

ESTUDO DA INCIDÊNCIA DE FISSURAS EM ELEMENTOS DE COBERTURA CAUSADAS PELA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE – ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CASCAVEL/PR

**DAVLONTA, Jorge Luiz(1); MENEGHETTI, Leila Cristina (2);
OLIVEIRA, Ana Maria de Sousa Santana de (3)**

(1) Eng. Civil, Universidade Estadual do Oeste do Paraná

e-mail: jldavlonta@hotmail.com

(2) Mestre em Eng. Civil, Universidade Estadual Oeste do Paraná

e-mail: leila@unioeste.br

(3) Mestre em Eng. de Produção, Universidade Estadual do Oeste do Paraná

RESUMO

Na maioria dos edifícios brasileiros observa-se uma grande incidência de manifestações patológicas. Muitos desses problemas são fissuras de origem térmica em elementos de cobertura, por possuírem áreas expostas a grandes variações de temperatura e umidade. A cidade de Cascavel, situada na região Oeste do Paraná, apresenta uma elevada variação de temperatura com altos índices de umidade, propiciando um ambiente adequado ao surgimento de fissuras nas edificações.

Considerando os fatores expostos, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um diagnóstico da incidência de fissuras em elementos de cobertura de edifícios da cidade de Cascavel/PR, juntamente com estudo de caso. Para tanto, primeiramente traçou-se o perfil climático da região com dados de temperatura, umidade, insolação e precipitação para os últimos sete anos. A caracterização dos edifícios e levantamento das manifestações patológicas foi obtida através de visitas de inspeção técnica.

Em todos os edifícios vistoriados, observaram-se manifestações seja na fachada, platibanda, marquise ou laje de cobertura. Pode-se perceber a grande incidência de fissuras em elementos de cobertura, relacionadas com as características climáticas da região, devido a variação significativa de temperatura e umidade do ar.

PALAVRAS-CHAVE: fissuras, elementos de cobertura, temperatura, umidade

1. INTRODUÇÃO

Observa-se nos edifícios brasileiros uma grande incidência de manifestações patológicas. Muitos destes problemas apresentam-se em elementos de cobertura, que são áreas expostas a grandes variações de temperatura e intempéries climáticas. Cascavel/PR apresenta uma grande variação de temperatura e com altos índices de umidade relativa do ar, fatores estes contribuintes para o aparecimento das manifestações patológicas.

Existem métodos e materiais que quando adequadamente empregados podem reduzir e até evitar estas manifestações.

As patologias externas, principalmente, comprometem a estética e o conforto social do edifício, ocasionando uma desvalorização do mesmo perante o mercado e também, aumento na insegurança do usuário.

A inexistência de estudos e levantamentos específicos relacionados às afirmações acima, bem como, a desinformação da maioria dos profissionais quanto a fatores interligados a estes problemas, incentivou a realização deste trabalho em elementos de cobertura das edificações de Cascavel/PR.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O trabalho foi conduzido da seguinte forma: Primeiramente fez-se um levantamento dos dados de temperatura e umidade relativa do ar com o objetivo de conhecer as características climáticas da cidade em estudo. Após, foram selecionados e vistoriados nove edifícios da região central onde foram estudadas as manifestações patológicas nos elementos de cobertura. Destes, um foi escolhido como objeto de estudo de caso, onde diagnosticou-se as origens das manifestações encontradas.

2.1 Perfil climático

Os dados para a caracterização do perfil climático foram obtidos na Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB). Foram obtidos registros diários de temperatura, umidade, insolação e precipitação dos anos compreendidos entre 1992 e 1999.

Com os dados levantados, foram extraídos os índices de temperatura mínima e máxima anuais. Outro índice representativo gerado a partir desses dados é o gradiente de temperatura, formado pela diferença em graus Celsius entre a mínima e a máxima temperatura.

A umidade relativa do ar, apresentada em porcentagem, foi retratada através de uma média anual. Esta atitude foi embasada pela prévia observação de que as menores taxas de umidade do ar se enquadram entre os valores de teor acima do normal.

2.3 Exploração de casos em diversas edificações

Com o objetivo de observar a incidência de casos relacionados às patologias em elementos de cobertura, fez-se uma investigação às edificações que supostamente apresentam problemas semelhantes.

Para relacionar as edificações a serem examinadas, procedeu-se uma prévia vistoria visual na região central da cidade, num raio de quatro quilômetros em relação ao centro da cidade, por ser esta a área que contém a maior densidade de edifícios. Outro critério considerado para a escolha das edificações, foi a apresentação de algum sinal visível de patologia no topo, ou seja, manchas, fissuras, eflorescências.

Visando a padronização da pesquisa, instituiu-se previamente os dados a serem consultados e verificados em cada edificação. Os tópicos padrões questionados foram: localização, orientação da fachada frontal, orientação da parte que apresenta problemas, idade da edificação, número de pavimentos.

Foram selecionadas nove (09) edificações, de localização e orientação variadas, mas com características semelhantes referentes a problemas patológicos.

Após a seleção, procedeu-se uma primeira visita nas edificações, que consistiu em uma conversa informal com o responsável pelo edifício, na maioria das vezes o porteiro ou encarregado de manutenção, primeiramente esclarecendo o motivo da inspeção e posteriormente buscando identificar a disponibilidade e o interesse em informar as características necessárias para o estudo. Em alguns casos a vistoria e o questionário foram efetuados na primeira visita.

2.3 Estudo de caso

Com o intuito de confrontar as informações contidas nas bibliografias com os problemas encontrados em uma edificação, procedeu-se uma inspeção técnica, onde foram focados e inspecionados somente os problemas relacionados com elementos de cobertura.

Procedeu-se uma visita prévia a fim de se caracterizar a edificação visualmente, observando superficialmente as manifestações patológicas. Em paralelo, efetuou-se uma entrevista com o responsável pelo edifício, que viabilizou informações gerais da edificação como: tipo da edificação; ano de construção; finalidade e uso.

Os antecedentes foram adquiridos através de questões quanto a manutenção, reparos e anomalias detectadas anteriormente.

Para a correlação de dados foi feita uma caracterização do meio onde se insere o edifício. Esta descrição foi dividida em dois tópicos: um deles identificando os agentes químicos e físicos em contato com a edificação, ou seja, as características atmosféricas, a natureza da água e do solo e outros fatores do meio; e o outro, identificando os agentes físicos e químicos do meio, como gradiente de temperatura (diário e anual), umidade relativa do ar e ventos predominantes.

Após a identificação visual das manifestações, selecionou-se somente as fissuras mais evidentes encontradas na cobertura do edifício, para posterior exame e descrição das propriedades de cada uma.

A construção escolhida para o estudo de caso, é um edifício de uso residencial e com salas comerciais no pavimento térreo, que teve habite-se em maio de 1990. A estrutura é em concreto armado, com revestimento externo em argamassa e pintura em textura acrílica. A cobertura apresenta-se com uma parte coberta com telhas de fibrocimento e o restante consiste em uma área aberta com piso revestido em pedra mineira clara.

A edificação já sofreu intervenção que consistiu de pintura da fachada externa com reparos paliativos das fissuras. As primeiras fissuras datam do ano de 1996, conforme informações do responsável pela edificação.

3.RESULTADOS

3.1 Temperatura e umidade da cidade de Cascavel/PR

Com os dados obtidos, traçou-se o perfil climático da cidade. O fator temperatura foi caracterizado pela expressão dos registros de máximas e mínimas decorrentes no período de 365 dias (1 ano), durante os anos de 1992 a 1999. A Figura 1 apresenta no eixo das ordenadas os valores de temperatura variando de dez graus negativos (-10°C) a quarenta graus positivos (40°C) e no das abscissas o mês e ano das respectivas ocorrências.

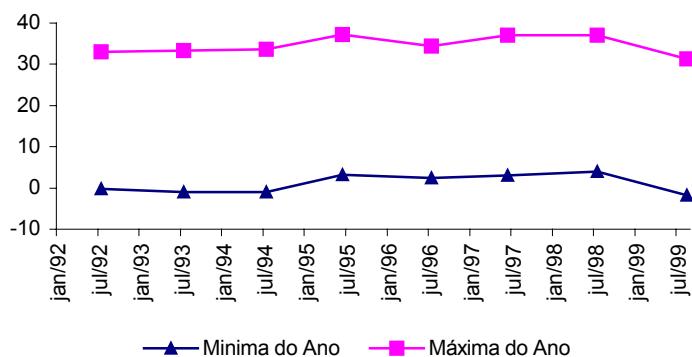


FIGURA 1 - Temperaturas máximas e mínimas registradas em cada ano na cidade de Cascavel

Através da Figura 1, observa-se que a temperatura mínima registrada no ano com sendo geralmente abaixo de zero graus (0°C) e a máxima entre trinta (30°C) e trinta e cinco graus (35°C).

Devido às significativas diferenças entre as temperaturas máxima e mínima, encontrou-se um gradiente de temperatura que variou entre trinta e cinco vírgula sete graus ($35,7^{\circ}\text{C}$) registrado no ano de 1994 e vinte e nove graus (29°C) em 1998.

Sabe-se que as variações dimensionais dos materiais são resultantes da dilatação e contração que todo o material apresenta quando está submetido a uma oscilação térmica.

A magnitude dessa movimentação vai depender das características físicas dos materiais, do gradiente de temperatura e da freqüência com que ocorre esta variação.

Dessa forma a movimentação que, os vários elementos componentes de uma cobertura experimentarão serão diferenciados, evidenciando o aparecimento e fissuras decorrentes da variação térmica nestes componentes. Fatos semelhantes a este, relatado pelos autores, podem ser observados neste estudo de patologias.

Na Figura 2 estão apresentados os dados de umidade relativa do ar predominante, representados pela média anual, durante o período de 1992 a 1999.

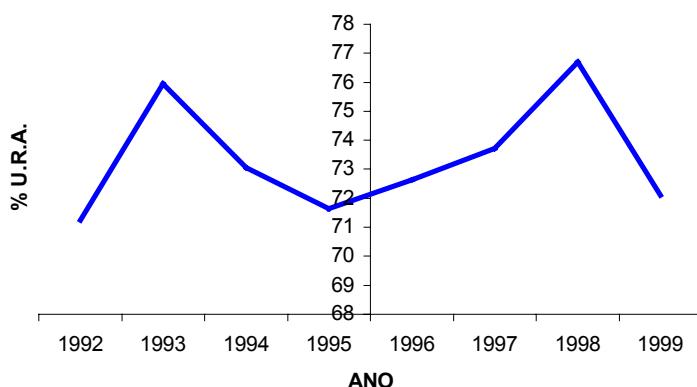


FIGURA 2 - Média da umidade relativa do ar anual

Pode-se observar na Figura 2 que a média da umidade relativa do ar característica da região é limitada entre setenta (70%) e setenta e sete por cento (77%). Verifica-se ainda através dos dados, que em certos dias do ano, a umidade relativa do ar chega a registrar 90%.

Um fator de grande influência nas alterações dos materiais constituintes dos elementos de cobertura, é a retração higroscópica. Esta retração procede pela absorção de água do meio ambiente, neste caso o ar.

Índices de umidade acima de 70% são considerados representativos para a viabilização de alterações higroscópicas nos materiais segundo THOMAZ (1989). Considerando os valores obtidos neste estudo, pode-se considerar este como sendo um fator que propicia a presença de fissuras em elementos de cobertura da cidade de Cascavel.

O gradiente de temperatura anual (35°C) apresenta-se acima da média das regiões centrais e norte do país, que é de 27°C (DAL MOLIN, 1988).

O fator climático umidade relativa do ar, pode ser classificado como superúmido, conforme informações do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), o que aliado ao elevado gradiente de temperatura propicia um ambiente favorável à manifestação patológica.

Neste tipo de ambiente, há grande probabilidade de alterações dimensionais devido às características higroscópicas dos materiais, movimentações estas que podem vir a gerar fissuras.

No que diz respeito ao perfil climático, pode-se concluir que a cidade de Cascavel e região, apresentam fatores que propiciam o surgimento de movimentações representativas nos materiais constituintes dos elementos de cobertura e consequentemente um aumento de tensões, que são manifestações configuradas em forma de fissuras.

3.2 Exploração dos edifícios

Através da inspeção das várias edificações da cidade de Cascavel, e efetuando uma pesquisa padronizada, pode-se compor o Quadro 1 apresentado a seguir, que serve como instrumento para análises e conclusões.

QUADRO 1 - Características e indicadores patológicos das diversas edificações

Identificação do Edifício	Finalidade (uso)	Localização	Situação da fachada com patologia	Fachada frente	Nº ptos	Idade (anos)	Incidência de manifestações patológicas		
							Marquise	Platibanda	Lajes
A	Comercial	Centro	L / S	S	4	6	x	x	X
B	Residencial	Centro Leste	L / N / O	O	13	9		x	X
C	Residencial.	Centro Leste	L / S	L	4	5	x		X
D	Residencial	Centro Oeste	L / N	L	7	6		x	X
E	Residencial	Centro Oeste	N / O	N	6	9			X
F	Residencial	Central Sul	N	N	6	8	x		
G	Residencial	Centro Sul	L / N	L	6	9		x	X
H	Residencial	Centro	L / S	L	4	10	x	x	X
I	Residencial	Centro leste	S	S	14	2	x		

L = Leste; **N** = Norte; **S** = Sul; **O** = Oeste

Através destes dados pode-se gerar gráficos que demonstram estatisticamente a incidência de fissuras, os locais onde ocorrem e as possíveis causas.

A Figura 3 apresenta a porcentagem de incidência de fissuras nos três principais elementos de cobertura das edificações analisadas.

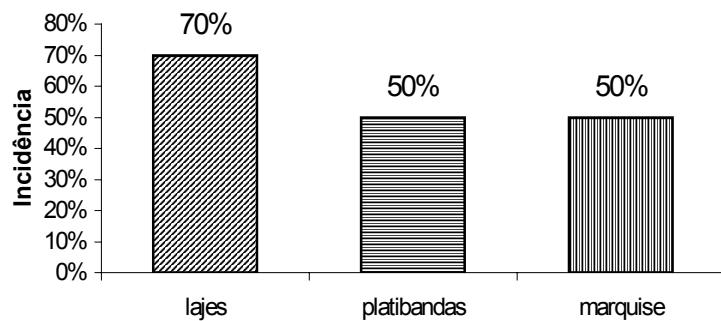


FIGURA 3 - Incidência de fissuras nos principais elementos de cobertura

Todas as edificações pesquisadas apresentaram fissuras em pelo menos um de seus principais elementos de cobertura. Pode-se considerar fator incisivo deste resultado, o fato das edificações terem sido previamente selecionadas.

Especificamente, pode-se destacar a maior incidência de problemas nas lajes de cobertura. Este índice pode estar relacionado à sua disposição em relação à incidência solar.

As fissuras em platibandas e marquises foram detectadas em 50% das edificações analisadas. Pode-se caracterizar estes elementos como sendo menos expostos que as lajes, pois geralmente são revestidos com rufos ou outros elementos de proteção.

Na Figura 4 observa-se a relação existente entre manifestações patológicas e a idade da edificação. Pode-se destacar então, que a incidência de fissuras em lajes de cobertura e platibanda é maior nas edificações que tem idade entre quatro a seis anos e entre as que possuem oito a dez anos, enquanto que os problemas com marquise aparecem em quase todas as idades das edificações.

Esta relação pode ser influenciada pela quantidade de vezes que foram feitas manutenções na edificação, porém acredita-se que as mesmas não resolveram totalmente o problema, vindo a reincidir após dois ou três anos do reparo.

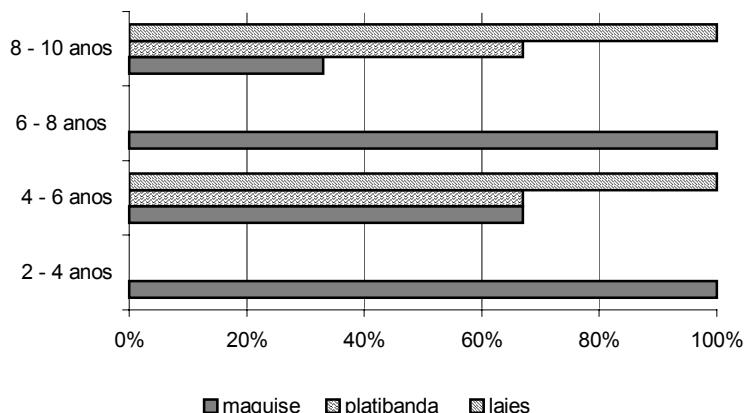


FIGURA 4 - Idade da edificação x incidência de fissuras nos determinados elementos de cobertura

Esta pesquisa, diversificada quanto a localização e exposição, mostra a grande incidência de fissuras em elementos de cobertura supostamente devido à variação de temperatura e umidade.

Em relação ao exposto pela pesquisa de exploração das patologias de elementos de cobertura, pode-se alegar a hipótese de que praticamente todos os edifícios apresentaram manifestações patológicas de origem térmica em forma de fissuras.

3.2 Estudo de caso

Após inspeção preliminar, foram registrados os problemas existentes, suas características e localização. Na pintura e no revestimento externo foram observadas fissuras de conformação variada, sendo que na torre externa a pintura apresentava degeneração visível com perda das características originais de desempenho.

A laje de cobertura apresentava trincas, fissuras, eflorescências carbonatadas e descolamentos da proteção mecânica da impermeabilização.

Segundo informações obtidas no projeto arquitetônico, o edifício teve sua aprovação na prefeitura municipal de Cascavel em 25 de maio de 1990, onde foi entregue projeto arquitetônico pelo Engenheiro responsável.

Quanto a manutenção, foi informado que com cinco anos de uso da edificação, foi feita aplicação de massa acrílica nas fissuras e posteriormente pintura de toda a fachada externa da edificação.

Consta que as fissuras voltaram a manifestar na fachada após dois a três anos da referida intervenção.

Em função dos problemas identificados nas inspeções, a fachada da edificação é exposta à radiação solar intensa e ventos. A origem das fissuras presentes em toda a área da fachada está nas tensões no revestimento provocadas por movimentações de contração e expansão. Essas movimentações são causadas pelo elevado teor de umidade do ar e das grandes variações de temperatura, além da presença de poluentes gasosos e sólidos.

No caso das fissuras e micro-fissuras manifestadas na pintura, supõe-se que as mesmas foram influenciadas pelas movimentações de origem térmica e higroscópica.

Segundo LATTA (1970) *apud* THOMAZ (1989), sob efeito da radiação direta do sol, a temperatura de paredes com pouca massa entra em equilíbrio em períodos inferiores a uma hora (01 h), enquanto que, para paredes com revestimentos muito espessos, este período pode ultrapassar 24 horas.

Durante a fase de vistoria foram feitos alguns recortes para verificar a extensão da fissura, ou seja, se a mesma finalizava ainda no reboco ou avançava pela alvenaria. Neste caso foi constatado que a mesma era apenas no reboco e também que o mesmo apresentava espessura superior a cinco (5) cm em toda a área.

Correlacionando as informações de LATTA (1970) *apud* THOMAZ (1989) e os dados das inspeções que indicam a grande espessura do reboco e a extensão das fissuras limitadas a camada de revestimento, supõe-se que a diferença de temperatura entre os componentes e o meio é muito acentuada, propiciando movimentações diferenciadas que originam as fissuras no revestimento.

As platibandas e marquises do edifício do estudo de caso apresentavam fissuras de conformação variada em toda a área externa. Pode-se observar que os elementos de vedação, rufos e impermeabilização eram inadequados com espessura de revestimento acima de cinco (5) cm.

Atribui-se a origem dessas fissuras a tensões estruturais de grande magnitude, retração da argamassa de revestimento aliada as tensões provocadas pelas movimentações de contração e expansão. Tais problemas, surgem devido o uso de materiais de má qualidade, dosagem e aplicação inadequada da argamassa de revestimento, além das variações das grandes variações de temperatura a que estão sujeitos.

A quantidade de radiação a que estão submetidos os elementos de cobertura, marquise e platibanda, conjuntamente com a ausência de juntas de movimentação são os principais fatores precursores das fissuras neste tipo de elemento.

A figura 6 mostra a presença de fissuras de conformação variada na platibanda e marquise.



FIGURA 6 - Fissuras de conformação variada nas platibandas e marquises

No caso da Figura 6, pode-se observar que a fissura é supostamente característica de uma variação diferenciada de movimentações entre o elemento platibanda e o restante da edificação. Estas movimentações são ocasionadas pelas variações de temperatura e pelo excesso de umidade a que os componentes estão expostos. Salienta-se ainda que a inexistência de juntas de movimentação, faz com que as tensões oriundas das movimentações diferenciadas manifestam-se em forma de fissuras nas áreas de menor resistência e mais solicitadas, ou seja, a interface de ligação entre dos materiais e componentes.

Os sistemas de impermeabilização da laje de cobertura apresentaram fissuras de conformação variada, trincas e descolamentos da proteção mecânica em toda a sua extensão. A provável causa destas manifestações patológicas na laje está relacionada com a falta de juntas de dilatação na proteção mecânica, aliada às movimentações higroscópicas devido a grande precipitação pluviométrica e elevadas variações na temperatura e umidade do ar.

A cobertura é a superfície do edifício que mais está exposta a radiação solar, desta forma a variação térmica nos elementos que compõem a cobertura são mais expressivas. A ação da radiação solar sobre a laje de cobertura tem dois efeitos básicos: provoca variações dimensionais no pano da laje, comportamento das membranas; e as curvaturas da superfície da laje de cobertura, comportamento da placa. As ações correspondentes ao comportamento da placa não são significativas quando comparadas aos de membrana, conforme descrito por BASSO E CORREA (1990).

Conforme os resultados das inspeções na laje de cobertura do edifício estudado, pode-se ressaltar que a mesma apresentava, nas áreas próximas aos cantos, uma incidência mais acentuada de fissuras, pois estas áreas estavam predispostas pelas declividades ao condicionamento excessivo de água.

Quanto as características observadas, estas se assemelham ao descrito pelos autores acima citados.

Supõe-se que, as diferentes magnitudes das movimentações dos elementos revestimento mecânico e manta de impermeabilização, causaram as fissuras e os descolamentos na laje de cobertura.

Contudo, pode-se presumir que as patologias identificadas na laje de cobertura do edifício em estudo, tem todas as características de fissuras oriundas de variação térmica e umidade excessiva.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho pode-se perceber a grande incidência de fissuras em elementos de cobertura relacionadas com as características climáticas da cidade de Cascavel, mais especificamente variação significativa de temperatura e excessiva umidade relativa do ar. Estas fissuras são causadas principalmente pela ação da temperatura e umidade sobre os diversos elementos de cobertura, que apresentam diferentes deslocamentos, e estando ligados uns aos outros, acabam por produzir tensões que induzem o aparecimento de fissuras. Estas patologias devem ser consideradas pelo fato de que ferem a funcionalidade dos dispositivos de cobertura (lajes) e desvalorizam estética e financeiramente a edificação (platibandas e marquises).

Uma das soluções para tentar suprimir o surgimento de tais patologias é, através de elementos construtivos, buscar reduzir as tensões térmicas diferenciais e consequentemente diminuir os deslocamentos relativos entre os componentes.

Outra solução seria a redução na extensão contínua dos elementos, diminuindo a magnitude das movimentações e consequentemente as tensões precursoras das fissuras. Pode-se também especificar juntas de movimentação e dilatação, que atuam como um mecanismo de absorção de tensões que fatalmente se manifestariam nos elementos.

Observou-se durante a realização do trabalho, a falta de instrução do usuário quanto à manutenção e uso da edificação. É de suma importância saber quando, como e onde se deve realizar as vistorias preventivas e manutenções. Para isso é necessário que o mesmo seja informado por um profissional que tenha o conhecimento das características inerentes a cada elemento, pois certos materiais quando expostos à intempéries sofrem uma acelerada perda de suas características físicas e mecânicas.

Conclui-se que é significativa a incidência de fissuras em elementos de cobertura na cidade de Cascavel. Para a reversão deste quadro, primeiramente deve-se levar em consideração os fatores climáticos locais e consequentemente adotar soluções práticas e viáveis a fim de proteger os elementos sensíveis e criar condições de livre movimentação para os mesmos. Estas atitudes são economicamente viáveis se executadas nas fases de concepção e planejamento da edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HELENE, P; LEVY, S. Restauração e Recuperação de Estruturas de Concreto Armado de Escolas Estaduais de São Paulo. **Revista Téchne**. São Paulo, Editora Pini, nº 47, p. 53-55, 2000.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: Pini: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989.

BASSO, A; CORREA, M.R.S. Ação da temperatura sobre laje de cobertura de edifícios. In: I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Gramado : **Anais ANTAC** : 1990.

DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1988. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos responsáveis dos edifícios vistoriados por autorizar a realização deste trabalho.