https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.002

Estudos de caso: Uma ferramenta útil para a validação de um modelo para especificar, executar e controlar a impermeabilização de coberturas planas de concreto armado construídas na cidade de Bogotá

C. Chinome-Giraldo[1]*, C. Rios-Fresneda[2]
*Autor de contato: cchinomenal.edu.co

[1] Professor da Cátedra de Avaliação de Patologias na Construção, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia
2 Professor da Universidad Nacional de Colombia, Grupo de pesquisa de estruturas, facultade de engenharia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

RESUMO

Enfatizar no padrão mínimo necessário para o acompanhamento do processo construtivo de impermeabilização, foi a principal motivação para realizar a pesquisa apresentada e assim brindar um aporte para o conhecimento. A pesquisa realizada tem como objetivo avaliar um modelo para especificar, executar e controlar a impermeabilização de coberturas planas de concreto armado construídos na cidade de Bogotá, através de estudos de caso que permitam explicar o paradigma. O modelo foi aplicado às informações coletadas em dois estudos de caso pelo método de observação de campo e foram utilizados como instrumentos de coleta de dados as checklist e a entrevista. As informações coletadas foram analisadas através da inferência lógica e a codificação. Gerou-se uma discussão dos estudos de caso para triangular os resultados obtidos e eles foram contrastados com o modelo proposto. Conclui-se que a utilização do modelo proposto está alinhado com as boas práticas de especificação para a durabilidade e permitirá que a cobertura plana não cumpra sua vida útil antes do tempo esperado.
Palabras chave: Modelo, impermeabilização, concreto, cobertura, estudos de caso.

ABSTRACT

Emphasizing the minimum standard necessary for monitoring the waterproofing construction process was the main motivation to undertake the research presented and thus provide a contribution to knowledge. The research carried out aims to evaluate a model to specify, execute and control the waterproofing of reinforced concrete flat roofs built in the city of Bogotá, through case studies that allow explaining the paradigm. The model was applied to the information collected in two case studies by the field observation method and the checklists and the interview were used as data collection instruments. The collected information was analyzed using logical inference and coding. A discussion of the case studies was generated to triangulate the results obtained and they are contrasted with the proposed model. It is concluded that the use of the proposed model is aligned with the good specification practices for durability and will allow the flat-type roof not to fulfill its useful life before the expected time.
Keywords: Model, waterproofing, concrete, coating, case studies.

1. INTRODUÇÃO

Os modelos podem ser definidos como um conjunto de características que definem a produção de um objeto e podem ser replicados para a sua reprodução. No desenvolvimento do modelo de impermeabilização para coberturas de concreto armado, foi apresentada a necessidade da comprobação do desenvolvimento de protótipos. No processo de desenvolvimento dos protótipos, uma das tarefas necessárias para a comprobação do modelo, foi testá-los nas condições de serviço às que será exposta uma cobertura na cidade de Bogotá. As condições de serviço a serem comprobadas foram a exposição ao granizo, os efeitos do assentamento diferencial da edificação e o tipo de tráfego (Chinome e Ríos, 2021).

Para fazer os protótipos o mais próximos possível da realidade, optou-se por não trabalhar no laboratório com propostas de escala, optou-se por trabalhar em projetos de construção como estudos de caso e realizar uma pesquisa em campo. Um dos autores, no momento em que a pesquisa estava em desenvolvimento, participou em dois projetos da firma ACOMEQ Ingeniería S.A.S., que permitiu o uso das informações para fins acadêmicos. A partir desse momento, os modelos passaram de ser uma hipótese a ser um trabalho que permite comprobar os postulados na prática do exercício profissional de disciplinas como são: a engenharia civil e a arquitetura.

2. PROCESSO METODOLÓGICO

Os estudos de caso são sujeitos que passam por um processo de observação através de uma perspectiva para explicar um paradigma (Martínez, 2013). Com o fim de explicar o paradigma do "modelo para especificar, executar e controlar a impermeabilização de coberturas planas de concreto armado construídos na cidade de Bogotá" (Chinome e Ríos, 2021), será usado como estratégia o plano de estudo de casos múltiplos holísticos.

Yin (1994) expõe que os estudos de caso “devem ter uma unidade de análise definida”. Estudos de caso que são compostos de duas ou mais amostras que são consideradas como múltiplas, são reconhecidas de natureza holístico quando é estudada a natureza global do modelo. A amostragem dos estudos de caso é não probabilística por conveniência ou intencional, uma vez que os autores tomaram os casos disponíveis aos quais tinham acesso e estavam relacionados ao objeto de estudo (Hernández e Mendoza, 2018; Ñaupas et al., 2018).

Para a pesquisa, foram selecionadas duas amostras que são representativas e serão investigadas em profundidade, que são:

Uma primeira mostra, que explica como funciona o modelo de impermeabilização para uma cobertura plana que não é transitável dentro de um shopping. Neste caso, será focado na uma cobertura em que seu material seja adequado para tráfego de pessoal autorizado para realizar trabalhos de manutenção.

A segunda amostra, que explica como funciona o modelo de impermeabilização para uma cobertura plana adequada para o tráfego veicular de forma constante. A cobertura permite o tráfego de carros e de caminhões de dois eixos pequenos. O material utilizado não é adequado para a circulação de caminhões de dois eixos grandes, carretas e veículos especiais como carros-fortes.

Ao utilizar as duas amostras, pretende-se aprofundar na aplicação do modelo através de casos muito particulares e atípicos. Espera-se aplicar uma observação em campo, um acompanhamento dos casos acompanhado com a inferência lógica e contrastar os resultados dos dois casos com o modelo teórico proposto (Martínez, 2013; Ñaupas et al., 2018). Na exposição de cada caso serão explicadas as manifestações patológicas apresentadas, as considerações do projeto, a descrição do processo construtivo, os critérios de aceitação utilizados e as recomendações de manutenção. Por fim, será realizada uma triangulação dos resultados pelo método de codificação e uma discussão a fim de contrastar os estudos de caso com a conjectura inicial do modelo proposto.

3. ESTUDOS DE CASO

3.1 Estudo de caso de cobertura plana não transitável no interior de um shopping

3.1.1 Descrição geral do caso

A cobertura, que é o caso de estudo, é a parte superior de uma concessão de um shopping e apresenta uma utilização de tráfego pedonal para manutenções eventuais dos equipamentos. A sua materialidade, antes da intervenção, consistia numa cobertura de concreto com um contrapiso de argamassa não armada, sem juntas de dilatação e um revestimento com manta asfáltica com foil de alumínio. Desde o ponto de vista arquitetônico, a cobertura intervencionada faz parte da envolvente da edificação e os vazamentos afetam o conforto dos clientes e funcionários da concessão.

Nos momentos de chuva, observou-se a equipe de limpeza do shopping colocando baldes para coletar a água que filtrava pela placa e era implementado como mecanismo emergencial a colocação de plásticos, com o fim de evitar que a mercadoria da concessão se deteriorasse. Essa situação leva a pensar que eles já conviviam com o problema e gerou-se o fenômeno da “cegueira de oficina” no interior da concessão.

A cobertura, do ponto de vista da engenharia, é um elemento de concreto armado que faz parte da estrutura. A água, como agente de deterioração, afetou a integridade da estrutura causando fissuras, rachaduras e internamente oxidação dos aços das armaduras. Na formulação do projeto, as manifestações patológicas da construção atuou como disciplina principal e permitiu a identificação de falhas e a emissão de um diagnóstico. Subsequentemente, realiza-se o trabalho de projeto e as especificações de reparo. Os resultados do processo de arquitetura e engenharia desenvolvido foram os planos, o relatório descritivo e o orçamento que permitiram o desenvolvimento do projeto.

Ao realizar inspeções e auscultação da cobertura, observou-se que a área mais afetada abrange uma área de 500 m2. Se fossem intervencionados a coberta abrange um total de 2000 m2, teriam que ser afetadas 4 concessões do shopping e o cliente não iria permitir essa intervenção porque deixaria de receber a remuneração pelo aluguel de diferentes marcas e teria que pagar multas de centenas de milhões de pesos. O autor participou no projeto com as funções de especificador e diretor de obra, revisando o caso com bastante atenção e realizando observações de campo. É uma realidade que não teve com o suporte de registros de um caso anterior de intervenção pontual de uma cobertura porque existe o risco de apresentar infiltrações que ingressem lateralmente pela área intervencionada.

Na proposta de reparo apresentada, não só foi adotada uma abordagem sistêmica de um "passo a passo", também foi necessário usar uma abordagem investigativa projetual em que se

desenvolveram ideias através de: esboços, pesquisa temática, revisão de regulamentações internacionais, seções de teste dos materiais propostos e a experiência profission

Um parâmetro inovador do estudo de caso apresentado é “fechar a área intervencionada” e garantir que a cobertura tenha uma estanqueidade total, em que se garanta que a água não escoe verticalmente por gravidade ou por imulso lateralmente. No projeto, foi realizada a engenharia de detalhe e especificações, a fim de gerar congruência entre o projetado e o construído.

A intervenção foi pertinente e assertiva porque permitiu aplicar uma reparação das áreas mais afetadas identificadas e assim poupar milhões de pesos em intervenção de toda a cobertura e na logística de movimentos de mais de uma concessão que reduziria a receita do cliente. O projeto apresentado como estudo de caso teve uma duração de 5 meses corridos e foi executado entre o período de 18 de maio de 2020 e 5 de outubro de 2021. A intervenção foi desenvolvida no meio da pandemia da COVID-19, numa circunstância de isolamento de localidades no Distrito Capital de Bogotá.

3.1.2 falhas apresentadas e diagnóstico apresentadas e diagnóstico

O imóvel onde está localizada a cobertura, que é o caso de estudo, tem aproximadamente 40 anos. Não foram encontrados documentos para estabelecer os antecedentes do imóvel. Foram realizadas algumas inspecções e aplicadas revisões por meios organoléticos das falhas que ocorrem na edificação e estão resumidas na tabela 1.

Tabela 1- Lista resumida de estudo de caso de falhas de cobertura plana não transitável dentro de um shopping

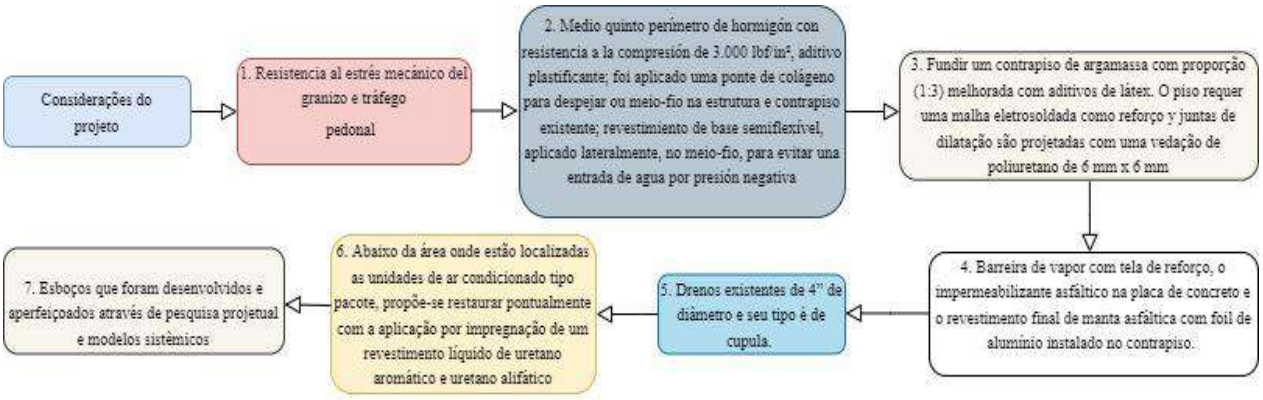
Família de falhas	Codificação	Lesão	Descrição
Mecânicas	LM1	Rachaduras e fissuras	São rupturas que aparecem no concreto como consequência de tensões maiores à sua capacidade resistente
Físicas	LF1	Umidade por filtração	Entrada e/ou presença de água através de pontos fracos de um elemento da construção, de forma generalizada.
Químicas	LQ1	Corrosão do aço de reforço	Reação eletroquímica que é gerada quando o aço é oxidado por contato direto com ar e/ou água.
	LQ2	Erosão química do concreto	Abrasão do concreto pela sua exposição direta aos fenômenos climáticos. A abrasão ocorre na massa de cimento
Antropogênicas	LA1	Carência de manutenção	Gera-se envelhecimento da cobertura e obsolescência dos seus elementos produto de não ter um programa de manutenção
	LA2	Erros no projetamento	Não é revisado o comportamento funcional e a materialidade do elemento que precisa ter diante a solicitação de serviço
	LA3	Erros de processo construtivo	Não são seguidas as especificações técnicas e o elemento é construído de tal forma que sua morfologia e funcionalidade não são adequadas

Fonte: Ilustração própria.

3.1.3 Considerações do projeto

A considerações do projeto realizado está resumida no fluxograma da figura 1.

Figura 1- Fluxograma do considerações do projeto de impermeabilização da cobertura de um shopping center



Fonte: Ilustração própria.

3.1.4 Descrição do processo construtivo

A realização do processo de construção realizado está resumida no fluxograma da figura 2.

Figura 2- Fluxograma do processo de construção do projeto de impermeabilização da cobertura de um shopping center



Fonte: Ilustração própria.

3.1.5 Critérios de aceitação

A partir dos critérios de aceitação aplicados, obtiveram-se os seguintes resultados:

- **Resistência à compressão do concreto:** A resistência à compressão média é de 19,63 MPa. Esperava-se devido à dosagem utilizada, obter um valor médio de 21 MPa. Um fator fundamental é que foram seguidas proporções de dosagem baseadas em registros históricos e não foi realizado um dimensionamento da mistura em um laboratório certificado com as amostras do material a ser utilizado na fundição . No entanto, a mistura excede 17 MPa e pode ser aceita.
- **Inspeção qualitativa de detalhes:** Procede-se a demolir e fundir novamente a argamassa rachada ao redor do perímetro do elemento que se projeta verticalmente da cobertura. É

realizado em uma área específica identificada onde houve perda de aderência da sobreposição da manta asfáltica, corte da lâmina e depois é termofundida novamente.

- **Teste de estanqueidade:** Um teste de estanqueidade é realizado com um filme de 5 cm de água de espessura sobre a cobertura. Para o teste, são vedados os drenos com manta termofundida para evitar que a água escoe. Foram realizados 5 testes de estanqueidade, um para cada etapa de intervenção e em todos eles o filme de água é mantido por 24 horas e não se observam vazamentos nos testes realizados.

3.2 Estudo de caso de um cobertura plana para tráfego de veículos

3.2.1 Descrição geral do caso

O cobertura que é estudo de caso está localizada na cidade de Bogotá e é a parte superior de um porão e é usado para tráfego de veículos. A sua materialidade na parte plana, antes da intervenção, era constituída por uma placa de concreto armado, um contrapiso de nivelamento em argamassa, uma impermeabilização com manta asfáltica termofundida, um revestimento pesado constituído por uma placa de concreto estampado reforçada com uma malha electrosoldada com aço de 9 mm de diâmetro e juntas de dilatação. No centro da bahía de estacionamento tem um saliência pompeiana que apresenta um revestimento pesado de paralelepípedos. A área de superfície do estudo de caso apresentado é de aproximadamente 900 m^2.

Do ponto de vista arquitetônico, a cobertura plana para tráfego de veículos faz parte das áreas de acesso ao prédio, permitindo aos usuários que chegam ao complexo, estacionar seus veículos. No porão abaixo da cobertura, observa-se que os vazamentos formam poços d'água no estacionamento inferior e isso cria uma má impressão do local. No entanto, desde o ponto de vista da engenharia, a cobertura faz parte das vias particulares do prédio e deve ter um projeto de engenharia de pavimento para garantir o tráfego de veículos.

A água, como agente de lesão, afetou a integridade da estrutura causando fissuras, rachaduras, lixiviação do concreto e oxidação dos aços das armaduras. Na formulação do projeto, foram levadas em consideração como disciplinas a engenharia de pavimentos e a patologia da construção. Deve ser ressaltado que o estudo de caso é atípico e o projetista do pavimento, com as informações fornecidas, gerou detalhes construtivos com base nas normas legais vigentes e na sua experiência profissional. O autor participou do projeto com a função de engenheiro de custos e orçamento. Foram feitas recomendações ao cliente durante a fase de projeto preliminar, sobre algumas especificações fornecidas que não iriam funcionar corretamente. Em alguns itens houve flexibilidade para modificar as especificações fornecidas. No entanto, foram relatadas algumas pré-existências técnicas que não foram corrigidas desde o início e afetaram o resultado final do processo construtivo.

O presente caso de estudo é uma reabilitação urbana e estrutural, através da qual se pretendia obter um espaço público com critérios físicos, estéticos e funcionais através de um conceito flexível, pelo qual era imprescindível deixar de lado a habitual forma ortogonal de placas padrão e marcar de alguma forma, no pavimento, adaptabilidade e harmonia com concreto estampado. No processo construtivo, foi combinado um sistema de impermeabilização na placa e a construção de um pavimento rígido que atende uns requerimentos mecânicos. O projeto que se apresenta como estudo de caso teve início no 06 de agosto de 2019 e ainda não foi concluído porque ao final da intervenção, meses depois, foram detectados vazamentos que estão em processo de revisão e monitoramento.

3.2.2 falhas apresentadas e diagnóstico

A edificação onde está localizada a cobertura, que é o caso de estudo, tem aproximadamente 30 anos. Foi encontrado um estudo de manifestações patológicas e estabilidade estrutural realizado em 2012 e um estudo dos solos do imóvel. Tem como resultado do estudo que o concreto apresenta fissuras e carbonatação devido a vazamentos na placa enão se observa nenhum trabalho de vulnerabilidade sísmica. Observa-se que o profissional responsável pelo estudo era um Engenheiro Civil Especialista em Estruturas.

O estudo de solo realizado em 2017 apresenta um perfil estratigráfico do solo com preenchimento de camada fina, camadas de silte e argila com alto teor de umidade. O responsável pelo estudo afirma que a massa de solo que é perimetral ao muro de contenção apresenta escoamento, causando deformações que, até o momento da realização do estudo, são funcionais e a estrutura ainda não está comprometida. Sugere-se reforçar a estrutura com estacas de concreto para que não continuem a apresentando assentamentos, toda vez que houver mudanças climáticas nas argilas expansivas. Observa-se que o profissional responsável pelo estudo foi um Engenheiro Civil-Especialista em Engenharia de Pavimentos.

No processo de orçamentação do projeto, em 2019, o autor realizou algumas inspecções no local onde preparou um resumo das falhas que podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2- Lista resumida de falhas de cobertura plana para tráfego de veículos

Família de falhas	Codificação	Lesão	Descrição
Mecânicas	LM1	Rachaduras e fissuras	São rupturas que aparecem no concreto como resultado de tensões maiores que sua capacidade resistente
	LM2	Deformações	Alteração mecânica do elemento devido a requerimentos externos. Isso implica perda de linearidade e verticalidade da forma regular do elemento
	LM3	Desprendimentos	Separação parcial ou total do material que constitui o elemento causado pela perda de aderência
Físicas	LF1	Umidade por filtração	Entrada e/ou presença de água através de pontos fracos de um elemento da construção, de forma generalizada.
Químicas	LQ1	Corrosão do aço de reforço	Reação eletroquímica que é gerada quando o aço é oxidado por contato direto com ar e/ou água.
	LQ2	Carbonatação do concreto	Perda de pH que acontece quando o dióxido de carbono atmosférico reage com a umidade dentro dos poros do concreto
	LQ3	Lixiviação do concreto	Processo pelo qual a água, penetrando no concreto, dissolve e extrai hidróxido de cálcio e aumenta a porosidade
Antropogênicas	LA1	Carência de manutenção	Há envelhecimento da cobertura e obsolescência de seus elementos por não ter um programa de manutenção
	LA2	Erros no projetamento	Não foi revisado o comportamento funcional e a materialidade do elemento que deve ter diante a solicitação do serviço

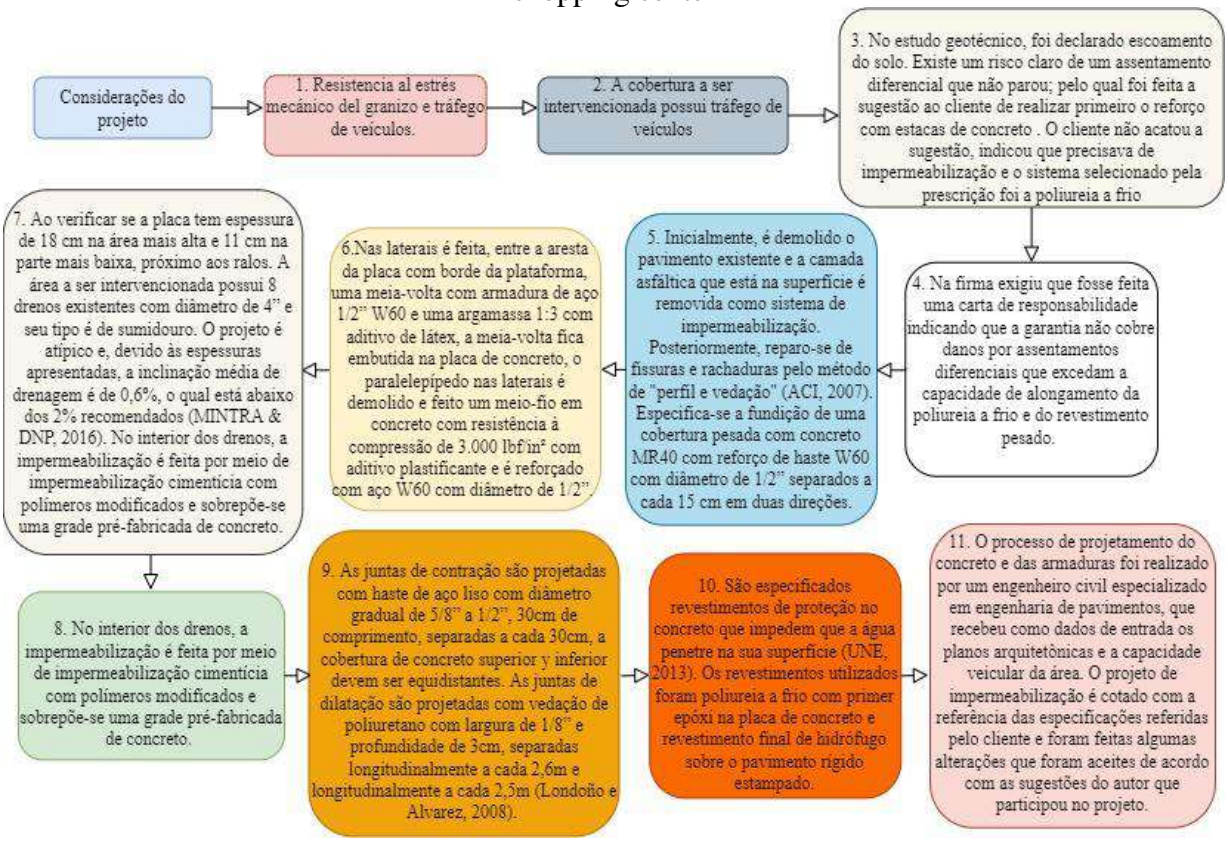
	LA3	Erros de processo construtivo	Não são seguidas especificações técnicas e é construido o elemento de tal forma que sua morfologia e funcionalidade não são adequadas

Fonte: Ilustração própria.

3.2.3 Considerações do projeto

A considerações do projeto realizado está resumida no fluxograma da figura 3.

Figura 3- Fluxograma do considerações do projeto de impermeabilização da cobertura de um shopping center

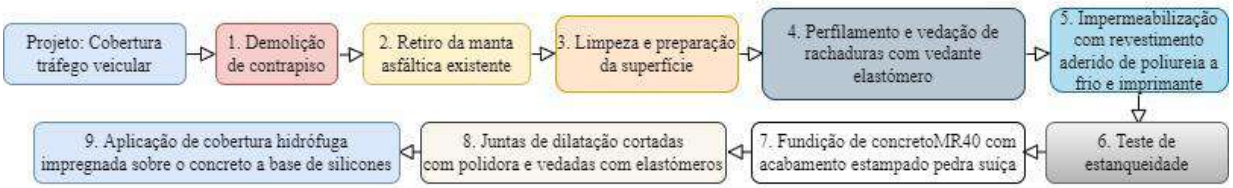


Fonte: Ilustração própria.

3.2.4 Descrição do processo de construção

A realização do processo de construção realizado está resumida no fluxograma da figura 4.

Figura 4- Fluxograma do processo de construção do projeto de impermeabilização de cobertura plano para tráfego veicular



Fonte: Ilustração própria.

3.2.5 Critérios de aceitação

A partir dos critérios de aceitação aplicados, obtiveram-se os seguintes resultados:

- **Fluidez do concreto:** O assentamento solicitado pela direção da obra à empresa de concreto é de 4"+/-1" porque precisa ser um concreto bombeável. Na obra, em duas ocasiões, foram devolvidos dois caminhões misturadores por ultrapassarem as tolerâncias estabelecidas.
- **Resistência à compressão:** A resistência à compressão média é de 39,78 MPa. O concreto, ao aumentar sua resistência, diminui sua permeabilidade e é mais durável.
  Resistência à tracção: A resistência à flexão média é de 4,16 MPa e atende aos critérios de aceitação do realizador do projeto.
- **Inspeção qualitativa de detalhes:** São vedadas duas rachaduras que foram abertas. Na junta de dilatação adjacente à saliência pompeiana, é removido o material de vedação de poliuretano e é feita novamente a vedação de poliuretano.
- **Teste de estanqueidad:** É realizado um teste de estaqueidade com um filme de água de 5cm de espessura na cobertura. Para o teste, os drenos são vedados com polietileno para evitar que a água escoe. Foram realizados 3 testes de estanqueidade, um para cada etapa de intervenção e em todos eles o filme de água é mantido por 24 horas e não se observam vazamentos nos testes realizados.
- **Controle do recipiente e data de embalagem:** É realizado o controle dos recipientes e na recepção observa-se que os recipientes tenham o anel de vedação. São verificadas as datas de validade de todos os recipientes de poliureia a frio.

4. TRIANGULAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Checklist

Foram feitas as checklists e apresentou-se um relatório com observações, sendo os destaques os seguintes:

- Para a cobertura plana não transitável dentro de um shopping center, foi feta uma mistura no local de argamassa e depois um vibro-compactado. Foram utilizados mestres de nivelamento, foram verificados os níveis com mangueira transparente e foram levantados os fios de referência. No entanto, só foi atendida apenas 95% da resistência à compressão esperada do concreto. A mistura de concreto foi preparada na obra com dados históricos e não foi feito previamente um projeto da mistura da mistura com as amostras dos materiais que seriam utilizados na fundição.
- Na cobertura plana para tráfego de veículos, não foram verificados os movimentos da estrutura e os assentamentos previamente na etapa de projeto, também foi selecionado um sistema de impermeabilização aderido (Chinome e Ríos, 2021).

4.2. Entrevistas e procedimento de codificação

São realizadas entrevistas com os diferentes profissionais que participaram dos estudos de caso. Cada entrevista foi realizada de formal presencial e com cada participante separadamente. É importante destacar que as respostas dos participantes foram expressas pela sua percepção do fenômeno.

As categorias das amostras são definidas por meio do método de codificação aberta, onde as categorias são saturadas de acordo com temas em comum e palavras-chave. Posteriormente, é realizada a codificação axial, revisando semelhanças e diferenças entre as categorias a fim de reduzir as categorias e deixar as mais relevantes. Finalmente, é realizada a codificação seletiva onde são relacionados com o tema central da pesquisa (Monge, 2015; Hernández e Mendoza, 2018). A codificação feita às respostas das entrevistas é apresentada em diferentes tabelas para facilitar sua visualização. O tema central resultante da codificação seletiva pode ser visto na tabela 3.

Tabela 3- Tema central resultante de la codificación selectiva

Categoria	Código	Tema central	Conjectura inicial
Projetar, especificar, executar, controlar, avaliar e manter projetos de impermeabilização com a integração de diferentes profissionais	DECP	Processo construtivo inovador para projeto, especificação, execução, controle, avaliação e manutenção de coberturas de concreto armado, onde seja reduzida a permeabilidade do concreto e seja aplicado um revestimento impermeável para reduzir os riscos gerados por imprevistos e condições ambientais	Realização de um processo construtivo de impermeabilização no que se tenha conhecimento técnico das tecnologias, orientado a ter maior controle em todas as etapas por parte dos envolvidos no projeto, que foque na redução da permeabilidade do concreto e a garantia da estanqueidade do revestimento impermeável do mesmo, reduzirá o risco de ocorrência de umidade devido a vazamentos nas coberturas de concreto armado.
Riscos gerados por imprevistos e condições ambientais	RIMA		
Inovação na impermeabilização de coberturas de concreto armado: redução da permeabilidade com aditivos ou material cimentício complementar e revestimento impermeável	ICRR		
Processos construtivos de fundição de concreto e impermeabilização	PCCI		

Fonte: Ilustração própria.

4.3. Discussão

Os estudos de caso apresentados são projetos de construção que foram estudados com observação de campo para identificar as coincidências e diferenças existentes em relação ao planejado teoricamente no modelo. As entrevistas foram realizadas aos profissionais que participaram para obter um tema central que permita compreender o paradigma do estudo.

Ressalta-se que houve um importante grau de coincidência entre o que foi colocado no modelo e os estudos de caso. No entanto, no estudo de caso de impermeabilização de cobertura plana para tráfego veicular, não foi seguida a previsão de revisar os assentamentos diferenciais que sofre a estrutura e foi selecionado um sistema de impermeabilização de poliureia a frio, o qual é aderido. Os sistemas aderidos replicam que na sua superfície são geradas falhas mecânicas de rachaduras e

fissuras produzidas pelos movimentos da estrutura. Deve-se notar que foram gerados vazamentos após os testes de estanqueidade realizados.

O modelo na sua concepção foi baseado na combinação do pensamento sistêmico prescritivo da engenharia civil e da pesquisa projetual de arquitetura que permite, em alguns casos, aos profissionais da construção desenvolver detalhes construtivos para solucionar problemas de um projeto de construção em específico.

No estudo de caso da impermeabilização de uma cobertura plana não transitável dentro de um shopping, apresentou-se a singularidade de que a impermeabilização seria de forma pontual e não para toda a superfície da cobertura. Foram intervencionados 500 m^2 localizados no centro da cobertura e, para evitar vazamentos laterais, o especificador desenvolveu um detalhe de meio-fio de confinamento com redução da permeabilidade do concreto com plastificante e revestimento cimentício semiflexível.

No estudo de caso de impermeabilização de coberturas para tráfego de veículos, o projetista do pavimento rígido não conseguiu gerar espessuras de 15 cm e declividades de 2% conforme estabelecido pela regulamentação. Para evitar que o pavimento se deteriorasse por sobrecargas que excedam sua resistência e a geração de poços d'água, foi desenvolvido um projeto de estrutura atípica com diferentes espessuras e armaduras de aço, a fim de encontrar um ponto de equilíbrio e atender a ambos os critérios.

O tema central resultante do processo de codificação permitiu verificar a conjectura inicial: Realizar um processo construtivo de impermeabilização em que se tenha conhecimento técnico das tecnologias, direcionado a ter um maior controle em todas as suas etapas por parte dos envolvidos no projeto, que se foque em reduzir a permeabilidade do concreto e garantir a estanquidade do seu revestimento impermeável, reduzirá o risco de ocorrência de umidade devido a vazamentos nas coberturas de concreto armado.

5. CONCLUSÕES

- Os estudos de caso na academia são orientados como principal objetivo da pesquisa para a produção de novo conhecimento. Com a pesquisa verifica-se que os estudos de caso são válidos para contrastar o que é exposto no modelo teórico e na verificação da conjectura inicial.
- Levar a pesquisa do laboratório para o campo profissional é uma estratégia que é muito importante de implementar na pesquisa porque permitirá rever a pertinência e a lógica dos postulados teóricos na prática.
- No geral, o modelo proposto é de grande pertinência para a sociedade, porque permitirá otimizar o processo de impermeabilização de coberturas de concreto armado.

6. AGRADECIMENTOS

À firma ACOMEQ Ingeniería SAS por permitir o uso de informações dos projetos de impermeabilização em que um dos autores participou como líder de projeto, os quais foram de grande utilidade para a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ACI. (2007). **ACI 224.1R-07: Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures.** Estados Unidos.

Chinome, C. & Ríos-Fresneda, C. (2021). **Modelo para especificar, ejecutar y controlar la impermeabilización de cubiertas planas en concreto reforzado construidas en la ciudad de Bogotá.** Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de patología de la construcción y el XVIII de control de calidad en la construcción CONPAT Brasil 2021, 133-149. DOI: https://doi.org/10.4322/conpat2021.496

Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). **Metodología para la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.** (7ma Ed). Mc Graw Hill (original publicado en 1991).

Londoño, C., & Alvarez, J. (2008). **Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.** ICPC,1-114. https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file

Martínez, P. (2013). **El proyecto arquitectónico como un problema de investigación. Revista de Arquitectura,** 15, 54-61. https://doi.org/10.14718/RevArq.2013.15.1.6

MINTRA & DNP. (2016). **Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito.** Mintra, 3, 1–34. https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/pavimento/PTpavimento.pdf

Monge, V. (2015). **La codificación en el método de investigación de la Grounded Theory o Teoría Fundamentada. Innovaciones Educativas**, 17(22), 77–84. https://doi.org/10.22458/ie.v17i22.1100

Ñaupas, H., Paitán, M., Valdivia, R., Palacios, J. & Romero, H. (2018). **Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis.** (5ta Ed). Ediciones de la U.

UNE, (2013). **UNE-EN 1504-2:2005: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón**. UNE-EN 1504-2:2005. España.

Yin, R. (1994). **Investigación sobre Estudios de Casos. Diseño y Métodos.** Applied Social Research Methods Series. (2da Ed). SAGE Publications. https://panel.inkuba.com/sites/2/archivos/YIN%20ROBERT%20.pdf