado em sua residência, ao passo que 44,80% disseram não ter identificado. No tocante à adoção de medidas de controle da eflorescência, 57,60% declararam já ter adotado alguma medida de controle, enquanto que 42,40% declararam que não haviam adotado qualquer medida. Para a quarta questão (As medidas adotadas resolveram o problema?), foram obtidas 107 respostas, das quais 8,40% disseram que as medidas adotadas resolveram totalmente o problema, 57,00% declararam que houve a resolução de forma parcial ou temporária, enquanto que para os demais 34,60% o problema não foi resolvido. Por meio da análise dos resultados, torna-se evidente, portanto, que a maioria dos entrevistados não possuíam conhecimentos referentes à temática abordada no presente trabalho.

Para a questão 5, a qual solicita que seja descrito quais medidas foram implementadas para controle da eflorescência, foram obtidas 83 respostas. Dentre essas respostas, observou-se que a limpeza da área afetada, remoção do reboco, aplicação de revestimentos e o assentamento de cerâmica foram as medidas mais escolhidas, o que já era esperado, tendo em vista a maior disponibilidade dos materiais necessários para realização dessas intervenções, associado ao seu baixo custo. Além das respostas supracitadas, merecem destaque as soluções descritas que se referem à aplicação de mantas, drenagem do terreno afetado pela umidade e aplicação da eletro-osmose. Essas metodologias, por sua vez, apresentam uma maior necessidade de mão de obra para implantação, além de demandar mais recursos financeiros, o que contribui para os baixos índices de utilização das mesmas, ainda que apresentem resultado satisfatório na maioria dos casos. Ante o exposto, percebe-se que as práticas descritas para controle da eflorescência baseiam-se em sua maioria nos métodos tradicionais de intervenção, o que fortalece a necessidade de disseminação das técnicas abordadas nessa pesquisa.

5. CONCLUSÃO

Por meio da realização dessa pesquisa, aliado aos dados obtidos com a aplicação do questionário, pode-se concluir que os objetivos do presente trabalho foram atingidos com sucesso, haja vista que o mesmo contribuiu

para disseminar conhecimentos referentes às eflorescências, fomentando, desse modo, um maior interesse e curiosidade referente à temática abordada.

Além disso, a partir das respostas obtidas para o questionário, tornou-se possível compreender a importância de exposição de novas tecnologias para mitigação da eflorescência, visto que algumas das formas de controle descritas no questionário não apresentam resultados satisfatórios e possuem a necessidade de reformulação periódica, o que eleva os custos para implantação, e, conseqüentemente, para tratamento da manifestação patológica.

Em termos de aplicabilidade, a maioria das práticas paliativas abordadas nesse trabalho não apresentam grandes dificuldades para execução, dependendo maiormente de uma prévia análise do tipo de eflorescência a ser tratada, com objetivo de escolher a melhor forma de controle, da disponibilidade dos materiais necessários, além da mão de obra para fazer a implantação dos sistemas.

REFERÊNCIAS

- BARROS, Adilayne Keise. Reabilitação. *In: Manual de reabilitação de alvenarias tradicionais*. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará - Campus Russas, [S. l.], 2020.
- BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de construção 1: concreto, madeira, cerâmica, metais, plásticos, asfalto - novos materiais para construção civil**. 2007.
- BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção: Patologia | Reabilitação | Prevenção**. [S. l.]: Oficina de Textos, 2016. ISBN 978-85-7975-010-6.
- CHAROLA, A. Elena, CEDROLA, Marcela L. **Tratamientos de conservación : Tratamientos de conservación**. 2009. Manual Básico de Conservación par alas Misiones Jesuíticas Gyaraníes: Programa de Capacitación para la Conservación, Gestión y Desarrollo Sustable de las Misiones Jesuíticas Guaraníes : Manual Básico de Conservação para as Missões Jesuíticas dos Guaraní: P, editado por Charola, A. Elena and Magadán, Marcelo L., 63–79. New York: World Monument Fund.
- GONÇALVES, Adelaide; BRITO, Jorge; BRANCO, Fernando. **Reabilitação de paredes de alvenaria revestidas**. ResearchGate, [s. l.], 2015.
- MENEZES, R. R. et al. **Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção – revisão**. Revista Cerâmica, v. 52, p. 37-49.2006.
- OLIVEIRA, Fernando Serra. **Identificação das Causas da Eflorescência nas Residências de Caraúbas-RN: Estudo de Caso**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi- Árido - UFERSA, [S. l.], 2018.
- POZZOBON, Cristina Eliza. **Notas de Aulas da disciplina de Construção Civil II**. 2007.
- 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.
- PUIM, Pedro; GONÇALVES, Teresa Diaz; BRITO, Vânia. **Controlo e prevenção de anomalias devidas à cristalização de sais solúveis em edifícios antigos**. 4º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, [s. l.], 2012.
- RIBEIRO, Iracira *et al.* **Implantação de métodos de tratamento para combater as eflorescências**. Revista Principia, João Pessoa / PB, n. 38, 2018.
- SCHÖNARDIE, Clayton Eduardo. **Análise e Tratamento das Manifestações Patológicas por Infiltração em Edificações**. 2009. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - UNIJUÍ/DeTec, [S. l.], 2009.
- SILVA, João. **Análise e identificação de anomalias em revestimentos de reboco de um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia, e proposição de novas argamassas com vista com vista à sua recuperação**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Civil, [S. l.], 2018.
- SOCOLOSKI, Rafaela. **Tratamento de umidade ascensional em paredes através de barreiras químicas por gravidade**. Orientador: Prof. Ângela Borges Masuero.2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, [S. l.], 2015.
- TINTAS & PINTURA. **Humidade e Salitre, Causas e Tratamentos Possíveis**. Projeto Tintas e Pintura. Disponível em: <<https://tintasepintura.pt/>>. Acesso em: 10 set. 2021.
- WATERSEC. **Solução Definitiva para a Umidade Ascendente**. Site WaterSec. Disponível em: <<http://www.watersec.com.br/umidade-ascendente/solucao-definitiva/>>. Acesso em: 21 out. 2021.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Engenharias – CE

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 14:00 horas do dia vinte e oito de outubro de dois mil e vinte e um, por meio de reunião remota, utilizando ferramenta Google Meet, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **RENNAN CAMPELO BESSA**, aluno do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2018011314**, com o título **“ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA REFERENTE ÀS EFLORESCÊNCIAS E FORMAS DE MITIGAÇÃO DO FENÔMENO”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. RODRIGO NOGUEIRA DE CODES, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. Dr. RAIMUNDO GOMES DE AMORIM NETO e Prof. Dr. VALDER ADRIANO GOMES DE MATOS ROCHA, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pela banca examinadora, em reunião fechada, tendo o aluno sido considerado APROVADO. E para constar, eu, RODRIGO NOGUEIRA DE CODES, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, será assinada por todos.

Mossoró, 28 de outubro de 2021.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

RODRIGO NOGUEIRA DE
CODES:62534670344

Assinado de forma digital por RODRIGO
NOGUEIRA DE CODES:62534670344
Dados: 2021.11.13 13:39:28 -03'00'

Prof. Dr. Rodrigo Nogueira de Codes – UFERSA
Presidente e orientador

RAIMUNDO GOMES DE
AMORIM NETO:04603791437

Assinado de forma digital por RAIMUNDO
GOMES DE AMORIM NETO:04603791437
Dados: 2021.11.15 08:30:21 -03'00'

Prof. Dr. Raimundo Gomes de Amorim Neto – UFERSA
Primeiro Membro

VALDER ADRIANO GOMES DE
MATOS ROCHA:61457434334

Assinado de forma digital por VALDER
ADRIANO GOMES DE MATOS
ROCHA:61457434334
Dados: 2021.11.15 11:05:58 -03'00'

Prof. Dr. Valder Adriano Gomes de Matos Rocha - UFERSA
Segundo Membro