



IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Foz do Iguaçu – Paraná – Brasil
7 a 10 de maio de 2002

AÇÃO DA EFLORESCÊNCIA DE CARBONATO DE CÁLCIO SOBRE O VIDRADO DE PLACAS CERÂMICAS

Junginger, Max(1); Medeiros, Jonas Silvestre(2)

(1) Mestrando - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Edifício Engenharia Civil
Av Prof. Almeida Prado, travessa 2, no. 271 - São Paulo – SP – CEP 05508-900 - Fone (0xx11) 3818 5422
e-mail: max.junginger@poli.usp.br

(2) Prof. Dr. - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Edifício Engenharia Civil
Av Prof. Almeida Prado, travessa 2, no. 271 – São Paulo – SP – CEP –05508-900 - Fone (0xx11) 3818 5791
e-mail: jonas.medeiros@poli.usp.br

RESUMO

O presente trabalho descreve a deterioração causada pela eflorescência de carbonato de cálcio em placas cerâmicas de um revestimento interno de uma igreja. Será mostrada a metodologia usada para a determinação da composição das crostas e das causas do problema e serão feitas algumas recomendações para evitar o aparecimento dessa manifestação em outras obras. Serão mostradas as consequências da limpeza com produtos químicos tanto sobre as placas individuais como sobre o revestimento original aplicado na obra em questão.

1 INTRODUÇÃO

O fenômeno da eflorescência representa o depósito de sais, geralmente provenientes do substrato ou base, sobre uma superfície qualquer. Para que ele ocorra, são necessários e suficientes três fatores simultâneos: água, gradiente hidráulico e sais solúveis. A umidade, atravessando um corpo poroso, dissolve os sais nele presentes e os transporta até a superfície. Nesse local, ocorre a evaporação da água e a conseqüente precipitação dos sais, que se depositam na forma de pó ou manchas sobre a superfície.

Dependendo da composição da eflorescência, ela pode ser solúvel e removível pela simples ação da água. Em outros casos, como os carbonatos, ela pode ser insolúvel e depositar-se sob a forma de crostas brancas sobre o local afetado, sendo que o uso de métodos de limpeza tradicionais como escovas, detergentes e água sanitária revela-se ineficaz. Neste trabalho, um estudo de caso real, as causas e as possíveis soluções para o problema em questão serão analisadas.

2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Todos os ensaios de campo, coleta de amostras e ensaios de laboratório descritos deste ponto em diante foram desenvolvidos no período de Fev. a Ago.2001.

O surgimento das eflorescências ocorreu sobre o vidrado das placas cerâmicas usadas no revestimento da pia batismal de uma igreja, que é basicamente uma estrutura composta de paredes e fundo em concreto armado com espessura aproximada de 10cm e dimensões em planta de 2,0x1,1m. A espessura das crostas varia desde 5mm nos pontos de maior concentração superficial até praticamente zero nos pontos próximos ao ralo. A quantidade total de juntas é de aproximadamente 100m lineares.

A obra foi concluída há aproximadamente sete anos e, durante esse período, a pia recebeu aproximadamente 90cm de água em média a cada 15 dias, sendo esvaziada no mesmo dia de uso com ajuda de bomba submersa localizada na parte externa do edifício.

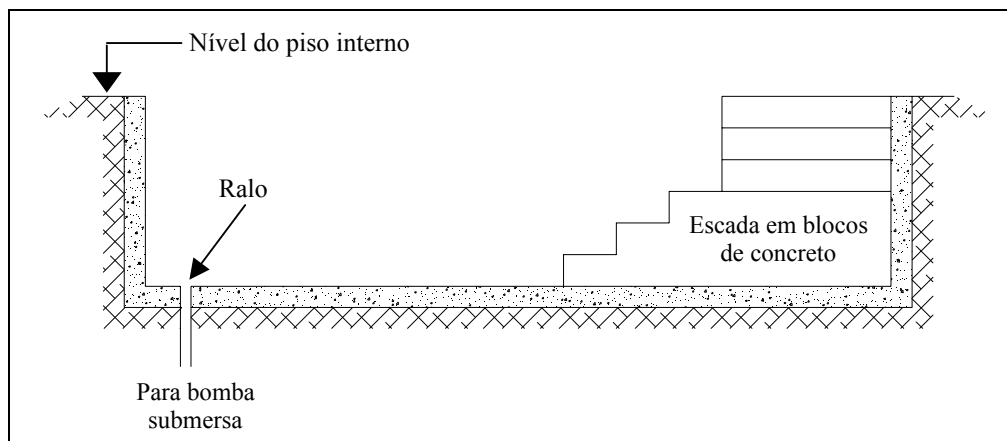


Figura 1 – Vista em corte longitudinal da pia batismal

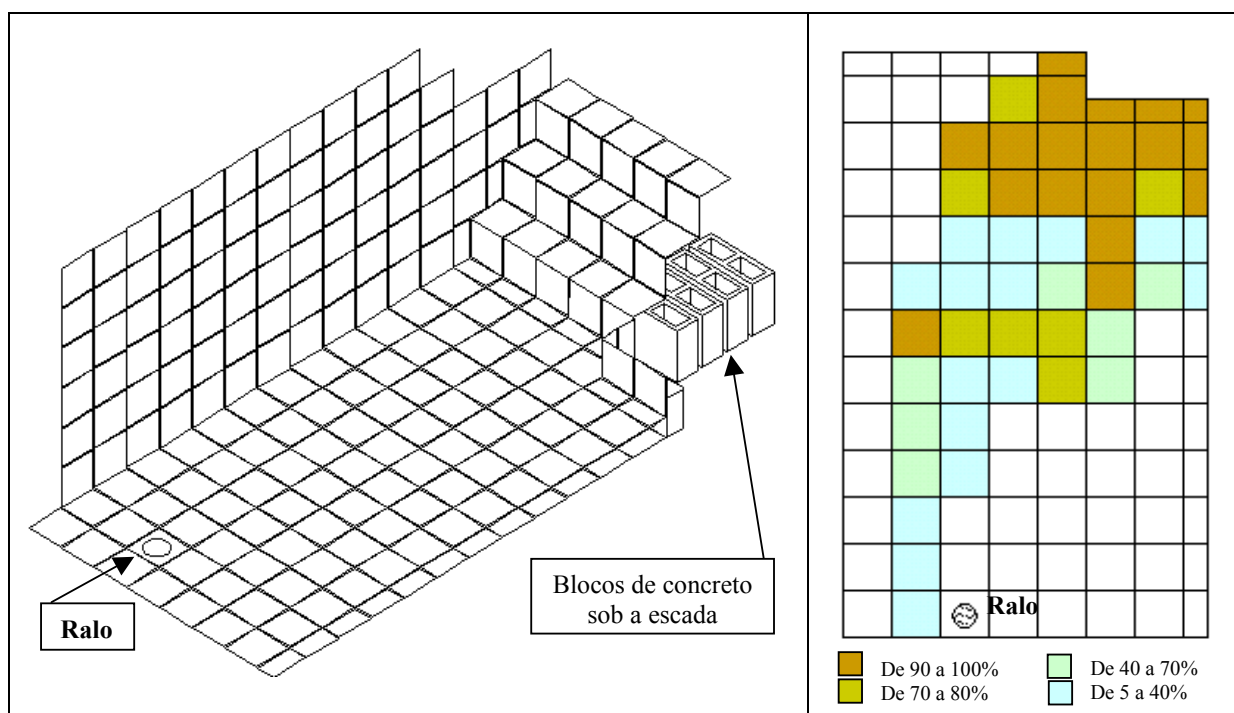


Figura 2 – Vista esquemática em perspectiva da pia batismal

Figura 3 - Percentual das placas do fundo tomado pela efloração

Sua borda superior está no nível do piso interno e os degraus de acesso foram executados posteriormente com auxílio de alvenaria. Interiormente, a estrutura de concreto foi revestida com uma camada de emboço e com azulejos tamanho 15x15cm com absorção média de 14,8%¹; essa absorção se encaixa nos limites

¹ O ensaio de absorção foi feito segundo a NBR 13818 (ABNT, 1997), exceto pelo fato de que o número de placas foi de cinco unidades porque não foi possível a retirada de maior número de placas inteiras. A absorção individual de cada uma das placas foi: 14,0%, 14,5%, 13,7%, 15,3%, 16,6%.

das placas porosas, inadequadas para uso em piscinas. O assentamento não foi executado com argamassa adesiva, mas sim com nata de cimento ou sobre emboço úmido. A Figura 1 e a Figura 2 mostram um esboço da composição da pia e a Figura 3 o percentual da superfície das placas tomada pela manifestação patológica. Alguns pontos da Figura 3 podem parecer estranhos, pois apresentam placas bastante atingidas próximas a placas quase limpas. Entretanto, observando-se o comportamento da água por algumas horas, percebeu-se que os pontos mais atingidos são aqueles que apresentam empoçamentos de água e as placas estão em cotas inferiores às demais.

Pelas características apresentadas pelas crostas (como insolubilidade em água, cor cinza-claro e grande volume) e pelas condições de contorno descritas acima, pôde suspeitar-se da composição química das manchas como sendo carbonato de cálcio decorrente da lixiviação de cal de algum ponto próximo. Dessa forma, os passos deste trabalho foram direcionados de forma a confirmar tal hipótese.

A Figura 4 e a Figura 5 mostram, além das manchas, a cantoneira de alumínio como acabamento no encontro de duas paredes.



Figura 4 – Aspecto geral da eflorescência

Figura 5 – Aspecto do local mais afetado

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho deu-se nas seguintes etapas:

1. tentativa de limpeza do local com produtos de uso doméstico;
2. determinação dos pontos de infiltração de água;
3. limpeza das manchas com ácidos;

- remoção de corpos de prova para ensaios em laboratório e ensaio de difração de raios-X para determinação da composição química das crostas;
- estudo da influência da limpeza das crostas sobre as propriedades do vidro quanto ao brilho e aspecto visual.

3.1 Tentativa de limpeza com produtos domésticos

Para averiguar de forma concreta a ação da limpeza com produtos de uso corrente, foram feitas tentativas de limpeza com:

- água e escova de cerdas de náilon;
- água sanitária e escova de cerdas de náilon;
- água sanitária, saponáceo e escova de cerdas de náilon;
- água quente, detergente e escova de cerdas de náilon.

As técnicas acima resultaram em pequena limpeza superficial, com leve alteração de cor. Entretanto, para remoção efetiva das crostas todas as tentativas revelaram-se completamente ineficazes, sendo isso um indício de que poderia tratar-se de carbonato de cálcio. Posteriormente, uma tentativa de raspagem mecânica com espátula de aço possibilitou a remoção das crostas, mas seu uso não foi viável porque danificou o vidro da placa ensaiada.

3.2 Determinação dos pontos de infiltração de água

Pelos fatos de que a eflorescência necessita de água para que ocorra e de que a pia está envolta em concreto maciço, suspeitou-se de infiltração de água (para o substrato) pelas juntas de assentamento das placas, já que a probabilidade de entrada de água do subsolo através do concreto era remota. Para eliminar essa dúvida, os seguintes passos foram executados:

- enchimento da pia com uma solução de água e corante, deixando-a em repouso por uma semana. O corante escolhido foi de cor vermelha para proporcionar um bom contraste, o que explica a mudança da cor superficial das crostas (Figura 4 e Figura 8);

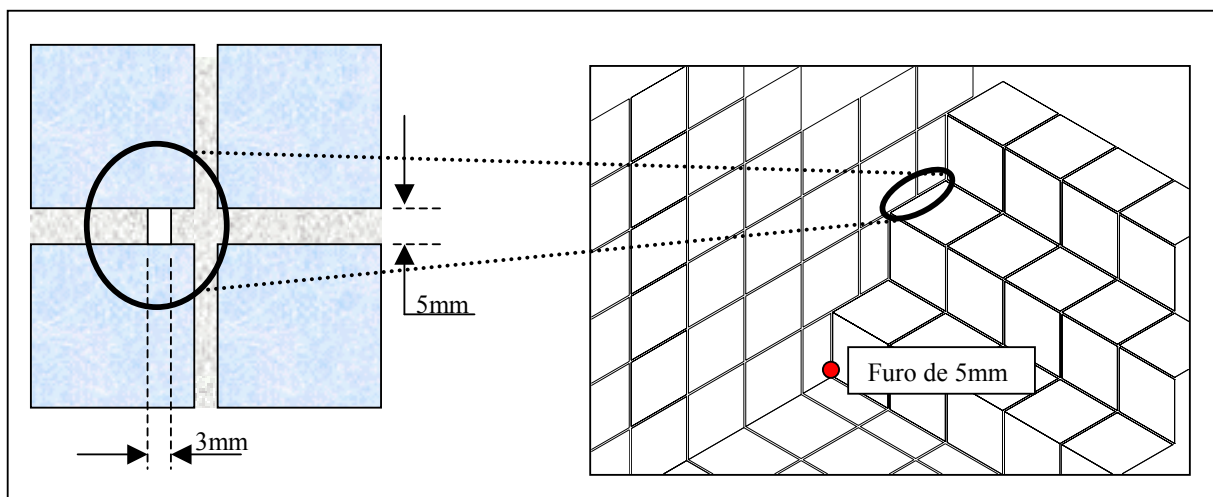


Figura 6 – Falha encontrada nas juntas de assentamento e furo de drenagem

- retirada da água com auxílio da bomba de drenagem;
- procura de pontos falhos no revestimento, o que revelou a existência de um ponto no rejuntamento com estanqueidade visivelmente comprometida. Essa falha era a ausência de 3mm de argamassa

de rejuntamento numa junta de aproximadamente 5mm de largura, conforme mostra a Figura 6. A inserção de um objeto pontiagudo nesse orifício revelou que o emboço estava oco nas imediações.

Posteriormente, um furo de 5mm no degrau inferior da escada (Figura 6) permitiu a coleta de aproximadamente 60 litros de água infiltrada. Também, a quebra do revestimento e abertura de um buraco num dos degraus mostrou que blocos de concreto faziam o suporte da escada e que eles estavam manchados com o corante utilizado na água. Essa foi uma evidência incontestável de penetração de água através do revestimento cerâmico.

Outro ponto suspeito de infiltração foi a cantoneira de alumínio, pois uma análise criteriosa do encontro dessa cantoneira com os azulejos mostrou que o rejuntamento estava precariamente executado. Posteriormente, com o desenvolvimento deste estudo de caso, essa hipótese não foi confirmada.

Faltava, agora, verificar por onde a água infiltrada retornava do interior da escada. A grande concentração de manchas apenas no piso foi uma indicação de que ela estava retornando pela junção entre as paredes e o piso. De fato, isso foi confirmado pelas seguintes tarefas:

- a) secagem completa do piso e paredes com papel toalha;
- b) colocação de papel toalha no chão próximo aos locais suspeitos;
- c) observação visual do umedecimento dos papéis, comprovando o fluxo de água oriundo do encontro parede-piso. A Figura 7 e a Figura 8 demonstram essa etapa.

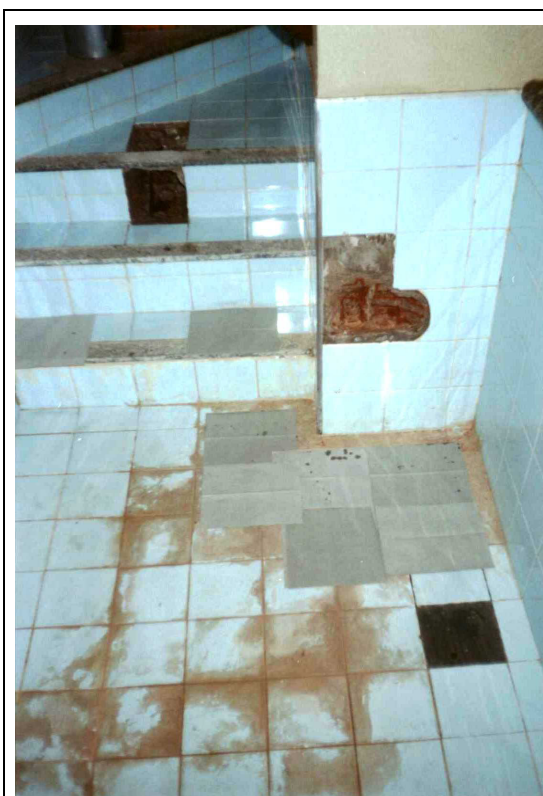


Figura 7 – Aspecto do papel após 15min

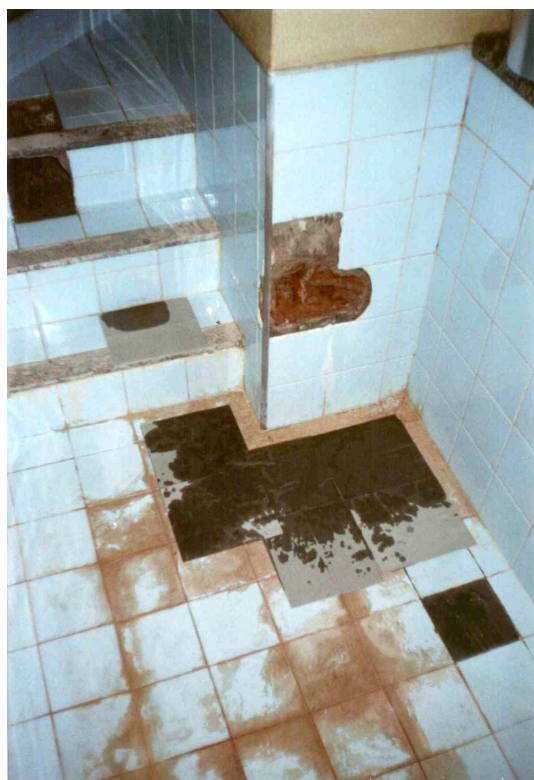


Figura 8 - Aspecto do papel após 90min

O fluxo de água proveniente do substrato foi muito lento e variou bastante com o gradiente hidráulico existente, mas, logo após o esvaziamento da pia, um valor aproximado do retorno da água infiltrada foi de 5 litros por dia. Se esse valor for considerado como médio e constante, chega-se à conclusão de que os blocos ficaram encharcados por pelo menos 12 dias, o que permitiu que os sais da argamassa fossem dis-

solvidos, transportados pela água e depositados sobre as placas do piso. Se, entretanto, for levado em conta que o gradiente hidráulico decresceu com o tempo e que a pia foi usada a cada 15 dias, conclui-se que os blocos ficaram permanentemente úmidos ou submersos em água, o que aumenta ainda mais o potencial de dissolução dos sais da argamassa.

Embora grande parte das crostas estava no piso, existiam algumas manchas tipo escorrimento no espelho dos degraus. Isso se deu devido ao fato de que os encontros face-espelho dos degraus tinham acabamento em granito (Figura 5) e o rejuntamento na sua parte inferior (encontro do granito com o espelho dos degraus) foi precariamente aplicado (Figura 9), possivelmente por causa da dificuldade de acesso e visualização nos degraus mais próximos ao chão. Outro fato importante é que as placas do revestimento foram incorretamente assentadas no encontro das paredes com o piso, o que se refletiu na falta de estanqueidade do rejuntamento (Figura 10).

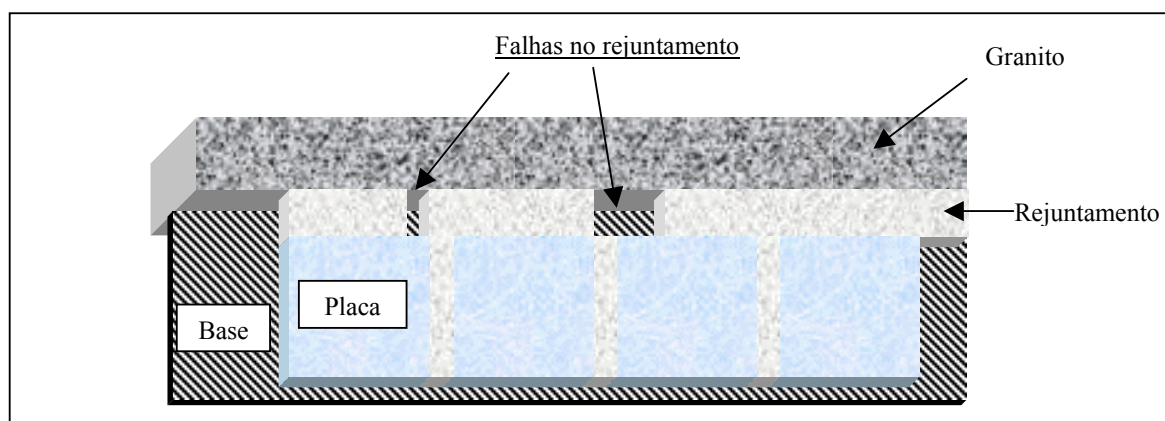


Figura 9 – Encontro face-espelho dos degraus: rejuntamento falho sob o acabamento de granito

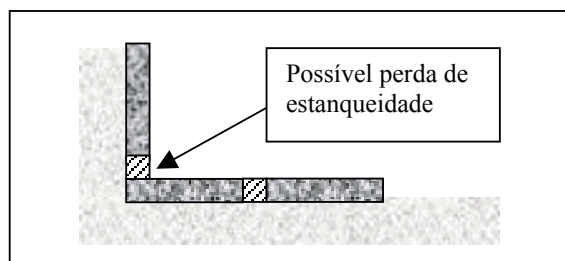


Figura 10 – Aplicação incorreta do rejuntamento

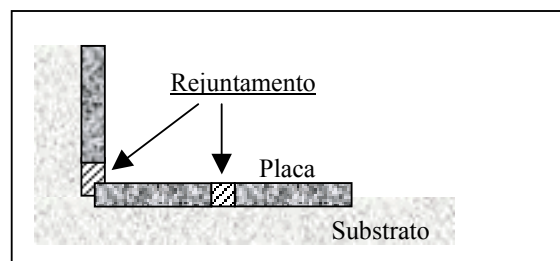


Figura 11 – Aplicação correta do rejuntamento

3.3 Tentativa de limpeza com ácidos

Antes do término do trabalho no local, algumas placas foram isoladas com massa para calafetar e foram feitas tentativas de limpeza das manchas com três tipos de ácido a 20% (diluição 1:5): ácidos nítrico, clorídrico e sulfúrico. Todos eles foram aplicados diretamente sobre crostas com espessura em torno de 1mm e não foi executado qualquer tipo de remoção mecânica prévia.

Como resultado, o ácido nítrico foi o que apresentou melhor desempenho, com grande e rápida formação de bolhas e limpeza de uma placa em poucos minutos de aplicação. Em segundo lugar ficou o ácido clorídrico, que também proporcionou a limpeza, embora depois de um tempo mais longo. Por fim, o ácido sulfúrico revelou-se eficaz apenas nos primeiros instantes, pois a reação cessou rapidamente.

Esse foi mais um indício da composição das crostas, pois a reação do carbonato de cálcio com o ácido sulfúrico pode ter formado uma camada de sulfato de cálcio (gesso) insolúvel sobre a superfície sendo tratada, o que inibiu reações posteriores. Mesmo a aplicação subsequente dos outros dois ácidos no mesmo local não obteve êxito na remoção das crostas.

Embora os três ácidos formem sais como produtos da reação, os cloretos e os nitratos são solúveis em água e não prejudicam o andamento da reação química, razão por que os ácidos clorídrico e nítrico foram eficazes. A seguir, a Tabela 1 mostra as possíveis reações envolvidas.

Tabela 1 – Possíveis reações decorrentes do uso de ácidos

Ácido	Reação envolvida (meio aquoso)		Tempo de limpeza
Nítrico	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HNO}_3$	$\rightarrow \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	Aprox. 10min
Clorídrico	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl}$	$\rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	Aprox. 45min
Sulfúrico	$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$	$\rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot \beta\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	Incapaz de limpar

Para os três tipos de ácidos, não foi comprovada alteração visual do vitrado das placas cerâmicas, embora o rejuntamento tenha sido fortemente danificado, sendo necessária sua reaplicação. **Vale ressaltar, ainda, que o uso de ácidos para limpeza deve ser evitado ao máximo, sob pena de danos permanentes e manifestações patológicas futuras.** Neste estudo de caso eles foram aplicados por motivos de pesquisa e porque a obra será reformada.

3.4 Remoção de corpos de prova para ensaios em laboratório

A retirada de algumas placas para ensaio em laboratório revelou que elas não foram assentadas com argamassa adesiva, mas por um método tradicional com nata de cimento. Todas estavam muito bem aderidas e poucas peças puderam ser integralmente retiradas.

A execução dos ensaios em laboratório nas placas envolveu a raspagem mecânica dos sais, sua moagem em moinho de bolas para atingir a espessura necessária e a posterior moldagem dos corpos de prova para o ensaio de difração de Raios-X. Como resultado da análise do difratograma resultante e consulta às tabelas do ICDD (1995), chegou-se à conclusão de que as crostas eram realmente compostas de carbonato de cálcio.

3.5 Estudo da influência da limpeza nas propriedades do vitrado

A execução dos ensaios foi feita com quatro produtos diferentes: ácido clorídrico, ácido nítrico e produto específico para limpeza de dois fabricantes, A e B. Os ácidos foram utilizados na proporção 1:5 (20%) e os produtos para limpeza na proporção de 1:1 (50%), conforme as orientações das embalagens:

- composição: ácidos especiais, tensoativos e corantes;
- indicações:
 - remoção de óleos, graxas (apenas fabricante A);
 - remoção de resíduos de argamassa e rejuntamento, limpeza de mofo, ferrugem, limo e eflorescências (fabricantes A e B);
- diluição: 1:1, 1:5 e 1:10 (para limpeza pesada, média e leve respectivamente);
- aplicação: após molhar com água limpa a superfície a ser tratada, aplicar o produto com uma escova ou vassoura, esfregando com força o local manchado. Deixar o produto agir de 5 a 10min e limpar a região com água limpa em abundância;
- cuidados: testar o produto em pequenas áreas antes da limpeza e evitar contato com superfícies metalizadas. Não aplicar sobre mármore ou pedras calcáreas.

Como não eram conhecidas as características dos produtos industrializados, o seguinte procedimento foi adotado:

1. raspagem mecânica das crostas de uma das placas;
2. moagem do material em moinho de bolas por 25min, transformando-o em pó. Esse material foi o mesmo utilizado no ensaio de difração de Raios-X;
3. pesagem de quatro porções de 1g de pó;
4. adição dos quatro produtos até a completa reação com o pó, sem resíduos finais. Os produtos foram adicionados até que a formação de bolhas não fosse mais visível a olho nu.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos no laboratório.

Tabela 2 – Descrição dos ensaios de dissolução das crostas em pó

Produto	Quantidade de líquido	Tempo de reação	Observações
Limpador A	17ml	7min	Reação lenta, com muita espuma após o término da formação de bolhas. Dissolução parcial do pó.
Limpador B	17ml	4min	Reação mais rápida que a anterior, com pouca espuma após o término da formação de bolhas. Dissolução parcial do pó.
HCl (20%)	7ml	2min	Reação rápida, com efervescência e dissolução total do material. Líquido final quase transparente. Sem espuma após término da reação.
HNO ₃ (20%)	7ml	1min 30s	Reação rápida, com grande efervescência e dissolução total do material. Líquido final quase transparente. Sem espuma após término da reação.

Os produtos A e B não foram capazes de dissolver todo o material em pó no tempo indicado. Assim, após repouso de 30min e retirada do líquido, foram adicionados mais 10ml de produto, o que resultou em dissolução total dos resíduos nos 20min subsequentes.

Após a remoção das crostas de algumas placas, o vidro se mostrou mecanicamente agredido, com inúmeros riscos profundos e diversos locais sem brilho. Isso pode ter sido ocasionado por tentativas de limpeza inadequadas ao longo da vida útil da obra.

A execução do ensaio de análise visual do aspecto superficial segundo a NBR 13818 revelou que os quatro produtos aplicados não causaram alterações no vidro de placas não atingidas pela eflorescência. Esse ensaio seguiu as orientações conceituais da norma, mas o tempo de ataque foi limitado a 20min pelo fato de ser suficiente para a remoção completa das crostas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns comentários podem ser feitos a respeito do problema e da metodologia utilizada:

1. A grande quantidade de material sobre as placas cerâmicas revelou que não houve interesse efetivo em resolver o problema, já que o local era normalmente utilizado para os fins a que se destinava e a obra possuía um supervisor de manutenção;
2. O assentamento das placas foi bem feito em termos gerais, mas demonstrou falta de atenção para detalhes de rejuntamento e encontro das placas das paredes e do piso. Isso pode ter ocorrido por desconhecimento técnico ou por falha de supervisão;
3. Embora não seja um fator crítico, o uso de placas cerâmicas com absorção elevada foi uma falha de especificação, pois elas não são indicadas para locais sujeitos à ação freqüente de água;
4. A falha existente no emboço, por onde ocorreu a infiltração de água, provavelmente já existia quando as placas foram assentadas, já que não há como ela ter surgido durante o uso do local. Assim, ela deveria ter sido eliminada;
5. O uso de ácidos para a limpeza de revestimentos cerâmicos não é indicado. Neste trabalho, tratando-se de um estudo de caso, tais produtos foram aplicados por quatro motivos: 1) comparar a eficiência dos ácidos com a de produtos industrializados; 2) obter indícios da composição das crostas; 3) o local será desativado após a reforma da obra e 4) grande volume de crostas do local;
6. Embora os produtos de limpeza industrializados tenham como indicação de uso a limpeza de restos de argamassa e rejuntamento, seu uso rotineiro é um contra senso, pois representa a confirmação de que a tarefa de assentamento/rejuntamento foi mal executada. O problema, então, encontra-se no treinamento da mão-de-obra ou na técnica utilizada;
7. A cor cinza-claro das crostas provavelmente deveu-se ao acúmulo de sujeira sobre as crostas brancas recém formadas, tornando-as encardidas. A leve alteração de cor provocada pelos produtos de uso doméstico ratificou esse fato;
8. A especificação dos produtos industrializados para limpeza pesada, média e leve é muito subjetiva e não deixa claros os parâmetros a serem utilizados para optar-se por uma ou por outra;
9. Algumas recomendações podem ser feitas com o objetivo de evitar a repetição do problema:
 - . execução adequada de detalhes em pontos de dificuldade previamente conhecida;
 - . limpeza das juntas antes da aplicação do rejuntamento;
 - . acabamento adequado do substrato, sem falhas, com acabamento desempenado grosso e com planeza adequada;
 - . respeito dos tempos em aberto, de vida e de liberação ao uso das argamassas e do rejuntamento;
 - . uso de placas e rejuntamentos adequados para piscinas;
 - . rápida intervenção para evitar o agravamento do problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818: **Placas Cerâmicas para Revestimento: Especificação e Métodos de Ensaio**. Rio de Janeiro, 1997.
- ICDD - INTERNATIONAL CENTRE FOR DIFFRACTION DATA. **Powder Diffraction File**. Alphabetical Indexes, Inorganic Phases. Sets 1-45. Pennsylvania, USA, 1995.

