Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO DO EDIFÍCIO CECOM/UFRGS

B. RIBEIRO
Mestrando em Engenharia Civil
PPGEC/UFRGS
Rio Grande do Sul; Brasil
bruno.gazzola@hotmail.com

C. GIORDANI
Mestranda em Engenharia Civil
PPGEC/UFRGS
Rio Grande do Sul; Brasil
giordani.carol@gmail.com

G. L. MORAGAL.
Mestrando em Engenharia Civil
PPGEC/UFRGS
Rio Grande do Sul; Brasil
g.longaray@gmail.com

J. RIETH
Mestranda em Engenharia Civil
PPGEC/UFRGS
Rio Grande do Sul; Brasil
larart.arq@gmail.com

P. DA ROSA
Mestranda em Engenharia Civil
PPGEC/UFRGS
Rio Grande do Sul; Brasil
priscila_da_rosa@hotmail.com

T. S. FERNANDES
Mestranda em Engenharia Civil
PPGEC/UFRGS
Rio Grande do Sul; Brasil
thaischmidt@hotmail.com

A. B. MASUERO
Professora Doutora em Engenharia Civil
PPGEC/UFRGS
Rio Grande do Sul; Brasil
angela.masuero@ufrgs.br

RESUMO

O revestimento cerâmico é amplamente utilizado no Brasil, mas seu uso em fachadas muitas vezes é vinculado à possibilidade de ocorrência de diversas manifestações patológicas. A identificação de falhas no revestimentos pode ser realizada através de ensaios destrutivos ou não, sendo exemplos deste último o ensaio de percussão, de permeabilidade e pelo uso de uma câmera termográfica. Os dois primeiros métodos avaliam a aderência e a absorção dos revestimentos, respectivamente. A termografia se baseia na medição e visualização da radiação infravermelha emitida pelos objetos, fornecendo informações sobre áreas com diferentes comportamentos térmicos, que podem ser associadas a certas avarias nas fachadas. Neste contexto, com o objetivo de identificar e avaliar as manifestações patológicas do revestimento cerâmico do prédio do Centro de Combustíveis (CECOM) da UFRGS, foi realizado o levantamento de suas fachadas utilizando-se os métodos citados, além de uma detalhada inspeção visual. Com o resultado de tais análises, foi possível obter importantes indicações acerca do estado atual do revestimento, identificar as possíveis origens das manifestações patológicas existentes e propor soluções para as falhas encontradas
Palavras-chave: manifestações patológicas, termografia, revestimento cerâmico.

ABSTRACT

The ceramic coating is widely used in Brazil, but its use in facades is often associated with the possibility of several pathological manifestations. The identification of flaws in coatings systems can be performed through destructive and non-destructive testing, such as percussion and permeability tests and with the use of thermographic camera. The first two methods, respectively, evaluate the adhesion and the absorption of the coatings. Thermography is based on the measurement and visualization of infrared radiation emitted by objects, providing information on areas with different thermal behaviors that may be associated with certain faults on the facades. In this context, in order to identify and evaluate the pathological manifestations of ceramic coating in the Fuel Center building (CECOM), a survey of the facades using the above methods has been performed, in addition to a detailed visual inspection. With the result of such analysis, it was possible to obtain important information about the current state of the coating, identify the possible sources of the existing pathological manifestations and propose solutions to the detected failures.
Keywords: pathological manifestations, thermography, ceramic coating.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

A norma NBR 5674 [1] cita que é esperado que as edificações sejam construídas para atendimento dos usuários por um longo tempo de serviço, devendo ainda apresentar "condições adequadas ao uso que se destinam resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais". Todavia, as edificações estão sujeitas a ações do meio ambiente, sendo que externamente a fachada sofre com o efeito dos ventos, chuvas, luz, calor, emissões gasosas, vibrações e variações térmicas e de umidade [2]. Isto é, as edificações estão expostas a inúmeros agentes agressivos, que com o passar dos anos, levam a ocorrência de diferentes manifestações patológicas.
Gaspar e Brito [2] observam que o efeito da chuva sobre os revestimentos é um dos mais danosos. A água ao escorrer pela fachada promove lavagem e deposição de particulados e matéria orgânica nos poros dos elementos, promovendo desgaste e proliferação de agentes causadores de dano estético e estrutural. Em alguns casos, sob condições de poluição do ambiente externo, a água da chuva também pode estar relacionada com a formação de chuva ácida pela dissolução de óxidos de enxofre.
A taxa de degradação dos materiais que compõem os edifícios depende também do nível de poluição urbana e qualidade do ar [3]. Ambientes próximos de estações de tratamento de efluentes ou lagos poluídos, em processo de eutrofização, podem também emitir quantidade maior de poluentes. Os corpos de água excessivamente nutrificados, provocam a formação de algas e bactérias que promovem a formação diversos gases, incluindo sulfeto de hidrogênio (H_2S), que além de ataque por sulfatos em elementos armados, pode também promover a formação de ácido sulfúrico [4].
A água absorvida tanto pela chuva ou por umidade em materiais porosos, pode trazer consigo sais higroscópicos que podem atacar os materiais cimentícios (por carbonatação, ataque de cloretos e sulfatos), ou até mesmo o comprometimento físico do revestimento pela entumecimento dos sais hidratados [2]. Para garantir que a edificação apresente condições adequadas em sua vida útil é necessário entender o meio em que a edificação está inserida, direcionando formas de prevenir manifestações patológicas e posteriormente, combate-las.
O objetivo deste trabalho é levantar e avaliar as manifestações patológicas do revestimento cerâmico existente no prédio do Centro de Combustíveis do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, verificando se há a necessidade de reparo nesse revestimento. Para tanto foram utilizados métodos não-destrutivos, como termografia, avaliação visual, absorção de água e percussão. A edificação também apresenta revestimento de fulget, o qual está degradado e sua substituição por revestimento cerâmico está previsto no projeto de reforma existente.

1.1 Manifestações Patológicas em Revestimento Cerâmico

O revestimento cerâmico é um sistema e é composto de diversas camadas, como o substrato que é a base do sistema (estrutura de concreto e/ou alvenaria de vedação), chapisco, emboço, argamassa colante, as placas cerâmicas e seu rejunte. Segundo a NBR 13755 [5], o revestimento externo tem como objetivo proteger a edificação do desgaste causado por agentes atmosféricos e desgaste mecânico, além de proporcionar acabamento estético.
Uma das manifestações patológicas mais frequentes em revestimentos cerâmicos é perda de aderência ao substrato ou a argamassa colante, processo que leva ao descolamento das placas de revestimento [6]. O descolamento ocorre quando as tensões mecânicas são maiores que a capacidade de aderência entre revestimento e substrato, seguido do desplacamento. Roscoe [7] afirma que devido à possibilidade de acidentes com usuários e os custos de reparo, o estudo desta manifestação patológica é de grande importância.
Roscoe [7], também observa que um dos primeiros sinais de problema é a ocorrência de um som cavo (oco) nas placas cerâmicas quando em teste de percussão, ou ainda, o estufamento da camada de acabamento (placas cerâmicas e rejuntes). A este sinal, segue o desplacamento desta área, que pode ser imediato ou ao longo do tempo. Antunes [8] descreve que dentre as possíveis causas de descolamentos e desplacamentos em revestimentos de fachadas, estão problemas de execução, na qualidade dos materiais e fadiga por contrações térmicas nos subsistemas.
Os descolamentos podem apresentar extensão variável, ou seja, em manifestações localizadas ou até em toda extensão de revestimento [9]. Com frequência estas manifestações patológicas ocorrem nas partes inferiores e superiores do edifício, considerando um maior nível de tensões mecânicas nestes locais [10]. Segundo o autor, as manifestações patológicas normalmente são resultantes de combinações de fatores, como descolamentos e fissuras, sendo de difícil recuperação e onerosas.
Diversos ensaios podem ser utilizados para avaliação de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos. Após a inspeção visual, os ensaios mais prováveis são verificação de resistência de aderência e permeabilidade [11]. A estes ainda pode-se somar o ensaio de termografia, que se baseia na medição da radiação infravermelha emitida pelos objetos, podendo fornecer informações sobre áreas com diferentes comportamentos térmicos, as quais podem estar relacionadas a algum tipo de manifestação patológica [12].
A termografia infravermelha se transformou em uma ferramenta consolidada em testes não destrutivos e é empregada para facilitar a inspeção de elementos em edificações, sendo crucial para compreender as causas de defeitos, avaliando o comportamento de um material sem destruí-lo [13]. Uma imagem termográfica é gerada por uma câmera calibrada para medir o poder emissivo de superfícies de uma área em várias faixas de temperatura, captando a radiação emitida através

de um detector e a resposta elétrica é convertida em uma imagem digital em que as diferentes cores correspondem a diferentes níveis de temperatura da superfície que está sob análise [14].
A precisão da imagem depende de vários parâmetros, como a emissividade, partículas atmosféricas (moléculas de gás e de vapor ou sólidas), temperatura ambiente, a velocidade do vento e a distância da edificação [14]. O resultado final de uma inspeção é uma imagem digital, chamada de termográfica e quanto mais quente o objeto, mais brilhante aparece na imagem, dessa forma, pode-se identificar padrões termográficos irregulares, como um aumento ou uma diminuição da temperatura da superfície, indicando problemas específicos, referidos como "anomalias térmicas" [14].
Como a transferência de calor ocorre do exterior para o interior da fachada, a direção solar a que ela está exposta influenciará no resultado da imagem. Portanto, indicam que as medições ocorram no início da manhã ou tarde da noite, quando as temperaturas externas são mais baixas ou quando há pouca chance de radiação solar incidente na fachada durante a inspeção [13].

2. ESTUDO DE CASO

O presente estudo foi realizado na fachada da edificação do Centro de Combustíveis (CECOM), pertencente ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O mesmo está situado no campus Vale da referida universidade, na Av. Bento Gonçalves, nº 9500, Porto Alegre/RS. A região da construção é caracterizada por áreas bastante arborizadas, como nota-se na Figura 1 (a), que traz a localização do Centro de Combustíveis dentro do campus. Duas de suas fachadas, noroeste e sudoeste, sofrem pouca incidência de raios solares devido à barreira de vegetação existente próxima de ambas, conforme mostra a imagem (b). Nas imediações da construção encontram-se um corrego com uma pequena represa e queda d'água, que segundo classificação de Freitas [15] possui águas eutrofizadas e com baixa saturação de oxigênio. O clima da região é classificado como subtropical úmido, com temperatura média anual de 19,5ºC, entretanto as temperaturas máximas podem ultrapassar os 40ºC e as mínimas ficam próximas de 0°C [16].



(a) (b)

Figura 1: Localização do Centro de Combustíveis

Concluída em 2005 com uma área de 1084 m² dividida em 2 pavimentos, a edificação conta com 24 laboratórios que desenvolvem pesquisas com petróleo e seus derivados. A estrutura da edificação é composta por vigas e pilares de concreto armado e as paredes de vedação são de alvenaria. A cobertura possui telhas de fibrocimento ocultas por uma platibanda que recebe capeamento metálico no corpo principal da edificação. O revestimento externo desta construção é composto por argamassa com pintura, plaquetas cerâmicas e fulget. O revestimento cerâmico, objeto deste trabalho, é constituído por plaquetas retangulares de comprimento 25cm e largura igual a 6,5cm a espessura de junta é de 10mm. Na Figura 2 são apresentadas as fachadas indicando a posição do revestimento cerâmico.

3. METODOLOGIA

A avaliação da edificação em estudo iniciou com um levantamento visual, com o intuito de registrar as manifestações patológicas perceptíveis a olho nu nas fachadas da mesma. Apesar de simples, esta análise teve grande importância, pois permitiu a identificação dos pontos mais críticos da construção. A inspeção visual com a mensuração de fissuras é classificada, por Silvestre e Brito [17], como um método de grande correlação com as anomalias das fachadas e de fácil execução. Esta etapa constituiu-se na quantificação das fissuras presentes nas fachadas, com o auxílio de fissuromentros, no levantamento fotográfico dos diferentes panos do revestimento e no registro de todas as manifestações patológicas identificadas, em perspectivas impressas da edificação.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

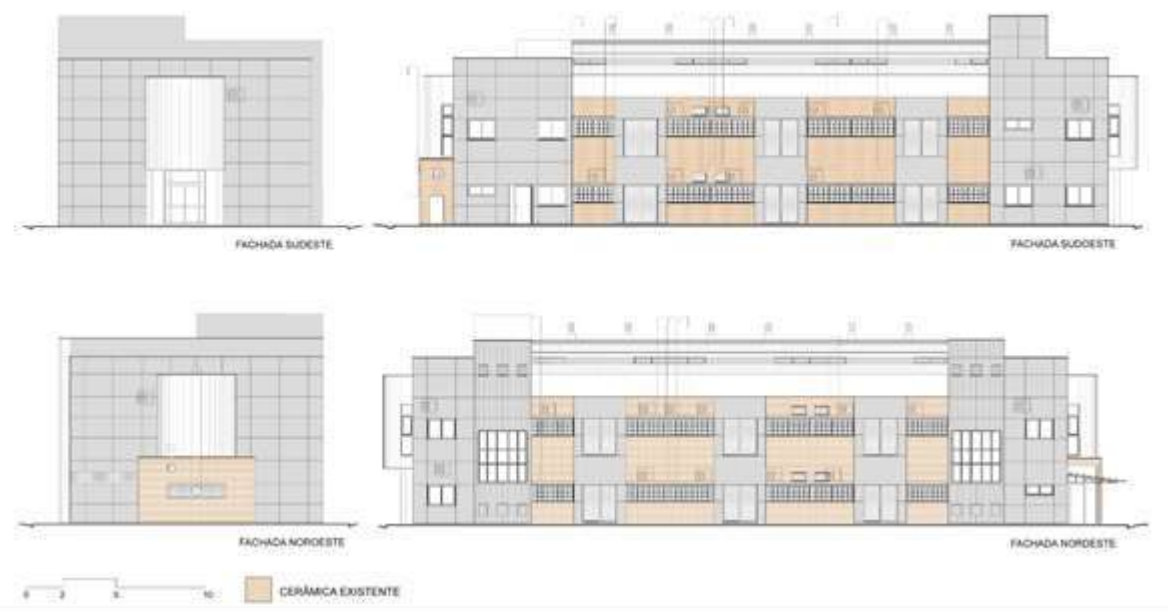


Figura 2: Fachadas do edifício CECOM

A segunda fase da inspeção em campo constituiu-se do ensaio por percussão, buscando detectar áreas do revestimento com baixa aderência. O procedimento para esta análise baseia-se em percutir toda a extensão da fachada com martelo de madeira ou borracha, onde os pontos de baixa aderência caracterizam-se por emitir som oco durante a percussão. O método é frequentemente adotado em pesquisas investigativas [18] [19] [20], para diversos tipos de revestimentos aderidos. Este ensaio foi realizado apenas na altura do pavimento térreo, devido à impossibilidade de efetuar trabalhos em maiores alturas. A fachada nordeste não pode ser percutida, pois as atividades na edificação não permitiram a produção de ruído nesta área.

Com o objetivo de avaliar o desempenho do revestimento cerâmico quanto a absorção de água sob baixa pressão, realizou-se o ensaio segundo o método proposto pelo CSTC/NIT 224 [21]. Denominado como "método do cachimbo", esse ensaio mensura a permeabilidade dos revestimentos através da identificação do volume de água absorvida por uma área determinada, ao longo do tempo. Para tal, foram utilizados tudos de vidro com demarcação de volumes, conhecidos por tudos de Carsten ou cachimbos, com volume total de 4 ml de água. A fixação destes instrumentos foi realizada com silicone, em 4 pontos distintos, dois em centros de peças cerâmicas e 2 incorporando as juntas, conforme ilustra a Figura 3. Após a fixação dos tubos, os mesmos foram preenchidos com água até a marcação 0 ml e o volume de água absorvido foi registrado a cada 60 segundos durante 15 minutos. Os 4 pontos ensaiados situavam-se na fachada noroeste da edificação.

A termografia também foi utilizada para a identificação de falhas nas fachadas da edificação do CECOM, este método baseia-se na medição e visualização da radiação de infravermelhos emitida pela superfície dos elementos. A radiação é capturada por um detector e a resposta elétrica gerada é convertida em imagem digital, onde as diferentes temperaturas da superfície são traduzidas por variações nas cores da imagem. A termografia é classificada como uma técnica de avaliação não destrutiva, para Cortizo et al. [22] os ensaios não destrutivos devem sempre preceder aos métodos destrutivos.

Bauer et al. [23] ressaltam a importância de estabelecer os parâmetros térmicos do revestimento de forma correta, pois caso os mesmos sejam arbitrados no equipamento de maneira errônea, os resultados poderão ser distorcidos. Neste trabalho, tais parâmetros como a temperatura aparente refletida e a emissividade do revestimento foram calibrados na câmara termográfica, conforme as instruções contidas no manual da mesma. A máquina adotada para a execução deste estudo foi a FLIR T, utilizada em seu modo automático.

Ademais dos parâmetros ajustados no equipamento, as condições do meio exercem influência na precisão da imagem, como a presença de partículas suspensas no ar e a velocidade do vento no momento do ensaio [14]. O levantamento termográfico foi realizado nas 4 fachadas da edificação, porém em horários distintos, visto que as imagens foram capturadas em momentos em que os panos de revestimento não estivessem sobre incidência de raios solares e que a temperatura externa não fosse superior à interna, conforme as recomendações de Cerdeira et al. [13].

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise visual, a análise termográfica e o ensaio de percussão, realizados no revestimento cerâmico da fachada, foram analisados conjuntamente a fim de se identificar as manifestações patológicas correspondentes. Entre as principais ocorrências observadas estão o desplacamento, o descolamento, a eflorescência, a fissuração e o manchamento, as quais foram graficadas em mapas das fachadas. Além de apresentar o estado da edificação no momento em que foram realizadas as análises, a identificação das manifestações permitiu elaborar uma proposta de intervenção para este revestimento, visando sua melhoria.

4.1 Caracterização da permeabilidade do revestimento cerâmico pelo método do cachimbo

Os resultados do ensaio de permeabilidade pelo método do cachimbo, realizado a fim de caracterizar os materiais empregados no revestimento cerâmico, demonstraram que a plaqueta cerâmica possui uma absorção maior que a argamassa de rejuntamento entre as peças, conforme pode ser observado na Figura 4. A absorção total das plaquetas cerâmicas foi de 1,05 ml, e a da argamassa de rejuntamento foi de 0,8 ml.
A NBR 14992 [24] apresenta o ensaio de permeabilidade de rejuntes de argamassa à base de cimento, o qual consiste na medida da redução da coluna de água contida em um tubo de vidro afixado sobre um corpo de prova cúbico, de 50mm de dimensões, em 60, 120, 180 e 240 minutos. A absorção, ao final do ensaio, é limitada em menos de 2cm³ para o rejuntamento tipo I, e menos de 1cm³ para o rejuntamento tipo II. Com estes dados, verifica-se que a absorção de 0,8ml (0,8cm³) do rejunte entre as peças cerâmicas no intervalo de 15 minutos pode ser considerada elevada.
Além disso, o valor elevado de absorção apresentado pelas plaquetas cerâmicas, comparativamente com o valor do rejunte, está em desacordo com o apresentado por Valiati [25], a qual indica que a penetração de água através da plaqueta cerâmica é rara, ocorrendo quando o produto possui defeito, e que essa infiltração ocorre pelas juntas e rejunte entre as peças.
Esta permeabilidade elevada, verificada tanto na plaqueta cerâmica quanto no rejunte, contribui para a entrada de água na interface entre o substrato e o revestimento cerâmico, e pode contribuir na evolução dos processos de degradação observados. Como forma de minimizar as manifestações patológicas associadas à alta permeabilidade do material, pode-se aplicar agentes impermeabilizantes ou hidrofugantes na superfície deste revestimento.



Figura 3: Ensaio de permeabilidade de água

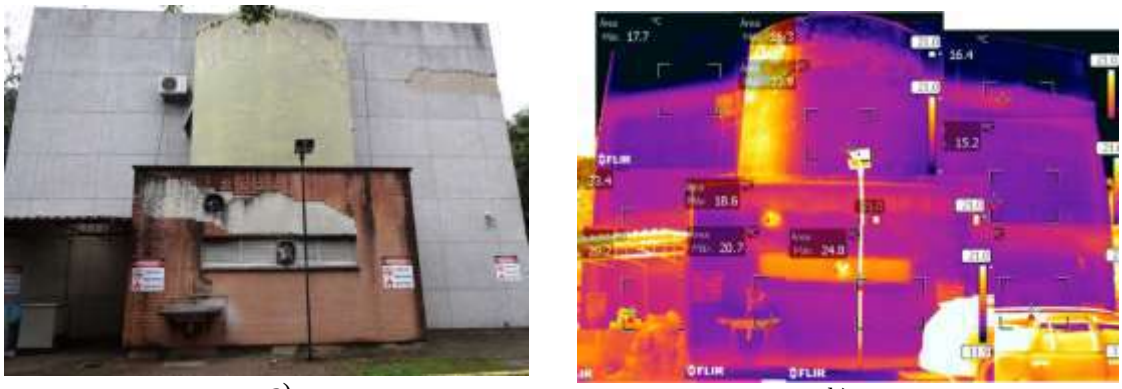


Figura 4: Permeabilidade do revestimento cerâmico

4.2 O estado da edificação na ocasião do estudo

Neste tópico são apresentadas a imagem fotográfica e termográfica das fachadas, bem como o mapa das manifestações patológicas encontradas.
A fachada Noroeste, a qual apresenta, visualmente, os maiores danos, tem suas imagens fotográfica e montagem das imagens termográficas apresentada na Figura 5. Por sua vez o mapeamento das manifestações patológicas no revestimento cerâmico é apresentado na Figura 6.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



a) b)

Figura 5: a) Imagem fotográfica da fachada Noroeste e b) Montagem das imagens termográficas da fachada Noroeste

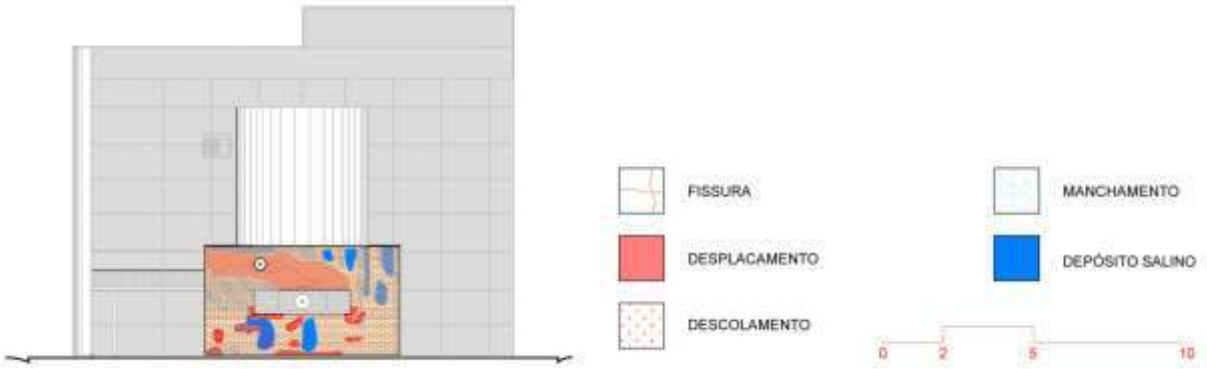
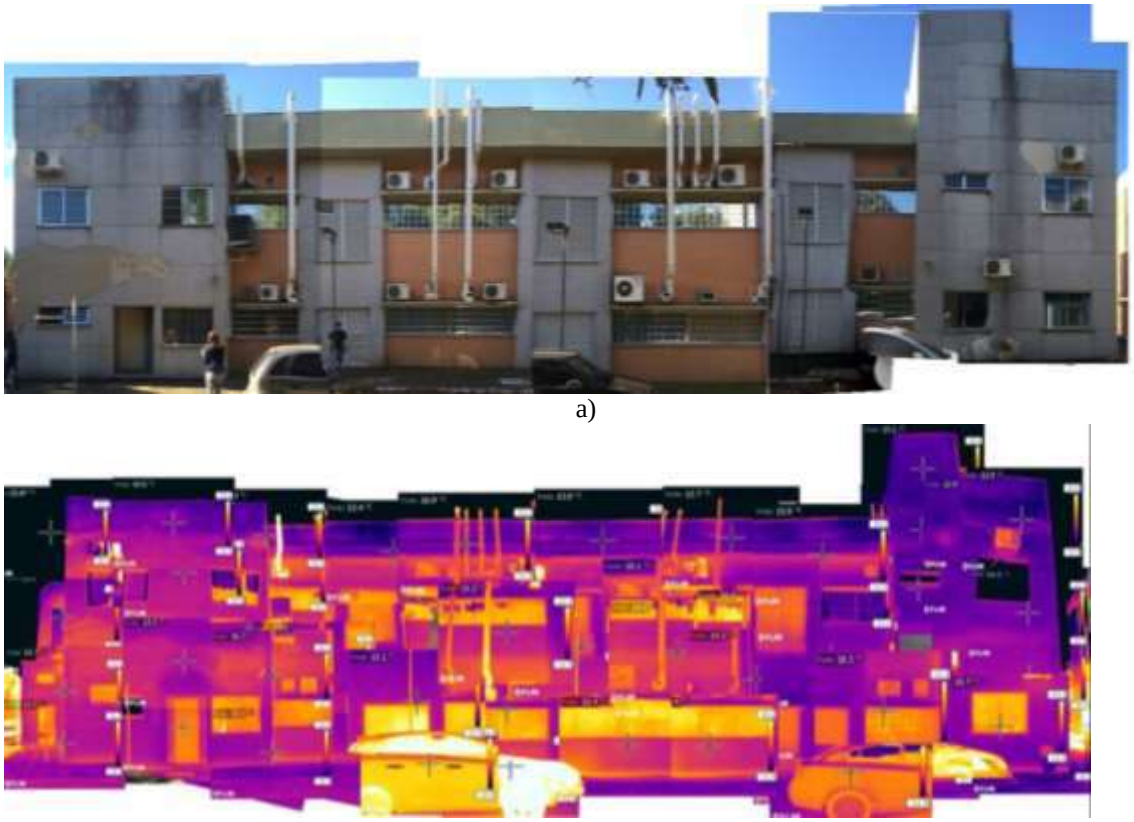


Figura 6: Mapeamento das manifestações patológicas no revestimento cerâmico da fachada Noroeste

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Na figura 7 e 8 são apresentadas a montagem das imagens fotográficas e termográficas da fachada Sudoeste e o mapeamento das manifestações patológicas no revestimento cerâmico, respectivamente.



a)

b)

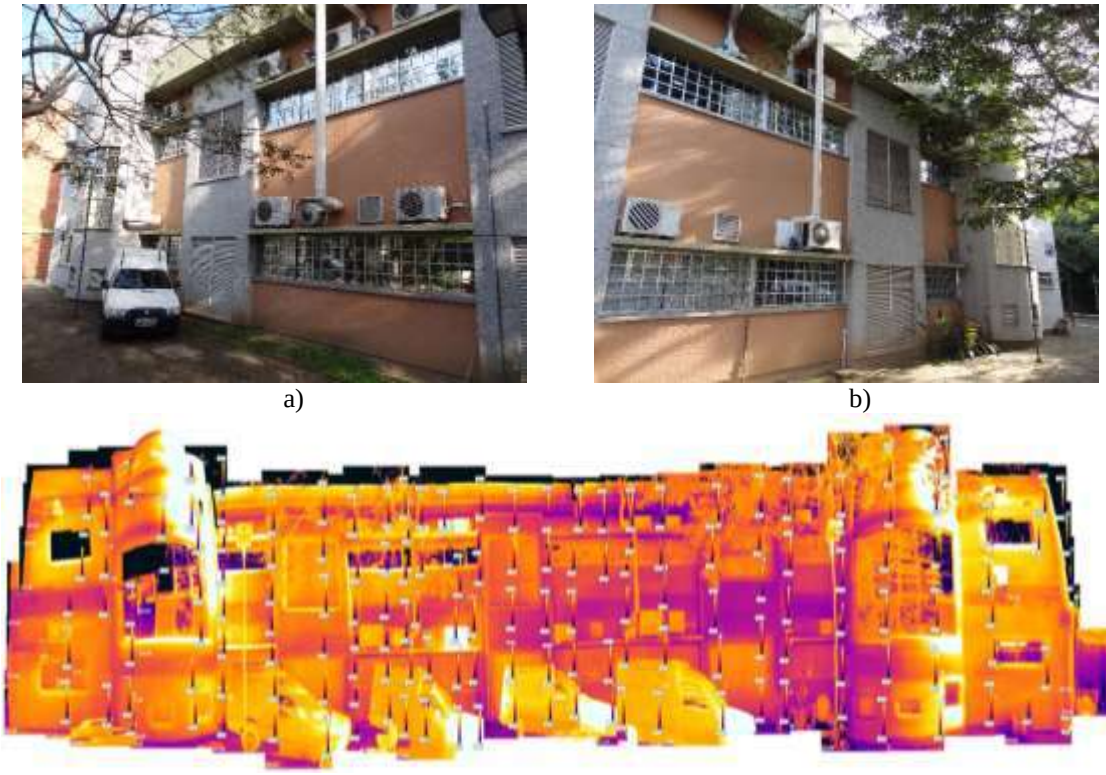
Figura 7: a) Montagem das imagens fotográficas da fachada Sudoeste e b) Montagem das imagens termográficas da fachada Sudoeste



Figura 8: Mapeamento das manifestações patológicas no revestimento cerâmico da fachada Sudoeste

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

As imagens fotográficas e montagem das imagens termográfica da fachada Nordeste são apresentadas na Figura 9, assim como as manifestações patológicas no revestimento cerâmico estão graficadas na Figura 10.



a) b)

c)

Figura 9: a) e b) Imagens fotográficas da fachada Nordeste e c) Montagem das imagens termográficas da fachada Nordeste



Figura 10: Mapeamento das manifestações patológicas no revestimento cerâmico da fachada Nordeste

Por não conter revestimento cerâmico, a fachada Sudeste não será apresentada.

4.3 Manifestações Patológicas Observadas e Propostas de Intervenção

A seguir serão apresentadas cada uma das manifestações patológicas encontradas no revestimento cerâmico

4.3.1 Desplacamento e Descolamento em Revestimentos Cerâmicos

O revestimento cerâmico é considerado um sistema, sendo composto de diversas camadas, como o substrato (estrutura de concreto e/ou alvenaria de vedação), chapisco, emboço, argamassa colante, as placas cerâmicas e seu rejunte.

Segundo a NBR 13755 [5], o revestimento externo tem como objetivo proteger a edificação do desgaste causado por agentes atmosféricos e solicitações de origem mecânica, além de proporcionar acabamento estético.
Portanto como em todos os sistemas, a responsabilidade pela ocorrência de patologias jamais deve recair sobre apenas um aspecto, apresentando-se quase sempre como uma combinação de diversas razões [8]. Desta forma, são de grande importância o estudo e a compreensão das manifestações patológicas que afetam em especial este tipo de revestimento devido à possibilidade de acidentes com usuários e aos elevados custos de reparo [7].
Uma das manifestações patológicas mais frequentes em revestimentos cerâmicos é a perda de aderência ao substrato ou à argamassa colante, processo que em um primeiro momento leva ao descolamento das placas de revestimento, sendo seguido do desplacamento das mesmas, caso não ocorra nenhum tipo de intervenção [6]. O descolamento ocorre quando há o rompimento das interfaces entre as camadas pelo aparecimento de tensões maiores que a capacidade de aderência entre revestimento e substrato. Estas tensões podem ter origem da variação térmica na fachada, por um projeto e execução falhos, por movimentações estruturais, pelo uso de materiais de baixa qualidade, entre outros [8].Roscoe [7], também observa que um dos primeiros sinais desse problema é a ocorrência de um som cavo (oco) nas placas cerâmicas quando em teste de percussão, ou ainda, o estufamento da camada de acabamento (placas cerâmicas e rejuntes). A este sinal, segue o desplacamento desta área, que pode ser imediato ou ao longo do tempo.
No presente trabalho, o fenômeno de descolamento de placas cerâmicas foi encontrado na fachada nordeste, devido, muito provavelmente, aos diferentes módulos de deformação dos materiais do substrato, como mostra a Figura 11, gerando tensões e o aparecimento de bolsões. Já na fachada noroeste, Figura 12, este fenômeno está em seu estágio posterior, o desplacamento. Entretanto neste caso a movimentação térmica, pela alta incidência solar nesta frente, junto da umidade, presente no riacho que transcorre ao longo desta fachada, explicam a ocorrência deste grave problema.
Para estas manifestações, as soluções propostas foram a remoção do revestimento do local afetado que não apresente boa aderência ao suporte, a construção dos peitoris adequados para amenizar a incidência de água sobre o material cerâmico e a reposição do revestimento considerando juntas.



Figura 11: a) Imagens fotográficas de descolamento de plaquetas cerâmicas na fachada Nordeste e b) Imagens termográficas de descolamento de plaquetas cerâmicas na fachada Nordeste

4.3.2 Biodeterioração

Para Shirakawa et al. [26], os termos bolor e mofo são utilizados para designar a colonização de diferentes substratos por diversas populações de fungos filamentosos. O desenvolvimento de manchas escuras indesejáveis em fachadas, associadas a existência desses fungos, levam a alteração estética da edificação e possível desvalorização comercial do imóvel. Outros microrganismos que podem estar envolvidos na biodeterioração são os líquens e as bactérias.
O clima, as condições microclimáticas (umidade, temperatura e luminosidade) e os níveis de poluição química e biológica podem influenciar diretamente no desenvolvimento das colônias biológicas [27]. Shirakawa *et al.* [26] afirmam ainda que mesmo que o revestimento contenha todos os nutrientes necessários para o crescimento das colônias, as mesmas não aparecerão enquanto não houver umidade suficiente no substrato. Dessa forma, características do material como composição química e capacidade do mesmo em absorver água exercem grande influência no desenvolvimento das colônias.
Na edificação analisada, a alta porosidade apresentada pelo revestimento cerâmico e pelo rejunte contribuíram para a colonização dos mesmos (Figura 13). A escolha do método de tratamento mais adequado dependerá do tipo de microrganismo presente, do substrato a ser tratado, do estado de conservação e também dos custos envolvidos. A limpeza e prevenção do crescimento das colônias biológicas pode ser realizada pela aplicação de produtos químicos ou biocidas, sendo necessário primeiramente identificar quais os microrganismos presentes de forma a escolher o agente químico mais adequado. Em seguida deve-se realizar limpeza mecânica na zona afetada para somente então proceder com a aplicação do biocida [27].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 12: Descolamento e manchamento na fachada Noroeste



Figura 13: Biodeterioração e eflorescência na fachada Noroeste

4.3.3 Manchamento

O acúmulo de pó, fuligem e particulado poluente sobre os revestimentos externos é bastante comum em centros urbanos. Fatores como clima, tipo de material, forma da fachada e intensidade do vento, influenciam diretamente o manchamento do revestimento da edificação [28]. Para Bauer [29], a ocorrência de nevoeiro ou umidade relativa do ar elevada conduz ao aumento da deposição e adesão das partículas sobre revestimentos mais porosos. Além disso, a lavagem da chuva pode conduzir ao arraste da sujeira depositada, causando manchas escorridas.
Os agentes causadores do manchamento podem estar somente depositados ou aderidos ao revestimento. Quando a sujidade está somente depositada, o vento pode atuar como dispersante, contudo, quando aderida é necessário intervir na edificação procedendo com lavagem sob pressão adequada, utilizando detergente neutro e água quente, como é o caso da fachada nordeste apresentada na Figura 12.
Em diferentes pontos próximos ao solo foi identificado zonas de manchamento relativas a reflexão da água da chuva e de equipamentos no revestimento (figura 14). Como solução para esse tipo de manchamento, sugere-se a construção de pavimento ao longo do perímetro da edificação.

4.3.4 Trincas e Fissuras

As placas cerâmicas tendem a se movimentar devido a variações de temperatura e umidade do ambiente, sendo função das juntas de assentamento permitir que as placas trabalhem individualmente, acomodando as deformações impostas a camada externa do sistema aderido. Além de absorver parte das tensões provocadas pela movimentação do substrato e dilatação térmica as juntas devem garantir a estanqueidade do sistema além de contribuir para a estética da edificação. Quando não estanques elas permitem a passagem da água e outros agentes deletérios levando a ocorrência de diferentes manifestações patológicas. O acesso a água limita-se a quatro posições distintas do sistema nas juntas não preenchidas ou mal preenchidas, em fissuras entre as juntas e a placa cerâmica, em fissuras no rejunte e através do corpo do rejunte [25].
Foi identificado na fachada nordeste a presença de fissuras sobre uma área cujas plaquetas já sofreram intervenção. A fissuração pode ter origem na movimentação diferencial dos materiais, pois a zona em questão se encontra em parte sobre base de concreto armado e em parte sobre alvenaria. Além disso o material utilizado para o preenchimento das juntas pode ser muito rígido, contribuindo para a fissuração. Sugere-se verificar se a zona fissurada ainda se encontra perfeitamente aderida para somente então proceder com raspagem das juntas fissuradas e colocação de novo rejuntamento, utilizando uma argamassa com menor módulo de elasticidade.

4.3.5 Eflorescência

A eflorescência caracteriza-se por manchamento de coloração diversa, sendo mais comum a branca, causados pela deposição de sais na superfície dos revestimento (eflorescência) ou internamente à eles (cripto-eflorescência). Os sais podem possuir forma pulverulenta e muito solúvel, ou podem apresentar-se incrustados e insolúveis [30].
Para a ocorrência deste fenômeno, é necessário a existência concomitante de 3 fatores: presença de água, existência de sais nos materiais (argamassas, materiais cerâmicos, contaminantes) e gradiente hidráulico (também chamada pressão isostática, responsável pela força para a migração da solução) [9] [30]; A eflorescência é gerada quando os sais presentes nos materiais são dissolvidos na presença de água, transportados através dos poros dos materiais nesta solução, e cristalizados novamente quando ocorre redução de água ou aumento do teor de sais [30] [31]. Pezzato [31], indica que, no caso dos revestimentos cerâmicos, a eflorescência ocorre principalmente em peças porosas e não esmaltadas, e esta manifestação aparece através do rejunte. A autora comenta ainda que uma das fontes dessa manifestação é a utilização de ácidos sem a correta diluição no momento da limpeza de obra.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

No revestimento estudado, foi verificada a presença de manchamento brancos com aspecto de escorrimento no rejunte e na plaqueta cerâmica principalmente na fachada noroeste (figura 13) e, com menor intensidade, na fachada nordeste (figura 15). Este manchamento aparenta ser característico de eflorescência. Porém, maiores estudos seriam necessários para a identificação do tipo e material de origem do sal (plaqueta cerâmica, rejunte, argamassa de assentamento), bem como da origem da umidade (de chuva, de infiltração). Somente o conhecimento de tais fatores pode definir qual a melhor intervenção para inibir o fenômeno. Na fachada noroeste, extremamente degradada, a reforma completa do revestimento cerâmico é a solução mais indicada. Na fachada nordeste, que apresenta pequenas áreas de ocorrência do fenômeno, é indicado realizar lavagem da área conforme o tipo de sal, para fins estéticos; e inibir a fonte de umidade ou substituir o material que atua como fonte de sal, caso forem verificados maiores danos no revestimento.


Figura 14: Manchamento por reflexão da chuva no solo


Figura 15: Eflorescência na fachada Nordeste

4.3.6 Elementos de fachada

Os equipamentos de ar condicionado foram instalados através de suportes no revestimento tipo fulget, e apoiados diretamente sobre as marquises de sombreamento das janelas, existentes no revestimento cerâmico. A inserção destes elementos na fachada resulta em danos estruturais, como as solicitações inadequadas para a marquise, além de estéticos e funcionais, como as aberturas inadequadas para a passagem das instalações, que permitem a entrada de umidade e os drenos ineficientes, cuja água pinga no solo e reflete na fachada (figura 14). Como medida, é proposta a elaboração de um projeto que contemple a organização destes elementos na fachada e a correta drenagem dos mesmos. As saídas de exaustão instaladas nas fachadas também funcionam como elementos que direcionam a água da chuva, gerando umidade e manchamento na base da edificação. Na fachada noroeste, a inexistência de um prolongamento dos dutos de exaustão para o topo da edificação pode ter contribuído para as manifestações patológicas ali encontradas.

5. CONCLUSÕES

O revestimento cerâmico desta edificação apresenta situação variável entre as diferentes fachadas. Tanto os fatores externos não controláveis, como insolação, chuva, ventos, contaminantes originados no córrego próximo, materiais de construção escolhidos, quanto os fatores relacionados ao uso da edificação, como as atividades ali desempenhadas, e a necessidade de instalação de elementos na fachada, contribuem para o início e evolução dos processos de degradação observados.

A fachada Noroeste, a qual apresenta diversas manifestações patológicas no revestimento cerâmico, e em estágio avançado, já estava contemplada no projeto de reforma. Contudo também foram verificadas zonas pontuais de descolamento, fissuração e manchamento de diversas origens no revestimento cerâmico das fachadas nordeste e sudeste, sendo sugerido, para estes locais, as intervenções propostas no capítulo anterior como, por exemplo, a utilização de juntas no encontro dos substratos cerâmico e de concreto, a reposição do revestimento em alguns trechos, e a lavagem e limpeza nos locais com manchamentos.

6. REFERÊNCIAS

[1] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 5674: manutenção de edificações – requisitos para o sistema de gestão de manutenção.* Rio de Janeiro, 2012.

[2] Gaspar, P.; De Brito, J.. Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators. *Building and Environment*, v. 43, n. 11, p. 1818-1828, 2008.

[3] Manning, M. Corrosion of building materials due to atmospheric pollution in the United Kingdom. In: *Air Pollution, Acid Rain and the Environment*. Springer Netherlands, 1988. p. 37-66.

[4] Zivica, V.; Bajza, A. Acidic attack of cement based materials—a review.: Part 1. Principle of acidic attack. *Construction and Building materials*, v. 15, n. 8, p. 331-340, 2001.

[5] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante*. Rio de Janeiro, 1996.
[6] Abitante, A.; Groff, C. Manifestações patológicas encontradas em revestimentos de fachada–*Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, Maceió, 2014.
[7] Roscoe, M. *Patologias em Revestimento Cerâmico de Fachada*. 2008. Monografia (Especialização em construção civil) - Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
[8] Antunes, G. *Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178p.
[9] Bauer, R. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. In: *Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas*. Salvador, 1997. Anais p. 321-33.
[10] Medeiros, J.; Sabbatini, F. *Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1999.
[11] Segat, G. *Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS).* Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre. 2005.
[12] Moresco, J. et al. Termografia infravermelha na detecção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassado. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. João Pessoa, 2015.
[13] Cerdeira, F. et al. Applicability of infrared thermography to the study of the behaviour of stone panels as building envelopes. *Energy and buildings* 43, 2011.
[14] Balaras, C., Argiriou, A. Infrared thermography for building diagnostics. Energy and buildings, 2002.
[15] Freitas, C. *Caracterização ecológica da represa Mãe D'água, Campus do Vale da UFRGS, morro Santana, Porto Alegre – RS (Brasil).* 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociência, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
[16] Mascaró, L.; Mascaró, J. *Ambiência urbana*. 3.ed. Porto Alegre: Masquatro, 2009.
[17] Silvestre, J.; Brito, J. Inspeção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes. *Revista Engenharia Civil*, v. 1, 2008.
[18] Teles, C. *Inspeção de fachadas históricas: levantamento de materiais e danos de argamassas*. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. 2010.
[19] Paes, I.; Carasek, H. Desempenho das argamassas de rejuntamento no sistema de revestimento cerâmico. *Ambiente Construído*. 2002.
[20] Colen, I. et al. Avaliação in-situ da aderência de materiais de revestimento. In.: *Congresso Nacional De Argamassas De Construção*, 2., 2007, Lisboa: APFAC, 2007.
[21] Centre scientifique et technique de la construction (CSTC). *NIT 224 - Hydrofugation de surface*. Note d'information technique, n° 224, juin 2002.
[22] Cortizo, E. et al. Estado da arte da termografia. *Forum Patrimônio: ambiente construído e patrimônio sustentável*. Belo Horizonte. v. 2. n. 2. maio/agost. 2008.
[23] Bauer, E. et al. Erros na utilização de parâmetros termográficos da argamassa e da cerâmica na detecção de anomalias em revestimentos. In.: *Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas*, 11., 2015, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBTA, 2015.
[24] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 14992: A.R. - Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas - Requisitos e métodos de ensaios.* ABNT: Rio de Janeiro, 2003.
[25] Valiati, V. *Estudo da Estanqueidade de Rejuntes em Revestimentos Cerâmicos Externos*. 2009. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
[26] Shirakawa, M. et al. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. *Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, v. 1, p. 402-10, 1995.
[27] Coutinho, D. *Revestimentos biológicos em pedras graníticas do património construído: ocorrência, limpeza e prevenção*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Minho, Braga, 2009.
[28] Lersch, I. *Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2003.
[29] Bauer, E. *Resistência à penetração da chuva em fachadas de alvenaria de material cerâmico: uma análise de desempenho*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 1987.
[30] Junginger, M. *Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis*. 2003. 141 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

[31] Pezzato, L. M. *Patologias no sistema revestimento cerâmico: um estudo de casos de fachadas*. 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DO ESTÁDIO ANTONIO DIAS "NAVEGANTÃO"

FERNANDO CAMARINHA
Estudante
Instituição: UFPA
Pará; Brasil
Email: fcamarinha11@gmail.com

JOSÉ VALDISAR JR
Estudante
Instituição: UFPA
Pará; Brasil.
Email: valdisarjunior@gmail.com

TAIZA FERREIRA
Docente
Instituição: UFPA
Pará; Brasil.
Email: taizaferreira@ufpa.br

RESUMO

O presente artigo tem como finalidade a análise, estudo e identificação das manifestações patológicas em geral do Estádio Municipal Antônio Dias "Navegantão" na cidade de Tucuruí, Estado do Pará.

O Estádio Municipal Antônio Dias recebe em média oito mil pessoas por jogo, tornando-o um atrativo turístico, com um fluxo intenso de pessoas, o que torna necessário um estudo das manifestações patológicas e uma análise detalhada das instalações, diminuindo o processo de deterioração e aumentando a vida útil da estrutura. O estudo identificou anomalias existentes na estrutura do estádio que foram detalhadas e documentadas, para posteriores propostas de correções e melhorias. Por meio de fotos que serão apresentadas ao longo do trabalho, mostraremos as manifestações patológicas encontradas, bem como suas causas, efeitos e possíveis medidas mitigatórias.
Palavras Chave: Patologia, Análise, Anomalias.

ABSTRACT

This work aims the analysis, study and identification of the pathological manifestations in general of the Antonio Dias "Navegantão" Municipal Stadium in the city of Tucuruí, Pará.

The Antonio Dias "Navegantão" Municipal Stadium receives an average of eight thousand people per game, making it a tourist attraction, with a intense flow of people, which becomes necessary a study of pathological manifestations and a detailed analysis of the facilities, reducing the process of deterioration and increasing the lifespan of the structure. The study identified anomalies in the structure of the stadium that were detailed and documented for future proposals of corrections and improvements. Through photos that will be presented throughout this work, we show the pathological manifestation that were found, as well as their causes, effects and possible mitigation measures.
Keywords: Pathology, Analysis, Anomalies.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

O termo "patologia" é derivado do grego (pathos - doença, e logia - ciência, estudo) logo, denominada “estudo da doença". Na construção civil pode-se atribuir patologia aos estudos dos danos ocorridos em edificações.
As manifestações patológicas se apresentam de diversas formas, como: trincas, fissuras, infiltrações e danos por umidade excessiva na estrutura, carbonatação e reação álcali-agregado.
Segundo [SOUZA & RIPPER, 1998] o ramo da engenharia que trata sobre o estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de falhas de concepção e execução das construções civis denomina-se Patologia das Estruturas.

Estima-se que, em países industrialmente desenvolvidos, cerca de 40% do total dos recursos das indústrias da construção estão sendo aplicados em reparo e manutenção de estruturas existentes e apenas 60% em novas instalações. Isso demonstra que um dos requisitos para um futuro mais sustentável na construção civil é o aumento na durabilidade das estruturas. [METHA & MONTEIRO, 2008].

No que se refere ao Estádio Municipal Antônio Dias, desde 2009 é utilizado para jogos do time mandante local (Independente Atlético Clube) e passou apenas por pequenas reformas, como: pinturas, adequações e relocações de alguns elementos. Sendo assim, o artigo visa apresentar e analisar as manifestações patológicas mais relevantes.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho tem como metodologia a verificação *in loco* de manifestações patológicas no estádio municipal Antônio Dias, onde foi realizada a inspeção visual conforme fotos apresentadas. Para identificação dos tipos de patologia, foi utilizado referencial bibliográfico de autores e pesquisadores sobre o tema.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme descrito anteriormente, o estádio “Navegantão” é de suma importância para a demanda esportiva e turística e local, portanto, as condições da edificação devem atender o melhor desempenho estrutural e estético para que sua vida útil seja satisfatória.



Figura 1: Estádio Navegantão

Baseado nisso, foram analisadas algumas manifestações patológicas mostradas a seguir:

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Danos causados por umidade são bastante comuns em edificações e são associados à má execução do projeto, falta de preparo dos profissionais envolvidos e descaso com os fatores naturais, e apesar de serem considerados danos primários, eles podem gerar grandes transtornos na edificação. A Figura 2 mostra claramente o aparecimento de mofo no teto do banheiro do estádio, resultando em um desconforto estético e podendo ocasionar danos secundários à estrutura.



Figura 2: Patologia causada por umidade

A Figura 3 mostra as manifestações patológicas por umidade e infiltrações na área externa do banheiro. Os problemas causados por umidade e infiltrações geralmente são simples de resolver. A correta instalação hidráulica associada a uma boa impermeabilização podem sanar o problema e evitar danos piores como o comprometimento interno da estrutura.



Figura 3: Patologia causada por umidade (área externa)

O desplacamento é uma manifestação patológica grave observada em várias idades da construção e na maioria dos casos são associadas a várias origens, haja vista que elas ocorrem por uma combinação de fatores, sendo as prováveis causas, projetos de execução falhos, má qualidade dos materiais, mão de obra não especializada, não conformidades

com as normas regulamentadoras entre outros. Na figura 4, pode ser observado o desplacamento no revestimento da laje na bilheteria do estádio Antonio Dias.



Figura 4: Desplacamento no revestimento da laje na bilheteria

Na Figura 5 podemos observar a exposição da armação da viga, fator que pode ocasionar manifestações patológicas fisicas e quimimas, além de gerar problemas estruturais que podem comprometer a edificação. No caso da viga apresentada, podemos observar as possiveis causas da exposição da armação, como brocas devido a erro de lancamento e adensamento do concreto, cobrimento insuficiente da armadura, sobrecarga na estrutura, má execução do projeto e corrosão da armadura devido a infiltrações.



Figura 5: Armadura exposta

Fissuras como a apresentada na Figura 6 podem ocorrer por diversas causas, desde movimentações devido a sobrecargas, recalque do solo, qualidade do concreto, mão de obra desqualificada, erros de projeto e execução ou até mesmo o conjunto desses fatores. Esse tipo de fissuração influencia diretamente na durabilidade da estrutura, visto que permite a entrada de agentes agressivos permitindo a deteriorização da estrutura.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 6: Fissura na estrutura de sustentação da arquibancada

A figura 7 mostra o acabamento em concreto na parte externa da arquibacada do setor dos visitantes. Pode-se observar claramente não conformidades desse acabamento, que facilitam a penetração de agentes agressivos e algumas manifestações patológicas como fissuras, brocas por erros de adensamento e desconforto estético. As possiveis causas das condições observadas são falhas na execução do projeto.



Figura 7: Acabamento externo em concreto da arquibancada

Pode ser observado na figura 8, o destacamento das placas do revestimento é caracterizado principalmente pela perda de aderencia das camadas externas, quando as tensões ultrapassam a capacidade de aderência das ligações entre a camada externa (reboco) e o muro. A recuperação desse tipo de patologia é bastante onerosa, geralmente a solução é a refazer por completo o resvestimento. Pode-se observar também o aparecimento de mofo na parte superior do muro, que está associado à umidade e falta de impermeabilização.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 8: Destacamento do revestimento e formação de mofo no muro do estádio

Nas figuras 9 e 10 podemos observar fissuras no decorrer dos degraus da arquibancada do estádio. Esse tipo de manifestação patológica é bastante comum em estruturas sujeitas a movimentações e sobrecargas, devido às tensões normais e cisalhantes associados à dilatação térmica. Várias partes do estádio, por ficarem expostas ao sol, dilatam ou retraem mais do que outras, podendo assim causar as fissuras. Caso não haja nenhum tratamento dessa manifestação patologica, as fissuras vão aumentar comprometendo a segurança e acelerando o processo de deteriorização da estrutura.



Figura 9: Fissuras nos degraus da arquibancada do estádio

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 10: Fissuras nos degraus da arquibancada do estádio

4. CONCLUSÃO

Sabe-se que para um diagnóstico preciso das causas de manifestações patológicas, muitos critérios devem ser avaliados, como condições ambientais, erros de execução e projeto, materiais utilizados e mão de obra não qualificada. Para esse estudo, levando em consideração algumas dessas variáveis, conclui-se que os principais problemas patológicos encontrados no estádio foram: trincas e fissuras, descascamento da pinturae do revestimento, infiltrações, armadura exposta oxidada e problemas com acabamento. Fazendo uma análise dos dados demonstrados acima, pode-se concluir que em todo o estádio há uma grande incidência de fissuras na estrutura, pois os processos de deterioração estrutural observado no Estadio Navegantão ocorreram principalmente devido à inexistência de programas de manutenção predial, ficando evidenciada na vistoria a falta de manutenção periódica.

Outro aspecto a relatar é que as arquibancadas do Estádio estão sujeitas a movimentações estruturais devido à dilatação térmica e sobrecarga, fatores que podem acelerar o processo de deteriorização da estrutura, comprometer a segurança e gerar um desconforto estético. Vale ressaltar a importancia da manutenção preventiva para a economia do projeto e a relevancia do fator segurança e eficiencia estrutural. Quanto às manifestações patológicas causadas por falta de impermeabilização, como o mofo e o desplacamento de revestimentos, geralmente são simples de resolver, porém uma boa execução do projeto associada a uma impermeabilização eficaz são a solução mais prática e menos onerosa para o projeto.

Percebe-se também que as manifestações patológicas podem se apresentar de diversas formas e graus de agressividade, no estudo do caso do estádio Navegantão, notou-se que alguns aspéctos como o planejamento e execução do projeto, mão de obra, e materiais estão entre os principais pontos a serem analisados a fim de se evitar as manifestações patológicas observadas no estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6118.

ANDRADE, Maria del C. P. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão das armaduras**; tradução e adaptação Antônio Carmona e Paulo Helene. 4° Edição. Editora Pini. São Paulo, 1992.

CÁNOVAS, M.F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**; tradução de M. Celeste Marcondes, Carlos Wagner Fernandes dos Santos, Beatriz Cannabrava. Editora Pini. São Paulo, 1988.

DIAS, C. M. R.; JOHN, V. M. **Efeitos do envelhecimento na microestrutura e no comportamento mecânico de fibrocimentos.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PCC/ Departamento de Engenharia de Construção Civil. 418, 12p. 2005.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** 2° Edição. IBRACON, 2014.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI: 2008. 574 p.

RIPPER, T; MOREIRA DE SOUZA, V.C. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo, Pini, 1998.

RIPPER, Ernestro. **Como evitar erros nas construções**. 3° Edição. Editora Pini. São Paulo, 1996.

SOUZA, V.C. M & RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** 1° Edição. Editora Pini. São Paulo, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação.** 1989. Editora Pini. São Paulo, 1989.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações.** 1991. Editora Sagra. Porto Alegre, 1991.

VERÇOZA, E. J. **Patologia da umidade.** In: SIMPÓSIO SOBRE PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES – PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, 1989. P. 174 – 194.