

FISSURAS EM ALVENARIA: Estudo de caso na cidade de Maringá, Paraná

Murilo Keith Umada¹

Otavio Henrique da Silva²

Juliana Paiola da Silva³

José Luiz Miotto⁴

RESUMO

Quando umedecidos, alguns tipos de solos podem vir a sofrer um tipo de colapso de sua estrutura devido ao rearranjo de suas partículas, sendo denominados solos colapsíveis. As fundações de obras civis assentes sobre solo com características colapsíveis podem recalcar. Os recalques diferenciais de fundações causam significativos danos às estruturas das edificações e, geralmente, se manifestam com o surgimento de fissuras em alvenarias, acometendo, também, à estrutura, e causam o comprometimento da segurança da edificação, trazendo transtornos aos usuários pela perda de seu desempenho útil, mecânico e estético. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi a apresentação visual dos efeitos produzidos pela movimentação estrutural em uma edificação na zona central da cidade de Maringá – PR. Foram apresentadas as manifestações patológicas visualizadas e a hipótese da causa que levaram ao aparecimento das referidas fissuras. Ao final é destacado a importância do estudo das manifestações patológicas, dos maciços de solo e a interação deste com as fundações.

Palavras-chave: Fissura. Paredes. Recalque diferencial. Colapso.

¹ Mestrando, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, umada.murilo@gmail.com

² Mestrando, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, silva.oh@outlook.com

³ Mestranda, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, jupaiola@gmail.com

⁴ Prof. Dr., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, miotto.jl@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A fundação de uma edificação é a parte da obra civil na qual as cargas provenientes da superestrutura são transferidas para o suporte – solo ou rocha – através do elemento estrutural. Obras de construção civil assentam-se sobre o terreno e inevitavelmente requerem que o comportamento do solo seja devidamente considerado (PINTO, 2006).

Solos não saturados são aqueles em que os poros não estão totalmente preenchidos por água, havendo a presença de ar. Quando submetidos a grandes variações de umidade, esses solos apresentam mudanças de resistência ao cisalhamento e instabilidade volumétrica, originando fenômenos como colapso e expansão (CHAGAS; MOURA; CARNEIRO, 2017). Solos propensos a tais fenômenos são denominados de solos colapsíveis (GONÇALVES, 2006).

Solos potencialmente colapsíveis apresentam um alto índice de vazios determinando uma estrutura porosa e um baixo teor de umidade, resultando um solo com baixo grau de saturação (OLIVEIRA, 2002). Devido a uma estrutura altamente porosa, as partículas maiores presente nestes solos são mantidas em suas posições por meio de vínculos capazes de lhes conferir uma resistência adicional temporária (GUTIERREZ, 2005). De acordo com Pinto (2006), o colapso do solo deve-se à destruição dos meniscos capilares responsáveis pela tensão de sucção, ou a um amolecimento do cimento natural que mantinham unidas suas partículas e agregações.

Velloso e Lopes (2006) destacam que toda fundação sofre deslocamentos verticais (recalques), horizontais ou rotacionais, conforme a sollicitação a que está submetida. Os valores desses deslocamentos, quando ultrapassam determinados limites, podem apresentar danos e até o colapso da estrutura suportada pelo surgimento de esforços para as quais a fundação não está dimensionada.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT em sua NBR 6.122:2010 (ABNT, 2010), o movimento vertical descendente de um elemento estrutural é denominado recalque. Conforme Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), o movimento que ocorre em toda fundação é denominado recalque total. Rebello (2008) salienta que se o recalque for uniforme em todos os pontos de apoio das fundações, o efeito será apenas um afundamento no nível do terreno, provocando problemas de uso, mas não estruturais. E quando ocorrem em apenas um determinado local na construção é chamado de recalque diferencial.

Em geral os recalques de fundação tendem a cessar ou estabilizar após certo período de tempo, mais ou menos prolongado, e que depende das características do solo (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008). Desta forma, uma estrutura poderá ter comportamento flexível quando apoiada sobre um solo pouco deformável, ao passo que tenderá a comportar-se como um corpo rígido se apoiada em solo muito deformável.

De acordo com Gonçalves (2006), o fenômeno da colapsibilidade na estimativa da capacidade de carga das fundações de edificações não é levado em consideração, e devido a isso, diversos são os registros de recalques bruscos em edificações após o rompimento de tubulação de água ou esgoto, períodos prolongados de chuva ou elevação do lençol freático.

No entanto, Thomaz (2002) reporta que a estimativa dos recalques que ocorrerão numa fundação é tarefa extremamente difícil, sendo que, estimativas razoavelmente precisas só poderiam ser estabelecidas por meio da execução de provas de carga, ainda assim, apenas para recalques imediatos. A Equação (1), a seguir, apresenta o modelo clássico da teoria da elasticidade, para sapatas rasas apoiadas em solos coesivos saturados:

$$\Delta H = p \times B \left(\frac{1 - \mu^2}{E_s} \right) \times C_d \quad (1)$$

em que: ΔH : recalque;
 p : pressão de contato da sapata;
 B : menor dimensão da planta da sapata;
 E_s : módulo de deformação do solo;
 μ : coeficiente de Poisson do solo;
 C_d : coeficiente da forma e rigidez da sapata.

Segundo Thomaz (2002), no caso de recalques em estacas, Poulos e Davis (1980) desenvolveram um modelo baseado nos módulos de deformação do material constituinte da estaca, e de deformação do solo e na geometria da seção transversal da estaca, calculando o recalque básico de uma estaca isolada em espaço infinito, perfeitamente elástico com coeficiente de Poisson $\mu = 0,5$. O modelo, chamado Teoria da Elasticidade, é apresentado nas Equações (2) e (3):

$$\Delta H = \frac{p \times I}{E_s \times D} \quad (2)$$

em que: I : fator de influência;
 D : dimensão da estaca.

$$I = I_0 \times R_k \times R_h \times R_v \quad (3)$$

em que: I_0 : fator de influência para uma estaca;
 R_k : correção pela compressibilidade real;
 R_h : correção em uma camada finita de solo;
 R_v : correção devido ao μ real.

Para Gutierrez (2005) e Gonçalves (2006), em obras civis, os recalques diferenciais de fundações causam significativos danos às estruturas das edificações e se manifestam com o surgimento de trincas e rachaduras nas construções, danos estruturais em pavimentos, desaprumos e, até mesmo, a ruína de algumas edificações.

O comprometimento do desempenho das edificações é evidenciado pela incidência de problemas patológicos que ocasionam transtornos aos usuários (MAGALHÃES, 2004). Santos (2012) ressalta que um sintoma passa a ser considerado patológico quando compromete alguma das exigências da construção, seja ela por capacidade mecânica, funcional ou estética.

A patologia da construção ou patologia das edificações é o ramo da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas, as origens e a natureza dos defeitos, além das consequências das

deficiências das construções (MAGALHÃES, 2004).

As fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas das edificações observadas em alvenarias de vedação e em elementos complexos, tais como vigas, pilares e lajes. Lordsleem Júnior (1997) salienta que a classificação das fissuras, conforme a amplitude da abertura, pode indicar a gravidade do problema, além de auxiliar na identificação da causa e indicar a utilização dos sistemas de recuperação apropriado. Como regra geral, Thomaz (2002) afirma que as aberturas das fissuras provocadas por recalques são diretamente proporcionais à sua intensidade, assim como na dimensão da fissura e na extensão do problema.

Lordseem Júnior (1997) descreve a fissura como a manifestação patológica resultante do alívio mecânico das tensões em seções particularmente desfavoráveis entre um mesmo elemento ou entre dois elementos em contato. São aberturas que afetam a superfície do elemento construtivo tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos, acelerando a degradação dos componentes da construção.

Os mecanismos de formação das fissuras estão ligados a ações internas e/ou externas aos elementos e componentes de uma edificação. As ações internas aos componentes, tem-se as fissuras causadas por reações químicas ou por reações causadas por produtos à base de cimento (SAHADE, 2005). Para Thomaz (2002), ações externas causadoras de fissuração aos subsistemas da construção podem ter origem por movimentação térmica, higroscópicas, de sobrecarga, deformações de elementos de concreto armado e recalques diferenciais.

Um movimento de distorção na estrutura cria nas alvenarias um estado tensional, ilustrado pelas suas linhas isostáticas de compressão e tração. Desta forma, as fissuras se originam no local onde a tensão de tração é máxima e segue as isostáticas de compressão, uma vez que são perpendiculares às tensões de tração (ORTIZ, 1983). Na Figura 1 e Figura 2 é demonstrado o mecanismo de fissuração em alvenaria por recalque diferencial de fundação.

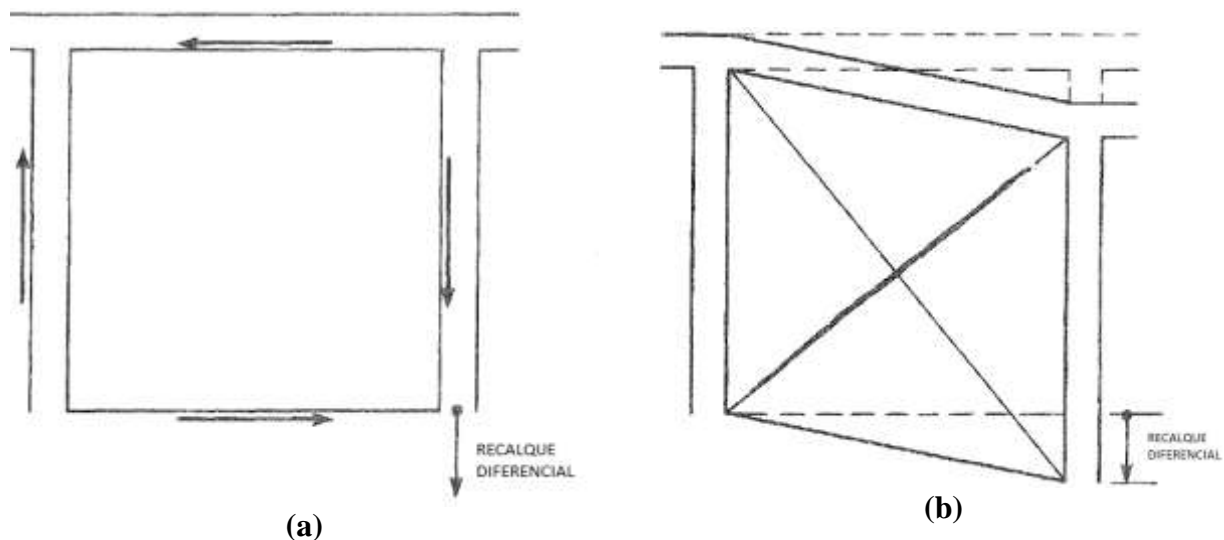


Figura 1 – Mecanismo de fissuração em alvenaria por recalque diferencial de fundação: (a) elemento estrutural sob ação do recalque, transmitindo esforço tangencial entre o contato dos elementos; (b) deformação da alvenaria alongando uma diagonal pelo esforço de tração e diagonal perpendicular pelo esforço de compressão.

Fonte: Adaptado de Ortiz (1983).

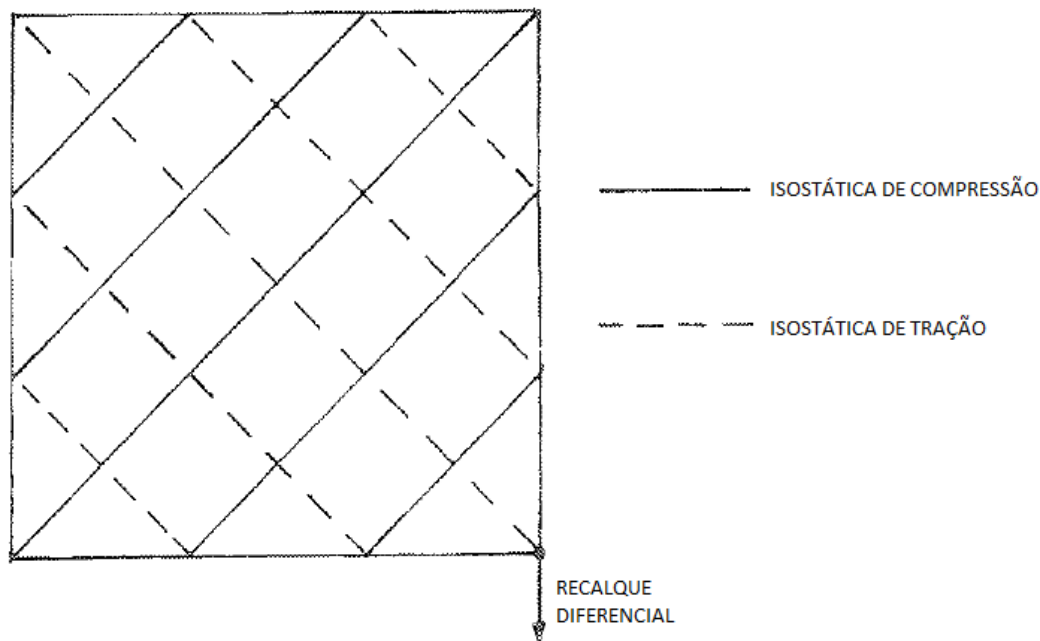


Figura 2 – Representação de linhas isostáticas em alvenaria por recalque diferencial
 Fonte: Adaptado de Ortiz (1983).

Ripper e Moreira de Souza (1998) destacam que a fissuração pode ser considerada o problema patológico que mais ocorre, ou pelo menos o que chama mais atenção dos proprietários. E tem sido objeto de diversos estudos (IOSHIMOTO, 1988; DAL MOLIN, 1988; THOMAZ, 2002; MAGALHÃES, 2004; SEGAT, 2005; SAHADE, 2005; SAMPAIO, 2010).

No contexto apresentado, o objetivo deste estudo foi o levantamento visual dos efeitos da movimentação estrutural devido ao recalque diferencial de fundações em alvenarias de vedação de imóvel, sob a forma de estudo de caso.

2. ESTUDO DE CASO

No mês de janeiro de 2016, em um período de chuvas intensas, uma edificação de dois pavimentos e assente sob blocos em concreto armado e fundação em estacas tipo *Strauss* situado na zona central da cidade de Maringá-PR foi interditado pela Defesa Civil após o aparecimento de inúmeras fissuras nas alvenarias da edificação. Na ocasião, a principal hipótese para o surgimento das fissuras deu-se pelo recalque repentino da edificação dado as chuvas ininterruptas em um período aproximado de 5 dias.

Na busca pela solução da causa, a Companhia de Saneamento responsável foi acionada para a verificação da ocorrência de possível vazamento em rede de distribuição de água. Para tanto, realizou sondagens e o geofonamento no local para a averiguação de possíveis vazamentos em rede de distribuição de água, estes não sendo detectados. Entretanto, verificou-se nas sondagens quantidade de solo de coloração mais escuro, o que poderia indicar contaminação por efluente de esgoto sanitário. Assim procedeu-se a abertura de cova no passeio público, constatando a obstrução da rede coletora de esgoto, no qual verificou-se o retorno de parte do efluente na caixa de passagem e inspeção de esgoto do imóvel que possuía uma trinca, e que por conta disso infiltrava no solo.

Assim a principal hipótese para tal movimento estrutural passou a ser em face ao recalque diferencial de fundação dada alteração da umidade crítica do maciço de solo local devido a infiltração

proveniente da caixa de passagem somado as intensas chuvas do período. No entanto, vale destacar que as características de solos colapsíveis são desconhecidas e não pôde ser estimado o tempo que perdurou a infiltração da caixa de passagem, assim esta hipótese deve ser melhor estudada embasada nas características do solo local e dos limites de umidade crítica, da fundação e dos carregamentos da estrutura.

Em face ao exposto, a repercussão destas sucessões de evento, verificou-se que a edificação se deslocou em direção ao passeio público conforme visualizado na Figura 3.



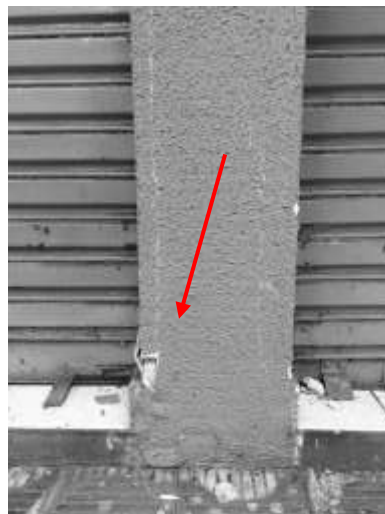
Figura 3 – Aspecto da repercussão dos efeitos da movimentação estrutural.

Fonte: SANEPAR (2016).

Outros efeitos nas alvenarias no imóvel também foram registrados, como sinais de esmagamento com aparentes situações de semi-ruína nos pilares do térreo (Figura 4b).



(a)



(b)

Figura 4 – (a) Aspecto do pilar da fachada do imóvel e (b) detalhe de situação de semi-ruína do pilar

Fonte: SANEPAR (2016).

petciviluem.com

petciviluem@gmail.com

[facebook.com/petciviluem](https://www.facebook.com/petciviluem)

Avenida Colombo, 5790 (UEM)

Bloco C67 (DEC) – Sala 102A

(44) 3011-5865

Na ocasião dos registros fotográficos, as repercussões da movimentação estrutural também foram observadas nas alvenarias internas conforme demonstrado na Figura 5.



Figura 5 – (a) Aspecto de fissuras vertical em alvenaria da parte interna do imóvel e (b) Descolamento do revestimento da alvenaria em um cômodo do imóvel vistoriado

Fonte: SANEPAR (2016).

Foram observadas fissuras em outras paredes, e em maior ou menor dimensão em diversas direções, quais sejam: horizontal e inclinada a 45° com o plano (Figura 6).



Figura 6 – Fissuras resultantes do recalque diferencial de fundação

Fonte: SANEPAR (2016).

Fissuras na direção vertical foram registradas no peitoril da janela (Figura 7a). A fissura devido ao recalque diferencial é provocada pela flexão negativa do peitoril devido à diferença de pressões entre os trechos de parede entre a janela e a área sob o peitoril, de acordo com Duarte (1998).

Outras fissuras também podem ser registradas após a movimentação de estruturas, sobretudo à presença de aberturas de portas e janelas nas edificações, no qual os cantos dessas aberturas concentram tensões pela perturbação das linhas isostáticas. Na Figura 7b é ilustrado o aspecto da fissura no canto da porta em um cômodo do imóvel estudado.



Figura 7 – (a) Fissura vertical no peitoril da janela e (b) fissuração típica nos cantos da abertura de porta, sob atuação de sobrecarga

Fonte: SANEPAR (2016).

Fissuras entre parede e viga foram observadas em alguns cômodos do imóvel (Figura 8). Em alguns casos, a heterogeneidade da resistência se dá nos perímetros das alvenarias, em articulações mais fracas, por exemplo, no encontro de uma parede com uma viga (DUARTE, 1998).



Figura 8 – Configuração de fissura entre alvenaria e viga após o recalque diferencial de fundação

Fonte: SANEPAR (2016).

3. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou apresentar as fissuras em alvenarias decorrentes da movimentação estrutural de uma edificação na cidade de Maringá-PR. Evidenciou-se diversas configurações de

fissuras nas alvenarias observadas no imóvel resultantes do alívio mecânico das tensões excessivas, que ultrapassam a capacidade de resistência dos materiais empregados na construção devido a movimentação da estrutura.

Realça-se que o surgimento de fissuras em alvenarias não é gerado por um único fator, mas é resultante da combinação de múltiplos fatores na condição mais desfavorável, dentre os quais podem ser citados a heterogeneidade e interação dos materiais na construção da parede, solicitação por carregamento não previstos em projeto e recalque de fundação.

Além disso, verifica-se a importância de estudo das características dos maciços do solo, sobretudo dos solos com características potencialmente colapsíveis, além das soluções adotadas para as fundações assente sobre solos com tais características, pois a interação solo-estrutura pode acometer o desempenho útil das edificações, a segurança estrutural, a estética e o bem-estar dos moradores.

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT. NBR 6.122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

CHAGAS, G. S.; MOURA, A. S.; CARNEIRO, A. A. Utilização da compactação para redução do potencial de colapso/expansão de um solo silto argiloso de massapê da cidade de Icó – CE. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, p. 64–75, 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. **Acervo técnico de ressarcimento de danos**. Unidade Regional de Maringá – URMA, Coordenação Industrial, 2016.

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**. 1988. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Boletim Técnico, n. 25. Porto Alegre: CIENTEC, 1998.

GONÇALVES, R. L. **Estudo do comportamento de estacas apiloadas em solo colapsível da região de Londrina/PR**. 2006. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

GUTIERREZ, N. H. M. **Influências de aspectos estruturais no colapso de solos do norte do Paraná**. 2005. 311 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

IOSHIMOTO, E. **Incidências de manifestações patológicas em edificações habitacionais**. In: TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. Coletânea. São Paulo: Pini/IPT, 1988.



petciviluem.com

Avenida Colombo, 5790 (UEM)

petciviluem@gmail.com

Bloco C67 (DEC) – Sala 102A

facebook.com/petciviluem

(44) 3011-5865

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação.** 1997. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologias das fundações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MAGALHÃES, E. F. de. **Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no Estado do Rio Grande do Sul.** 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PINTO, C. de S. **Curso básico de mecânica do solos - em 16 aulas.** 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

POULOS, H.G.; DAVIS, E. H. **Pile Foundations Analysis and Design.** New York: John Wiley and Sons, 1980.

OLIVEIRA, C. M. G. de. **Carta de risco de colapso de solos para área urbana do município de Ilha Solteira - SP.** 2002. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2002.

ORTIZ, Á. U. Patologia de las cimentaciones. **Informes de la construccion**, v. 35, n. 350, p. 5–35, 1983

REBELLO, Y. C. P. **Fundações - guia prático de projeto, execução e dimensionamento.** 4. ed. São Paulo: Ziguarte, 2008.

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

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação.** 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Habitação) - Instituto de Pesquisa Tecnológica, São Paulo, 2005.

SAMPAIO, M. B. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural.** 2010. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.

SANTOS, M. G. **Deterioração das estruturas de concreto armado - estudo de caso.** 2012. 122 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SEGAT, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS).** 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado profissional em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

THOMAZ, E. **Trincas em edifício - causas, prevenção e recuperação.** 1. ed. São Paulo: PINI, 2002.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. **Fundações - Volume I.** Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2006.



petciviluem.com
petciviluem@gmail.com
facebook.com/petciviluem

Avenida Colombo, 5790 (UEM)
Bloco C67 (DEC) – Sala 102A
(44) 3011-5865