MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÃO ESCOLAR

G. B. BELLAVER
Eng. Civil/Mestrando
UFRGS/PPGCI
Porto Alegre/Rs; Brasil
gustavobbellaver@gmail.com

L. S. LORENZI
Engenheira Civil/Professora
UFRGS/DECIV
Porto Alegre/RS; Brasil
luciani.lorenzi@ufrgs.br

RESUMO

Após 10 anos da conclusão da escola municipal foi realizada uma vistoria técnica com o objetivo de identificar manifestações patológicas e suas possíveis causas. O método utilizado para a vistoria técnica foi a inspeção visual resultando na identificação de inúmeras manifestações patológicas. Após foi realizado uma análise do projeto com o objetivo de levantar as incompatibilidades entre o projeto e a execução da edificação escolar. O resultado da vistoria técnica indicou manifestações patológicas na cobertura verde, fissuras e recalque diferencial nas paredes de alvenaria de pedras e nas esquadrias de madeira (apesar da escola se localizar num ambiente rural de agressividade baixa) e a análise de projeto foi fundamental para entender a falta de compatibilização entre os projetos e entre que fora projetado com o executado, bem como observar a falta de detalhamento dos projetos. Conclui-se que existe uma relação entre as manifestações patológicas identificadas na vistoria técnica e a falta de compatibilização dos projetos e dos projetos e execução, como: cobertura verde sobrecarregada e a falta de dimensionamento estrutural da mesma, recalque diferencial sem levar em consideração as solicitações reais, deterioração das esquadrias de madeira e a falta de manutenção.

Palavras-chave: manifestações patológicas, compatibilização projetos, excecução

ABSTRACT

After 10 years of completion of the municipal school, a technical survey was carried out to identify pathological manifestations and their possible causes. The method used for the technical survey was the visual inspection resulting in the identification of numerous pathological manifestations. Afterwards an analysis of the project was carried out with the objective of raising the incompatibilities between the project and the execution of the school building. The result of the technical survey indicated pathological manifestations in the green cover, cracks and differential repression in the stone masonry walls and in the wooden frames (although the school was located in a rural environment of low aggressiveness) and the project analysis was fundamental to understand the lack of compatibility between the projects and between which was projected with the executed, as well as observe the lack of detail of the projects. It is concluded that there is a relationship between the pathological manifestations identified in the technical survey and the lack of compatibility of the projects and the projects and execution, such as: green coverage overloaded and the lack of structural design of the same, differential repression without taking into consideration the requests deterioration of timber framing and lack of maintenance.

Key words: pathological manifestations, compatibilization projects, implementation

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as manifestações patológicas de uma edificação escolar, com a indicação de possíveis causas e apontar sugestões para solucionar os problemas encontrados. A escola foi inaugurada em 2007 e após 10 anos de ocupação foi realizada uma primeira vistoria técnica; foi analisado o ambiente externo, salas de aula, laboratório, sala dos professores e banheiros.

2. MÉTODO

O método utilizado para identificar as manifestações patológicas foi a inspeção visual e para identificar as possíveis causas foi utilizada a análise de projetos.

2.1 População alvo

A população alvo do presente trabalho são as edificações pertencentes a edificação escolar que são utilizadas pela comunidade rural, tendo classe I de agressividade em função do meio ambiente. Especificamente, foram vistoriadas as salas de aula, sendo mais detalhadamente a sala de aula (3), o laboratório/sala de artes (4), banheiros masculino, feminino e dos professores, sala dos professores (1) e áreas externas. A Figura 1 apresenta a planta de implantação da escola com destaque para o que foi executado: blocos 1,2,3 e 4 e paisagismo correspondente e a quadra de esportes (9).

Figura 1 – Planta de implantação da escola



Fonte: Zanin et al. (2006), sem escala.

A parte estrutural das edificações, é composta por alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e blocos graníticos. Como suporte da cobertura das edificações, existem três vigas de concreto armado e a cobertura verde tem estrutura de madeira.

A análise dos projetos foi realizada para poder determinar se algumas manifestações patológicas poderiam ter origem por falhas de projeto. Analisou-se os projetos para identificar detalhamento construtivo dos diversos sistemas das edificações, dimensões do sistema estrutural e verificar sua conformidade com as normas vigentes. Em um primeiro momento já foi detectado a falta de projetos e detalhamentos na área arquitetônica, estrutural, instalações e paisagismo.

Foi realizada uma vistoria técnica nas dependências da escola em questão: edificações e áreas externas, com o intuito de identificar manifestações patológicas e que posteriormente foram registradas e anotadas.

3. RESULTADOS

O resultado do trabalho foi dividido em duas partes, a primeira a visita técnica na escola e segunda a análise dos projetos.

3.1 Vistoria técnica

Primeiramente foi feita uma entrevista com a diretora e demais responsáveis da escola, onde foram relatadas as seguintes informações:

- Cisterna da água da chuva não funciona;
- O telhado possui infiltração;
- Entre 2008 e 2009 foi realizada intervenção na estrutura de madeira da cobertura verde que resultou no reforço estrutural de madeira.
- Em 2014 foi removida a camada vegetal da cobertura verde, porque o sistema não funcionava;

Depois prosseguiu-se para a coleta de dados procurando as principais manifestações patológicas, conforme relato a seguir:

a) Cobertura Verde: Estrutura de madeira área externa

A estrutura de madeira da cobertura verde apresenta sinais de deterioração e degradação. Mesmo tendo sofrido intervenção em 2009, onde nota-se que os reforços estruturais também já se encontram em deformação, conforme ilustram as figuras 2, 3 e 4.

Figuara 2 – Visão geral da parte inferior da cobertura verede



Fonte: autores

Figura 3 - Pilares vistoriados: (a) pilar de madeira degradado, (b) Pilar de madeira com integridade comprometida e (c) Reforço estrutural metálico na estrutura de madeira da cobertura verde



Fonte: autores



Fonte: autores



Fonte: autores

Figura 4 – Deformação na viga de madeira rompendo a emenda e o reforço metálico



Fonte: autores

Outro foco de atenção está no apoio das vigas de sustentação do telhado de madeira nas paredes de alvenaria, sendo o ponto de apoio extremamente pequeno, isto é, menor que 1 cm, conforme pode ser observado na Figura 5 (a). Também ocorreu a torção de algumas dessas vigas de madeira, deixando-as em posições inadequadas para o carregamento que foram projetadas (Figura 5b).

Figura 5 - Ponto de apoio - Vigas de maderia: (a) detalhe do apoio da viga de madeira na parede e (b) torção na viga de madeira da estrutura da cobertura verde.



fonte: autores

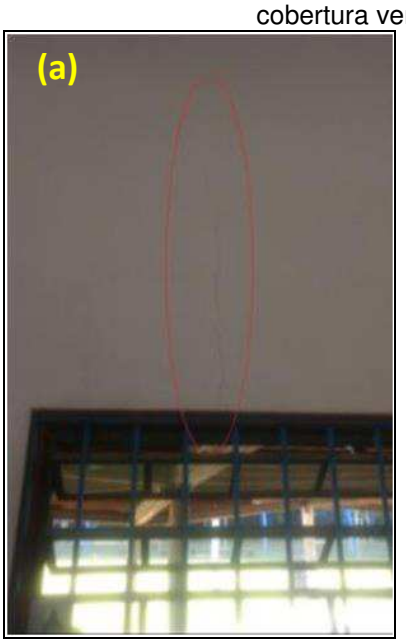


fonte: autores

b) Paredes e elementos de vedação

As alvenarias possuem fissuras próximas aos apoios das vigas de madeira da cobertura, onde sofrem fissuração por esforço cortante muito devidamente ao excesso de carga que a estrutura da cobertura verde impôs as paredes, Figura 6.

Figura 6 - Fissuras nas paredes: (a) ruptura da alvenaria próximo ao apoio da viga de madeira da cobertura verde internamente a sala de aula (b) ruptura da alvenaria próximo ao apoio da viga de madeira da cobertura verde externamente a sala de aula.





Além das fissuras próximas aos apoios várias paredes apresentam fissuras nos cantos das esquadrias, tanto em portas quanto em janelas, o que demonstra insuficiência de verga, conforme ilustrado na figuras 7a e 7b. A sala do laboratório de ciências é o que apresenta nas paredes externas trincas em função de movimentações estruturais, conforme ilustram as figuras 8 e 9. Outra manifestação patológica identificada foi a degradação das esquadrias de madeira da sala do laboratório de ciências (Figura 10).

Figura 7 - Fissuras nas paredes localizada na parte superior esquadrias: (a) canto de esquadria (porta) e (b) canto esquadria (janela).



fonte: autores



fonte: autores

Figura 8 - Trincas nas paredes externas: (a) vista externa do laboratório de ciências e (b) vista interna do laboratório de ciências.



fonte: autores

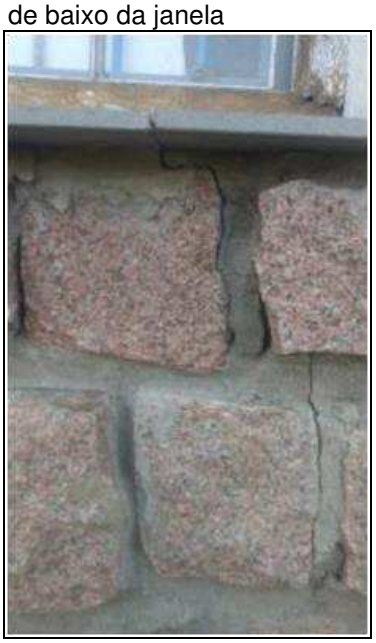


fonte: autores

Figura 9 - Trincas nas paredes externas: (a) vista externa do laboratório de ciências na janela e (b) vista externa do laboratório de ciências na parte de baixo da janela



fonte: autores



fonte: autores

Figura 10 – Degradação da esquadria de madeira (janela): vista externa.



fonte: autores

c) Sistema de coberturas

A estrutura da cobertura verde encontra-se em estágio avançado de degradação apresentando deformações estruturais e degradação dos componentes conforme figuras 11 e 12.

Figura 11 – Vista geral da estrutura da cobertura externa



fonte: autores

Figura 11 - Elementos estruturais: (a) elementos faltantes da cobertura e (b) viga de madeira rompida e em estágio avançado de degradação



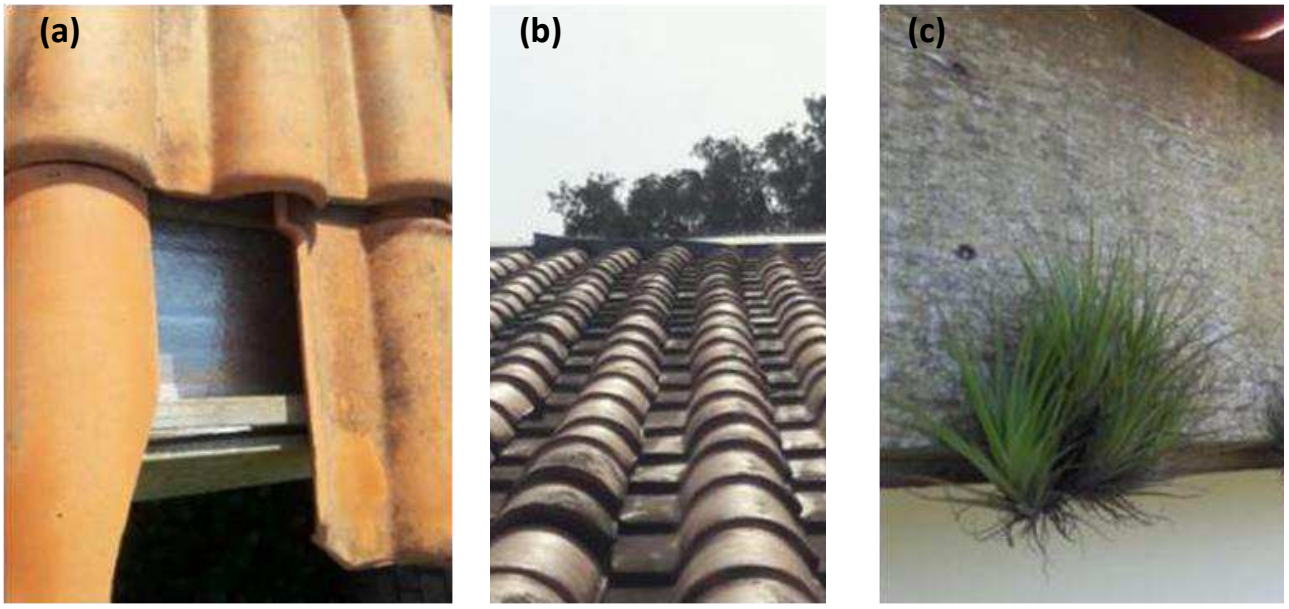
fonte: autores



fonte: autores

Além da cobertura verde da área externa ainda foi possível analisar a cobertura das demais edificações, onde apresentam relativa conservação. Foi identificado a necessidade de: substituição de telhas, manutenção da cumeeira metálica e manutenção das madeiras que servem de espelho para o telhado (apresentam liquens e fungos), conforme pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 - Sistema de Cobertura: (a) telha a ser substituída, (b) cumeeira metálica e (c) espelho de madeira do telhado



3.2 Análise dos projetos

Foram analisados os projetos disponíveis na escola.

a) Vigas de concreto armado

Como parte da estrutura das edificações da escola foi previsto no projeto estrutural as vigas de concreto armado que são apoiadas nas paredes portantes das edificações. Para suportar as cargas provenientes do telhado, o projeto detalha três vigas horizontais de seções diferentes, transpassando 55cm das paredes de pedras de ambos os lados, em todos os quatro blocos construídos. Na parte de trás dos edifícios, o projeto previa uma viga de seção transversal de (15x68) cm. Uma viga na parte central, com seções transversais de (15x45) cm e na parte frontal dos edifícios é localizada uma viga de seção transversal de (15x30) cm.

Também foram projetadas vigas inclinadas de seção transversal de (15x45) cm, acompanhando o caimento do telhado para dar suporte ao mesmo. O bloco 1 possui quatro vigas inclinadas, o bloco 2 possui duas vigas inclinadas, o bloco 3 possui três vigas inclinadas e o bloco 4 possui só uma viga inclinada. Todas as vigas foram projetadas com f_{ck}=20 MPa e com cobrimento de armadura igual a 2,5cm. De acordo com a NBR 6118/2013 esse cobrimento de armadura é satisfatório visto que o local onde a escola se encontra é de classe I de agressividade ambiental.

b) Paredes portantes

O sistema estrutural da escola segundo o memorial consiste de paredes portantes executadas com pedras graníticas, de blocos cerâmicos e mistas (pedras graníticas e blocos cerâmicos estruturais). As pedras de dimensões (30x30x30) cm com variação de 3cm para mais ou para menos com junta máxima de 1,5 cm. Os blocos cerâmicos com medidas reais dentro dos limites estabelecidos pela norma, com juntas de 1cm.

Argamassa utilizada nas três primeiras fiadas de traço 1:6 (cimento e areia) com aditivo impermeabilizante e as seguintes com traço 1:2:10 (cimento, cal e areia). As espessuras de parede são:

- Em paredes de pedra granítica: 30 cm;
- Em paredes mistas: 30 cm até 95 cm de altura e 21 cm a partir de 95 cm de altura;
- Em paredes de alvenaria estrutural: 16 cm.

c) Cobertura Verde: Estrutura de madeira da área externa

A cobertura verde da área externa construída com estrutura de madeira de inclinação variável desde a altura da borda junto às edificações - 2,5m (altura do piso de basalto externo até a base das vigas) até a borda oposta junto ao pátio central – 2,3m. A cobertura se estrutura com vigas de madeira duplas de seções variáveis, apoiadas sobre pilares roliços de 25 cm de diâmetro fundidas nas vigas estruturais das edificações.
Sobre as vigas são apoiados caibros de 20x5 com espaçamento de 60cm, que apóiam um assoalho de madeira ecológica de 3 cm, que dará suporte a uma camada de terra de 12 cm com cobertura vegetal (espécie Sedum sp. na proporção 15 mudas por metro quadrado). A impermeabilização de PEAD (0,8 mm) foi instalada sobre o assoalho, conjuntamente com o sistema de drenos e gárgulas e com a camada drenante. A camada de PEAD (geomembrana) devia formar uma “piscina” completamente vedada e soldada (exceto nos pontos das gárgulas) subindo e recobrindo todas as bordas e abraçada por perfil metálico nas bordas superiores dos espelhos a fim de não soltar-se das bordas. O ponto de abertura da geomembrana para saída da gárgula deve ser executado com muito cuidado, soldando o tubo da gárgula na geomembrana, ou com utilização de uma “luva” de geomembrana, com recobrimento suficiente para impedir rupturas na solda. A lateral livre da cobertura recebeu um espelho de madeira plástica (madeira ecológica). No projeto inicial ainda era previsto uma pérgola em continuação da estrutura do telhado verde no sentido da praça interna, porém não foi executada.
O sistema de recolhimento das águas pluviais da cobertura vegetal se dá por um sistema de drenos, gárgulas e uma calha perfurada que distribui a água uniformemente pelo perímetro da cobertura. Para recolher esta água no nível do piso, existe uma calha aberta no piso que circunda todo perímetro da cobertura.

d) Sistema de Cobertura das edificações

Segundo o memorial descritivo da escola as coberturas dos edifícios onde são executadas as atividades da escola foram executadas em uma água com inclinação de 30% com telhas do tipo portuguesa. A estrutura do telhado é composta por ripas (seção de 5x2,5 cm com afastamento conforme fabricante de telhas) apoiadas em contra-caibros (seção de 5x2,5 cm sem afastamento descrito no memorial), entre os contra-caibros e caibros foi instalada uma subcobertura de chapas de offset recicladas, os contra-caibros nos caibros (seção de 15x5 cm com afastamento de 60 cm) e estes nas vigas de concreto. As beiradas (espelhos) dos telhados serão de madeira plástica (madeira ecológica de dimensões de 20x2,5 cm na lateral de maior altura e 12,5x2,5 cm na lateral de menor altura).

A subcobertura foi projetada com chapas de offset reciclado (dimensões mínimas de 70 cm), com a face brilhosa virada para baixo e com sobreposição de 5 cm em ambos sentidos com um vinco formando um rebaixo no centro do vão das terças para permitir escoamento de água longe da linha de pregos que prendem os caibros nos contra-caibros.

4. CONCLUSÕES

Cobertura Verde: A intervenção (reforço estrutural) ocorreu em 2009, apenas dois anos após a inauguração 2007, e ainda a estrutura continua deformando; isso somado a pouca idade da edificação (aproximadamente 10 anos) e a classe I de agressividade quanto ao meio ambiente. Outro ponto de atenção está no deslocamento da estrutura de madeira, mais precisamente no deslocamento horizontal das vigas de madeira que sustentam o telhado, onde atualmente estão apoiadas em console metálico com menos de 1 cm de apoio; isso demonstra a estrutura está em movimento, mesmo sem a carga da de vegetação que foi retirada a mais de um ano, com risco de colapso. Com relação a hipótese de subdimensionamento, supôs-se que o projeto estrutural possa não ter contemplado a real necessidade para uma estrutura de sustentação da cobertura verde que demanda mais carga de projeto que uma cobertura convencional, visto que devem ser consideradas as cargas provenientes da camada de terra, da lâmina d’água, da camada vegetal, entre outros. Destaca-se que esta causa é uma hipótese, visto que não houve o acesso a memória de cálculo original e nem do reforço estrutural.

A sobrecarga com o reforço estrutural das vigas de madeira pode ter agravado ainda mais a situação do telhado de madeira, visto que a técnica de reforço com adição de perfis metálicos paralelos a viga de madeira é mais indicada quando há perda de seção transversal de vigas o que não é o caso, ou seja, deveria ter sido adotado o reforço com barras coladas com resina epóxi inseridas em frisos laterais nas regiões tracionadas e comprimidas de vigas. Nas regiões de ruptura de emendas poderia ser executado reforço com 2 placas de "polímeros reforçados com fibras" (FRP) com placas coladas com resina epóxi inseridas em vigas de madeira, em regiões pontuais de fendas ou rupturas. Fica evidente que a estrutura de madeira da cobertura verde, por apresentar sinais de degradação e de provável subdimensionamento, está com a vida útil drasticamente reduzida. Conclui-se que os fatos relatados são indícios de inadequação da cobertura verde e sua sustentação quanto ao desempenho estrutural. Portanto, recomenda-se que em função do alto risco de colapso e, provavelmente, de alto custo com projeto e execução de novos reforços estruturais, bem como de recuperação das peças degradadas, sugere-se a desmontagem da estrutura de madeira afim de que não se coloque em risco os usuários da edificação. E, também, pode ser reaproveitado os elementos íntegros (vigas, pilares e caibros de madeira) na ampliação de playground para as crianças, por exemplo.

Paredes portantes de alvenaria: As fissuras que ocorrem nos cantos das esquadrias (portas e janelas) são manifestações patológicas de sobrecarga nas alvenarias portantes. E as fissuras verticais sugerem sobrecarga vertical nas paredes de alvenaria. Essas fissuras aparecem com maior frequência perto do local de apoio do telhado de madeira, provocando danos as paredes portantes. No projeto estrutural não há detalhamento das paredes portantes de alvenarias, dessa forma as mesmas foram executadas sem dimensionamento adequado a solicitação de cargas. Sugere-se que seja verificada as sobrecargas atuantes nas paredes de alvenarias e as cargas provenientes da cobertura verde. A trinca na parede externa, localizada no bloco 4, vêm aumentando com o passar dos anos e caracteriza um recalque diferencial da estrutura. Nesse caso, deve-se fazer um estudo das fundações da edificação e do carregamento dessa edificação e fazer um estudo do solo no local para verificar as condições de sustentação. Nos projetos e no memorial descritivo não aparece nenhum estudo do subsolo no local de construção, portanto é plausível que haja algum problema com a resistência do solo naquele local, presença de solos que não suportam carga, presença de argila e de recalques mais tardios pela expulsão de água. As paredes portantes de alvenaria não estão adequadas a carga solicitante ficando com a vida útil comprometida, bem como estando inadequada quanto ao desempenho estrutural.

Esquadrias: No bloco 4, as janelas estão degradadas mesmo com pouco uso (aproximadamente 10 anos) e estando na classe I de agressividade quanto ao meio ambiente. A falta de proteção à água e a falta de manutenção são as razões para esse grau de degradação da madeira. Após reparo é importante proteger a esquadria com o prolongamento do telhado e a realização das manutenções.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15575-2: edificações habitacionais – desempenho – parte 2: sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15575-3: edificações habitacionais – desempenho – parte 3: requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15575-4: edificações habitacionais – desempenho – parte 4:sistemas de vedações. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15575-5: edificações habitacionais – desempenho – parte 5: sistemas de cobertura. Rio de Janeiro, 2013.

BONI, F. 2030STUDIO. Telhado verde: uma opção sustentável?. 2015. Disponível em: http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/. Acesso em 24/05/2017

THOMAZ, E. Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação. 1. ed. São Paulo : Pini: Escola Politécnica da USP: IPT, 2002.

ZANIN, N. Z.; ILLANES, C. R.; SATTLER, M. A.; ECKER, V.; AZEVEDO, R. Projeto sustentável para a escola municipal de ensino fundamental Frei Pacífico. In: ENTAC 2006, 2006, Florianópolis, Anais..., Florianópolis: ANTAC, 2006. p. 3925-3934. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3925_3934.pdf>