



15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização 2018



Instituto de
Impermeabilização

ANAIS DO 15º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

4 e 5 de junho de 2018 - São Paulo / SP

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS EDIFICAÇÕES: ANÁLISE DE SUAS OCORRÊNCIAS EM RELAÇÃO AO PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

SANTOS, Julie Anne Braun

Engenheira Civil

Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

São Paulo, São Paulo

braun.anne@ymail.com

RESUMO

A implantação de sistemas de impermeabilização nas edificações promove estanqueidade com a consequente proteção da estrutura e durabilidade dos demais sistemas da construção. A elaboração do projeto de impermeabilização e sua correta execução são etapas essenciais para preservar a edificação, garantindo que seus sistemas trabalhem com o desempenho esperado, sem a prematura ocorrência de falhas patológicas. Este trabalho objetiva analisar qualitativamente o surgimento de patologias associadas às imperfeições ou ausência do projeto de impermeabilização. Serão apresentadas as principais falhas provenientes da presença direta ou indireta de umidade nas edificações. Um estudo de caso será explanado com a avaliação das falhas ocorridas no sistema de impermeabilização em uma laje de cobertura de uma edificação. Será avaliado o processo de escolha do sistema implantando com análise quantitativa de seus prejuízos financeiros. Em seguida será proposto procedimentos para implantação de um sistema de impermeabilização adequado para o substrato, em consonância com as normas brasileiras vigentes.

Palavras-chave: Manifestações patológicas, projeto de impermeabilização, durabilidade, tratamento, custos.

1. INTRODUÇÃO

As edificações estão constantemente sujeitas a mecanismos de degradação, de maior ou menor intensidade, a depender do meio em que elas estão inseridas e do grau de proteção que elas possuem em sua constituição. Essa situação pode acarretar o surgimento de manifestações patológicas propiciando transtornos aos usuários, colocando em risco a integridade estrutural bem como impactar negativamente a vida útil dos sistemas componentes da edificação.

As degradações podem surgir nas edificações desde a fundação, estrutura, passando pelos sistemas hidráulicos, elétricos, revestimentos até a sua cobertura. Segundo Bertolini (2010) elas são produzidas "pela interação físico-química do ambiente com os materiais", interações estas que decorrem do movimento dos agentes agressivos no interior do ambiente ou do material. As falhas patológicas abrem o caminho para o transporte de gás, água, substâncias diluídas e até corrente elétrica para dentro da estrutura da edificação. Esse transporte depende de cinco fatores sendo eles: a estrutura dos poros, as fissurações, a formação de vínculos físico-químicos entre material e espécie transportada, as condições ambientais (como a temperatura e pressão), e principalmente os mecanismos que ele ocorre (BERTOLINI, 2010).

A prevenção do surgimento de patologias é inquestionavelmente a melhor maneira de manter os sistemas construtivos em bom desempenho, o que é possível através da proteção da edificação contra as ações das intempéries, como a chuva, radiação solar e ventos. Nesta etapa de prevenção associa-se a impermeabilização da edificação, da fundação à cobertura, com o objetivo de mitigar o surgimento de manifestações patológicas, bem como garantir a vida útil e o correto desempenho dos sistemas componentes da edificação. Neste trabalho será abordada a relação entre o projeto de impermeabilização e o surgimento de patologias assim como os prejuízos financeiros decorrentes destas.

2. FALHAS PATOLÓGICAS DECORRENTES DA PRESENÇA DE UMIDADE

As manifestações patológicas nas edificações são em grande parte originárias pela presença de umidade, que ao adentrar na superfície porosa dos materiais pode comprometer a integridade dos sistemas que a constituem. Serão apresentadas a seguir algumas entre as diversas manifestações patológicas recorrentes em edificação, as quais são originárias da presença direta ou indireta de fluídos. As situações apresentadas a seguir foram registradas pela autora em edificações localizadas nas cidades de Belo Horizonte e São Paulo.

2.1 Falhas em junta de dilatação estrutural

Projetadas na etapa de concepção da estrutura, as juntas de dilatação são necessárias diante do efeito da movimentação entre as peças integrantes do sistema estrutural. Ainda na etapa de concepção do projeto estrutural faz-se necessário a previsão de tratamento para as juntas, visto que sua ausência pode causar danos à estrutura.

A Figura 01 a seguir apresenta uma junta de dilatação estrutural em elemento de concreto aparente. Foi inserida uma peça de poliestireno expandido no encontro

entre a laje e a viga da estrutura. Conforme demonstrado na Figura 02, esta junta permite a passagem de fluídos, lixiviando o concreto e expondo a armadura da laje.



Figura 1- Junta de dilatação estrutural em concreto aparente. (Fonte: a autora, 2017)



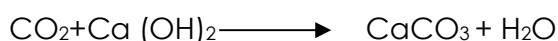
Figura 2- Junta de dilatação com manchas, mofo e armadura exposta oxidada. (Fonte: a autora, 2017)

A estrutura da edificação demonstrada nas figuras acima foi construída na década de 60, segundo informado por servidor da instituição. As juntas de dilatação foram projetadas com a profundidade de 1,5 cm e espessura de 2,5 cm. Na época de sua construção, as juntas foram vedadas utilizando corda sisal como limitador de profundidade selada com a aplicação de asfalto oxidado.

Ao longo dos anos, o material de vedação passou pelo processo de envelhecimento propiciando a entrada de água pluvial. Diante disso surgiram as seguintes patologias: desenvolvimento de fungos, eflorescências e destacamento do cobrimento da armadura (decorrente da oxidação por estarem expostas ao CO₂ da atmosfera).

2.2 Carbonatação do concreto

A carbonatação do concreto ocorre mediante a reação que se produz em solução aquosa através de algumas reações intermediárias, da seguinte maneira:



Segundo Bertolini (2010, p.139), "o dióxido de carbono presente na atmosfera pode reagir com os componentes alcalinos presentes na solução dos poros de concreto (NaOH, KOH), mas também na matriz de cimento sob a forma de Ca(OH)₂". A transformação dos hidróxidos em carbonatos recebe o nome de carbonatação, a qual acarreta uma queda no PH do concreto. A frente de carbonatação quando penetra no cobrimento do concreto e chega à armadura ativa o processo de corrosão. Este é um momento crítico da estrutura, acarretando deste modo outros problemas patológicos conforme descritos por Bertolini (2010, p. 140): "com o tempo, os produtos de corrosão poderão causar fissuração e o destacamento do cobrimento, comprometendo assim o desempenho da estrutura".

As Figuras 03 a 06 a seguir apresentam o surgimento de estalactites e manchas na cor branca em laje de cobertura. Esta manifestação demonstra a reação, a nível

molecular do concreto armado, entre os sais de carbonato de cálcio e a água penetrada nos poros capilares. Esta água ao internar-se nos poros do material é transportada juntamente com os sais até a superfície externa do concreto. Por consequência, surgem as manchas na coloração branca e em planos horizontais, como lajes há a formação das estalactites.



Figura 03- Formação de estalactite em laje de concreto armado. (Fonte: a autora, 2017)



Figura 04- Formação de estalactite em laje de concreto armado próximo a platibanda (Fonte: a autora, 2017)



Figura 05- Formação de estalactites em laje em balcão. (Fonte: a autora, 2017)



Figura 06- Manchas na cor branca, deslocamento de concreto e exposição da armadura oxidada. (Fonte: a autora, 2017)

Conforme demonstrado através das figuras acima, as degradações provenientes das reações de carbonatação, quando em presença direta de água, pode manifestar-se na parte externa do concreto em forma de manchas, fungos, deslocamento de concreto e oxidação das armaduras. Este tipo de patologia aporta à estrutura impacto negativo em sua durabilidade, necessitando portanto de rápido tratamento. No caso das imagens em estudo, a equipe de manutenção da instituição trabalhou para a resolução do problema com a reforma na laje de cobertura e juntas através da impermeabilização e restauração das armaduras.

2.3 Umidade decorrente de Infiltração

A umidade decorrente de infiltração de água advinda de chuva em laje de cobertura é uma das mais recorrentes em edificações. Essas infiltrações são inconstantes visto que acompanham os períodos chuvosos, ou em alguns casos podem suceder a um problema de vazamento na rede hidráulica. A infiltração é um fator chave para a ocorrência de diversas manifestações patológicas, porém quando elas são presentes em áreas com fluxo de pessoas ou em residências acarretam grande transtorno aos usuários. O vazamento de água em laje de cobertura, principalmente em períodos chuvosos, provoca um péssimo efeito

estético, torna o ambiente insalubre, com a presença de formação de mofos (como será visto a seguir) que oferecem riscos à saúde dos ocupantes da edificação.

As degradações adiante relatadas são decorrentes de falhas no sistema de cobertura e drenagem dos mesmos, visto que houve dano ou ausência de sistemas impermeabilizantes nos substratos. As Figuras 7 e 8 apresentam as degradações oriundas da presença indireta de umidade no forro, bem como a deterioração do acabamento do mesmo. Nota-se a manifestação de manchas amarelas e o destacamento de parte do gesso do forro.



Figura 7- Degradação do forro e acabamento. (Fonte: a autora, 2017)



Figura 8- Manchas amarelas decorrentes da umidade no forro. (Fonte: a autora, 2017)

Estas manifestações patológicas, além de tornar o ambiente insalubre no interior da edificação, causam grande insatisfação e desconforto aos usuários das instalações, além do risco de danos estruturais. Com a investigação, in loco de técnicos da manutenção predial, foi constatado que a laje de cobertura que suporta a caixa d'água encontra-se sem sistema de impermeabilização e com alguns ralos obstruídos e desnivelamento dos mesmos, impedindo assim a vazão da água pluvial ou do possível escapamento de água do extravasor do reservatório.



Figura 9- Laje sem impermeabilização e ralos obstruídos. (Fonte: a autora, 2017)



Figura 10- Lajes com telhados e rufos desgastados. (Fonte: a autora, 2017)

Observou-se que a laje possui sistema de proteção da água pluvial por telhado, porém os mesmo se encontram degradados com algumas telhas deslocadas. Os rufos já apresentam notório estado de corrosão em diversos pontos, abrindo espaço para perda de área de material, possibilitando assim a passagem de fluídos. Há

também um trecho do telhado que foi impermeabilizado com manta asfáltica com proteção de alumínio que se apresenta desgastada e envelhecida.

A Figura 11 apresenta a parte interna da laje de uma garagem com deslocamento da camada de pintura bem como a formação de bolhas na mesma. Há também em vários trechos a desagregação da camada de revestimento do concreto com exposição de trechos das armaduras que já se apresentam com sinais de corrosão. A Figura 12 demonstra a parte externa da laje. Observa-se que há empoçamento da água pluvial sobre o revestimento cerâmico.

Constatou-se in loco que os ralos estavam obstruídos dificultando a passagem da água. Esta laje bem como a platibanda não possui sistemas de impermeabilização implantados, o que possivelmente ocasionou as manifestações patológicas.



Figura 11- Laje e paredes com destacamento de revestimento e corrosão de armaduras. (Fonte: a autora 2017)



Figura 12- Laje revestida com cerâmica, sem impermeabilização. (Fonte: a autora 2017)

2.3.1 Manifestações de umidade: algumas soluções

Diversos são os problemas patológicos oriundos da presença da umidade tanto no interior quanto no exterior das edificações. Segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI¹) na “edificação, as consequências mais visíveis da infiltração são a desagregação do revestimento, eflorescências no concreto e em argamassas, deterioração e embolhamento de pinturas, e comprometimento da estrutura no longo prazo”. O Instituto apresenta um quadro resumo com os principais problemas e soluções destas manifestações, conforme demonstrado a seguir.

¹ <http://www.ibibrasil.org.br/projetos>

Tabela 01-Principais problemas e soluções para umidade em edificações

Fundações	
Problemas	Soluções
Umidade ascendente com deterioração da argamassa de revestimento nos pés de paredes, podendo chegar até alturas > 1,00 m.	Impermeabilização rígida, como cristalizantes e argamassas poliméricas, ou flexíveis, como membrana de asfalto modificado com polímeros em solução ou mantas asfálticas
Infiltração de água e inundação das áreas próximas.	
Insalubridade do ambiente.	
Lajes em contato com o solo	
Problemas	Soluções
Umidade por capilaridade, causando deterioração de acabamentos, como madeiras, carpetes e pisos.	Internamente, impermeabilização rígida, como cristalizantes e argamassas poliméricas. Externamente, antes da concretagem do piso, sobre lastro de concreto magro ou solo regular e compactado, impermeabilizações pré-fabricadas, como mantas asfálticas com geotêxtil acoplado.
Destacamento e emboalhamento de pisos de alta resistência, epoxídicos, poliuretânicos, etc.	
Insalubridade do ambiente.	
Paredes em contato com o solo, corlins e paredes-diafragma	
Problemas	Soluções
Deterioração da argamassa de revestimento.	Internamente, impermeabilização rígida, como cristalizantes (somente para substratos maciços) e argamassas poliméricas. Externamente, impermeabilizações pré-fabricadas, como mantas asfálticas ou membranas moldadas no local à base de solução asfáltica modificada com polímeros, aplicadas a frio e estruturadas com tela industrial de poliéster.
Emboalhamento e deterioração da pintura.	
Deterioração de móveis encostados nas paredes, quadros, revestimentos.	
Insalubridade do ambiente	
Pilares (estruturas de concreto)	
Problemas	Soluções
Ataque as armaduras, com comprometimento da estrutura.	Os pilares recebem a mesma impermeabilização de pisos e paredes
Revestimento de argamassa	
Problemas	Soluções
Desagregação. A argamassa perde resistência e torna-se pulverulenta, destacando-se da superfície.	Normalmente os revestimentos são executados após a adoção de alguma impermeabilização aplicada diretamente na estrutura. Porém, quando a parede ou cortina for de alvenaria revestida, este revestimento deverá ser executado somente com cimento e areia, no traço de 1:3 a 1:4 e poderá ser impermeabilizado contra umidade de solo com argamassa polimérica pela face interna. Pela face externa, poderá receber impermeabilização elástica, como manta asfáltica ou membrana moldada no local à base de solução asfáltica modificada com polímeros, aplicada a frio e estruturada com tela industrial de poliéster. Importante: infiltrações do subsolo que afetam os acabamentos (argamassas e pinturas) revelam patologias que têm origem em outras áreas (fundações, pilares, lajes etc.). Portanto, o tratamento pontual do acabamento pode ser apenas paliativo e ocultar problema mais grave; o ideal é investigar as causas das patologias e tratá-las.
Eflorescências, mofo e bolor.	
Pintura	
Problemas	Soluções
Emboalhamento e destacamento	Refazer a pintura após impermeabilização da base, conforme as soluções propostas nos itens anteriores.
Eflorescências, mofo e bolor.	
Concreto aparente	
Problemas	Soluções
Comprometimento da estrutura	Pode ser tratado com sistemas rígidos, como argamassa polimérica e cristalizantes, ou flexíveis (mantas asfálticas, emulsões ou soluções asfálticas, etc.). A opção vai depender das particularidades de cada obra. Por exemplo: em um solo com umidade constante, lençol freático alto e pressão negativa, somente com acesso interno, são recomendados um sistema rígido. Caso seja possível rebaixar o lençol freático, pode-se optar por um sistema flexível aplicado externamente.
Lajes de subsolo (do 1º para o 2º subsolo)	
Problemas	Soluções
Oxidação das armaduras com comprometimento das estruturas no longo prazo.	Se recomendadas, neste caso, mantas asfálticas, que, no entanto, exigem altura suficiente e proteção mecânica dimensionada para o trânsito de veículos. Existem também alguns sistemas compostos por membranas de uretano com adição de agregados que podem ser utilizados como acabamento final e impermeabilizante. Estes, porém, são muito mais caros que os tradicionalmente utilizados em nosso mercado e ainda não há tecnologia nacional, dependendo de produtos importados.

Fonte: Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI)², Adaptado.

² <http://www.ibibrasil.org.br/projetos>

3.RELAÇÃO DAS DEGRADAÇÕES E O PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Grande parte das manifestações patológicas nas construções está relacionada à ausência ou falha nos sistemas de proteção das mesmas. Por intermédio da impermeabilização é possível elevar o grau de proteção das edificações tornando-as estanques à percolação dos fluidos. Quando há a presença de agentes deletérios e os mesmos começam a adentrar os materiais ocorre conseqüentemente uma perda de durabilidade dos sistemas construtivos. Estes agentes são trazidos pela água transportando consigo os poluentes existentes na atmosfera e sais livres nos poros do concreto. Assim podem ocorrer danos, muitos deles irreversíveis, nas estruturas, alvenarias, revestimentos e demais componentes construtivos. Ao se mencionar degradação e danos em edificação, implica-se também em prejuízos financeiros.

Os serviços de impermeabilização deveriam ser projetados para entrar em campo em todas as fases de construção do empreendimento, considerando todos os caminhos que a água pode percorrer para adentrar a edificação. Com o quesito estanqueidade atuando em harmonia com os sistemas construtivos há uma menor possibilidade de ocorrer falhas patológicas decorrentes da presença de umidade. Cabe ressaltar portanto que quando se implanta um sistema de impermeabilização o projeto de manutenção preventiva deve coexistir para garantir que a edificação esteja estanque, elevando assim a durabilidade do sistema quanto dos demais componentes construtivos. Ainda apresentando as relações entre a ocorrência de degradações e o projeto de impermeabilização, Antonelli (2002) realizou uma pesquisa quantitativa e qualitativa das falhas nas edificações conforme demonstrado na Figura 13 a seguir.

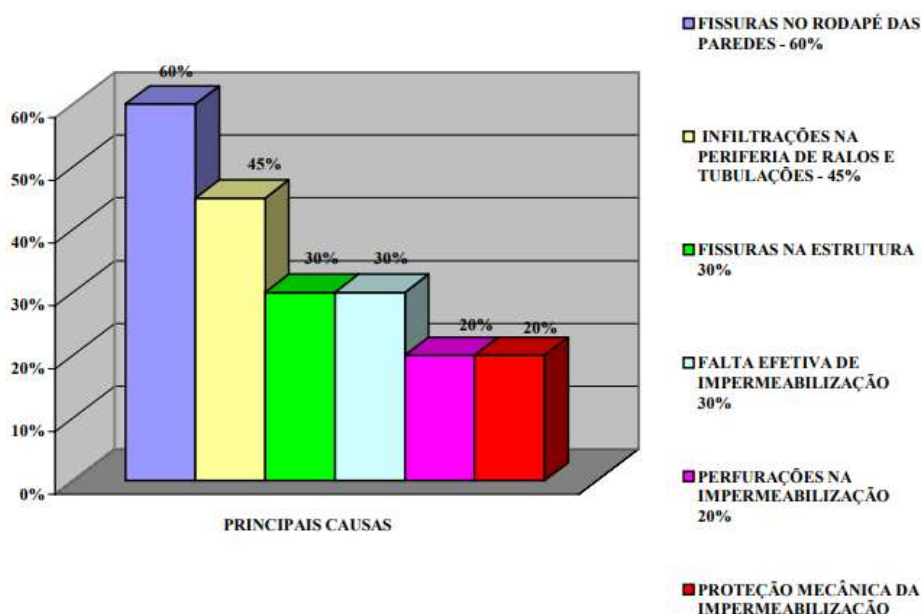


FIGURA 133- Principais causas das degradações (Fonte: Antonelli, 2002, p.6)

De acordo com a pesquisa, as infiltrações na periferia de ralos e tubulações são responsáveis por 45% dos problemas. Este é um tipo de falha que pode ser mitigada mediante a elaboração e correta execução do sistema de impermeabilização. Somando todas as possíveis origens de falhas e degradações, as relacionadas à

impermeabilização apresentam-se em quatro de seis falhas levantadas pelo pesquisador. A estanqueidade conceituada por Picchi (1986, p.75) como a "propriedade conferida pela impermeabilização, de impedir a passagem de fluidos", é um dos fatores chaves para mitigar a ocorrência de patologias por umidade. Pode-se também associar diretamente a ausência ou falha dos sistemas de impermeabilização com a maior chance do surgimento de patologias tanto decorrentes da presença de umidade quanto das degradações decorrentes do intemperismo.

4. ANÁLISES DE CUSTOS FRENTE AOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS

Os custos para recuperação de áreas degradadas pelas manifestações patológicas podem atingir patamares inesperados para as construtoras, incorporadoras e usuários da edificação. Quando surgem os problemas patológicos é o momento de agir corretivamente visando sanar as suas causas dentro do menor tempo possível. Porém, quando se analisa os custos das intervenções, pode-se notar que antecipar as ocorrências com medidas preventivas, como as manutenções ou até mesmo antes disso ao se projetar adequadamente, é a tática mais vantajosa do ponto de vista financeiro e da integridade da edificação.

Sitter na década de 80 apresentou a relação dos custos associados às intervenções corretivas em cada etapa do desenvolvimento de uma construção. Do ponto de vista econômico, os custos de intervenção na edificação a fim de alcançar um determinado nível de longevidade e estabilidade elevam-se de forma exponencial quanto mais postergada ocorrer essa intervenção. O avanço desse dispêndio se assemelha a uma progressão geométrica de razão 5, nomeada por "Lei dos 5" ou regra de Sitter. A Figura 14 a seguir demonstra o estudo de avaliação dos custos relacionados à reabilitação das construções da seguinte maneira: na etapa de projeto o custo de intervenção é 1, em segundo momento quando da etapa de execução esse custo é 5, durante a etapa de manutenção preventiva em já em um terceiro momento da edificação esse custo se eleva para 25 e na ocasião da reabilitação pela manutenção corretiva esse custo pode aumentar exponencialmente para 125.

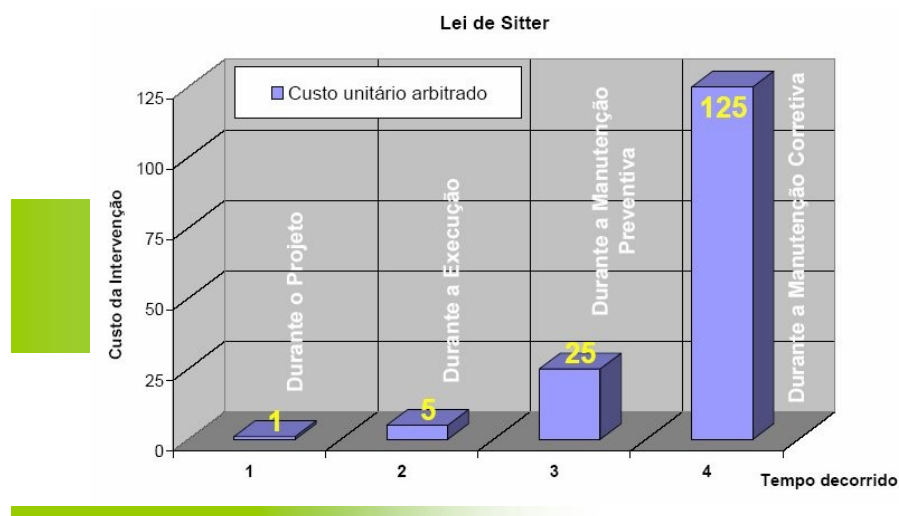


FIGURA 14- Estudo de avaliação do custo de reabilitação das construções (Lei de Sitter).
Fonte: <http://exemplo.eng.br/css/LEI,SITTER.pdf> (Adaptado)

Quando as falhas são antecipadamente visualizadas e todas as intervenções e definições necessárias são feitas na fase de projeto, com o objetivo de elevar a proteção e a durabilidade dos sistemas construtivos, os custos com a manutenção corretiva são menos onerosos.

4.1 ESTUDO DE CASO: LAJE DE COBERTURA

A ausência da elaboração do projeto de impermeabilização compatibilizado à realidade dos demais sistemas implantados pode acarretar diversas falhas na etapa de execução. Através de estudo realizado em uma laje de cobertura já impermeabilizada, porém com falhas, foi possível constatar o custo e os transtornos da falta de um projeto especializado de impermeabilização.

4.1.1 Análise de dados

Quando do período da sua construção a laje foi impermeabilizada pelo sistema de manta asfáltica com proteção mecânica. No entanto foi constatada a ocorrência de infiltrações nos períodos chuvosos acarretando transtornos aos usuários e danificando alguns componentes construtivos. Diante das falhas advindas da laje cobertura a equipe técnica de engenharia da instituição propôs a aplicação de um sistema de impermeabilização flexível, membrana acrílica estruturada com tela de poliéster, sobre a camada de impermeabilização preexistente. Os problemas decorrentes das infiltrações ocorreram novamente em aproximadamente dois anos após a reforma da laje. Foi realizada inspeção na camada de impermeabilização implantada no local e a detecção do sistema antigo sobre o qual a nova camada foi implantada, conforme demonstrado na Figura 15.

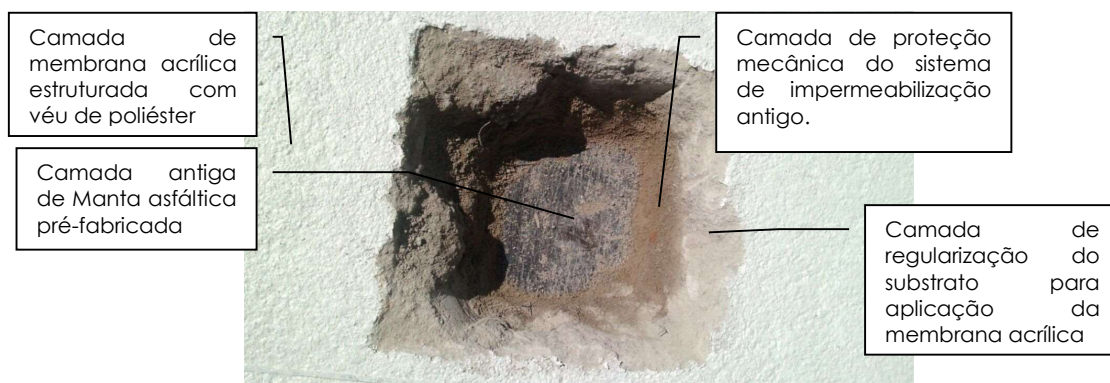


FIGURA 15- Situação existente na laje de cobertura. (Fonte: a autora, 2017)

O sistema de impermeabilização deve conceder resistência à ação de cargas estáticas e dinâmicas, que possam atuar sobre a impermeabilização, tais como o puncionamento (decorrente de impactos de objetos que agem perpendicularmente ao seu plano), descolamento (ocasionado pela perda de aderência) (ABNT NBR 9575:2010, item 6.3) e movimentos de dilatação/retração do substrato decorrentes das variações térmicas. Conforme demonstrado nas figuras 16 a 19, o sistema implantado não resistiu às ações a ele impostas.



FIGURA 16- Fissuras no perímetro dos ralos. (Fonte: a autora, 2017)



FIGURA 17- Manchas de contaminação de resíduos (óleos). (Fonte: a autora, 2017)



FIGURA 18- Deslocamento da camada de impermeabilização. (Fonte: a autora, 2017)



FIGURA 19- Irregularidade na impermeabilização dos ralos. (Fonte: a autora, 2017)

Por ser uma área acessível para serviços de manutenção a camada impermeabilizante nesta laje sofreu agressões de resíduos químicos como óleos, tráfego de pessoal e manuseio de ferramentas, muitas vezes perfurantes. Segundo a norma ABNT NBR 9574:2008, item 4.3.12.3, o sistema de membrana acrílica estruturada com tela de poliéster pode permanecer exposto sem a necessidade de proteção mecânica. Mas é relevante ressaltar que quando a área impermeabilizada for acessível deverá a mesma receber uma capa de proteção (PICCHI, 1986).

Observou-se que a impermeabilização dentro do desenvolvimento dos coletores de água pluvial não foi corretamente aplicada e que o nivelamento no sentido dos ralos não estava efetivamente ocorrendo, visto que havia sinais de empoçamento de água em alguns trechos da laje. De acordo com a norma ABNT NBR 9575:2010, item 6.4, a impermeabilização dos ralos bem como a inclinação do substrato são detalhes construtivos que devem ser previstos na fase de projeto. Segundo a referida norma, a inclinação do substrato das áreas horizontais deve ter no mínimo 1% em direção aos coletores de água.

Diante do sistema de impermeabilização implantando foi constatada a ausência do projeto executivo e seus detalhamentos. Conforme o item 6.2.3.3 da ABNT NBR 9575:2010 é necessário a elaboração de planta de localização que descreva graficamente e identifique as impermeabilizações bem como os locais onde há a necessidade de detalhes específicos e genéricos. Entre os detalhamentos de projeto dever-se-ia, no caso em estudo, ter sido considerado a interferência do sistema de ar-condicionado com o de impermeabilização, visto que na área ao entorno do sistema percebe-se manchas devido a exposição da membrana impermeabilizante aos produtos utilizados na manutenção do equipamento.

Entende-se que a edificação está sensível às intempéries visto que o sistema de impermeabilização se apresenta com falhas. Tais manifestações não garantem a estanqueidade do sistema, exigência primária das normas brasileiras de impermeabilização. Para a laje da cobertura do prédio estudado será necessário projetar um novo sistema de impermeabilização objetivando sanar o risco de ocorrência de infiltrações futuras.

4.1.2. Análise de resultados: Custo para reabilitação da laje de cobertura

Para mitigação das manifestações patológicas na laje de cobertura apresentada no estudo descrito no item 4.1.1, propõem-se a partir das análises feitas in loco, uma reforma com a retirada dos dois sistemas de impermeabilização implantados no local e a execução de um sistema completo incluso proteção térmica e mecânica (ver apêndices A, B), dentro dos parâmetros normativos.

A instituição teve o dispêndio de R\$ 32.986,59 quando realizou a implantação do segundo sistema impermeabilizante. Nesta reforma foram feitos os serviços de regularização do substrato e aplicação da membrana acrílica estruturada com tela de poliéster. Conforme notado nas figuras 16 a 19, as ocorrências de manifestações patológicas retornaram tanto dentro da edificação quanto no próprio sistema de impermeabilização.

Com a sugestão técnica proposta neste trabalho (reforma com execução de manta asfáltica com proteção térmica e mecânica) a implantação de um novo sistema seria de R\$ 93.379,94. Este custo considera que a equipe de profissionais de engenharia e arquitetura da própria instituição elabore o projeto de impermeabilização. No valor acima referido estariam envolvidos todos os serviços de retirada dos sistemas com falhas, transporte de rejeitos, aquisição de materiais, locação de equipamentos e mão-de-obra para implantação de um sistema completo de impermeabilização. Foi inserido também na estimativa de custo um valor para reforma em pontos danificados na parte interna da edificação.

A tabela 02 apresenta a análise de custos para reabilitação da laje de cobertura em etapa de manutenção corretiva. O custo para executar uma nova reforma no sistema impermeabilizante e no revestimento interno danificado seria elevado em aproximadamente 3 vezes mais do que o valor aplicado na primeira reforma realizada. Os danos provocados pelas manifestações patológicas, decorrentes principalmente da especificação incoerente do sistema implantado, elevarão o custo para nova implantação em cerca de 183,08% em relação ao valor que foi gasto na primeira intervenção.

TABELA 02-Análise de custos de reabilitação da laje de cobertura na etapa de manutenção corretiva. (Fonte: a autora, 2017)

Valor executado pela obra no sistema de membrana acrílica com tela de poliéster (1º manutenção corretiva)	Valor estimado para reforma: Manta asfáltica com proteção térmica e mecânica (2º manutenção corretiva)	Variação de preço para reabilitação da laje em fase de manutenção corretiva	Variação de preço para reabilitação da laje em fase de manutenção corretiva (%)
R\$ 32.986,59	R\$ 93.379,94	3	183,08%

Esta análise corrobora com a avaliação de custo de reabilitação das construções pela Lei de Sitter, na qual o custo para realizar uma intervenção em fase de manutenção corretiva é significativamente maior do que quando em fase de projeto. No caso em estudo, os custos para reabilitar o sistema de impermeabilização e resolver as falhas patológicas seriam de menor impacto se tivesse sido previsto a implantação de sistema condizente com o substrato com a elaboração de projeto e seus detalhamentos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As edificações estando a todo instante sujeitas a ataque de agentes químicos, físicos e biológicos devem estar protegidas para minimizar as chances de ocorrências de manifestações patológicas em seus sistemas constituintes. O presente trabalho destinou-se a apresentar as manifestações patológicas mais recorrentes nas edificações, com foco nos problemas oriundos da presença de umidade.

Para efeito de demonstração técnica foi realizado estudo de caso em uma laje de cobertura de uma edificação objetivando analisar os problemas decorrentes da ausência de projeto de impermeabilização com seus detalhamentos. Mediante análise proporcionada pelas falhas ocorridas na edificação conclui-se que é relevante a elaboração de um projeto de impermeabilização com análise criteriosamente sobre o método mais adequado para o substrato sobre o qual ele será aplicado. A partir da elaboração do projeto, seguindo criteriosamente os parâmetros normativos, tende-se a obter uma melhor execução do sistema, o que por sua vez garante à edificação maior proteção através da estanqueidade.

Diante do exposto foi apresentada uma solução técnica para os problemas na laje de cobertura da edificação, a implantação de um sistema completo de impermeabilização com uso de manta asfáltica pré-fabricada com proteção térmica e mecânica. Esta escolha decorreu da sondagem in loco do tipo de substrato e dos demais sistemas da edificação que poderiam fazer intervenção com o de impermeabilização. Ao ser elaborado orçamento estimativo de preço, verificou-se que a implantação de um novo sistema acarretaria em um custo significativo, uma vez que a reabilitação da laje entraria na fase de manutenção corretiva. Foi observado neste caso que a Lei de Sitter respalda que na etapa de manutenção corretiva os dispêndios se elevam substancialmente em relação às correções feitas em momento de projeto.

O projeto de impermeabilização frente a sua correta execução impacta diretamente na ocorrência ou não de falhas patológicas, como as decorrentes da presença de umidade. Uma construção projetada para ser estanque, através da impermeabilização, tem como objeto final uma edificação com menor incidência de patologias e menor necessidade de intervenções corretivas que elevam os custos tanto para as construtoras quanto aos usuários. Complementa-se que através da técnica de impermeabilizar é possível proteger as estruturas, com maior garantia da durabilidade das mesmas bem como mitigando as manifestações patológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONELLI, G.R.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizadas em edifícios habitados de Goiânia-GO**. IX Encontro Nacional do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu. 2002. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1415_1424.pdf>. Acesso em: 04 dez.2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574:2008: execução de impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575:2010: Projeto de impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2010.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção. Patologia, Reabilitação e Prevenção**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

CUNHA E NEUMANN, Aimar G. da. **Manual de Impermeabilização e Isolamento Térmico**. 4 Ed. Rio de Janeiro: Texsa, 1979

FRANÇA et al. **Patologia das Construções: uma especialidade na engenharia civil**. Disponível em: <<http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO - IBI. **"Patologias decorrentes da falta de impermeabilização"**. Disponível em: <<http://www.ibibrasil.org.br/images/publicacoes/Informe%20-%20Patologias%20pela%20falta%20de%20impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2017.

SAN JOSÉ, Patrícia Rosa. **Lixiviação x carbonatação**. Revista Técnica. Ed. 151, out. 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/151/ipt-responde-lixiviacao-x-carbonatacao-285779-1.aspx>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

LOURENÇO, Líbia da Costa, MENDES, Luiz Carlos. **Deteção preventiva de patologias em edificações. Revista Técnica. 167 Ed. Fev. 2011**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/artigo285852-2.aspx>>. Acesso em 09 out. 2017.

MILITITSKY, Jarbas, CONSOLI, Nilo Cesar, SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

PIRONDI, Zeno. **Manual prático da impermeabilização e de insolação térmica**. 2. Ed. São Paulo: PINI, 1988

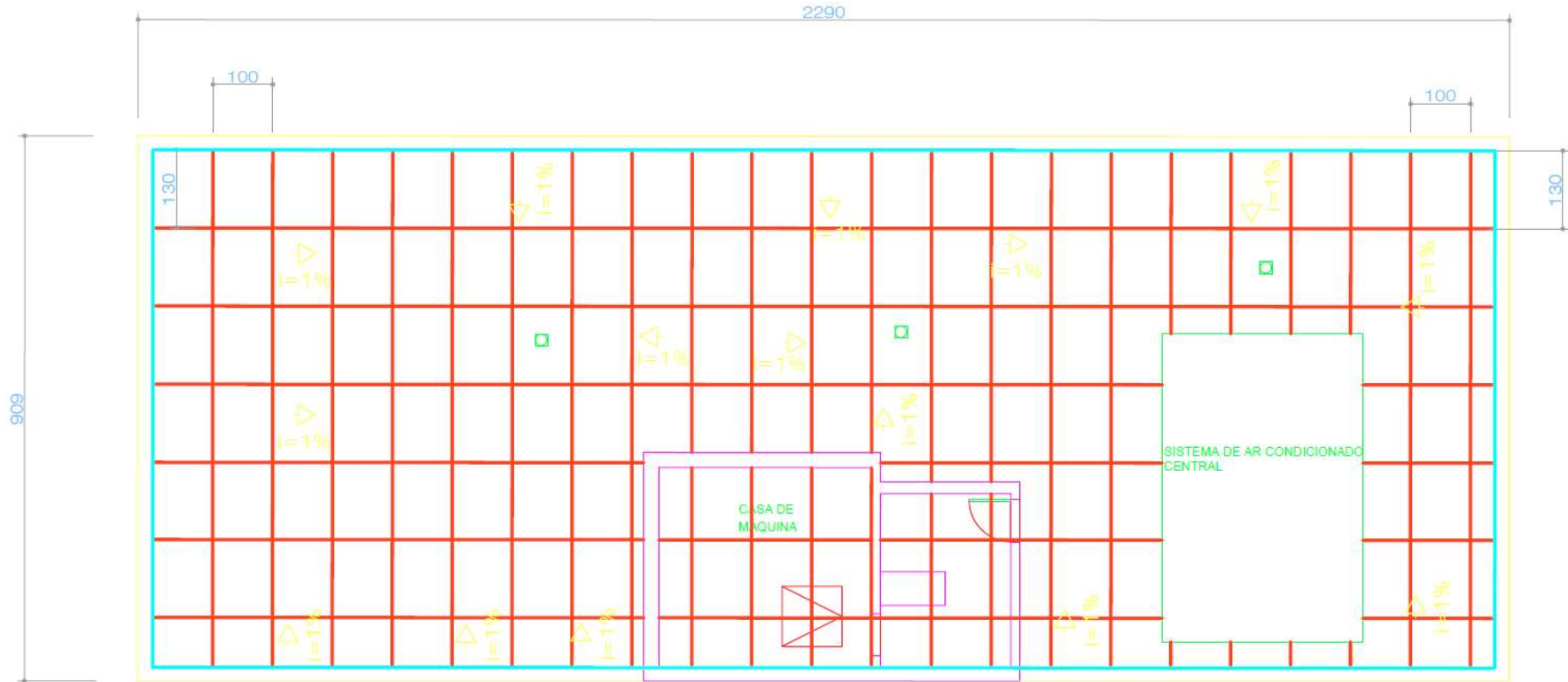
SITTER. Lei de Sitter. **Estudo de avaliação do custo de reabilitação das construções**. Disponível em: <<http://exemplo.eng.br/css/LEI,SITTER.pdf>>. Acesso em 15 nov.2017.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios. Causas, Prevenção e Recuperação**. PINI. 1989.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10. Ed. São Paulo: Pini- SINDUSCON, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A- PLANTA DE MAPEAMENTO DAS JUNTAS



PLANTA DE MAPEAMENTO DAS JUNTAS

ESCALA:1/50

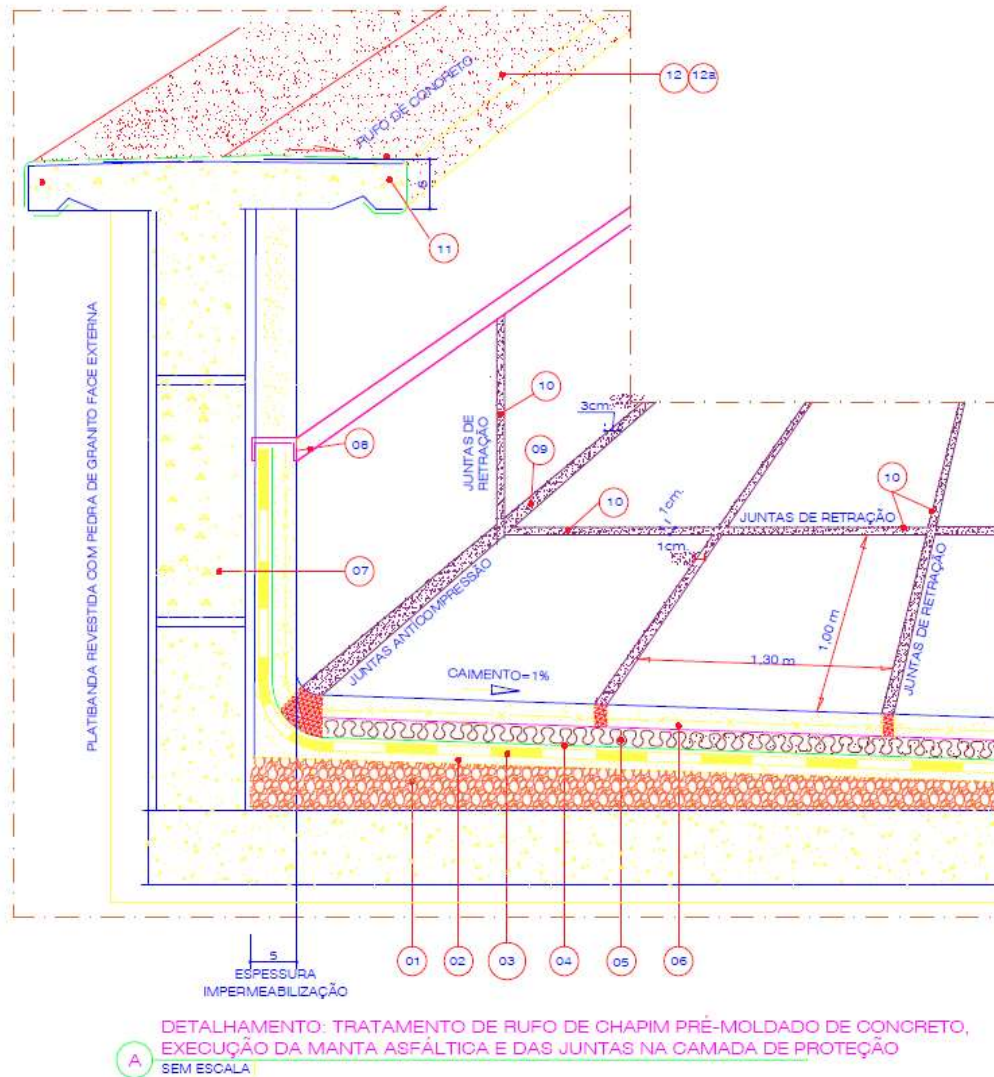
LEGENDA:

- Junta de anti-compressão
- Junta de retração (quadros de 1,00 x 1,30 m)

NOTA:

Distância entre as juntas de retração: 1,00 x 1,30 m
Declividade no sentido dos coletores de água pluvial de no mínimo 1%

APÊNDICE B-SOLUÇÃO PROPOSTA: DETALHAMENTO DE PROJETO



SIMBOLOGIA ADOTADA EM PROJETO

- 1- Regularização com argamassa de cimento e areia média lavada, no traço volumétrico de 1:3.
- 2- Aplicação de solução asfáltica à base de asfalto oxidado.
- 3- Aplicação da Manta de asfalto modificado por polímeros plastômero (PL) e elastômero (EL), estruturada com não tecido de filamentos contínuos de poliéster, espessura de 4mm.
- 4- Separador mecânico (proteção anti-compressão) de manta de espuma de polietileno expandido, com 2 mm de espessura, lançado diretamente sobre a manta impermeabilizante.
- 5- Proteção térmica horizontal com placas de poliestireno expandido (EPS), tipo PIII, espessura 25mm.
- 6- Proteção mecânica horizontal com tela galvanizada fio 18 e argamassa traço 1:3 - cimento e areia, espessura 3cm.
- 7- Platibanda em bloco cerâmico nas periferias da laje de cobertura.
- 8- Embutimento da manta asfáltica com proteção mecânica no plano vertical em perfil U de alumínio, 1mx10x10mm.
- 9 e 10- Aplicação de Mástique para juntas de anti-compressão e retração nas proteções mecânicas horizontais e verticais, com emulsão hidroasfáltica pastosa com areia fina lavada, traço volumétrico 1:1.
- 11- Chapim pré-moldado de concreto armado 80cm x 23cm x 5 cm, com pingadeira.
- 12- Membrana de polímeros acrílicos, armada com uma tela de poliéster de 65 g/m².



Instituto de
Impermeabilização

<http://ibibrasil.org.br/>