CAPÍTULO 80 · Parte V · Diagnóstico
DOI do capítulo: https://doi.org/10.67775/169e6q91
Trabalho apresentado no CBPAT 2026 e publicado nos anais do evento: https://doi.org/10.67775/n3wpyh37

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA E DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES AFETADAS POR INUNDAÇÕES: ESTUDO DE CASO

Andresa Sonda[1]*, Felipe Schneider[2]; Bernardo Tutikian[3]
*Autor de contato:andresasonda.engenharia@gmail.com
[1] ÁS Engenharia, Encantado/RS, Brasil
[2] Universidade do Vale do Taquari, Lajeado/RS, Brasil
[3] Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo/RS, Brasil

RESUMO

Este artigo avalia a segurança estrutural e apresenta as manifestações patológicas observadas em três edificações afetadas pela inundação ocorrida em maio de 2024 no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. O trabalho apresenta os resultados obtidos em inspeções técnicas *in loco*, registro fotográfico sistemático e análise qualitativa das evidências observadas, articuladas com a revisão bibliográfica sobre mecanismos de dano associados a inundações. Os resultados indicam que as principais manifestações estiveram relacionadas às ações hidrodinâmicas, à saturação do solo e aos efeitos da umidade sobre materiais e sistemas prediais, sendo o recalque diferencial um dos danos mais recorrentes. Danos em instalações elétricas e hidrossanitárias foram constatados nas três edificações, enquanto efeitos associados à biodeterioração e perda de aderência de revestimentos foram registrados em apenas uma delas. Não foram identificadas evidências de colapso estrutural atribuíveis exclusivamente a ações hidrostáticas. A análise evidencia que edificações implantadas sobre aterro apresentaram maior suscetibilidade a danos geotécnicos. O estudo reforça a importância de inspeções pós-inundação para avaliação de riscos estruturais e aponta limitações relacionadas à ausência de ensaios complementares para avaliação de degradação de materiais em longo prazo.
Palavras-chave: inundação; inspeção pós-inundação; ações hidrostáticas; ações hidrodinâmicas

ABSTRACT

This paper assesses the structural safety and presents the damages observed in three buildings affected by the flood that occurred in May 2024 in the Taquari Valley, Rio Grande do Sul. The study reports the results obtained from on-site technical inspections, systematic photographic records, and qualitative analysis of the observed evidence, articulated with a literature review on damage mechanisms associated with flooding. The findings indicate that the main manifestations were related to hydrodynamic actions, soil saturation, and the effects of moisture on materials and building systems, with differential settlement being one of the most recurrent damages. Damage to electrical and plumbing and sanitary systems was identified in all three buildings, whereas effects associated with biodeterioration and ebonding of coatingswere recorded in only one of them. No evidence of structural collapse attributable exclusively to hydrostatic actions was identified. The analysis shows that buildings founded on fill material exhibited greater susceptibility to geotechnical damage. The study reinforces the importance of post-flood inspections for structural risk assessment and highlights limitations related to the absence of complementary tests for evaluating long-term material degradation.
Keywords: flood; post-flood inspection; hydrostatic actions; hydrodynamic actions

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A análise da integridade e do desempenho de edificações submetidas a eventos hidrológicos extremos, notadamente inundações e enchentes, constitui um campo de investigação fundamental para a engenharia civil e a patologia das construções, exigindo uma compreensão sistêmica que integre a hidrologia, a mecânica das estruturas e a ciência dos materiais. A delimitação precisa do fenômeno é o ponto de partida para qualquer avaliação técnica rigorosa. Conforme estabelecido por Schneider e Tutikian (2024), é importante distinguir enchente, entendida como a elevação do nível d'água nos canais de drenagem devido às chuvas intensas, da inundação, que caracteriza o transbordamento dessas águas para áreas habitualmente secas, atingindo a infraestrutura construída. O impacto desses eventos sobre o ambiente construído não se restringe ao mero contato da água com os materiais de construção, mas envolve uma complexa interação de forças físicas e reações químicas. A Patologia das Construções, definida por Bolina, Tutikian e Helene (2019) como a ciência que estuda os defeitos e falhas em edificações (abrangendo desde a origem (causa) até a manifestação (sintoma) e as consequências), fornece o arcabouço teórico necessário para diagnosticar os mecanismos de degradação deflagrados por essas ações. Nesse contexto, a avaliação da segurança estrutural e da resiliência das edificações situadas em bacias hidrográficas demanda uma abordagem que correlacione as características do perigo, como profundidade de submersão, velocidade do fluxo e duração do evento, com a vulnerabilidade intrínseca das tipologias construtivas e a durabilidade dos materiais empregados (Alfian et al., 2025; Becker, 2005; Maiwald; Schwarz, 2012; Schneider; Tutikian, 2024)

Os danos observados nas edificações em decorrência da sua exposição à uma inundação é resultante de uma combinação multifacetada de mecanismos de carga e processos de degradação físico-química. Schneider e Tutikian (2024) classificam as ações das inundações sobre as edificações em categorias distintas, sendo as principais as forças hidrostáticas, as forças hidrodinâmicas, a erosão e as ações de detritos, distinção similar à adotada por Kelman e Spence (2004). As cargas hidrostáticas, decorrentes da diferença de nível de água entre o interior e o exterior da edificação ou da saturação do solo adjacente, podem gerar pressões laterais capazes de causar o colapso de paredes de alvenaria, a ruptura de vidros e, em casos extremos, a flutuação da estrutura devido ao empuxo, especialmente em sistemas construtivos leves como construções de madeira ou alvenaria não estrutural (Schneider; Tutikian, 2024) ou em presença de subsolos não inundados (Becker, 2005; Kelman; Spence, 2004; Schneider; Tutikian, 2024). Por outro lado, as cargas hidrodinâmicas, governadas pela velocidade do fluxo da água, introduzem tensões adicionais que podem deslocar a edificação de suas fundações ou causar falhas globais por arrastamento (Maiwald; Schwarz, 2012; Kelesoglu et al., 2022; Schneider; Tutikian, 2024). A magnitude dessas forças é frequentemente exacerbada pela presença de detritos transportados pelo fluxo, que atuam como projéteis, causando danos localizados por impacto ou acumulando-se em pilares e paredes, o que aumenta a área de obstrução e, consequentemente, a carga hidráulica sobre a estrutura (Kelesoglu et al., 2022; Oetjen; Bessette, 2023). Adicionalmente, Schneider e Tutikian (2024) alertam para o risco severo de deslizamentos de terra em áreas de encosta, onde a saturação do solo desencadeada pelas chuvas intensas que precedem a inundação pode desestabilizar fundações, mesmo em edificações que não foram atingidas diretamente pela lâmina d'água.

Além das ações mecânicas imediatas, é importante conferir atenção à severidade dos mecanismos de degradação dos materiais deflagrados pela presença de umidade e contaminantes. Bolina, Tutikian e Helene (2019) elucidam que a água atua como um veículo para agentes agressivos e como um eletrólito essencial para processos eletroquímicos, como a corrosão de armaduras em

estruturas de concreto armado. A penetração de íons cloreto (em inundações costeiras ou águas contaminadas) e a carbonatação acelerada são mecanismos que podem comprometer a durabilidade a longo prazo, mesmo que a estrutura não apresente colapso imediato. Além das estruturas de concreto armado, elementos construtivos de alvenaria expostos à saturação prolongada podem sofrer com a lixiviação de compostos, eflorescências e perda de resistência mecânica (Bolina; Tutikian; Helene, 2019). No caso de estruturas de madeira, Becker (2005) e Balasbaneh et al. (2020) alertam para a vulnerabilidade crítica à variação de umidade, que provoca expansão e contração volumétrica (instabilidade dimensional), além de criar condições favoráveis para o ataque biológico por fungos e insetos, comprometendo a integridade estrutural. Ezeokoli, Okoye e Ugochukwu (2015) corroboram essa vulnerabilidade material ao relatar que, em inundações na Nigéria, edifícios construídos com materiais de base argilosa sofreram degradação severa e colapso, enquanto construções de blocos de concreto apresentaram maior resiliência estrutural, embora não tenham ficado imunes a danos nas fundações e camadas de acabamentos. Ainda, Schneider e Tutikian (2024) enfatizam que as instalações elétricas representam um risco crítico à segurança pós-inundação devido à vulnerabilidade dos componentes à água e à oxidação de partes metálicas em disjuntores, exigindo substituição imediata de elementos submersos para evitar curto-circuitos e incêndios. Os autores ainda destacam que, no âmbito dos materiais, as movimentações higroscópicas, causadas pela variação no teor de umidade, provocam variações dimensionais em materiais porosos como madeira e alvenaria, resultando em fissuras que podem ser confundidas com danos estruturais, mas que possuem configurações típicas de variação volumétrica.

No tocante às variáveis determinantes para a estimativa e previsão de danos, a profundidade da inundação tem sido considerada a variável explanatória primária nos modelos de análise de risco e curvas de danos, conforme discutido por Scawthorn et al. (2006) no contexto da metodologia HAZUS-MH e reafirmado por Moya Barbera et al. (2024) em estudo de caso na Espanha. Estes modelos assumem que o dano é uma função direta da altura da lâmina d'água dentro da edificação. No entanto, abordagens mais contemporâneas e detalhadas contestam a suficiência da profundidade como único preditor de danos estruturais graves. Maiwald e Schwarz (2012) e Maiwald et al. (2022), ao analisarem eventos de cheias na Alemanha, argumentam enfaticamente que a velocidade do fluxo e a altura de energia específica são cruciais para a ocorrência de danos estruturais severos, como colapso de paredes e falhas globais no sistema estrutural. Segundo estes autores, em zonas de fluxo rápido, a pressão dinâmica prevalece sobre a hidrostática, tornando os modelos baseados apenas em profundidade inadequados para prever a estabilidade estrutural. Complementarmente, Alfian et al. (2025) e Haque et al. (2023) introduzem a duração da inundação como uma variável crítica, demonstrando estatisticamente que o tempo de permanência da água possui um efeito não linear e sinérgico na degradação dos materiais e na severidade dos danos, especialmente em tipologias habitacionais não permanentes ou construídas com materiais absorventes.

A comparação entre as diferentes tipologias construtivas revela disparidades notáveis na resiliência frente às inundações. Edificações de alvenaria estrutural e concreto armado tendem a apresentar maior robustez contra forças hidrodinâmicas e impacto de detritos em comparação com estruturas de madeira ou alvenaria não estrutural (Balasbaneh et al., 2020; Maiwald et al., 2022), devido ao seu maior peso próprio e maior rigidez (Schneider; Tutikian, 2024). Maiwald e Schwarz (2012) propõem uma classificação de vulnerabilidade do estoque de edifícios (HW-A a HW-E), onde edifícios de alvenaria de tijolos ou pedra (classes HW-C e HW-D) mostram suscetibilidade a fissuras e colapsos parciais sob cargas laterais, enquanto estruturas de concreto armado (HW-E) demonstram maior capacidade de resistir a pressões externas sem colapso global, a menos que ocorra falha geotécnica. Em contraste, Becker (2005) destaca que, para edificações em sistemas leves, como wood frame, o principal modo de falha pode não ser o colapso por pressão lateral, mas

sim a flutuação da estrutura devido ao empuxo hidrostático caso a ancoragem na fundação seja insuficiente, ou a perda de integridade das conexões devido à saturação dos painéis de contraventamento. Para Kelesoglu et al. (2022), independentemente do sistema construtivo adotado na superestrutura da edificação, a erosão ao redor das fundações é um mecanismo de falha que pode levar ao colapso de qualquer tipologia construtiva, sendo particularmente predominante em edificações com fundações superficiais (sapatas isoladas ou corridas) situados em solos de baixa capacidade de carga.

O processo de diagnóstico dos danos sofridos pelas edificações expostas a inundações deve seguir um roteiro técnico, partindo da anamnese e levantamento de dados históricos até a análise sintomatológica detalhada, conforme preconizado por Bolina, Tutikian e Helene (2019). Schneider e Tutikian (2024) propõem um guia de inspeção específico para cenários pós-inundação que prioriza a segurança do inspetor e a identificação de riscos iminentes (como instabilidade de taludes, colapso de elementos estruturais e riscos elétricos) antes da avaliação detalhada de todos os elementos construtivos. A inspeção deve focar na identificação de marcas de nível d'água para estimar as cargas atuantes e na busca criteriosa por sinais de recalque diferencial, manifestados através de fissuras diagonais em paredes e elementos estruturais, que frequentemente indicam problemas geotécnicos induzidos pela erosão ou saturação do solo (Schneider; Tutikian, 2024; Kelesoglu et al., 2022). Além disso, a avaliação não deve se limitar aos danos estruturais visíveis; a integridade de elementos não estruturais (revestimentos, vedações) e instalações elétricas deve ser verificada, pois representam riscos funcionais e custos significativos de recuperação (Moya Barbera et al., 2024; Paulik et al., 2022). A classificação dos danos em graus padronizados, como a escala proposta por Maiwald et al. (2022) (D1 a D6) e o detalhamento proposto nos formulários de inspeção de Schneider e Tutikian (2024), torna-se uma ferramenta essencial para a tomada de decisão sobre a habitabilidade da edificação (segura, uso restrito ou insegura) e para o planejamento das terapias de recuperação. É importante, paralelamente, dar atenção às normas técnicas pertinentes, como a NBR 16747 (ABNT, 2020) e NBR 5410 (ABNT, 2008); às normas técnicas relacionadas aos sistemas construtivos presentes na edificação (NBR 6118 (2024), a título de exemplo, em edificações cuja estrutura é de concreto armado), e também nos processos de intervenção, quando necessários, a exemplo de NBR 16280 (ABNT, 2024).

Dada a complexidade das interações entre as ações hidrodinâmicas e hidrostáticas e os processos de degradação associados à presença prolongada de umidade nos materiais, este trabalho tem como objetivo apresentar, de forma detalhada, a inspeção técnica e o diagnóstico das condições de segurança de três edificações atingidas pela inundação ocorrida na cidade de Encantado, no Rio Grande do Sul, em maio de 2024. Além disso, busca-se identificar e descrever os danos e as manifestações patológicas observados nessas edificações em decorrência direta do evento de inundação, registrando sua ocorrência nos diferentes subsistemas construtivos.

A investigação procura caracterizar essas manifestações patológicas e correlacioná-las aos mecanismos discutidos no referencial teórico. Com base na premissa de que um diagnóstico adequado deve contemplar as etapas de anamnese, levantamento de subsídios e análise sintomatológica (Bolina; Tutikian; Helene, 2019), a metodologia de inspeção adotada priorizou, na avaliação visual inicial, a identificação de condições que pudessem indicar risco estrutural iminente. Somente após essa triagem de segurança procedeu-se à verificação mais detalhada de demais elementos e sistemas da edificação.

Dessa forma, o estudo pretende sistematizar evidências de campo e oferecer subsídios a partir de casos reais de inspeção pós-inundação, contribuindo para a compreensão das manifestações

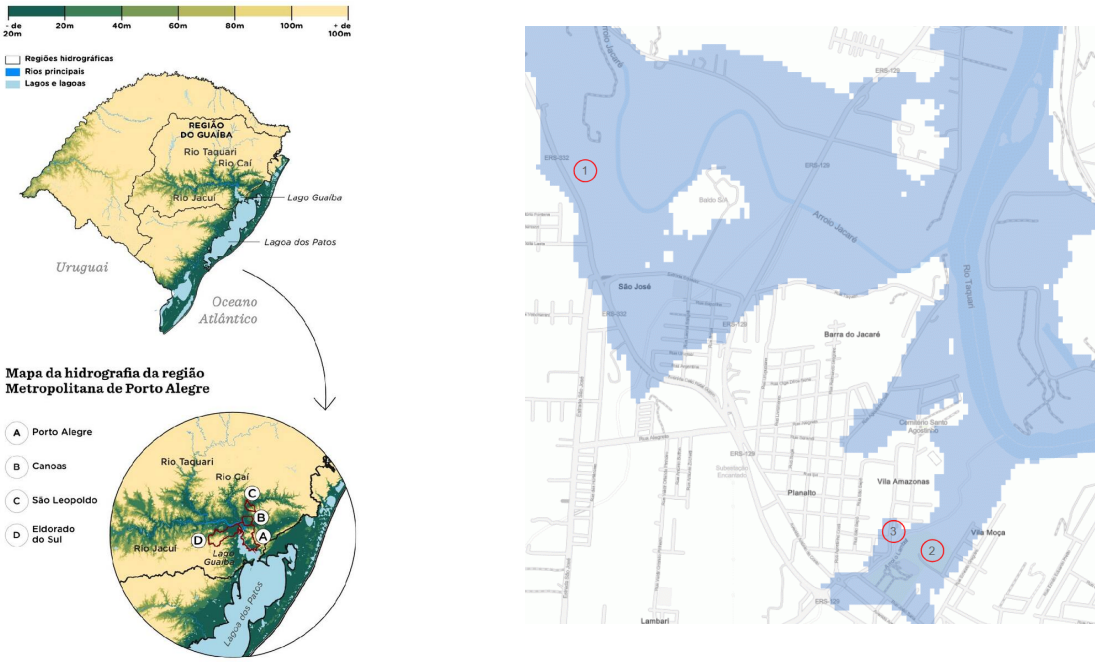
patológicas associadas a esse tipo de evento e para o aprimoramento de práticas de avaliação técnica.

2. ESTUDO DE CASO

2.1 Inundação no Rio Grande do Sul em maio de 2024

Em maio de 2024, precipitações de alto volume atingiram de forma ampla bacias hidrográficas com nascentes em áreas de maior altitude no Rio Grande do Sul. No caso do Vale do Taquari, a resposta hidrológica foi fortemente condicionada pela contribuição gerada nas porções elevadas da bacia Taquari–Antas (especialmente a partir da serra gaúcha), cujo escoamento se propagou rapidamente pelo sistema fluvial em direção ao vale, elevando níveis e vazões ao longo do eixo do rio.

Figura 1 – Contexto do evento climático de maio de 2024



Fonte: Schneider e Tutikian (2024) e ArcGIS (2026).

O Vale do Taquari corresponde a um corredor fluvial atravessado pelo rio Taquari e seus afluentes, conectando trechos de maior declividade a jusante com áreas de planície aluvial onde se concentram ocupações urbanas e infraestrutura. Nesse contexto, o acúmulo desses volumes contribuiu para uma inundação fluvial de grande magnitude no estado e, a jusante, no sistema Jacuí–Guaíba, com reflexos na Região Metropolitana de Porto Alegre e no Lago Guaíba (que, no período, atingiu 5,33 m, acima da cota de inundação de 3,00 m). Nas regiões urbanas do Vale do Taquari os efeitos sobre edificações envolveram predominantemente ações hidrodinâmicas, com ocorrência localizada de ações hidrostáticas e efeitos associados ao escoamento (como impactos por detritos e erosão localizada). Na Figura 1 estão demonstrados o mapa hidrográfico da região Metropolitana de Porto Alegre e a mancha de inundação parcial que atingiu o município de Encantado/RS, situado no Vale do Taquari, onde estão localizados e demarcados os imóveis analisados. No município de Encantado, a cota de inundação é de 12,00 m, enquanto a cota máxima registrada no evento de maio de 2024 atingiu 33,66 m.

2.2 Edificações analisadas

A seguir são descritas as edificações que foram objeto de inspeção no presente estudo.

2.2.1 Edificação 1 - Residência unifamiliar em sistema misto de alvenaria e madeira

A primeira edificação avaliada consiste em uma residência unifamiliar de sistema construtivo misto, composta por dois pavimentos, com idade aproximada de 40 anos. O pavimento térreo é executado em alvenaria estrutural de tijolos cerâmicos maciços, nas paredes externas e internas. O piso possui revestimento cerâmico e o sistema de forro é em madeira. O pavimento superior também é constituído de madeira, assim como as paredes externas e internas e os sistemas de piso e de forro. Conforme informações fornecidas pelos moradores, durante anamnese a edificação foi executada com fundações rasas, do tipo sapata. O imóvel localiza-se a aproximadamente 230 metros do curso hídrico e a cota de inundação foi superior ao nível de cobertura. A cota de soleira da edificação é de aproximadamente 19,00 m. Considerando a cota máxima registrada de 33,66 m, a lâmina d'água estimada em relação à soleira foi de 14,66 m.

2.2.2 Edificação 2 - Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) em alvenaria

A segunda edificação analisada possui idade aproximada de 25 anos e corresponde a uma Escola Municipal de Educação Infantil, executada em alvenaria estrutural, com paredes internas em alvenaria, cobertura composta por laje pré-fabricada e revestimento de piso em cerâmica. A caracterização do sistema de fundações foi fornecida pela prefeitura municipal, sendo a estrutura implantada sobre solo constituído por aterro, com fundações rasas, do tipo sapata. Durante o evento de inundação, o nível da água atingiu cota superior à cobertura da edificação, localizada a aproximadamente 300 metros do curso hídrico mais próximo. A cota de soleira da edificação é de aproximadamente 21,00 m. Considerando a cota máxima registrada de 33,66 m, a lâmina d'água estimada em relação à soleira foi de 12,66 m.

2.2.3 Edificação 3 - Residência multifamiliar em alvenaria

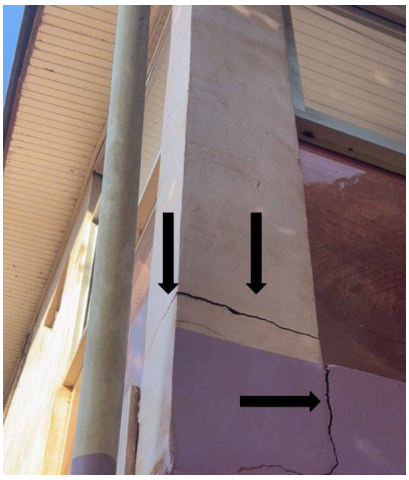
A terceira edificação examinada é uma residência multifamiliar em alvenaria, do tipo sobrado, com idade aproximada de 10 anos e composta por dois pavimentos. O imóvel está situado a aproximadamente 100 metros de distância do curso hídrico e é constituído de alvenaria nas paredes externas e internas, cobertura em laje pré-fabricada e sistema de piso com revestimento cerâmico em ambos os pavimentos. De acordo com relato dos proprietários, a edificação foi executada em fundações profundas, de estacas escavadas moldadas *in loco*. A cota de soleira da edificação é de 18,00 m. Considerando a cota máxima registrada de 33,66 m, a lâmina d'água estimada em relação à soleira foi de 15,66 m.

3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PREDOMINANTES

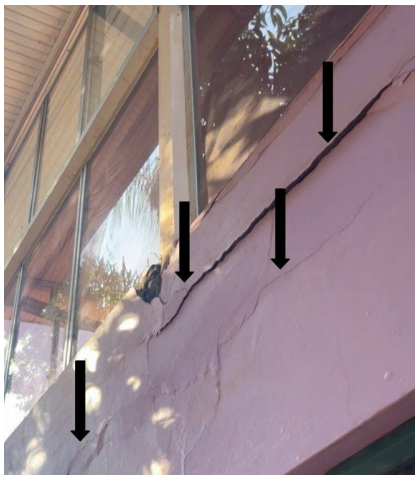
A metodologia adotada para identificar as manifestações patológicas após a inundação baseou-se predominantemente na inspeção técnica *in loco*, na análise visual dos sistemas construtivos e complementada por anamnese, através de informações dos antecedentes das edificações fornecidas pelos responsáveis de cada edificação.

Durante as vistorias, procedeu-se ao reconhecimento das anomalias aparentes, avaliando-se o estado de conservação dos materiais, presença de danos físicos, bem como indícios de perda de desempenho. Complementarmente, foi realizado o registro fotográfico das manifestações patológicas observadas, com o objetivo de documentar os danos e permitir o acompanhamento posterior de sua evolução. A análise das edificações permitiu identificar um conjunto de manifestações patológicas, diretamente associadas à inundação, através de ações hidrostáticas, hidrodinâmicas e de instabilidade geotécnica induzida pela saturação do solo.

Figura 2 – Manifestações patológicas da edificação 1



a. Fissura de tração em pilar



b. Fissura horizontal em alvenaria



c. Fissura por recalque diferencial



d. Deformação em parede de madeira

Fonte: Acervo dos autores (2024).

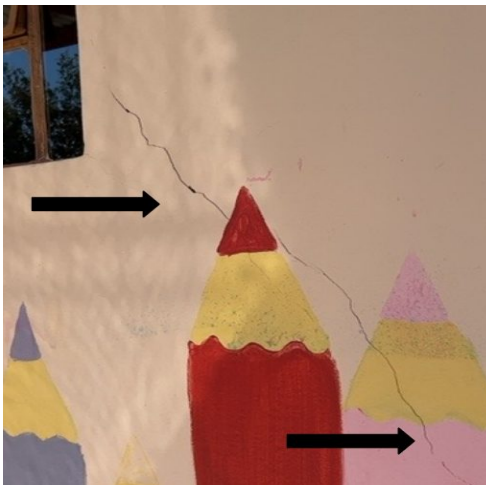
A fissura vertical identificada em pilar (Figura 2a) é compatível com solicitação por tração, induzida por carregamentos na estrutura. Conforme discutido por Schneider e Tutikian (2024), as forças hidrostáticas exercem pressão crescente com a altura da lâmina d'água, enquanto as forças hidrodinâmicas, associadas à velocidade do escoamento, impõe solicitações que podem provocar acréscimo de momentos fletores e esforços cortantes em pilares e paredes.

A atuação combinada dessas ações promove esforços significativos nos elementos verticais, superando a resistência à tração dos materiais e resultando na fissuração observada no pilar. Tal

ocorrência sugere que a referida manifestação patológica ocorreu no momento em que a edificação se encontrava submersa.

Edificações mistas apresentam deformações distintas sob a mesma solicitação, em razão da diferente rigidez entre os materiais constituintes, intensificando deslocamentos, conforme evidenciado na Figura 2b.

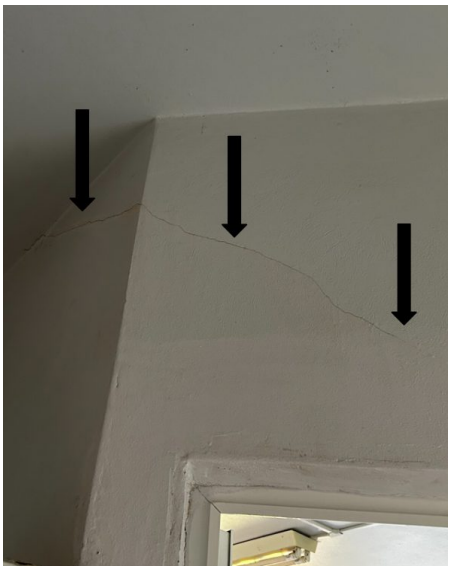
Figura 3 – Manifestações patológicas da edificação 2



a. Fissura diagonal em alvenaria externa



b. Fissura diagonal em alvenaria interna



c. Fissura por sobrecarga na laje

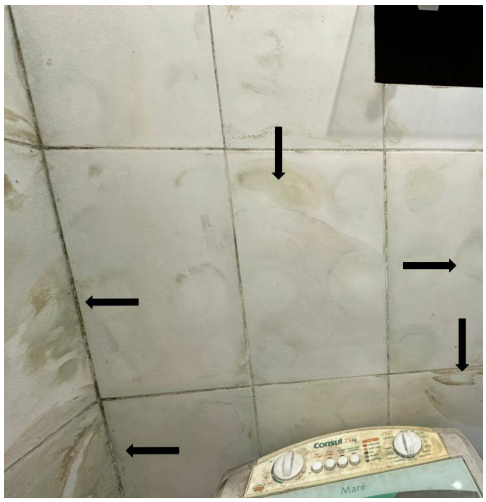


d. Fissura vertical por recalque de fundações

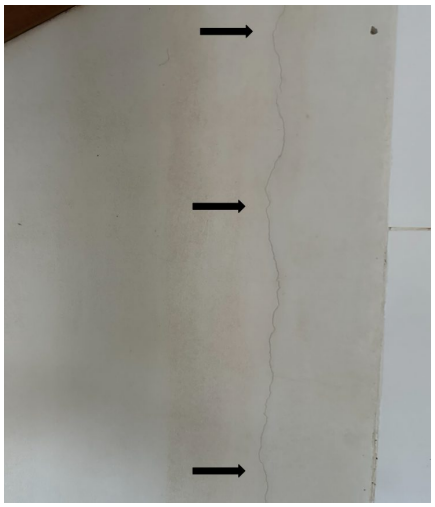
Fonte: Acervo dos autores (2024).

Considerando a fissura por tração no pilar durante o pico de submersão, é plausível que tenha ocorrido redução da rigidez do sistema estrutural. Nessa condição, durante a fase de recuo da inundação, as forças hidrodinâmicas associadas ao escoamento da água podem ter induzido o deslocamento do pavimento superior, em madeira. Tal comportamento é coerente com o apontado por Schneider e Tutikian (2024), que destacam a maior vulnerabilidade de sistemas construtivos leves sob tais solicitações.

Figura 4 – Manifestações patológicas da edificação 3



a. Mudança de tonalidade nas peças cerâmicas



b. Fissura vertical em alvenaria



c. Destacamento da argamassa e pintura



d. Formação de bolor

Fonte: Acervo dos autores (2024).

A Figura 2d demonstra a deformação em parede de madeira devido a ação hidrodinâmica no interior do imóvel. O escoamento da água gera pressão e força de arraste sobre o elemento, induzindo deslocamentos laterais em sistemas construtivos leves, especialmente quando submetidos à saturação e perda de rigidez, conforme observado por Schneider e Tutikian (2024).

A saturação e a redução da tensão efetiva do solo durante a inundação favorecem deslocamentos diferenciais que são transmitidos à superestrutura. Esse processo gera reacomodações no terreno. As Figuras 2c, 3a, 3b e 3d apresentam fissuras por recalque diferencial de fundação, corroborando com as observações de Kelesoglu et al. (2022).

As Figuras 3c e 4b demonstram fissuras por sobrecarga hidrostática e hidrodinâmica nos elementos. Em consoante com Maiwald e Schwarz (2012), pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas durante a inundação elevam a demanda estrutural e induzem deformações localizadas e danos estruturais nas edificações atingidas.

A Figura 4a evidencia a alteração de tonalidade nas peças cerâmicas, devido à absorção e retenção de umidade após a inundação. A Figura 4c apresenta destacamento de argamassa e pintura, associado à perda de aderência decorrente da saturação dos materiais. A exposição prolongada à umidade promoveu variações dimensionais nesses elementos por movimentação higroscópica, reduzindo a aderência entre o revestimento e o substrato. Esse processo favoreceu o destacamento tanto da pintura quanto da argamassa, configurando degradação progressiva induzida pela umidade excessiva. Já a Figura 4d demonstra formação de bolor devido à permanência de umidade residual nos elementos após o recuo da inundação. Associada à ventilação insuficiente, essa umidade criou condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos no período pós-evento.

A literatura técnica aponta que a exposição prolongada à umidade e à saturação compromete o desempenho físico e a durabilidade dos sistemas de revestimento, favorecendo degradação superficial e colonização biológica, de acordo com Bolina, Tutikian e Helene (2019).

Ressalta-se ainda que todas as edificações vistoriadas apresentaram danos nos sistemas elétricos e hidrossanitários. Tais danos, embora não evidenciados em registros fotográficos, foram constatados durante as visitas técnicas e devem ser considerados relevantes para a segurança, salubridade e funcionalidade das edificações.

Tabela 1 – Síntese das manifestações patológicas e danos observados nas edificações

Tipo de dano	Edificação 1	Edificação 2	Edificação 3
Ações hidrostáticas			
Sobrecarga em paredes e lajes por pressão hidrostática	-	-	Sim
Ações hidrodinâmicas			
Deslocamentos/deformações em elementos de vedação	Sim	Sim	Sim
Impacto de detritos causando danos em fachadas	-	-	-
Danos em portas/janelas por empuxo lateral da água	-	-	-
Efeitos geotécnicos			
Recalque diferencial por perda de resistência do solo	Sim	Sim	-
Erosão ao redor das fundações	-	-	-
Instabilidade global do terreno (deslizamento)	-	-	-
Saturação dos materiais e efeitos higroscópicos			
Fissuração associada a variações higroscópicas	-	-	-
Perda de aderência de revestimentos	-	-	Sim
Alteração de aspecto/tonalidade de revestimentos	-	-	Sim
Umidade persistente e biodeterioração	-	-	Sim
Deformação dimensional de madeira por variação de umidade	Sim	-	-
Risco de corrosão de armaduras (longo prazo)	-	-	-
Danos nos sistemas prediais			
Danos em instalações elétricas	Sim	Sim	Sim
Danos em instalações hidrossanitárias	Sim	Sim	Sim

Fonte: os autores (2026).

De forma complementar, foram levantados os custos estimados de reparação das edificações vistoriadas. Os valores foram de aproximadamente R$ 60.000,00 para a Edificação 1, R$ 100.000,00 para a Edificação 2 e R$ 25.000,00 para a Edificação 3.

4. CONCLUSÕES

Este estudo avaliou três diferentes edificações atingidas por evento de inundação, permitindo identificar e correlacionar manifestações patológicas associadas às ações hidráulicas incidentes.

No que se refere aos aspectos estruturais, observou-se a ocorrência de fissuras compatíveis com a atuação de sobrecargas hidrostáticas e hidrodinâmicas. O recalque diferencial de fundações foi identificado em dois dos três imóveis vistoriados, evidenciando a influência da saturação do solo na estabilidade das edificações.

Verificou-se ainda que sistemas construtivos leves apresentaram maior suscetibilidade a deslocamentos induzidos por forças de arraste, enquanto elementos de revestimento e vedação demonstraram sensibilidade significativa à exposição prolongada à umidade.

A umidade mostrou-se uma manifestação persistente em edificações atingidas por inundações, configurando fator de degradação progressiva, capaz de comprometer o desempenho e a durabilidade dos sistemas construtivos ao longo do tempo.

Os resultados reforçam a importância da consideração de ações hidráulicas excepcionais no projeto e na execução de edificações situadas em áreas suscetíveis a inundações. Nesse contexto, destacam-se como estratégias relevantes: a elevação da cota de implantação da edificação, o dimensionamento estrutural considerando pressões hidrostáticas e esforços hidrodinâmicos, o adequado detalhamento de sistemas de drenagem e impermeabilização, a especificação de materiais com menor absorção e maior resistência à umidade, bem como a adoção de soluções construtivas que minimizem os efeitos da saturação do solo sobre as fundações.

REFERÊNCIAS

ARCGIS Online, **Map Viewer**. Disponível em: https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=4c2e6eac971c4b8fbdde4a3c778c5170. Acesso em: 2 de fevereiro 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16280: **Reforma em edificações - Sistema de gestão de reformas - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16747: **Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2008.

ALFIAN, D.; ACHMAD, A.; MEILIANDA, E.; SYUKRI, M. **Integrating flood depth, duration, and structural damage in vulnerability surface modelling using empirical regression**. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6493405/v1

BALASBANEH, A. T.; ABIDIN, A. R. Z.; RAMLI, M. Z.; KHALEGHI, S. J.; MARSONO, A. K. **Vulnerability assessment of building material against river flood water: case study in Malaysia**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 476, 012004, 2020.

BECKER, A. **Wood frame building response to rapid onset flooding**. 2005. Tese (Mestrado) – University of British Columbia, 2005.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

EZEOKOLI, F. O.; OKOYE, P. U.; UGOCHUKWU, S. C. **The Upshot of the 2012 Flooding on Structural Components and Fabrics of Buildings at Ogbaru, Anambra State Nigeria**. American Journal of Civil Engineering and Architecture, v. 3, n. 4, p. 129-136, 2015.

HAQUE, S.; IKEUCHI, K.; SHRESTHA, B. B.; KAWASAKI, A.; MINAMIDE, M. **Relationship between residential house damage and flood characteristics - A case study in the Teesta River Basin, Bangladesh**. International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 96, 103901, 2023.

KELESOGLU, M. K.; TEMUR, R.; GÜLBAZ, S.; APAYDIN, N. M.; KAZEZYLMAZ-ALHAN, C. M.; BOZBEY, I. **Site Assessment and Evaluation of the Structural Damages After the Flood Disaster in the Western Black Sea Basin**. Natural Hazards, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1439957/v1.

KELMAN, I.; SPENCE, R. **An overview of flood actions on buildings**. Engineering Geology, v. 73, p. 297–309, 2004.

MAIWALD, H.; SCHWARZ, J. **Damage and loss prediction model considering inundation level, flow velocity and vulnerability of building types**. WIT Transactions on Ecology and The Environment, v. 159, 2012.

MAIWALD, H.; SCHWARZ, J.; ABRAHAMCZYK, L.; KAUFMANN, C. **Das Hochwasser 2021: Ingenieuranalyse der Bauwerksschäden**. Bautechnik, v. 99, 2022.

MOYA BARBERA, R.; SERRANO LANZAROTE, B.; ESCRIG, T.; CABRERA-FAUSTO, I. **Characterization of damages in buildings after floods in Vega Baja County (Spain) in 2019 - The case study of Almoradí municipality**. Case Studies in Construction Materials, v. 20, e03004, 2024.

OETJEN, J.; BESSETTE, L. S. **Evaluation of building damage during the July 2021 flash-flood in the Ahr Valley (Germany)**. EGU Sphere, 2023.

PAULIK, R.; WILD, A.; ZORN, C.; WOTHERSPOON, L. **Residential building flood damage: Insights on processes and implications for risk assessments. Journal of Flood Risk Management**, v. 15, n. 4, 2022.

SCAWTHORN, C.; FLORES, P.; BLAIS, N.; SELIGSON, H.; TATE, E.; CHANG, S.; MIFFLIN, E.; THOMAS, W.; MURPHY, J.; JONES, C.; LAWRENCE, M. HAZUS-MH **Flood Loss Estimation Methodology**. II. Damage and Loss Assessment. Natural Hazards Review, v. 7, n. 2, p. 72-81, 2006.

SCHNEIDER, Felipe; TUTIKIAN, Bernardo. **Guia para inspeção de edificações após inundações**. São Leopoldo: Unisinos, 2024. ISBN 978-65-01-17688-8.