

IMPERMEABILIZAÇÕES DE PISCINAS EM COBERTURA – ESTUDO DE CASO

João Vitor Vieira Silva

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (joavitor0406@hotmail.com)

Joaquim Pereira dos Santos Neto

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (joaquimfsa1@hotmail.com)

Natália Yumi Sakamoto Kashiagura

Bacharelada do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (nataliayumi.sk@gmail.com)

Ana Lúcia Carrijo Adorno

Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (ana.carrijo@unievangelica.edu.br)

RESUMO

A impermeabilização é um aspecto crítico na construção civil, essencial para prevenir infiltrações que podem causar patologias significativas à estrutura. O presente estudo tem como objetivo detalhar o processo de impermeabilização de piscinas em coberturas, utilizando como estudo de caso a obra Terrazo JK, um empreendimento residencial de quatorze pavimentos localizado em Anápolis-GO. O método empregado na impermeabilização da piscina do estudo de caso envolveu a aplicação de manta asfáltica de dupla camada de quatro milímetros, além de argamassa polimérica, tanto rígida quanto flexível. A pesquisa acompanhou todas as etapas do processo de impermeabilização, desde a preparação da base, passando pela aplicação dos materiais, até os testes de estanqueidade. Durante a execução, foram identificados desafios, incluindo vazamentos que exigiram retrabalho e ajustes na aplicação dos materiais. Os testes de estanqueidade realizados após cada etapa de aplicação confirmaram a eficácia do processo, embora o retrabalho tenha sido necessário para garantir a completa impermeabilidade da estrutura. Os resultados do estudo demonstram que a impermeabilização adequada é essencial para a manutenção da integridade estrutural e funcionalidade das construções. A pesquisa enfatiza a necessidade de um projeto de impermeabilização bem elaborado, que siga rigorosamente as normas técnicas e utilize materiais de qualidade. Além disso, a execução deve ser realizada por uma equipe qualificada e supervisionada de perto para garantir que todas as etapas sejam cumpridas corretamente. Conclui-se que, apesar dos desafios encontrados, o uso de manta asfáltica e argamassa polimérica mostrou-se eficaz na impermeabilização de piscinas em coberturas, oferecendo uma solução durável e confiável para evitar infiltrações e suas consequências negativas na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: impermeabilização; piscina, manta asfáltica, argamassa polimérica.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil tem como objetivo a idealização, concepção, planejamento, acompanhamento e avaliação de construções, que devem promover o bem-estar e segurança do usuário que nela irá habitar, além de se responsabilizar pela vida útil da construção, que vai depender de vários fatores construtivos, onde um deles é o sistema de impermeabilização.

Desde que o homem habita a terra, a movimentação e os aglomerados humanos tinham como origem suas necessidades e disponibilidades dos locais em atendê-las. A partir do momento que o homem habitava nas cavernas, a umidade já era um problema, pois a água entrava nas cavernas e deixava o lugar insalubre, com isso o ser humano começou a se preocupar e tentar combater a entrada da água em ambientes, inicialmente com barreiras físicas, que impediam a passagem ou dava outro destino para ela (Navarro, 2006).

Com o passar dos anos, a necessidade de combater a umidade nos ambientes foi se tornando cada vez maior, a água virou um problema que incomodava a todos, surgindo estudos, normas, materiais e projetos para combater a umidade nos ambientes, sendo dividida de acordo com os tipos de materiais.

A impermeabilização é dividida em rígida e flexível, onde a rígida é realizada com materiais que apresentam baixa porosidade e grande estanqueidade, já a flexível é composta por materiais que proporcionam alta resistência a movimentações estruturais e vibrações (Queveks, 2021).

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2021) “a exposição à água de chuva, à umidade proveniente do solo e aquela proveniente do uso da edificação habitacional devem ser consideradas em projetos, pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração e acarreta a perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído”.

O sistema de impermeabilização é definido a partir do método e material que melhor se adequa à exposição de água daquele ambiente. O grande desafio da impermeabilização está na escolha do método, material, técnica e execução correta, com o intuito de manter a estanqueidade, evitar salubridade do ambiente, do conforto e segurança do local e também assegurar a proteção e durabilidade da estrutura.

É de responsabilidade do profissional de engenharia elaborar um projeto de impermeabilização, seguindo a NBR 9575 (ABNT, 2010), que estabelece os requisitos mínimos e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, além de supervisionar e coordenar para que a execução siga os padrões estabelecidos pela NBR 9574 (ABNT, 2008), que estabelece as exigências e recomendações relativas à execução de impermeabilização, para que sejam atendidas as condições mínimas de proteção da construção contra a passagem de fluidos e também seguir as diversas normas específicas para cada tipo de impermeabilização.

O local mais desafiador e complexo para a impermeabilização é em piscinas, devido a sua constante presença de água, sol e produtos químicos. As piscinas em residências, além de promover o lazer de quem nela habita valorizam o imóvel e para garantir sua durabilidade, funcionalidade, estética e resistência é fundamental utilizar materiais adequados em sua construção e manutenção. Durante a análise dos materiais e do mercado da construção de piscinas, os materiais mais utilizados na impermeabilização são as mantas asfálticas e a argamassa polimérica.

Portanto, o objetivo deste estudo é observar os processos de impermeabilização em uma piscina localizada na cobertura de uma obra vertical, desde a escolha do material a ser utilizado na etapa de projetos, até a aplicação e o desenvolvimento das três etapas da execução que contemplam a impermeabilização da laje, impermeabilização da estrutura de concreto da piscina com manta asfáltica, e impermeabilização com argamassa

polimérica; destacando a importância do acompanhamento da execução, do comportamento dos materiais utilizados na execução e dos detalhes construtivos. Além disso, objetiva-se ressaltar a importância do teste de estanqueidade para encontrar possíveis falhas na impermeabilização, e com isso poder descrever as problemáticas, oportunidades de melhorias e demais informações relevantes encontradas durante o processo.

2 IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA ASFÁLTICA

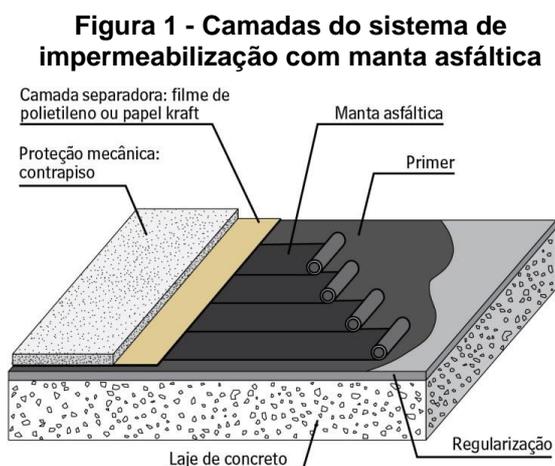
As mantas asfálticas é um tipo de impermeabilização flexível, pré-fabricadas, compostas à base de asfaltos modificados com polímeros, armados com estruturantes especiais e o seu desempenho depende da composição desses dois componentes (Right, 2009).

Segundo Moraes (2002), a impermeabilização flexível é indicada para estruturas sujeitas a variações térmicas, forte exposição solar, exposição a grandes vibrações, cargas dinâmicas e recalques. A utilização do método de impermeabilização com manta asfáltica é indicada para várias situações e é amplamente utilizado em locais como lajes, telhados, terraços e piscinas.

A norma vigente NBR 9952 (ABNT, 2014), que fala sobre manta asfáltica para impermeabilização, classifica as mantas asfálticas em tipos I, II, III e IV. São classificadas de acordo parâmetros como a espessura, resistência à tração, resistência ao alongamento e resistência ao impacto.

Um dos principais pontos positivos da manta asfáltica dá-se pela sua flexibilidade, possuindo um determinado nível de elasticidade, que permite que esse sistema absorva até um certo nível de movimentação, que permite que esse sistema absorva e suporte movimentações, possuindo alta resistência às fissurações. Outro ponto positivo é que pelo fato de ser pré-fabricada, garante a espessura da camada de impermeabilização, desta forma, eliminando a necessidade de uma fiscalização rigorosa quanto ao número de demãos aplicadas por quem executa, como ocorre em sistemas moldados in loco, por exemplo (Butzke, 2020).

A aplicação da impermeabilização com manta asfáltica segue as diretrizes estabelecidas pela NBR 9574 (ABNT, 2008) e envolve as seguintes fases: preparação da base, imprimação, aplicação da impermeabilização, teste de estanqueidade, aplicação de camada separadora e, por último, a adição de proteção mecânica, como mostrado na Figura 1.



Fonte: HL2ENGENHARIA, 2023.

Na preparação da base, o primeiro passo é aplicar a camada regularizadora no local onde a manta será instalada e esta camada tem a função de regularizar o substrato a ser impermeabilizado, de maneira a proporcionar uma superfície uniforme, assim como há a necessidade de garantir que o caimento ocorra de forma adequada e funcional para os ralos.

Os caimentos são necessários para que haja funcionamento correto do sistema, direcionando a água para os ralos e evitando a acumulação de água sob o revestimento, portanto, essa etapa garante a integridade da base de assentamento da manta, para perfeita aderência da camada impermeabilizante e correto fluxo de água (Soares, 2014).

Picchi (1986) descreveu que para evitar empoçamentos no substrato a ser impermeabilizado, este deverá possuir um caimento mínimo de 1%, arestas e um diâmetro de 8 cm nos cantos arredondados. Dessa forma evita-se falhas no encontro entre os planos verticais e horizontais na impermeabilização, porém, na etapa de concretagem, dificilmente esses serviços de preparação para a impermeabilização são realizados. Para que tais detalhamentos sejam executados, faz-se necessário considerar no projeto uma camada monolítica de argamassa composta por cimento e areia, com traço em volume de 1:3 e espessura de no mínimo 2 cm, além da necessidade de realizar uma lavagem enérgica e retirar incrustações desse substrato, com o objetivo de evitar o excesso de peso na estrutura.

Ao término desses serviços é necessário iniciar o processo de limpeza da área, que posteriormente será impermeabilizada, atentando-se para a retirada dos excessos de argamassa ou qualquer outro produto, que possam vir a causar desníveis na estrutura ou qualquer outra alteração que seja.

Depois que a camada de regularização da superfície estiver completamente seca, o próximo passo é realizar a imprimação da área. Para isso, é preciso aplicar uma demão de primer de forma homogênea, utilizando um rolo de lã de carneiro, trincha ou brocha em toda a superfície a ser impermeabilizada e aguardar sua total secagem. A superfície deve estar limpa, lisa, seca e isenta de poeira, graxa, óleos ou qualquer tipo de material que possa prejudicar a aderência do material e estar livre de qualquer irregularidade (Yazigi, 2013).

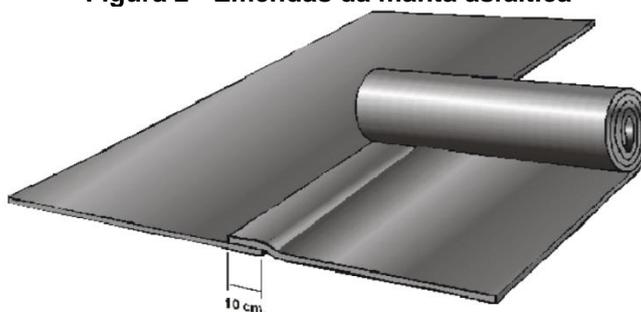
A imprimação garante uma boa aderência entre a manta e o substrato, evitando, assim, bolhas ou outros problemas que possam comprometer a impermeabilização. Algumas das funções e importância da imprimação incluem a selagem, ajudando a selar poros e imperfeições na superfície e estabilização da superfície, criando um substrato mais uniforme e consistente para a aplicação da manta asfáltica (Salgado; Sales, 2013).

A próxima etapa é a aplicação da manta, que pode variar de acordo com o tipo da manta e o ambiente que será aplicada. Segundo a NBR 9574 (ABNT, 2008) ela pode ser aplicada com chama de maçarico a gás liquefeito de petróleo (GPL), aplicada com asfalto quente. Na execução, deve-se desenrolar as bobinas, alinhando-as e depois rebobinando-as novamente sobre o substrato a ser impermeabilizado.

As emendas são consideradas os principais pontos críticos da impermeabilização com mantas asfálticas e por isso deve-se fazer sobreposições, que segundo a NBR 9574 (ABNT, 2008) deverão ser de no mínimo 10 cm (Figura 2), para todas as formas de aplicação.

Acima da manta asfáltica, posiciona-se a camada separadora, cuja finalidade é evitar a aderência entre a manta e a argamassa da proteção mecânica, que será aplicada posteriormente. Sua presença é de extrema importância, pois evitará o surgimento de fissuras excessivas no revestimento argamassado de proteção, devido aos movimentos da manta, além disso, ela facilitará a manutenção, caso seja necessária no futuro. Os materiais recomendados para essa camada incluem filme plástico, lona ou outros materiais equivalentes (Yazigi, 2013).

Figura 2 - Emendas da manta asfáltica



Fonte: Viapol, 2012.

Conforme definido pela NBR 9575 (ABNT, 2010), a proteção mecânica é a camada responsável por absorver e dispersar os esforços estáticos ou dinâmicos que atuam sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria destes esforços.

Segundo Yagazi (2006) a proteção mecânica deve ser realizada utilizando um traço forte com areia e cimento com proporção de 1:4 e 1:5, espessura mínima de 4 cm, juntas de 1 a 1,5 cm preenchidas com mástiques e caimento de 1% no sentido de escoamento da água. A camada deve incorporar a armadura metálica quando aplicada sobre a camada de isolamento térmico ou quando sujeitas a maiores esforços.

3 IMPERMEABILIZAÇÃO COM ARGAMASSA POLIMÉRICA

Silveira (2001) descreve a argamassa polimérica como um produto composto basicamente por látex de polímeros e cimentos especiais, que forma uma excelente película protetora impermeável contrapressão d'água, tanto positiva, quanto negativa, devido sua alta capacidade de aderir ao substrato. O cimento presente na argamassa é modificado a partir da agregação de substâncias como: bicomponentes, aditivos, minerais e diversos tipos de polímeros.

Há duas maneiras de aplicação da argamassa, segundo Sayegh (2001), como demonstrado nas Figuras 3 e 4, e ambas garantem não somente resistência à água, mas também às movimentações pequenas das estruturas. Uma das maneiras de aplicar seria de modo similar a uma pintura na superfície da construção e a outra forma de aplicação seria como revestimento final, o que exigiria alteração na preparação do produto para uma argamassa mais espessa, ou seja, requer uma redução da quantidade de água na mistura.

Figura 3 - Aplicação de argamassa polimérica na forma de pintura



Fonte: Sayegh, 2001.

Figura 4 - Aplicação de argamassa polimérica na forma de revestimento



Fonte: Sayegh, 2001.

Ainda em relação à aplicação, esta pode ocorrer sobre o substrato úmido de três tipos de superfícies, sendo elas de alvenaria, concreto ou argamassa, o que garante maior uniformidade e selamento, resultando no menor consumo de tinta. Além disso, o produto

permite mais de uma demão, desde que aguarde a secagem completa e aplique uma tela industrial de poliéster, em sentido cruzado em relação à demão anterior. Vale ressaltar que após o processo de aplicação, a argamassa exige a cura úmida por três dias subsequentes (VIAPOL, 2008).

4 IMPERMEABILIZAÇÃO COM POLIUREIA

Segundo a Polyurea Development Association (2016), a poliureia é basicamente composta pela reação química de polisocianato e resinas terminadas em amina e esta é utilizada na construção civil com a finalidade de impermeabilização (Vasconcelos *et al.*, 2012). Sua aplicação pela pistola de projeção (Figura 5) e máquina (Figura 6), se dá por meio de um sistema denominado termoprojeção ou “hot spray”, sob alta pressão e em temperatura aproximada de 70°C (Salomão, 2016).

Figura 5 - Pistola de aplicação da poliureia



Fonte: Salomão, 2016.

Figura 6 - Máquina de aplicação



Fonte: Salomão, 2016.

A impermeabilização realizada com um produto de poliureia é flexível, a qual pode alongar até cinco vezes, é aplicável em espessuras iguais ou superiores a 500 μm , não existe a presença de emendas na superfície aplicada e possui cura total de 24 horas, porém, para tráfego de pedestres, possui um tempo que vai desde 3 segundos até 30 minutos. A poliureia, devido sua alta resistência a abrasão e química, não necessita de proteção mecânica e é possível incorporar pigmentos ao revestimento, conferindo a ele a característica de personalização das cores (Salomão, 2016).

O preparo do substrato, que irá ser impermeabilizado, em hipótese alguma deverá estar com resquício de material desagregado, graxa, óleos, poeira, rachaduras, irregularidades na superfície e buracos, bem como não poderá ser aplicado em superfícies úmidas, molhadas, com presença de geada, visto que a umidade da superfície obrigatoriamente deverá ser inferior a 4% e a temperatura não poderá ser superior a 3° C em relação a temperatura do ponto de orvalho, a menos que o fabricante do produto permita (Salomão, 2016).

5 PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Da mesma forma que a fundação, estrutura, instalações e cobertura possuem seus

respectivos projetos, a impermeabilização também deve ter seu projeto específico separado, especificando cada material e a forma que o mesmo deve ser executado.

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), o projeto executivo de impermeabilização deve conter:

- Plantas de localização e identificação das impermeabilizações, bem como dos locais de detalhamento construtivo;
- Detalhes específicos e genéricos, que descrevem graficamente todas as soluções de impermeabilização;
- Detalhes construtivos que descrevem graficamente as soluções adotadas no projeto de arquitetura;
- Memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização;
- Memorial descritivo de procedimentos de execução;
- Planilha de quantitativos de materiais e serviços.

Segundo Ischakewitsch (1996), a participação do projetista de impermeabilização deve ocorrer junto ao arquiteto, sendo que alguns conceitos básicos no projeto podem e devem ser adotados, logo no início do primeiro estudo. Quando ocorre o compartilhamento de informações entre os projetistas na fase inicial da elaboração dos projetos, ambos trabalhando na compatibilização inicial e verificando quais locais que possuem maior necessidade de atenção no momento da impermeabilização, corroboram para a redução dos riscos de acontecer algum imprevisto, o que garante maior segurança, qualidade e economia para aquela construção.

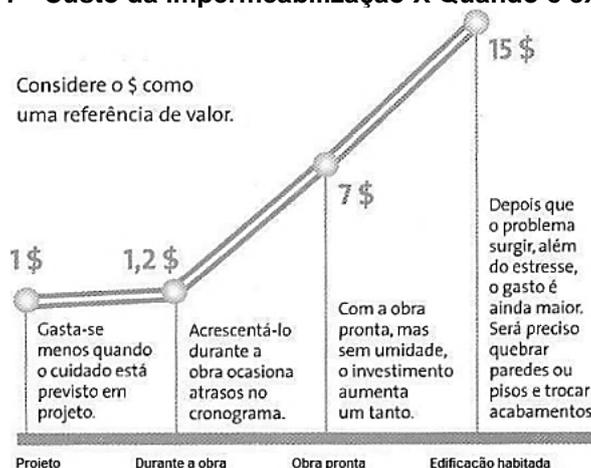
Alguns pontos são cruciais na análise para elaboração de projeto: tipo de estrutura, qualidade estrutural da base, direção da pressão da água, deformação da estrutura, juntas de concretagem, pontos de captação de água e compatibilização do projeto.

Antonelli *et al.* (2002) afirmam que a falta de projeto específico para impermeabilização resulta em 42% das patologias de impermeabilização, sendo significativamente importante sua influência na execução e fiscalização dos serviços de impermeabilização.

6 PATOLOGIAS

As patologias mais comuns em relação à impermeabilização são: oxidação das armaduras, mofos nas paredes infiltradas, desgaste da pintura, e diminuição da resistência da estrutura, além de impactarem diretamente no custo da obra, como mostra a Figura 7.

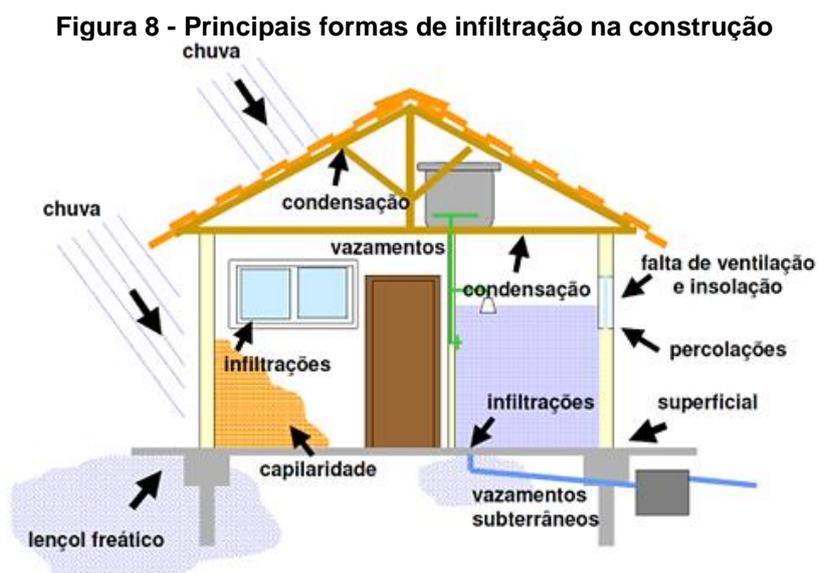
Figura 7 - Custo da impermeabilização X Quando é executado



Fonte: Arquitetura e Construção, 2005.

As causas das patologias citadas, segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), podem ser pela água de percolação, condensação, umidade do solo, e/ou pela pressão unilateral/bilateral, e podem estar relacionadas à ausência de impermeabilização da construção ou por falhas durante o processo de execução.

Cunha *et al.* (2017) destacam que a origem da infiltração pode ser unifatorial ou multifatorial, podendo advir de obras vizinhas e umidades em geral, como por exemplo da atmosfera, do solo e da própria construção, como demonstrado na Figura 8. Segundo os mesmos autores, os fatores que favorecem o surgimento da infiltração são: pressão hidrostática da água, presentes nas piscinas; percolação, onde a umidade é atraída para a estrutura, quando está em contato com a superfície e pressão inferior à 1kPa; e capilaridade, pois a porosidade do material pode inclusive adentrar a água para estrutura, cerca de 70 a 80 centímetros.



Fonte: Pozzobon (2007, *apud* Schönardier 2009).

De acordo com Pinto (2017), falhas na impermeabilização podem resultar em patologias, como a transposição da água, onde, quando o carreamento é menor causa manchas na superfície oposta e quando é em quantidades maiores, são suficientes para causar goteiras. Já o mofo, proveniente de umidade e fungos, tem como produto manchas e alteração da integridade do revestimento; e a deterioração advem da oxidação da armadura e conseqüentemente resulta em fissuras e deslocamentos, devido a presença excessiva e prolongada da água.

Muitas vezes a patologia surge devido a impermeabilização não ser considerada como um serviço especializado e uma etapa fundamental na construção, tendo a escolha errada do método e material, além de não contratar uma mão de obra especializada para a execução da etapa.

A impermeabilização realizada corretamente custa em torno de 3% do valor total da edificação, porém, se a mesma for realizada de modo indevido e vir a causar problemas após o término da obra, o custo estimado varia entre 10 a 15% do valor inicial da obra para resolver um problema que poderia ter sido evitado.

A impermeabilização não é um sistema único, visto que possui várias etapas para além desta. O piso, por exemplo, necessita do processo de impermeabilização, aplicação da argamassa e somente depois que ocorre o assentamento do revestimento, logo, em casos de infiltração, seria necessário refazer todas essas etapas para a resolução do problema, o que culmina em um valor elevado tanto de material, quanto de mão de obra especializada.

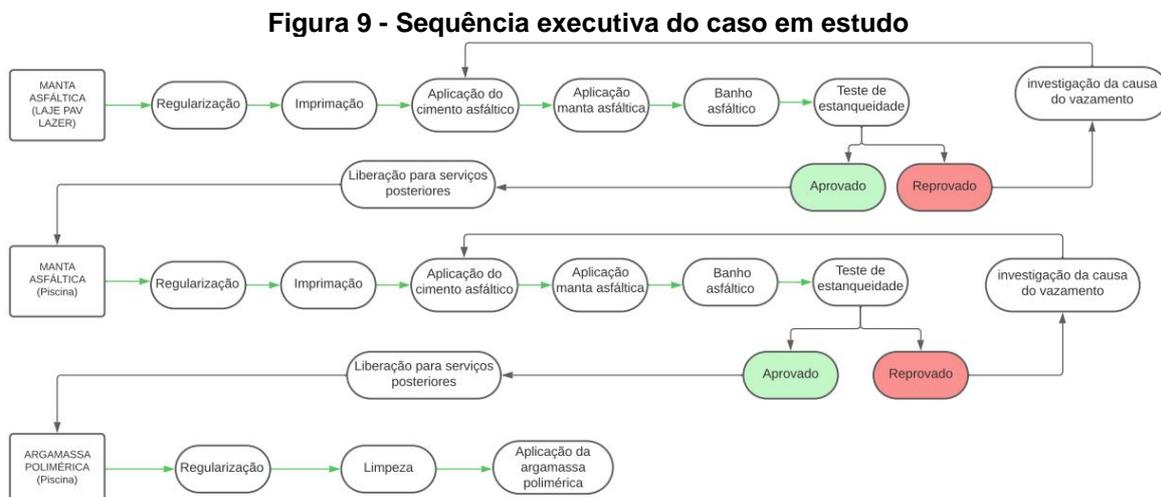
Porcello (1998) demonstrou que o custo para realizar a barreira impermeável na construção civil é em torno de 1% a 3% do valor total da obra, porém, quando os resultados não são satisfatórios, devido a falhas na realização da aplicação e conseqüentemente o surgimento de defeitos, o valor para o reparo passa a representar de 5% a 10% do custo da obra.

Cunha *et al.* (2017) afirmaram que para corrigir as patologias e os danos causados por elas, o custo médio é 15 vezes maior que o valor para a realização da impermeabilização correta.

7 ESTUDO DE CASO

Visando o melhor entendimento do processo de impermeabilização de piscinas, acompanhou-se a execução da impermeabilização da piscina na obra Terrazo JK, que foi desenvolvida em três etapas: impermeabilização da laje que irá receber a piscina, com manta asfáltica de 4 mm; a impermeabilização da estrutura de concreto da piscina, com manta asfáltica também de 4 mm e por fim, a impermeabilização com argamassa polimérica, podendo observar a aplicação de materiais flexíveis e rígidos, com o objetivo comum de vetar a possibilidade de infiltrações indesejadas.

Para melhor compreensão do processo de impermeabilização da piscina do estudo de caso, na Figura 9 está apresentada a seqüência da execução.



Fonte: Autores, 2023.

7.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A obra escolhida para efetuar o estudo foi o Terrazo JK, localizada na Rua 11, Quadra 16, Lotes 09, 10 e 11, no bairro JK Nova Capital, em Anápolis-GO. O início da construção foi em junho de 2020 e a previsão do término em dezembro de 2023.

A FC Incorporadora é a responsável pela execução do empreendimento residencial, que é composto por 50 apartamentos, distribuídos em 13 pavimentos, além do pavimento lazer, situado no décimo quarto pavimento, em altura superior a 40 metros, levando em consideração o nível da rua, onde está localizado a piscina do estudo de caso.

A Figura 10 apresenta a maquete eletrônica da piscina do estudo de caso, que possui 62,3 metros quadrados.

Figura 10 - Maquete eletrônica da piscina do estudo de caso

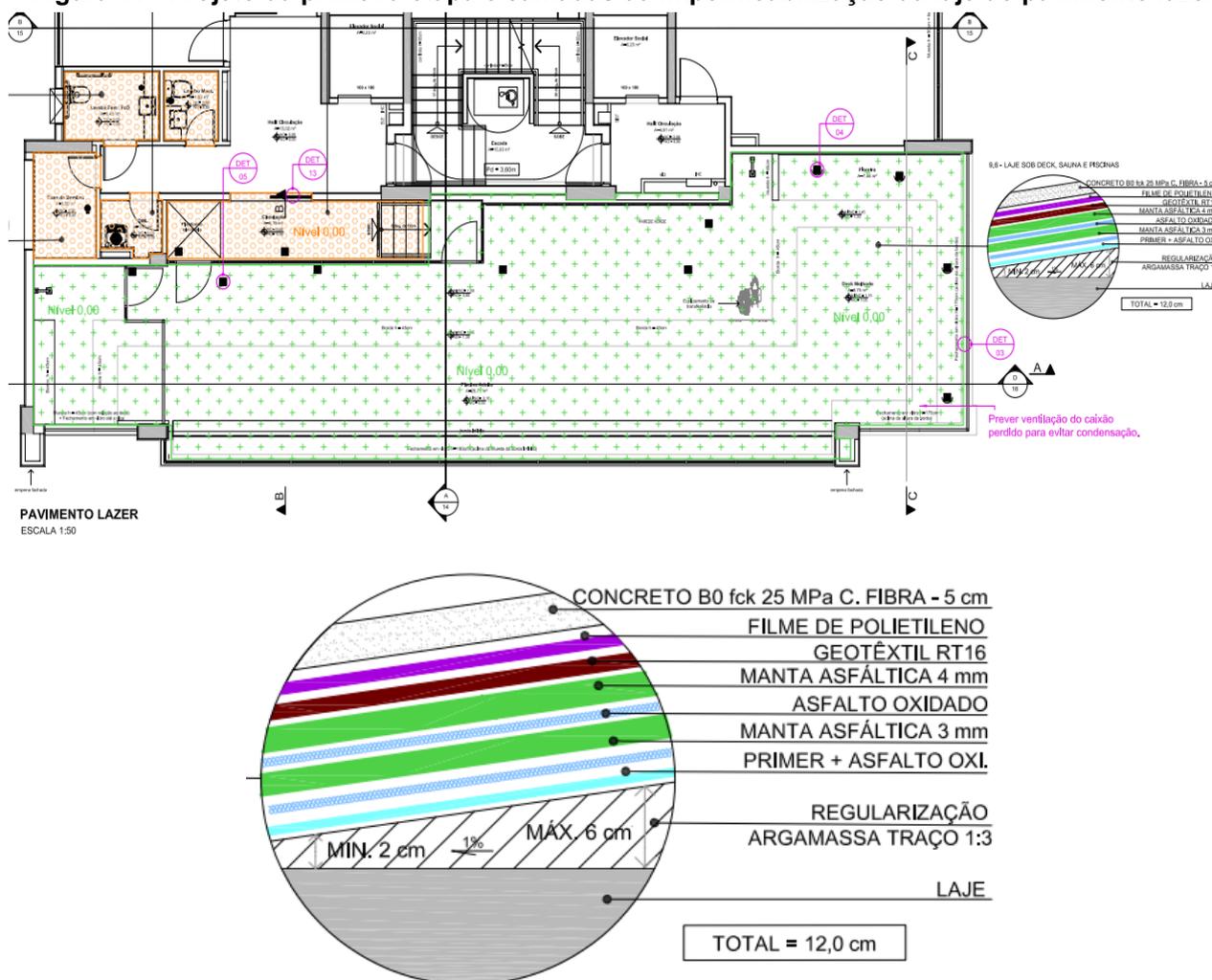


Fonte: FC Incorporadora, 2023.

7.2 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

A empresa responsável pela elaboração do projeto de impermeabilização foi a Virtus Soluções. No projeto foi previsto a execução de três etapas: impermeabilização da laje do pavimento lazer, impermeabilização da estrutura da piscina e a última etapa, a aplicação da argamassa polimérica na piscina. A Figura 11 apresenta a planta do projeto da primeira etapa e as especificações das camadas que compõem a impermeabilização da laje do pavimento lazer.

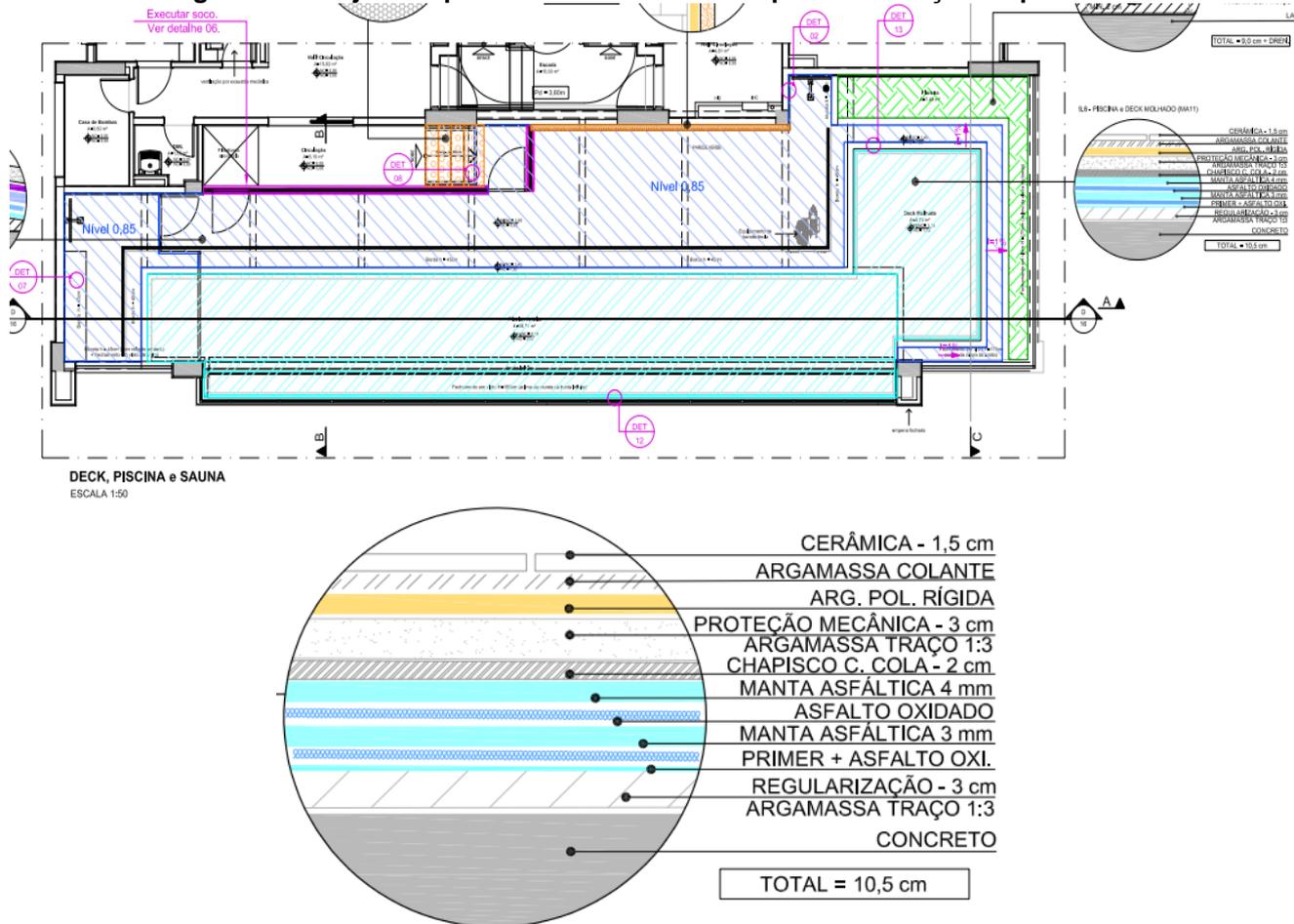
Figura 11 - Projeto da primeira etapa e camadas da impermeabilização da laje do pavimento lazer



Fonte: Projeto de impermeabilização TERRAZO JK, 2021.

A Figura 12 apresenta a planta do projeto da segunda e terceira etapas e as especificações das camadas que compõem a impermeabilização da piscina.

Figura 12 - Projeto etapas 2 e 3 e camadas da impermeabilização da piscina



Fonte: Projeto de impermeabilização TERRAZO JK, 2021.

7.3 EXECUÇÃO DA PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO: IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE DO PAVIMENTO LAZER

A primeira etapa de impermeabilização foi composta pela impermeabilização da laje do pavimento lazer, cujas camadas estão especificadas na Figura 9. Este primeiro processo tende a ser o mais importante, pois é a última barreira antes que a água percole para o pavimento inferior.

O processo de impermeabilização da laje do pavimento lazer, como visto na Figura 9, é feito em algumas etapas, sendo a primeira delas a regularização, que tem a função de preparar o local a ser impermeabilizado. Na etapa de regularização foi utilizada argamassa para contrapiso, com traço 1:3, de cimento e areia, com espessura variando de 2 cm a 6 cm, considerando 1% de queda para os ralos, conforme NBR 9575 (ABNT, 2010), para facilitar o escoamento da água que fica acima da manta.

Posterior a execução da regularização da laje, foi executada a regularização das paredes, onde foram executadas a meia cana, cavas para a virada da manta e também o boleado. A meia cana e o boleado são maneiras de retirar as angulações em 90° das estruturas e assim melhorar a aderência das mantas nas extremidades, conforme apresentado na Figura 13. As cavas feitas na parede servem para que a manta possa virar e assim a água não percolar por trás da mesma, conforme visto na Figura 14.

Figura 13 - Regularização da laje e paredes



Fonte: Autores, 2023.

Figura 14 - Cava para virada da manta



Fonte: Autores, 2023.

Feita a etapa de regularização, foi necessário aguardar que a argamassa secasse para avançar para a segunda etapa, que se trata da imprimação (aplicação do primer). Utilizou-se primer asfáltico da marca Denver, que foi aplicado com rolo lã de carneiro, com cobertura total e homogênea da base que será impermeabilizada (Figura 15). A imprimação é feita para que a manta venha aderir na peça que está sendo impermeabilizada, neste caso piso e paredes.

Figura 15 - Execução da imprimação da laje do pavimento lazer



Fonte: Autores, 2023.

Figura 16 - Ralo após a execução do acabamento



Fonte: Autores, 2023.

Após a imprimação, aplicou-se a manta asfáltica, começando pelos acabamentos dos ralos, que são um ponto crítico, junto aos acabamentos nos tubos de saída e entrada de água da piscina. Os acabamentos nos ralos são feitos com o banho de cimento asfáltico e a manta asfáltica é colada ao redor do ralo, conforme Figura 16.

Figura 17 - Aquecimento do cimento asfáltico



Fonte: Autores, 2023.

Figura 18 - Aplicação da manta asfáltica



Fonte: Autores, 2023.

Figura 19 - Execução do banho asfáltico



Fonte: Autores, 2023.

Utilizou-se manta asfáltica de 4 mm de espessura, com traspasse de 50 cm, conhecida também por manta escamada, que ao fim da aplicação fica uma camada dupla de manta. Para a aplicação deste material é necessário o uso de alguns materiais específicos, como a caldeira, para derreter as barras de cimento asfáltico, que é utilizado para colar a manta(Figura 17). Após o derretimento do cimento, este é colocado em baldes e passado no piso, para posteriormente aplicar as mantas asfálticas (Figura 18).

Após toda a área ser revestida com manta, foi dado o chamado banho asfáltico em todas os traspasses de mantas (Figura 19) e também feito os acabamentos nos locais que

foram considerados pontos de fragilidade, pontos estes que foram identificados de maneira empírica, baseando na experiência do profissional responsável pela execução da impermeabilização, para assim manter o conjunto totalmente estanque para o próxima etapa, que foi o teste de estanqueidade.

Segundo a NBR 9574 (ABNT, 2008), após a execução da impermeabilização, recomenda-se ser efetuado ensaio de estanqueidade com água limpa, com duração mínima de 72h, para verificação de falhas na execução da impermeabilização. No caso estudado, foi executado o teste conforme recomenda a norma (Figura 20) e obteve-se o resultado esperado, onde nesta primeira etapa, durante as 72 horas, foi inspecionada a laje do pavimento e não houve pontos de vazamentos.

Figura 20 - Execução do teste de estanqueidade



Fonte: Autores, 2023.

7.4 EXECUÇÃO DA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO: IMPERMEABILIZAÇÃO DA ESTRUTURA DA PISCINA

Após a primeira etapa de impermeabilização, descrita no subitem 6.3, foi liberado a execução dos serviços posteriores: execução das fôrmas, armação e concretagem da piscina. Essas etapas não serão abordadas neste trabalho, pois o foco é descrever os processos de impermeabilização.

Antes de começar a montagem das fôrmas da piscina, a manta asfáltica da primeira etapa foi protegida com EPS de 2 cm de espessura, além de uma camada de contrapiso, que foi executada com bastante atenção, para não desencadear problemas futuros (Figura 21).

A segunda etapa de impermeabilização, foi executada com manta asfáltica, assim como a primeira e o processo executivo foi bem semelhante à primeira etapa. Nesta segunda etapa foi onde obteve-se os maiores desafios executivos, com o surgimento de alguns pontos de vazamento, que serão tratados a frente.

Para iniciar a impermeabilização da estrutura da piscina, foi feito a limpeza e regularização do local a ser impermeabilizado, levando-se em consideração as prescrições da NBR 9575 (ABNT, 2010), que diz que as arestas e os cantos vivos das áreas a serem impermeabilizadas devem ser arredondados sempre que a impermeabilização assim

requerer; sendo assim, em todos os cantos vivos foram feitos o boleamento, além do tratamento dos pontos de fissuras no concreto, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 21 - Proteção da manta asfáltica com EPS



Fonte: Autores, 2023.

Figura 22 - Regularização da estrutura



Fonte: Autores, 2023.

Figura 23 - Imprimação da estrutura da piscina



Fonte: Autores, 2023.

Após a regularização, foi feita a limpeza do local, para retirada de todo excesso de argamassa e pó que estava a cima da superfície. Essa limpeza é de grande importância, tendo em vista que ela propaga uma melhor aderência do primer na superfície. Em seguida, toda a área foi imprimada, para receber a manta asfáltica (Figura 23).

O processo de impermeabilização da estrutura da piscina foi executado em 5 dias de serviço. Como a primeira etapa, utilizou-se manta asfáltica com 4 mm de espessura (Figura 24), considerando, também, traspasse de 50 cm, bem como banho asfáltico, onde obteve-se os maiores desafios executivos, devido os detalhes dos acabamentos, como por exemplo nos acabamentos das tubulações de aspiração, nivelamento dos retornos e nos encontros do traspasse da manta, lembrando que essa piscina irá comportar algo em torno de 66.000 litros de água. Por mais que o processo tenha sido visualmente executado de maneira segura e correta, por menores que foram os erros de execução, acarretaram os maiores problemas deste estudo de caso, gerando custos, retrabalho, além de atraso do cronograma de evolução física da obra.

Figura 24 - Estrutura da piscina Impermeabilizada



Fonte: Autores, 2023.

Figura 25 - Teste de estanqueidade da impermeabilização da estrutura da piscina



Fonte: Autores, 2023.

O maior problema encontrado durante o processo executivo foi no teste de estanqueidade da impermeabilização da estrutura da piscina. Esta etapa era prevista para ser executada em 3 dias, caso ocorresse tudo conforme o previsto, seria liberado os serviços posteriores, como chapisco, taliscamento e reboco da estrutura. Para o teste de estanqueidade desta etapa foi definido o preenchimento da piscina com água até o seu limite (Figura 25), então foi necessário que utilizasse cap soldável para fechar as tubulações, optando-se por utilizar no lado externo para que o acabamento das tubulações internas fossem testadas. Essa atitude foi muito importante, visto que teve-se resultados negativos para os acabamentos das tubulações.

No teste de estanqueidade constatou-se vazamentos em variados pontos, como o apresentado na Figura 26, denominado Vazamento 1, que ocorreu pelo má acabamento nas tubulações. Pode ser observado na Figura 27 o poder de percolação da água, percebendo que o vazamento ocorre a certa distância das tubulações, com a água entrando pelos pontos críticos em volta do tubo e saindo pelos pontos de fragilidade do concreto, comprovando a grande percolação. Para combater este vazamento, foi necessário abaixar o nível de água ao nível abaixo das tubulações e aguardar. Passado um dia, percebeu-se que o vazamento tinha sido estanque. Com isso, definiu-se esvaziar a piscina e refazer todos os acabamentos das tubulações, conforme Figura 27.

Figura 26 - Vazamento 1



Fonte: Autores, 2023.

Figura 27 - Locais de vazamento após manutenção



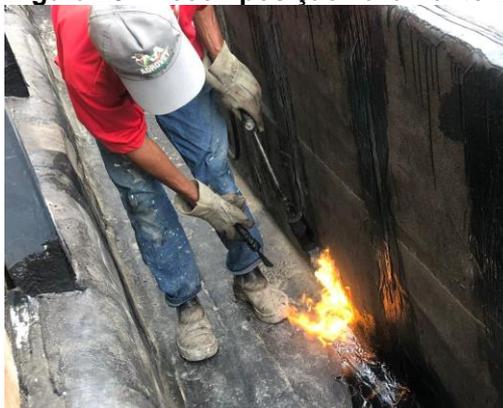
Fonte: Autores, 2023.

Figura 28 - Vazamento 2



Fonte: Autores, 2023.

Figura 29 - Recomposição vazamento 2



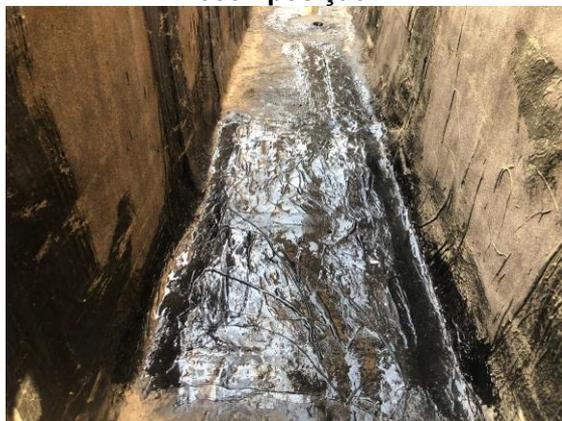
Fonte: Autores, 2023.

Após fazer manutenção dos pontos de vazamento, a piscina foi novamente inspecionada e cheia para recomençar a etapa do teste de estanqueidade, porém novamente apresentou pontos de vazamento, porém dessa vez não era visível o local de onde a água estaria vindo (Figura 28). Necessitou-se esgotar a água da piscina por mais 2 vezes, na

primeira decidiu-se esgotar o colcho de transbordamento da água e assim foi possível observar uma bolha de água abaixo da manta. Então refez-se o trecho e colocou-se água novamente. Importante citar que nessa manutenção foi utilizado o maçarico para execução da manta (Figura 29), pois se tratava de uma pequena quantidade de cimento asfáltico que seria utilizado, sendo assim, não houve necessidade de utilizar a caldeira.

A Figura 30 apresenta imagem do local do Vazamento 2 após o reparo.

Figura 30 - Local do vazamento 2 após recomposição



Fonte: Autores, 2023.

Figura 31 - Vazamentos após o terceiro teste de estanqueidade



Fonte: Autores, 2023.

Figura 32 - Piscina após banho asfáltico



Fonte: Autores, 2023.

Feito esse procedimento, chegou-se num resultado não esperado, o vazamento perdurava (Figura 31), então efetuou-se o esgotamento pela terceira vez, chegando a 15 dias de serviço e algo aproximado a 140.000 litros de água, pois a segunda vez só foi retirado a água do colcho. Quando esgotada a água pela terceira vez, descobriu-se dois pontos de fragilidade, por menores que fosse, ainda assim acreditou-se que aquele era o problema, e então optou-se por dar mais um banho de asfalto em todas as emendas, para que assim acabasse com o vazamento (Figura 32).

Após o novo banho asfáltico, foi feito o teste de estanqueidade pela última vez e a piscina foi aprovada no teste.

7.5 EXECUÇÃO DA TERCEIRA ETAPA DO PROJETO: APLICAÇÃO DA ARGAMASSA POLIMÉRICA

Após finalizada a segunda etapa de impermeabilização, a piscina foi liberada para os serviços posteriores: taliscamento, chapisco, reboco, dentre outros.

A finalização da impermeabilização da piscina ocorre com a aplicação de argamassa polimérica, que é um material cimentício. Foram utilizadas dois tipos de argamassa, sendo primeiro executada três demãos da argamassa polimérica VIAPOL Viaplus 1000 (revestimento impermeabilizante semi-flexível) e mais duas demãos da argamassa polimérica VIAPOL Viaplus 5000 (revestimento impermeabilizante flexível).

A aplicação da argamassa polimérica, comparada com a aplicação da manta asfáltica, é um processo bem mais prático e rápido de execução, visto que é um material fácil de preparar e de aplicar. Primeiramente foi executado a regularização da base, lembrando que agora a superfície já foi rebocada, então essa etapa tende a ser mais rápida, somente foi feito a limpeza e retirada das taliscas, pois na execução do reboco a base já ficou com ótimo acabamento (Figura 33).

Figura 33 - Limpeza pré impermeabilização



Fonte: Autores, 2023.

Após a limpeza, aplicou-se a primeira demão de Viaplus 1000. Como o fabricante pede um intervalo no mínimo de 2 a 6 horas de secagem para aplicação da próxima demão, foi empregado uma demão por dia. O produto é composto por duas bases, um material líquido colante e outro cimentício. Para misturar bem e garantir a homogeneidade dos dois componentes, utilizou-se um batedor elétrico (Figura 34). Para a aplicação foi utilizada uma

vassoura, podendo ser utilizado rolo de lã ou brocha (Figura 35). A espessura de aplicação de cada demão deve ser feita com no mínimo 2 mm.

Figura 34 - Preparação da argamassa polimérica



Fonte: Autores, 2023.

Figura 35 - Aplicação argamassa polimérica



Fonte: Autores, 2023.

Um ponto importante a citar é que no caso não foi feito o teste de estanqueidade dessa última etapa, devido dois fatores: o primeiro foi pelo fato de que não seria possível visualizar vazamento, pois a água que passaria dessa camada ficaria na camada da manta asfáltica, que foi testada e segundo, pelo prazo da obra, lembrando que a segunda etapa se prolongou bastante.

Outro fator que aconteceu durante a aplicação do Viaplus 1000 foi o surgimento de fissuras durante as 3 demãos (Figura 36), ocasionadas pela deformação provocada pelas altas temperaturas. As fissuras foram abertas e tratadas com tela (Figura 37) e as demãos foram reaplicadas.

Figura 36 - Trinca na argamassa polimérica semi flexível



Fonte: Autores, 2023.

Figura 37 - Aplicação da tela para tratamento de trincas



Fonte: Autores, 2023.

Após a aplicação das três demãos de Viaplus 1000, aplicou-se o Viaplus 5000, que é um material flexível, muito importante para evitar as fissuras que vierem a ocorrer na camada anterior, pois ela possui uma resistência maior a estresse térmico e grandes movimentações, movimentações essas que a piscina estarão sujeitas, tendo em vista o

peso d'gua e a incidência do sol. Essa etapa de impermeabilização ocorreu conforme planejado, finalizando a impermeabilização deste estudo de caso, com a piscina liberada para ser revestida com cerâmica(Figura 38).

Figura 38 - Impermeabilização finalizada



Fonte: Autores, 2023.

Quadro 1 - Manutenção preventiva

Periodicidade	Atividade	Responsável
MENSAL	Limpar e desobstruir o sistema de águas pluviais (ralos, grelhas, calhas e canaletas) e realizar eventual manutenção do revestimento impermeável.	Equipe de manutenção local
MENSAL	Remover ervas daninhas e/ou grama das juntas do piso, caso venham a crescer	Equipe de manutenção local
ANUAL	Inspeccionar a camada drenante do jardim. Caso haja obstrução na tubulação e entupimento dos ralos ou grelhas, efetuar a limpeza.	Empresa capacitada / Empresa especializada
ANUAL	Verificar a integridade e reconstituir os rejuntamentos internos e externos dos pisos, paredes, peitoris, soleiras, ralos, peças sanitárias, piscinas, saunas, bordas de banheiras, chaminés, grelhas de ventilação e de outros elementos.	Empresa capacitada / Empresa especializada
ANUAL	Verificar as juntas de dilatação e quando necessário, reaplicar mastique em pisos cimentados, acabados em concreto ou contrapiso.	Equipe de manutenção local / Empresa capacitada
ANUAL	Verificar a integridade dos sistemas de impermeabilização e reconstituir a proteção mecânica, os sinais de infiltração ou as falhas da impermeabilização exposta.	Empresa capacitada / Empresa especializada
A CADA 4 ANOS	Substituir o selante de poliuretano das juntas de dilatação	Empresa capacitada / Empresa especializada
A CADA 4 ANOS	Aplicar tinta aluminizada refletiva sobre a manta alumínio.	Empresa capacitada
A CADA 4 ANOS	Após a limpeza dos reservatórios, caixas de passagem do subsolo, poço de drenagem, caixa de gordura e águas servidas, avaliar a impermeabilização e quando necessário reaplicar o sistema impermeabilizante	Empresa capacitada / Empresa especializada
A CADA 4 ANOS	Verificar as juntas de dilatação da piscina e quando necessário, reaplicar silicone para piscina.	Empresa capacitada / Empresa especializada
A CADA 5 ANOS	Quando do refazimento da pintura da fachada, refazer a impermeabilização com membrana acrílica nos elementos de fachada	Empresa capacitada / Empresa especializada
A CADA 5 ANOS	Realizar inspeção de todas as áreas impermeabilizadas para verificar a estanqueidade das mesmas	Empresa especializada

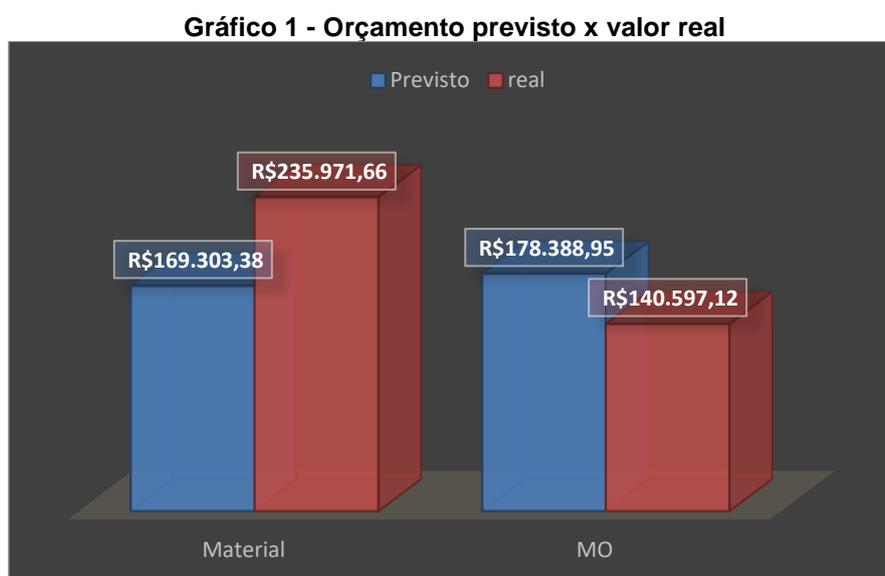
Fonte: Memorial descritivo, Virtus soluções, 2023.

Além de uma boa execução, é necessário que seja feita a manutenção preventiva da impermeabilização. Para que isso seja possível e que ocorra de maneira efetiva, foi

disponibilizado, para o condomínio, no memorial descritivo, os cuidados que devem ter com as impermeabilizações, descrito pelo projetista responsável, cujas informações estão apresentadas no Quadro 1. Uma observação a se fazer sobre este quadro é que ele foi feito para todo o empreendimento, não só para a piscina.

Um dado importante a ser apresentado é o valor gasto com impermeabilização no empreendimento do estudo de caso. Conforme apresentado no item 5, Porcello (1998) demonstrou que o custo para realizar a barreira impermeável na construção civil é em torno de 1% a 3% do valor total da obra, quando não houver retrabalhos, todavia mesmo encontrando as barreiras descritas a cima, foi possível fechar a etapa de impermeabilização em 2% do valor total da obra, sendo o valor total da obra igual a R\$17,8 milhões e a impermeabilização um valor total de R\$ 376.568,78. Importante ressaltar que não computou-se o valor específico da impermeabilização da piscina, mas o valor global de toda a impermeabilização executada no empreendimento.

No Gráfico 1 observa-se o valor do orçamento previsto e custo real do serviço de impermeabilização. A previsão era um gasto com material para o serviço de impermeabilização igual a R\$ 169.303,38, mas no final chegou a um valor 39,3% maior que o do orçamento. Já a mão de obra, o gasto real foi 26,9% inferior ao custo previsto.



Fonte: Autores, 2023.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cada novo empreendimento é possível observar o aumento da complexidade executiva que tem sido proposta pelo mercado, podendo ser em várias áreas, como elementos de fachada, elementos estruturais, sistemas de automação e casos como o deste estudo, onde foi proposta a execução de uma piscina de 66.000 litros, em uma cobertura localizada no 14º andar.

Neste contexto, foi possível conectar a teoria à prática sobre o processo executivo da impermeabilização da piscina, além de evidenciar a importância de um profissional habilitado com experiência sobre impermeabilização.

Diante desse cenário, desenvolveu-se este estudo de caso, com o intuito de servir de embasamento para a execução de piscinas localizadas em coberturas. Ao acompanhar o processo executivo da impermeabilização, foi possível conectar a teoria à prática de uma etapa que deve ser levado com grande importância dentro do canteiro de obras, tendo em vista que a má execução pode vir acarretar danos, por vezes irreparáveis.

Também foi possível observar algumas particularidades da execução da impermeabilização de uma piscina, como a estanqueidade, que deve ser eficiente e para isso esse serviço deve ser executado de acordo com o projeto elaborado, tendo em vista a importância da observação do comportamento em toda a execução e teste que ela irá passar, conforme normas de execução.

A escolha do produto de impermeabilização é determinante para o resultado esperado, logo, deve-se sempre preconizar por um impermeabilizante de qualidade e com bom custo-benefício. E isso é possível por meio da impermeabilização com manta asfáltica, o que provavelmente não ocorreria caso utilizasse a poliureia, pois, como demonstrado por Salomão (2016), 80% das construções civis abordadas em seu estudo de caso, que utilizaram deste tipo de impermeabilização, apresentaram patologias, como a presença de bolhas e manchas, demonstrando o baixo rendimento, que possivelmente pode estar atrelado inclusive à falha na execução. Além do seu custo elevado, acabamento limitado, podendo aplicar apenas uma cor e não ser indicada para clima tropical, que é o clima predominante da cidade onde foi executado a piscina com impermeabilização com membrana de poliureia, não seria a melhor escolha de material para impermeabilização desse estudo de caso, ficando evidente a escolha da manta asfáltica para execução da impermeabilização da piscina.

Portanto, fica evidente a importância do acompanhamento de um profissional capacitado para a execução, preferencialmente um profissional com experiência de obras anteriores, podendo unir experiência e conhecimento para resolver os desafios que poderão surgir durante a execução.

De acordo com o estudo de caso descrito, observa-se a importância de se seguir as prescrições das normas vigentes, bem como das recomendações dos fabricantes. Também é possível observar a diferença de aplicação dos materiais, neste caso as mantas asfálticas, material este totalmente flexível, e a aplicação da argamassa polimérica, sendo ela um material cimentício de característica semiflexível ou flexível.

REFERÊNCIAS

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.

ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO. **Impermeabilização sem segredos.** Editora Abril, São Paulo, mai. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: edificações habitacionais — desempenho Parte 1: requisitos gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização seleção e projeto.** Rio de Janeiro, ABNT 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 9952:Manta asfáltica para impermeabilização.** Rio de Janeiro, ABNT 2014.

BUTZKE, Vanessa Isabel. **Estudo comparativo entre argamassa impermeabilizante flexível e manta asfáltica para impermeabilização.** 2020.

CUNHA, Alessandra Martins; ABITANTE, André Luís; LUCIO, Caroline Schneider; ESPARTEL, Lélis; STEIN, Ronei Tiago; SIMIONATO, Vinicius. **Construção Civil**. Porto Alegre: SAGAH, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020498/>.

HL2ENGENHARIA. **Impermeabilização**. Disponível em: <https://www.hl2engenharia.com.br/>. Acesso em: 14 de outubro de 2023.

ISCHAKEWITSCH, G. T. Projeto, Acompanhamento e controle. **Caminho da Qualidade**. Revista Impermeabilizar, São Paulo, n. 91, p. 15-26, 1996.

MORAES, Claudio Roberto Klein de. **Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre**. 2002.

NAVARRO, Rômulo Feitosa. **A evolução dos materiais. parte1: da pré-história ao início da era moderna**. Revista eletrônica de materiais e processos, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2006.

PICCHI, F. A. **Impermeabilização de coberturas**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1986. 220 p

PINTO, Juliana Belchior; AGUIAR, Luiz Eduardo Amâncio. **Sistema de impermeabilização com manta asfáltica e manta líquida em lajes de coberturas**. Projectus, v. 1, p. 141-151, 2017.

PORCELLO, Ernani Camargo. **Impermeabilização**. Porto Alegre: PUCRS, 1998.

QUEVEKS (Santa Catarina). **IMPERMEABILIZAÇÃO RÍGIDA E FLEXÍVEL: CONHEÇA AS DIFERENÇAS**. 2021. Disponível em: <https://www.queveks.com.br/post/impermeabilizacao-rigida-flexivel-conheca-diferencas-59>. Acesso em: 15 nov. 2023.

RIGHT, G. V. **Estudo dos Sistemas de Impermeabilização: patologias, prevenções correções – análise de casos**. 2009. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do programa de pós-graduação em engenharia civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SALGADO, Marlon Olímpio Lopes; SALES, Gabriel Vieira. **A importância da impermeabilização em lajes de cobertura de edificações**. 2013.

SALOMÃO, Gabriel Giacometti. **Análise de sistema de impermeabilização em obras do distrito federal com o uso de poliureia a quente**. 2016.

SAYEGH, S. **Cimentos e polímeros contra a umidade**. Técnica, São Paulo, n.56, p.42-44, nov. 2001.

SCHÖNARDIE, E. C. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2009

SILVEIRA, M.A. **Impermeabilizações com cimentos poliméricos**. Técnica, São Paulo, n.54, p. 108, set. 2001.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. 2014.

TERRAZO JK. FC Incorporadora, 2023. Disponível em:
<https://fcincorporadora.com.br/imovel/terrazo-jk/> (Acessado em 16/11/2023).

VASCONCELOS, Paulo Henrique; GRANATO, José Eduardo; CAMPIOTO, Everton;
Impermeabilização de Lajes de Estacionamento de Veículos: Blog Materiais e Materiais –
LEM. Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

VIAPOL - <http://www.viapol.com.br/> (Acessado em 13/10/2023).

VIAPOL. **Material técnico e fotografias**. São Paulo, 2012. 1 CD-ROM.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 12a Edição ed. São Paulo: Pini, 2013.