



Rem: Revista Escola de Minas

ISSN: 0370-4467

editor@rem.com.br

Escola de Minas

Brasil

Ribas, Rovadavia Aline de Jesus; Souza, Henor Artur de  
Avaliação construtiva e de desempenho térmico do prédio da Escola de Minas da UFOP  
Rem: Revista Escola de Minas, vol. 60, núm. 4, outubro-diciembre, 2007, pp. 629-638  
Escola de Minas  
Ouro Preto, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56416459008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Avaliação construtiva e de desempenho térmico do prédio da Escola de Minas da UFOP

(Constructive and thermal performance evaluation of the UFOP School of Mines building)

Rovadavia Aline de Jesus Ribas

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Área: Construção Metálica/Escola de Minas/UFOP  
E-mail: metalica@em.ufop.br

Henor Artur de Souza

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Área: Construção Metálica/Escola de Minas/UFOP  
E-mail: henor@em.ufop.br

## Resumo

No Brasil, a construção em aço possui um grande espaço para desenvolvimento, prometendo racionalização e atendimento às exigências de conservação de energia e conforto humano, apontando para projetos que apresentem desempenho global adequado. Entretanto, nesse tipo de construção, ainda são utilizados sistemas de fechamentos convencionais, o que nem sempre é conveniente, pois são sistemas que demandam velocidades de execução diferentes e interfaces construtivas de soluções particulares. Nesse trabalho, estuda-se o prédio da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto-MG, edificação estruturada em aço com sistema de fechamento externo convencional constituído por alvenaria e vidro. Avalia-se sua concepção estrutural e suas interferências no processo construtivo e na sua utilização. Por meio de uma investigação exploratória e coleta de dados, identificam-se os problemas que surgiram durante o uso, as patologias existentes e suas causas. Faz-se também uma avaliação do desempenho térmico da edificação, por meio de medições *in loco*. Com os resultados, tem-se uma avaliação qualitativa da construção, de sua condição de manutenção e das causas das patologias, propondo-se soluções para sua correção e uma melhor manutenção.

**Palavras-chave:** Construção em aço, processo de projeto, patologias das construções, desempenho térmico.

## Abstract

Here in Brazil, steel construction has great space for development and shows great promise for rational building construction, attending the needs for human comfort, energy conservation and adequate overall performance. However, in this type of construction, conventional closing systems are still used, which is not always convenient because they have problematic execution cronograms and interface solutions. Studied here was the School of Mines building, which is part of the Universidade Federal de Ouro Preto-MG. This building is structured in steel with the closing system being conventionally that of masonry and glass. Evaluated were its structural conception, its pathologies and the causes of the same. Exploratory investigation *in situ* using photography and optical observation provided the data for the evaluation. Also, a thermal performance analysis was made of the building using measurements obtained *in situ*. The data collected provided the basis for a quality analysis of the construction, its conservation and the cause of the pathologies which have occurred. With the results, it was possible to propose solutions for better maintenance and pathology control.

**Keywords:** Steel construction, project process, building maintenance, pathologies.

## **1. Introdução**

### **1.1 A construção industrializada em aço**

Ao se utilizar o aço como elemento estrutural, seguindo uma tendência de industrialização da construção mundial, problemas específicos surgem, por ser esse material de natureza e características bastante diferenciadas das do concreto armado, cuja cultura já está bastante difundida no Brasil. O domínio de uma metodologia construtiva apropriada acarretaria uma segura aplicação do aço e evitaria a ocorrência desses problemas.

A utilização dos sistemas industrializados exige inovações tecnológicas e visão sistêmica da construção e o projeto de uma edificação, onde se pretenda aplicar um determinado sistema de fechamento industrializado, tem de ser concebido como tal, pois improvisações não são admitidas. Os fechamentos e suas interfaces, entre si e com a estrutura, devem ser definidos ainda na fase de projeto e deve-se procurar atender aos critérios de desempenho, proporcionando conforto e segurança aos usuários, independente da finalidade da edificação (Sales et al., 2001).

Numa edificação em aço, pode ser empregado qualquer sistema de fechamento disponível no mercado, ficando as exigências por conta do projeto e da mão-de-obra. No entanto, os novos sistemas de fechamento, face à carência de desenvolvimento tecnológico, de conhecimento de suas características e de mão-de-obra especializada, encontram, entre os profissionais da construção e no mercado consumidor, bastante resistência quanto à sua aplicação. Assim, sistemas de fechamento convencionais em alvenaria ainda são aplicados, levando a uma semi-industrialização da construção, de caráter antagônico, pois os sistemas industrializados e convencionais possuem tempos de execução não condizentes e interfaces de soluções delicadas que podem comprometer a qualidade final e o desempenho da edificação.

A concepção incorreta de projetos, o emprego de materiais impróprios, a falta de manutenção e a simples utilização da edificação também constituem fatores que levam ao aparecimento de patologias nas construções, as quais podem interferir nas atividades ali desenvolvidas, vindo daí a necessidade de se estar preparado para identificar os problemas e propor soluções para resolvê-los. (Castro, 1999). Assim, a avaliação pós-construção de espaços edificados visa a uma melhoria da qualidade na construção civil e à solução de problemas decorrentes da racionalização, favorecendo a evolução de futuros projetos que empreguem inovações tecnológicas (Bastos & Souza, 2005).

### **1.2 Objetivos**

Nesse trabalho, faz-se uma avaliação da concepção estrutural e suas interferências no processo construtivo e na utilização de uma edificação estruturada em aço com sistema de fechamento externo convencional constituído por alvenaria e vidro. Faz-se também uma avaliação de seu desempenho térmico.

### **1.3 Justificativa**

As avaliações pós-construção de espaços edificados servem como informação retro-alimentadora para uma real evolução da cultura construtiva em aço, contribuindo para promover um melhor desempenho de edificações e um maior desenvolvimento de sistemas de fechamento mais adequados.

Justifica-se, também, esse trabalho, pela necessidade de divulgar a importância da manutenção preventiva, cuidados tomados na fase de projeto que visam a aumentar a vida útil da edificação, e da manutenção corretiva, medidas que contornam os problemas decorrentes do tempo e do uso.

### **1.4 A edificação em estudo**

A avaliação construtiva e de desempenho térmico são realizadas no atu-

al prédio da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (EM/UFOP), situado no campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, MG, que é uma edificação estruturada em aço, construída entre o final de 1994 e meados de 1996 e está em pleno uso.

A estrutura metálica possibilitou esse período de construção relativamente rápido e, já na praça de entrada, encontra-se um expressivo pórtico de onde flui toda a trama em estrutura aparente de aço (Figuras 1, 2 e 3).

A edificação possui área construída de 7.310 m<sup>2</sup> em dois pavimentos e compreende, em um primeiro bloco, as áreas administrativas e de serviços (salas da diretoria, de professores e pós-graduandos, laboratórios de computação e secretarias de departamentos). No segundo bloco, encontram-se as salas de aula e a biblioteca. Na Figura 4 apresenta-se a planta baixa esquemática do andar térreo.

Da entrada à praça final, um eixo simetriza a edificação providenciando modulada ortogonalidade adequada à estrutura metálica e permitindo progressiva gradação de espaços que vai do *hall* de entrada, passando por espaços semi-públicos dos pátios internos, até chegar a espaços privativos, que seriam as salas de aula e a biblioteca (Figuras 2 e 4). Esse eixo se orienta de leste a oeste, proporcionado também disposição ambiental ideal de luz e ventilação para as salas de aula e as salas dos departamentos, cujas aberturas ficam orientadas para norte-sul (Oliveira et al., 1996).

No primeiro pavimento, o fechamento externo é em alvenaria (tijolo a vista laminado por fora e revestimento em reboco por dentro) até meia altura e esquadria e vidro no restante da parede. No segundo pavimento, o fechamento externo é todo feito em esquadria e vidro (Figura 5). A área administrativa do primeiro bloco, para flexibilização e adaptação de sua área conforme o uso, foi construída internamente com material de fechamento industrializado, constituído



Figura 1 - Fachada principal da EM/UFOP.



Figura 2 - Pátio interno e passarela central.



Figura 3 - Fachada Lateral.



Figura 5 - Fechamento externo.

por divisórias de fácil instalação e manutenção, feitas de chapas de fibras de eucalipto prensadas com acabamento em resina melamínica, de 35 mm de espessura e modulação de 1,20 m de largura (Figura 6).

O aço empregado na estrutura foi o USI-SAC-41, atualmente denominado de USI SAC 300, das Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. (USIMINAS), de propriedades anticorrosivas e boa resistência mecânica ( $f_y = 300$  MPa). As ligações são soldadas, na maior parte da estrutura, exceto em algumas vigas, bases de pilares e alguns pontos da passarela central.

A estrutura em aço, composta de perfis I e H, cujas chapas possuem espessuras variando de 4,75 a 16 mm conforme a função estrutural da peça, é afastada do fechamento de vidro de aproximadamente 0,40 m. A modulação dos pilares dos pórticos da edificação é de 6,00 x 11,20 m<sup>2</sup>. Para realçar o uso de contraventamentos em construções de aço, peças tubulares, soldadas às vigas e colunas, são encontradas no contorno do edifício (Figura 5).

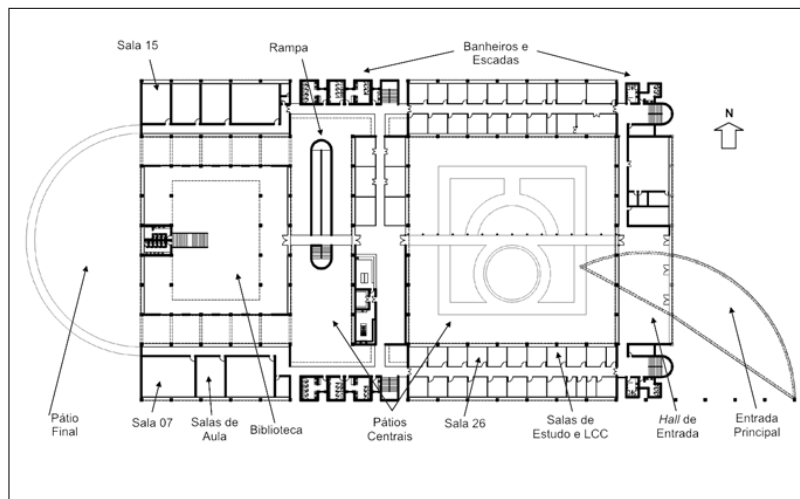


Figura 4 - Planta baixa do andar térreo.



Figura 6 - Fechamento interno.



A iluminação e a ventilação naturais vêm de janelas do tipo máximo ar que ocupam toda a largura das paredes. A cobertura é feita em telhas de aço zincadas pré-pintadas em uma parte e telhas de fibra de vidro em outra, apoiadas sobre perfis de chapas dobradas e fixa-

das por parafusos também zincados. Na entrada da edificação e atravessando o pátio interno, há uma passarela central coberta com telhas metálicas em formato arredondado, presas por tirantes de aço fixados em pilares unilaterais, que prestam leveza a essa cobertura (Figura 2).



## 2. Metodologia

Para a avaliação dos problemas existentes, das patologias e suas causas, faz-se uma investigação exploratória e uma coleta de dados *in loco* na estrutura e nos fechamentos, simultaneamente a um levantamento fotográfico documentando os principais fenômenos decorrentes do uso e da edificação. Nessa etapa, faz-se também uma análise do projeto proposto e do processo de execução do mesmo.

Para a avaliação do desempenho térmico, considera-se a resposta global da edificação por meio de medições internas e externas da temperatura e umidade relativa do ar, simultaneamente. Por se tratar de uma edificação ventilada naturalmente, seu desempenho térmico é avaliado em função do perfil da temperatura e da umidade internas.

Para as medições internas, *in loco*, utilizam-se um sistema de aquisição de dados com *data logger* e sensores do tipo resistivo e capacitivo, para a medição da temperatura e da umidade do ar, respectivamente (Ahlbon, 2003; Knop e Souza, 2006). Os sensores são fixados em um suporte, em posições determinadas, seguindo recomendação da norma ISO 7726:1985 e que correspondem às alturas da cabeça, do abdome e do calcanhar. Para as medições externas, utilizam-se sensor de silício, para medição da temperatura, e sensor capacitivo, para medição da umidade, conectados a um microcomputador (Cocota Júnior, 2005).

## 3. Resultados e discussões

### 3.1 Segurança estrutural

Os perfis utilizados foram dimensionados adequadamente, seguindo as normas AISC:1989, NBR 6123:1988 e NBR 8800:1986, conforme observado na memória de cálculo. As ligações, tanto as parafusadas, quanto as soldadas, foram executadas sem nenhum erro aparente de fabricação ou projeto. Não foram encontrados problemas de dimensionamento ou de ajuste das peças. A es-

trutura não apresenta nenhum problema que signifique risco imediato para os usuários da edificação. É comum encontrar peças reforçadas estruturalmente, tais como uma das vigas do pórtico de entrada que é acompanhada por uma treliça, a qual praticamente duplica a altura dessa viga de 30,40 m de vão livre (Figura 1), e outras vigas mais solicitadas que receberam enrijecedores no meio de seus vãos (Figura 7). Vê-se, ainda, que em várias uniões de vigas com pilares foram colocados reforços de chapas para favorecer o enrijecimento e evitar o excesso de deformação nesses pontos.

Apenas observa-se um aspecto ondulado em mesas de algumas vigas da cobertura, mas, como são de chapas relativamente finas, (4,75 mm), é provável que essas deformações sejam devidas ao calor do processo de soldagem, que causou o empenamento nas chapas ainda na fase de fabricação dos perfis e de montagem dos pórticos (Figura 8).

### 3.2 Fechamentos-estanqueidade e isolamento acústico

O desempenho final de uma edificação também está relacionado à compatibilização entre a estrutura de aço e o sistema de fechamento, sendo essa associação feita por meio de junções que devem fornecer isolamento acústico e estanqueidade. No entanto, essa associação, às vezes, é dificultada devido ao fato de que os dois sistemas, estrutural e de fechamento, devem trabalhar independentemente (Sales et al., 2001).

Desvincular o fechamento da estrutura é uma das soluções utilizadas pelos projetistas para minimizar os problemas de contato que surgem sob a forma de trincas, descascamentos e infiltrações (Figura 9). Nessa edificação, o fechamento em esquadria e vidro está desvinculado da laje de piso do segundo pavimento, existindo entre esses elementos uma fresta de 0,05 m, o que compromete a estanqueidade dos ambientes situados no primeiro pavimento. A baixa elevação do piso interno no primeiro pavimento em relação ao terreno, de aproximadamen-

te 0,20 m, constitui outro fator que compromete a estanqueidade.

Soluções de projeto poderiam eliminar esse problema, tais como a elevação do piso interno e a adoção de fechamento externo mais compatível com a industrialização (painéis de placas cimentícias, pré-moldados de concreto, dentre outros, que poderiam ser fixados diretamente na estrutura metálica e na laje, desde que aplicada técnica adequada de execução).

Quanto ao isolamento acústico, Sales et al. (2001a) mostram que o fechamento externo em alvenaria possui desempenho acústico superior ao da maioria dos fechamentos industrializados do mercado, sendo que apenas os painéis de concreto apresentam desempenho similar. Para fechamento interno, os painéis de gesso acartonado, ou *dry wall*, que também são de montagem rápida, poderiam ser usados. Tais painéis, quando constituídos, de paredes duplas e recheadas de materiais isolantes, proporcionam desempenho acústico próximo ao da alvenaria. No prédio da EM/UFOP, nas dependências onde foi utilizado o fechamento com divisórias pré-fabricadas moduladas, percebe-se que os ruídos das salas vazam de um andar a outro. Esse efeito é aumentado devido à fresta existente e à não instalação de rodapés de borracha. Adaptações visando a contornar esse problema têm sido feitas. Uma delas se refere às paredes de duas salas de aula, que localizadas na região de divisórias, foram modificadas e passaram a ter paredes duplas de painéis melamínicos com a adição de uma manta de lã de vidro entre elas. Outra modificação foi realizada no auditório de eventos do prédio, que passou por uma reforma em 2005 e a divisória foi trocada por painéis duplos de gesso acartonado recheados com lã de vidro e revestimento interno em feltro.

### 3.3 Manutenção da edificação e patologias identificadas

As patologias existentes são identificadas por meio de um levantamento

fotográfico, que documenta os principais fenômenos decorrentes do uso do edifício. Essa documentação, feita entre novembro e dezembro de 2005, ou seja, após nove anos de ocupação, mostra que as patologias não chegam a comprometer estruturalmente a edificação, mas prejudicam seu desempenho termo-acústico e causam certo desconforto visual. Vê-se, também, que alguns dos problemas estão relacionados à concepção do projeto, enquanto outros, às interfaces entre os componentes construtivos e à falta de manutenção. Assim, os fenômenos mais comumente encontrados são: corrosão, desgaste de pintura, trincas, infiltrações na cobertura e no revestimento, descascamentos de revestimentos e problemas nos fechamentos internos, entre outros.

### (i) Corrosão

Processos de corrosão uniforme são detectados em vários pontos da estrutura metálica, da passarela central e em outras áreas (Figura 11). Também, há

corrosão em frestas junto a parafusos localizados nas bases dos pilares e na união de perfis de chapa dobrada com solda intermitente, causada pelas intempéries e fezes de aves (Figura 12). Em alguns locais, faz-se necessária uma intervenção no sentido de interromper o fenômeno, que poderá futuramente comprometer o aço, o qual, apesar de ser resistente à corrosão, devido à umidade da atmosfera local e ao contato dos pilares com o solo, está bastante deteriorado em pontos específicos.

### (ii) Pintura

A estrutura metálica foi pintada em tom avermelhado, sendo que no projeto de arquitetura foi especificada a utilização de tinta automotiva brilhante, de cor estável e resistente ao intemperismo. Entretanto, vê-se o desbotamento da pintura em locais sujeitos à ação dos raios ultravioletas (Figura 13). Essa degradação da resina que ocorre quando a pintura perde o brilho superficial, tornando-se fosca, que é denominada de em-

poamento, diminui a eficiência da película e compromete a estética.

Todos os elementos da passarela, calhas, tubos e tirantes, deveriam ser galvanizados, conforme indicação de projeto. Mas, devido ao estado de corrosão das peças, essa requisição parece não ter sido atendida, sendo necessária uma pintura das mesmas (Figura 14).

### (iii) Trincas

Fenômeno de maior ocorrência nos fechamentos, as trincas causam efeito estético desagradável e instalam infiltrações e descascamento do revestimento. Em vários pontos da edificação, elas surgem como consequência da infiltração. Em faces opostas de paredes comuns de salas de aulas, vêem-se trincas horizontais decorrentes da passagem de eletrodutos, notando-se que houve falta de integração entre projeto elétrico e de fechamento, o que não deve ocorrer em um projeto racional (Figura 15). Trinca vertical que pode ser devida ao excesso

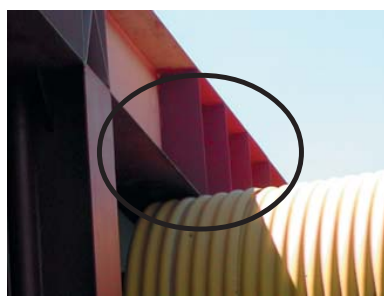


Figura 7 - Reforço estrutural.



Figura 8 - Ondulação em viga.

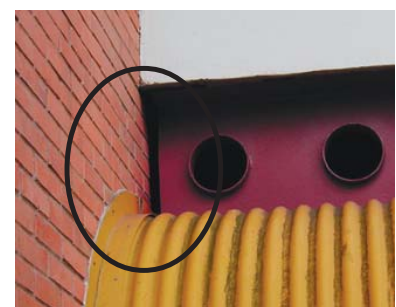


Figura 9 - Alvenaria desvinculada da estrutura.



Figura 10 - Processo corrosivo.

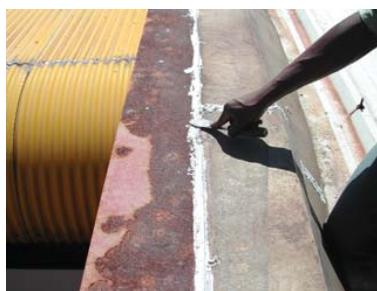


Figura 11 - Corrosão uniforme.



Figura 12 - Corrosão em frestas em parafusos de fixação de pilares.

de deformação por flexão da estrutura é encontrada em uma parede de alvenaria, pois a viga de sustentação dessa parede é apoiada por vigas em balanço (Figura 16).

#### **(iv) Infiltrações na cobertura e no revestimento**

As telhas de aço zincadas da cobertura possuem um pequeno caimento, que é inadequado para chuvas fortes. Para impedir a penetração da água de chuva sobre a laje de forro, foram empregados rufos metálicos de chapa zincada, apoiados sobre as vigas metálicas e nas calhas, que foram dimensionadas para dar vazão à água pluvial. Tubos de 100 mm de diâmetro, que passam pelos cantos de alguns pilares, recebem a água proveniente do telhado, desembocando-a na rede pluvial. Apesar desses cuidados, há várias infiltrações pela edificação, que causam desconforto, umidade e trincas em paredes (Figura 17). A

água de chuva escorre entre os rufos e as mesas das vigas, infiltrando-se nas frestas entre a laje e as vigas, escorrendo sobre o forro de PVC, pingando em determinadas salas e na biblioteca (Figura 18). Também há infiltração nas frestas entre a estrutura metálica e o fechamento em esquadria (Figura 19).

#### **(v) Descascamentos**

O descascamento do revestimento ocorre no contato entre estrutura e fechamentos e em locais de infiltração, como se observa nas paredes internas das escadas e das rampas, as quais são revestidas externamente com pastilhas, tendo perfis leves como juntas de dilatação. Nessas juntas, no interior da edificação, vêem-se infiltrações e consequentes descascamentos (Figuras 20 e 21).

Observa-se, ainda, o descascamento de tijolos que compõem as fachadas, principalmente em regiões que recebem respingos de água de chuva. A qualida-

de dos tijolos e da película de impermeabilizante que a parede recebeu podem ser outras causas desse fenômeno, que provoca também limbo nas paredes externas.

#### **(vi) Fechamentos**

As divisórias internas são de fácil instalação e manutenção (Figura 6), mas notam-se os seguintes problemas: não proporcionam isolamento acústico adequado, são combustíveis, os perfis metálicos que as compõem se soltam facilmente e apresentam dificuldade de embutimento de fiação. Esse problema de dificuldade de embutimento de fiação também é encontrado no fechamento em tijolo aparente (Figura 22).

### **3.4 Propostas de soluções para as patologias**

Os problemas patológicos aqui citados podem ser minimizados com uma



**Figura 13** - Estado da pintura da estrutura metálica.



**Figura 14** - Corrosão em peça da passarela.



**Figura 15** - Trinca horizontal.



**Figura 16** - Trinca vertical.



**Figura 17** - Trinca em parede devida à infiltração.



**Figura 18** - Infiltração de água de chuva no forro de PVC.



correta manutenção na edificação, que englobe os seguintes aspectos:

- a) Instalação de novos rufos de maneira adequada, eliminando as infiltrações das paredes e da cobertura.
- b) Colocação de capacetes nas muretas de contorno da cobertura.
- c) Troca de telhas e calhas que estiverem em mau estado.
- d) Limpeza periódica das calhas evitando transbordamentos e entupimentos dos tubos condutores (Figura 23).
- e) Nova aplicação de silicone ou outro produto entre os rufos e as mesas das vigas e entre estrutura e fechamento em esquadria.
- f) Remoção de corrosão e poeira da estrutura, vedação das frestas e aplicação de tinta de boa aderência e compatível com a tinta existente.
- g) Aplicação, na estrutura metálica sujeita à insolação, de pintura com tinta poliuretânica alifática, que possui

excelente resistência ao intemperismo, sem perda de brilho e cor e pode ser aplicada sobre a pintura antiga (Figura 24).

- h) Análise e, se necessário, reforço de perfil estrutural em local onde há trinca por deformação excessiva, se a mesma não estiver estabilizada.
- i) Recomposição de paredes e revestimentos seguida de pintura.
- j) Limpeza periódica das bases dos pilares ou instalação de proteção de concreto.
- k) Revisão dos sistemas de drenagem e de captação das águas do telhado.
- l) Replanteio de grama nos arredores da edificação.
- m) Limpeza dos tijolos e nova aplicação de produto hidrofugante, o qual impermeabiliza sem formar película.
- n) Colocação adequada dos eletrodutos.

### 3.5 O desempenho térmico da edificação

O conforto interno de um ambiente construído está intimamente ligado ao desempenho térmico e vem da adequação dos sistemas de fechamento externo e interno da edificação. E esse desempenho térmico pode ser constatado durante o uso da construção, face às variações climáticas locais e às cargas internas, por meio de medições *in loco* da temperatura e da umidade internas e externas.

Um projeto arquitetônico adequado deve aproveitar, de forma eficiente, as condições climáticas locais, associando-as à finalidade para a qual a edificação será utilizada, amenizando o consumo de energia artificial. Quanto às cargas internas, elas são determinadas pelas atividades humanas, lâmpadas e equipamentos existentes.

Nesse estudo, são realizadas, simultaneamente, medições externas e medi-



**Figura 19** - Infiltração de água de chuva no contato estrutura-esquadria.



**Figura 20** - Descascamento no contato estrutura-alvenaria.



**Figura 21** - Descascamento devido à infiltração.



**Figura 22** - Dificuldade de embutimento de fiação.



**Figura 23** - Calha suja.



**Figura 24** - Repintura em andamento.



ções internas da temperatura e da umidade em três salas diferentes (salas 07, 15 e 26), todas situadas no segundo pavimento, posicionadas conforme indicação mostrada na Figura 4. Os resultados são apresentados nas Figuras 25 a 27.

Na Figura 25, são mostrados os resultados obtidos, para a temperatura e para a umidade relativa do ar, externas e internas, para uma sala posicionada no segundo pavimento do primeiro bloco, sala 26 (Figura 4). Ela está na área administrativa da unidade e possui fechamento interno em painel de divisória e fechamento externo em esquadria e painel de vidro. Observa-se que, no período de medição (período de verão), a temperatura interna alcançou um valor máximo de 28,8°C, no dia 04/02/06, enquanto a temperatura externa atingiu um máximo de 34,3°C.

No mesmo período, a umidade relativa do ar externa apresentou uma variação bastante acentuada, com um valor máximo de 99 % e mínimo de 30,3 %. A umidade relativa do ar interno variou entre 76,5 e 42,3 %.

Nas Figuras 26 e 27, são mostrados os resultados das medições de temperatura e umidade do ar externo e interno, para duas salas (salas 07 e 15), localizadas no segundo pavimento. Essas são salas de aula e estão orientadas para sul e norte, respectivamente (Figura 4). O fechamento interno é em alvenaria (tijolo cerâmico furado revestido com argamassa) e o fechamento externo é todo em esquadria e painel de vidro. A temperatura interna, na sala 07, atinge um valor máximo de 25°C, enquanto que a temperatura externa alcança 30,5°C. Na sala 15, a temperatura interna alcança um valor máximo de 30,7°C, enquanto que a temperatura externa chega a um valor de 40,8°C. De maneira similar, tem-se a variação da umidade relativa do ar interno, mas com valores opostos.

Nota-se que para todos os períodos observados e ambientes avaliados

a edificação mostrou um bom desempenho térmico, obtendo-se um gradiente de temperatura, em relação à temperatura externa, maior que 5°C. Essa diferença, entre temperatura externa e interna, é mais acentuada naqueles ambientes com fechamento interno em alvenaria.

## 4. Considerações finais

O diagnóstico realizado mostra que a edificação em estudo não apresenta nenhum inconveniente de ordem estrutural, mas problemas construtivos surgiram em detrimento do uso de alvenaria convencional, como fechamento, com a estrutura metálica e de uma manutenção não adequada, ao longo desse período de uso. Para uma melhor conservação da edificação, manutenções periódicas e planejadas devem ser feitas, pois patologias estão em processo de avanço, sendo que as que mais comprometem são àquelas associadas à corrosão e à infiltração.

Atualmente, tem-se tornado prática a elaboração de cartilhas de manutenção e conservação dos elementos construtivos de uma edificação. Essas cartilhas devem conter programas de atividades e informações inerentes aos serviços a serem realizados, especificações dos materiais adequados e a periodicidade de cada operação de manutenção (Gomide et al., 2006).

As medições de temperatura e umidade relativa do ar, realizadas *in loco* em alguns ambientes, mostram que as variações são menos acentuadas (Figuras 25, 26 e 27) do que às variações da temperatura externa, evidenciando a influência da massa térmica do sistema de fechamento.

O uso de fachadas inteiras envidraçadas no segundo pavimento proporciona à edificação o aproveitamento máximo da iluminação natural da luz solar e as janelas de máximo ar promovem boa

ventilação interna. Porém o efeito térmico proveniente da radiação solar, quando ela atua diretamente sobre o vidro e é absorvida pelas superfícies internas causando o efeito estufa, é responsável pela elevação de temperatura no interior.

Para ambientes ventilados naturalmente, quando são exercidas atividades leves (salas de aula, escritório e residências), as normas ISO 7730:1994 e ASHRAE 55:1992 determinam uma temperatura limite de até 29°C no verão. No período avaliado, verão, a temperatura interna alcançou um valor máximo em torno de 31°C, valor esse maior do que o valor máximo de 29°C adotado pelas normas.

Considerando que, para um valor de referência de temperatura para conforto, maior que aquele estabelecido pela norma (29°C) em que as pessoas sentem desconforto térmico, nota-se que a edificação pode apresentar, principalmente no horário de pico da temperatura externa num período de verão e em alguns ambientes, temperatura acima da recomendada para o conforto térmico de seus ocupantes. Ressalta-se que, em condições climáticas extremas, nenhum tipo de construção, seja em aço ou em alvenaria, independentemente do sistema de fechamento utilizado, promoveria condições de conforto térmico, durante todo o dia, nos dias mais críticos de verão.

Em relação ao prédio da EM/UFOP, beirais maiores e varandas cobertas voltadas para as fachadas mais ensolaradas seriam soluções de projeto que evitariam a incidência direta dos raios solares sobre os vidros. Mas, como esses recursos não foram previstos, outras soluções são propostas para amenizar os efeitos da radiação solar e diminuir a temperatura interna no período de verão, quais sejam, a estratégia da ventilação cruzada, o sombreamento das janelas mais ensolaradas com a instalação de persianas ou *brises* e uma arborização adequada nos arredores.

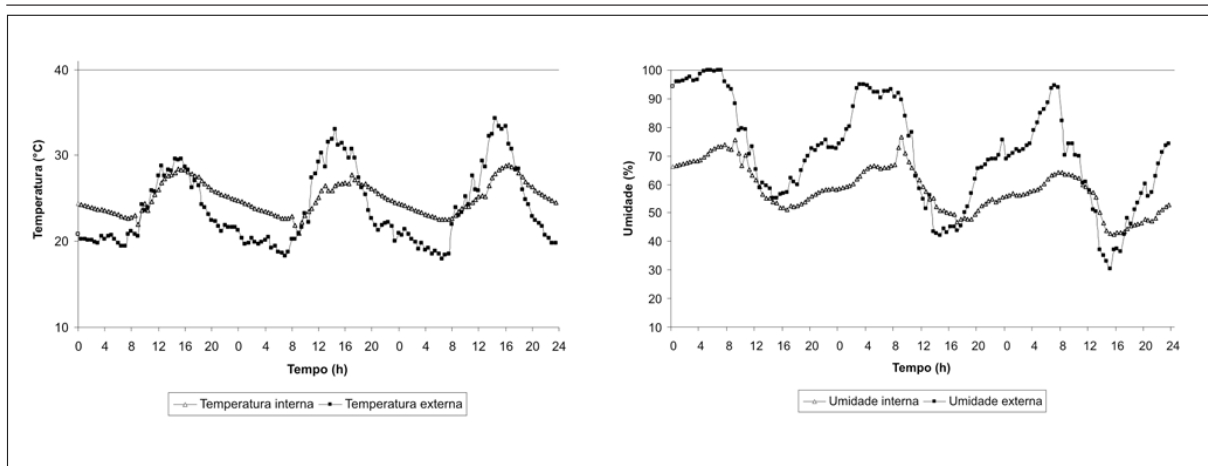


Figura 25 - Temperatura e umidade interna e externa, sala 26, de 02 a 04/02/2006.

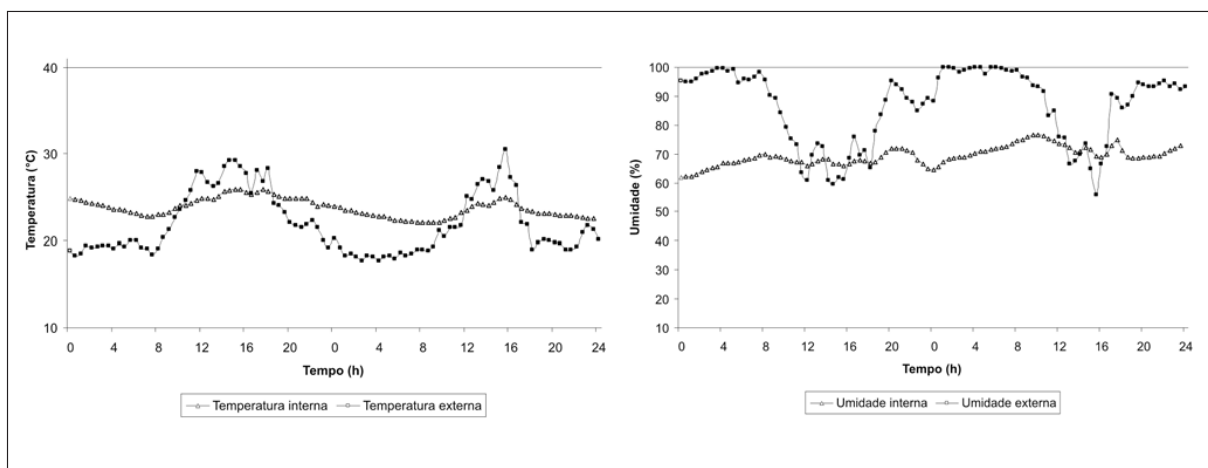


Figura 26 - Temperatura e umidade interna e externa, sala 07, de 28 a 29/01/2006.

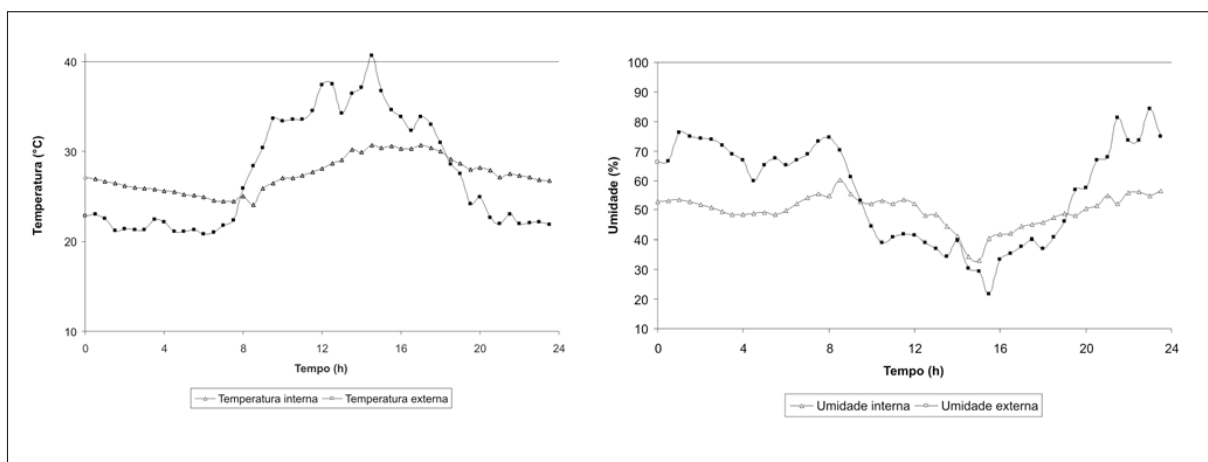


Figura 27 - Temperatura e umidade interna e externa, sala 15, em 26/01/2006.

## 5. Referências bibliográficas

AHLBORN. *Almemo manual, for all almemo measuring instruments*. V. 5. Ahlborn Meß- und Regelungstechnik GmbH, 4ª ed. Germany: Holzkirchen, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. ANSY/ASHRAE 55. New York: ASHRAE, 1992.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. *Allowable Stress Design*. 9ª ed. Chicago, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios (Método dos Estados Limites): NBR 8800:1986*. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 199 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Forças devidas ao vento em edificações: NBR 6123:1988*. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 76p.

BASTOS, M. A. R., SOUZA, H. A. *O usuário versus a cadeia produtiva do espaço edificado*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO E ENCONTRO LATINO-AMERICANO

DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO - SIBRAGEC-I ELAGEC, 4. *Anais...* Porto Alegre, 2005. CD-ROM.

CASTRO, E. C. *Patologia dos edifícios em estrutura metálica*. Ouro Preto: Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, 1999. 199 p. (Dissertação de Mestrado).

COCOTA JÚNIOR, J. A. N. *Sistema de monitoramento de temperatura e umidade e proposta de controle por condicionamento do ar em museus*. Monografia de Graduação em Engenharia de Controle e Automação. Ouro Preto: UFOP, 2005. 70p.

GOMIDE, T. L. F., PUJADAS, F. Z. A., FAGUNDES NETO, J. C. P. *Técnicas de inspeção e manutenção predial*. São Paulo: PINI, 2006. 227 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Thermal environments instruments and methods for measuring physical quantities*. ISO 7726:1985. Genebre: International Organization for Standardization, 1985.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. ISO 7730:1994.

Genebre: International Organization for Standardization, 1994.

KNOP, G. F. T., SOUZA, H. A. *Avaliação de desempenho térmico de painéis de fechamento pré-fabricados*. Ouro Preto: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, 2006. 29 p. (Relatório final de iniciação científica, PROBIC 2005/2006, FAPEMIG).

OLIVEIRA, E. N. M. B. et al. Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. *AP Revista de Arquitetura*, n. 5, p. 24-31, 1996.

SALES, U. C., NEVES, F. A., SOUZA, H. A. Interfaces entre sistemas de vedação e estruturas metálicas, problemas reais. *Téchne*, São Paulo, v. Ago., n. 53, p. 98-102, 2001.

SALES, U. C., NEVES, F. A., SOUZA, H. A. *Avaliação comparativa do desempenho acústico de painéis de vedação pré-fabricados*. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC, 4, ENCONTRO LATINOAMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3. *Anais eletrônicos...* São Pedro, SP, 2001, v.1, p. 1-7, 2001a.

Artigo recebido em 12/09/2006 e aprovado em 26/02/2007.



REM - Revista Escola de Minas  
[www.rem.com.br](http://www.rem.com.br)