

## Impermeabilização de obras de arte na construção civil

RONE PINTO BARCELÓ

Master's Student, Laureate International Universities UNINORTE  
(2019), Manaus – AM

EDSON ANDRADE FERREIRA

Master, Laureate International Universities UNINORTE,  
Manaus-AM

ERNANI CALDAS MAFRA

Master, Federal Amazonas Universities, Manaus - AM

### RESUMO

*A disseminação do método correto de impermeabilizar vem trazendo efeitos altamente positivos para os usuários, desmistificando e mostrando a importância da impermeabilização. Graças ao reconhecimento de sua importância, a impermeabilização está sendo cada vez mais incluída no projeto global da obra, no qual são especificadas as técnicas de preparação das áreas a serem impermeabilizadas, bem como os materiais a serem aplicados. Desta forma, o objetivo geral desta pesquisa é discutir as vantagens econômicas, de execução e segurança da impermeabilização. O estudo será desenvolvido por meio de revisão da bibliografia mais recente relacionada ao tema impermeabilização e estudo de caso do projeto de revitalização do Elevado do Joá, na cidade do Rio de Janeiro. Serão revisados artigos acadêmicos encontrados em bibliotecas universitárias e sites de indexação com boa aceitação acadêmica, como Scielo e Redalyc. Em relação aos custos para a construção civil, a execução da impermeabilização de forma correta, é mais econômica e menos onerosa do que a correção de futuras infiltrações, umidades e patologias gerais. Neste trabalho abordamos a utilização de impermeabilização através da aplicação de manta asfáltica. O entendimento de suas propriedades e do modo executivo, são*

*imprescindíveis para que o Engenheiro possa indicar a melhor solução e executar corretamente a impermeabilização, a fim de evitar o surgimento de patologias.*

**Palavras-chave:** Impermeabilização. Construção civil. Obras de Arte.

## **ABSTRACT**

*The dissemination of the correct method of waterproofing has brought highly positive effects to users, demystifying and showing the importance of waterproofing. Thanks to the acknowledgment of its importance, waterproofing is increasingly included in the overall design of the work, which specifies the techniques for preparing the areas to be waterproofed, as well as the materials to be applied. In this way, the general objective of this research is to discuss the economical, execution and security advantages of waterproofing. The study will be developed through a review of the most recent bibliography related to waterproofing and case study of the revitalization project of Elevado do Joá, in the city of Rio de Janeiro. We will review academic articles found in university libraries and indexing sites with good academic acceptance, such as Scielo and Redalyc. In relation to construction costs, the execution of the waterproofing in a correct way, is more economical and less burdensome than the correction of future infiltrations, humidities and general pathologies. In this work we approached the use of waterproofing through the application of asphalt blanket. The understanding of its properties and the executive way are essential so that the Engineer can indicate the best solution and execute.*

**Keywords:** Waterproofing. Construction. Works of art.

## **1 INTRODUÇÃO**

O presente estudo pretende discutir o processo de impermeabilização e a relevância de sua aplicação em obras de arte. Como afirma a Vedacit (2005), desde os primórdios da humanidade, ambientes úmidos são considerados preocupantes pelos homens. Tanto que os homens primitivos procuravam as cavernas para se abrigar durante

os períodos chuvosos porque descobriram que a umidade que viam na parede se originava no solo e penetrava pela estrutura das cavernas.

São consideradas obras de arte especiais pontes, viadutos, passarelas, túneis e outras obras de vulto que, pelas suas proporções e características peculiares, requerem projetos específicos, desenvolvidos por engenheiros qualificados, e construções conduzidas e executadas por profissionais e mão de obra habilitados e experientes, sempre sob a supervisão constante e adequada, em todas as fases da construção” (BRASIL, 1995).

Pfeil (1979) afirma que essas construções devem atender ao objetivo pelo qual foram projetadas de maneira eficiente. Para tanto, é necessário que todas as medidas sejam bem definidas.

O dimensionamento deve ser projetado de modo que tensões, deformações e fissurações não comprometam a estrutura da obra de arte. Um dos aspectos de grande importância nas obras de arte é a sua aparência. Ela deve ser construída de modo que não pareça uma ruptura com a paisagem, mas a sua continuação. Um exemplo de obra de arte bem realizado é a ponte Rio-Niterói.

A falta de confiança na impermeabilização é um dos motivos pelos quais as empresas a buscam outras opções, como, por exemplo, a substituição das lajes de cobertura por telhados geralmente mais caros. São necessários estudos que esclareçam os profissionais da construção civil sobre a importância da impermeabilização, o modo correto de fazê-la e as vantagens econômicas de sua utilização. Mais do que estudos estritamente teóricos, são importantes estudos de caso, sobretudo aqueles que consigam comparar obras com e sem impermeabilização em médio prazo. Dentre as exigências do sistema ISO - 9001, de qualidade na construção civil, a impermeabilização aparece como requisito de habitabilidade por estar ligada ao conforto térmico, acústico, às condições de renovação de ar e, inclusive, à própria salubridade do ambiente.

Os terraços são áreas muito sensíveis às condições ambientais de insolação direta, agentes poluentes agressivos, deformações devido à carga de serviço, recalque de fundação e pelo próprio trânsito de pessoas. Se a exposição desses elementos requer cuidados com a impermeabilização, estruturas de obras de arte, muito mais expostas às ações do meio ambiente, certamente deveriam provocar maiores preocupações. Estudiosos e leigos concordam que ambientes com deficiência em impermeabilização não são agradáveis. Entretanto, a

eficácia da impermeabilização só é possível por meio de uma boa execução. Cabe, então, uma análise descritiva de um projeto de impermeabilização ideal em obras de arte, para que este possa ser utilizado com referência.

Desta forma, o objetivo geral desta pesquisa é discutir as vantagens econômicas, de execução e segurança da impermeabilização.

O estudo será desenvolvido por meio de revisão da bibliografia mais recente relacionada ao tema impermeabilização e estudo de caso do projeto de revitalização do Elevado do Joá, na cidade do Rio de Janeiro. Serão revisados artigos acadêmicos encontrados em bibliotecas universitárias e sites de indexação com boa aceitação acadêmica, como Scielo e Redalyc.

## **2 ASPECTOS HISTÓRICOS E TEÓRICOS**

### **2.1 Conceitos de Impermeabilização**

De acordo com a NBR 9575:2003 a impermeabilização é o conjunto de produtos e serviços destinados a conferir estanqueidade a partes de uma construção. Ou seja, impermeabilização é a proteção das construções contra a infiltração de fluídos indesejáveis, protegendo as estruturas, bem como componentes construtivos que porventura estejam expostos ao intemperismo. (ABNT, 2003).

O objetivo da impermeabilização na construção civil é bloquear a passagem indesejável de águas, fluidos e vapores, com a contenção ou condução para outro ambiente.

A impermeabilização é importante porque, além de garantir a habitabilidade e funcionalidade da construção civil, protege a edificação contra diferentes patologias que são provocadas pela infiltração de água, pelos gases poluentes e pela chuva ácida, visto que uma grande quantidade de materiais constituintes da construção civil sofre um processo de deterioração e degradação, quando expostos aos elementos agressivos presentes na atmosfera.

A impermeabilização frequentemente tem sido negligenciada em sua importância por parte de alguns engenheiros, construtores, arquitetos, projetistas e impermeabilizadores. Como consequência, a infiltração de água acarreta uma série de problemas patológicos na construção, gerando altos custos de manutenção e recuperação.

Para que uma impermeabilização seja executada com sucesso são necessários procedimentos como técnicos selar, colmatar e vedar todos os poros e todos os erros dos materiais, não importa qual tenha sido a causa. Este é o único modo de assegurar que a água o outro tipo de fluido não penetre. (CUNHA, 1997).

Em Roma e nas antigas civilizações andinas eram usados sal e albumina para impermeabilizar os aquedutos. Muitos monumentos históricos brasileiros foram impermeabilizados com óleo de baleia, que garantia um pouco de impermeabilização às estruturas. É o caso das igrejas e prédios históricos de cidades como Paraty, no estado do Rio de Janeiro e Ouro Preto, em Minas Gerais.

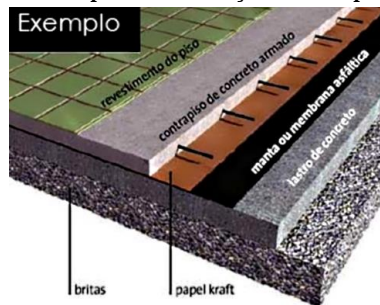
Com o tempo, foram desenvolvidos produtos que impedem totalmente a ação da água. São materiais que, além de serem eficientes, não são onerosos. Eles representam aproximadamente 3% do custo total da obra, em uma excelente relação custo-benefício para a empresa responsável pelo empreendimento.

Um projeto de obra que inclua impermeabilização não pode ter esta etapa planejada separadamente. A impermeabilização deve ser incluída no projeto geral, sendo necessária a verificação anterior de peso, caimento, espessura e encaixe. Ela deve também ter a sua localização especificada no projeto, de modo a estar relacionada aos projetos de hidráulica, elétrica, condicionamento de ar e paisagismo.

## **2.2 Sistemas de Impermeabilização**

São definidos como sistemas de impermeabilização aqueles que englobam os elementos destinados a garantir as funções do edifício ao longo do tempo, frente à ação dos agentes agressivos. Impermeabilizar, nada mais é o que proteger algo da ação da água. A NBR 9575:2003 define a impermeabilização como um conjunto de elementos que visam assegurar a estanqueidade de alguns elementos da construção. Como estanqueidade, a norma define a capacidade que um elemento sozinho ou em conjunto possui de assegurar que nenhum fluido penetre através dele. Ampliando o conceito, a impermeabilização pode ser considerada, então, como um grupo de operações e técnicas que protegem as construções da degradação provocada por fluidos, vapores e umidade. Uma impermeabilização bem executada é formada por uma série de camadas com funções distintas.

Figura 1: Exemplo de impermeabilização de um pavimento de betão.



Fonte: Correa (2010).

Para garantir que a estrutura esteja totalmente protegida contra a penetração da água, é indispensável que o sistema passe pelos processos preliminares, impermeáveis e complementares. Os três processos são igualmente importantes e o sistema só estará seguro se forem devidamente realizados. A película impermeável, por exemplo, tem a função específica de evitar a passagem de água. Incorpora também algumas características elásticas, e pode ser mais ou menos durável. Porém, se a base for adequada para absorver parte das solicitações da estrutura, e as camadas posteriores para acomodar os esforços de cargas e os ataques das intempéries, o desempenho certamente será muito melhor. Cada processo age como um preparo para o seguinte. Caso sejam montados do modo correto, a impermeabilização certamente será bem-sucedida. Montagens mal executadas são as principais causas de fracassos.

A impermeabilização contribui com a prevenção do surgimento de patologias provocadas pela umidade, infiltrações, ações das chuvas e vapores, garantindo uma estrutura segura e reduzindo gastos com manutenção. De acordo com Cunha (1997), é fundamental impermeabilizar áreas frias, calhas, caixas d'água, reservatórios, piscinas, lajes e subsolos. Com a impermeabilização, podemos evitar a ocorrência de diversas patologias, entre elas:

Eflorescência: situação na qual a percolação de água, através de vazios ou fissuras do concreto, produz dissolução do hidróxido de cálcio e outros compostos, que formam eflorescências ou incrustações na superfície.

**Figura 2: Exemplo eflorescência provocada pela ação da chuva.**



Fonte: Correa (2010).

Na tabela abaixo podemos verificar os compostos químicos mais responsáveis pelo surgimento desta patologia:

**Tabela 1: Principais agentes químicos causadores de eflorescência.**

Composto Químico	Solubilidade em água	Fonte
Carbonato de Cálcio	Pouca	Carbonatação do hidróxido de cálcio no cimento
		Cal não carbonatada
Carbonato de Magnésio	Pouca	Carbonatação do hidróxido de magnésio
Carbonato de Potássio	Muito	Carbonatação de hidróxidos alcalinos
Carbonato de Sódio	Muito	Carbonatação de hidróxidos alcalinos
Hidróxido de Cálcio	Parcialmente	Cal liberada na hidratação do cimento
Sulfato de Cálcio Desidratado	Parcialmente	Hidratação do sulfato de cálcio no tijolo
		Tijolo
Sulfato de Cálcio	Parcialmente	Água de Amassamento
		Tijolo
Sulfato de Magnésio	Parcialmente	Água de Amassamento
		Tijolo
Sulfato de Sódio	Muito	Água de Amassamento
		Cimento
		Tijolo
Cloreto de Potássio	Muito	Água de Amassamento
		Cimento
		Tijolo
Cloreto de Cálcio	Muito	Água de Amassamento
Cloreto de Magnésio	Muito	Água de Amassamento
Nitrato de Magnésio	Muito	Solo adubato ou contaminado
Nitrato de Sódio	Muito	Solo adubato ou contaminado

Fonte: Correa (2010).

**Corrosão da Armadura:** As armaduras localizadas no interior do concreto são protegidas da corrosão pela forte alcalinidade do concreto, mas quando existem erros na concretagem e/ou a espessura de cobrimento do concreto sobre a armadura é pequena, a armadura fica exposta, sofrendo corrosão. É acelerada em presença dos agentes agressivos e em zonas marítimas. Em cabos de proteção a corrosão deve ser encarada com cuidado, uma vez que pode produzir ruptura brusca dos fios de aço por corrosão sob tensão.

**Figura 3: Corrosão da estrutura.**



**Fonte: Correa (2010).**

A água é o agente natural mais responsável pela degradação das construções, principalmente das obras de arte. Quando não é ela mesma o agente agressor, é o seu condutor. Qualquer projeto de construção que vise a durabilidade e o custo mínimo com manutenção precisa ser elaborado considerando formas de combate da ação da água. Já vimos que os gastos com impermeabilização ocupam somente 3% do custo total de uma obra, de onde inferimos que não é caro impermeabilizar. Aliás, os custos de impermeabilização são 5 vezes menores do que os custos com reparos quando esta não é feita. Falamos, é claro, de impermeabilizações apropriadamente executadas.

**Figura 4: Prédio com manchas de ferrugem na fachada.**



**Fonte: Correa (2010).**



O insucesso da impermeabilização, do ponto de vista técnico, pode estar associado a problemas como:

- ✓ erros nas especificações do projeto;
- ✓ erros nos conhecimentos técnicos do construtor;
- ✓ preocupação maior com a redução de custo do que com a qualidade.

Destarte, podemos superar a ideia de que a impermeabilização consiste na aplicação de um piche sobre a laje, ampliando o conceito para um tratamento dado a todas as fundações de uma edificação, permitindo que todas as áreas e equipamentos sejam mais bem aproveitados.

Atualmente o mercado de construção tem conquistado grandes avanços no que se refere a qualidade. Mesmo os imóveis compactos são planejados de modo a atender às exigências de consumidores cada vez mais críticos.

Os projetos de construção estão atentos a aspectos de segurança, acessibilidade e desenvolvimento sustentável. São oferecidos imóveis para diferentes classes sociais, com forte subsídio governamental. Essa oferta diversificou muito o perfil do comprador.

Problemas que antes eram toleráveis em alguns edifícios, como infiltrações e mofo, atualmente não são aceitos pelos proprietários. Além disso, os imóveis que oferecem melhorias ao meio ambiente ou que compensam os danos causados são aqueles mais procurados.

O tratamento de impermeabilização não ficou fora dessas exigências pela qualidade e preocupação ambiental. Impermeabilizar uma edificação significa promover o bem-estar do meio ambiente, pois a impermeabilização permite, entre outras coisas, que sejam formados canais de irrigação que permitem a agricultura e a arborização, além de possibilitar a formação de coberturas verdes.

### **2.3 Por que Impermeabilizar Obras de Arte**

Em um país com índice de chuvas alto como o Brasil, a agressão das águas é causa comum da deterioração das fundações e estruturas de obras de arte especiais. Porém, por aqui, as soluções para evitar os efeitos da percolação da água em pontes e viadutos não envolvem técnicas de impermeabilização - em geral, prefere-se investir no desenvolvimento de materiais permeáveis e na redução da fissuração dos tabuleiros.

Opção que, segundo FORNASARO (2012, p.22) resulta em uma infraestrutura precária, onerosa e pouco segura.

A ABNT precisa publicar uma norma que torne obrigatória a impermeabilização de pontes e viadutos, impondo, ao Ministério Público, a necessidade de questionar obras sem impermeabilização. É um risco de vida."

Para o autor, um dos motivos para que obras de arte não sejam impermeabilizadas no Brasil é a falta de técnica de construção, até porque em termos econômicos, uma vez que o percentual do preço do serviço em relação ao total da obra é tão pequeno, não tem sentido não impermeabilizar. No mundo inteiro, afirma ele, é realizada a impermeabilização de tabuleiros, menos aqui e em países com nível econômico baixo. No Brasil, porém, a questão não é econômica, mas, sim, a falta de conhecimento técnico.

Existem fatores geográficos e técnicos. O viaduto Santa Ifigênia, construído em 1913 em São Paulo, foi reformado em 1975 quando foi removida a camada de concreto onde estavam os trilhos dos bondes. Percebeu-se então que abaixo do pavimento de concreto havia uma camada asfáltica, a impermeabilização. Porque ele foi feito na Bélgica e lá as obras de arte são impermeabilizadas por conta do congelamento da água no inverno. Como não tem congelamento aqui, esta cultura não foi desenvolvida.

Em 1978 passou a vigorar no Brasil o conceito do Comitê Europeu de Concreto [CED], que mudou o paradigma sobre a aceitação de fissuras em estruturas de concreto. As estruturas passaram a ser dimensionadas segundo o índice máximo de fissuração, o que permitiu a construção de estruturas mais esbeltas. O problema é que a área de impermeabilização não a acompanhou. A formação dos engenheiros não acompanhou essa mudança. E isso implicou uma série de problemas. A argamassa até então utilizada para construção de reservatórios já não servia mais.

A NBR 9575 apresenta os sistemas de impermeabilização e há uma gama enorme de tecnologias, de asfálticas a elastoméricas, como mantas de butil, PVC e TDM. Há também sistemas acrílicos.

Os estádios que estão sendo vistoriados pela Fifa terão as arquibancadas impermeabilizadas porque a Federação exige.

A passagem da água da chuva pelo tabuleiro pode provocar a ruptura da ponte ou do viaduto com o passar dos anos. Isso sem contar

nos custos de reforma e manutenção que a falta de impermeabilização implica.

Uma impermeabilização benfeita dura muito. Se o viaduto Santa Ifigênia demorou de 1913 a 1975 para apresentar o problema, hoje, com toda a tecnologia disponível, poderíamos fazer ainda melhor. O prédio da antiga Companhia Telefônica Brasileira, impermeabilizado em 1927, funcionou impecavelmente até 1989, quando foi colocado indevidamente um para-raio no piso. Então houve infiltração.

A maioria dos estádios brasileiros foi projetada antes de 1978. Naquela época, a norma que regia as estruturas de concreto era a NB1/60, que definia um percentual baixo de fissuração, de forma que os estádios têm qualidades excelentes em termos de resistência ao ataque da água. Porém, mais recentemente, com o avanço das normas e o aumento do índice de fissuração do concreto, as estruturas não são tão resistentes à entrada de água. Então, nas arenas construídas em tempos recentes, a falta de impermeabilização também é um problema.

Em um jogo do Esporte Clube Bahia, um pedaço da arquibancada caiu e ocorreu um acidente fatal. Não foi por falta de manutenção, mas por falta de impermeabilização.

Os estádios que estão sendo vistoriados pela Fifa (Federação Internacional de Futebol) terão as arquibancadas impermeabilizadas porque a própria Federação exige, recomendando, inclusive, o uso de impermeabilizações à base de poliuretano. O curioso é que ninguém questiona a exigência da Fifa de impermeabilização das arenas, mas ninguém pensa em impermeabilizar tabuleiro de pontes e viadutos. Não dá para entender.

Um bom projeto de impermeabilização nasce o mais perto possível da concepção estrutural e da definição da estrutura da obra de arte especial. Há detalhes técnicos que precisam ser respeitados, como as juntas de dilatação, a parte das defensas e de sinalização.

Muitas pontes são feitas de concreto e a estrutura de concreto já é a própria camada de rolamento. Com impermeabilização, precisa impermeabilizar, colocar uma proteção em cima e só então ter a pavimentação final, de concreto ou asfalto.

Com grandes eventos na cidade do Rio de Janeiro, a pressão da imprensa e a preocupação com os riscos de acidentes, a prefeitura encomendou à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), um

estudo com sobre os problemas e as soluções para as patologias do Elevado do Joá. Constatou-se que a deterioração natural dos aparelhos de apoio em neoprene, agravada pela falta de proteção adequada contra a ação das intempéries, provoca o aumento significativo dos valores das diversas forças horizontais que atuam na base do dente Gerber, provocando a sua deterioração.

O relatório da COPPE alerta, ainda para o risco de se repetir o acidente que aconteceu no viaduto Faria- Timbó, também localizado na cidade do Rio de Janeiro, na década de 1980. O evento foi provocado por patologias nos dentes Gerber semelhantes àquelas do Elevado do Joá. Eles não sustentaram o vão isostático que apoiavam e ele caiu sobre a linha férrea.

Um agravante do Elevado do Joá está na infiltração provocada pelas águas pluviais e a sua proximidade com o mar. Ainda de acordo com o estudo, os 512 dentes Gerber do elevado foram embutidos nos pórticos de apoio, impossibilitando a visualização de suas faces. Estão expostos, os dentes e os neoprenes à forte ação corrosiva do meio ambiente há quase meio século, sem que nunca tivessem sido submetidos a uma inspeção técnica. As infiltrações têm contribuído com a corrosão das armaduras, agravando ainda mais o problema estrutural. É possível que um ou mais dentes se rompam e provoquem um desmoronamento do vão sem nenhuma possibilidade de que um acidente seja evitado. Caso o dente rompido esteja o vão superior, os dentes inferiores também desmoronarão.

## **2.4 Projeto**

De acordo com a NBR 9575/2003 a impermeabilização deve ser projetada de modo a: evitar a passagem indesejável de fluidos nas construções, pelas partes que requeiram estanqueidade, podendo ser integrado ou não outros sistemas construtivos, desde que observadas normas específicas de desempenho que proporcionem as mesmas condições de impermeabilidade; proteger as estruturas, bem como componentes construtivos que porventura estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera; proteger o meio ambiente de possíveis vazamentos ou contaminações por meio da utilização de sistemas de impermeabilização; possibilitar sempre que possível a realização de manutenções da impermeabilização, com o mínimo de intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, de modo a ser evitada, tão logo sejam percebidas

erros do sistema impermeável, a degradação das estruturas e componentes construtivos, devido à passagem de fluidos e lixiviação de compostos solúveis do concreto, argamassas e revestimentos; proporcionar conforto aos usuários, sendo-lhes garantida a salubridade física. (ABNT, 2003).

Assim como o Projeto executivo de impermeabilização deve conter:

- a) Desenhos: plantas de localização e identificação das impermeabilizações, bem como dos locais de detalhamento construtivo; detalhes genéricos e específicos que descrevam graficamente todas as soluções de impermeabilização;
- b) Textos: Memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização; Memorial descritivo de procedimentos de execução; Planilha de quantitativos de materiais e serviços; Metodologia para controle e inspeção dos serviços.

Em um edifício habitacional, a impermeabilização pode contribuir com o projeto de segurança e resistência das seguintes áreas: Piscinas: Devem ser mantidas cheias com a água tratada, mesmo no inverno. Piscinas vazias estão sujeitas a trincas e descolamento de azulejos devido a ação do sol; Caixas d'água subterrâneas: A correta impermeabilização das caixas d'água subterrâneas não só evita o desperdício de água em vazamentos, como também previne a contaminação da água pela infiltração da umidade externa; Garagens e subsolos: são grandes sinalizadores das condições de impermeabilização do prédio. Ao menor sinal de infiltrações no teto, vazamento em tubulações, fissuras em colunas ou ferragens expostas, contate uma empresa especializada; Jardins e playgrounds: as áreas destinadas à jardinagem e paisagismo merecem atenção especial na impermeabilização. Quanto à instalação de equipamentos de lazer, adote os mesmos cuidados dispensados às antenas: não permita perfurações que prejudiquem a impermeabilização; Áreas úmidas: áreas úmidas de uso comum, como vestiários e banheiros requerem especial atenção do síndico, quanto a vazamentos e falhas na impermeabilização; Caixilhos: a boa vedação dos caixilhos evita infiltrações da água da chuva que, absorvida pelas paredes, aparece como eflorescências e manchas no interior dos ambientes; Estrutura de Concreto; Fachadas revestidas: fachadas revestidas com pastilhas requerem manutenção e limpeza periódica para preservar sua beleza.

Após a lavagem ou limpeza, repare os rejuntamentos e aplique uma proteção superficial; Calhas; Caixas d'água elevadas: A impermeabilização incorreta das caixas d'água elevadas causa grandes transtornos aos condôminos. Os serviços de correção dos problemas sempre implicam em suspensão do fornecimento de água; Lajes de cobertura e expostas: com ou sem trânsito, requerem inspeção periódica. A movimentação dos materiais pode ocasionar trincas e fissuras que devem ser reparadas antes de comprometer outras partes da estrutura ; Antenas: procure sempre acompanhar os serviços de instalação de antenas, individuais ou coletivas, ou qualquer outro equipamento que seja afixado sobre a laje de cobertura para que a impermeabilização das mesmas não seja prejudicada por perfurações; Fachadas: as fachadas sofrem grandes agressões do meio ambiente, como intempéries, poluentes, etc. Podem ainda apresentar fissuras devido à m do revestimento causada por variações térmicas.

### **3 ESTUDO DE CASO: O PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DO ELEVADO DO JOÁ**

Nas grandes metrópoles e centros urbanos surgem diariamente inúmeros novos empreendimentos da construção civil. A cidade do Rio de Janeiro possui a especificidade de, ao ser escolhida como sede de grandes eventos esportivos, religiosos e culturais, ter uma grande demanda por construções imobiliárias e de infraestrutura. O aumento do fluxo de pessoas e veículos exige que o poder público pense em soluções que tornem viáveis esses eventos.

O acesso ao bairro da Barra da Tijuca é estratégico, pois trata-se de um bairro com uma ampla rede hoteleira, bons centros de convenções e muitos espaços abertos para realização de shows e conferências. Embora seja um bairro com potencial para turismo e eventos, a sua localização dificulta o acesso rápido aos aeroportos, rodoviárias e rodovias.

O processo de urbanização da Barra da Tijuca, na zona oeste do Rio de Janeiro, teve início na metade da década de 1960. Até então o bairro era somente um areal. O acesso à zona sul era possível somente pela estreita Estrada do Joá, em São Conrado.

Em 1968 iniciou-se a construção do elevador da encosta do Joá, entregue ao tráfego parcialmente em 1971. Foi no período compreendido entre as décadas de 1940 e 1970 que foram construídas

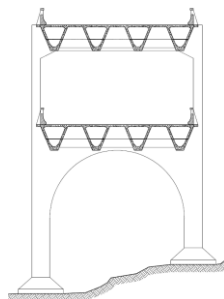
a maioria das obras de arte (pontes, viadutos, rodovias, ferrovias, hospitais e escolas públicas, hidrelétricas e linhas de transmissão) da cidade. Alguns anos depois o elevado foi denominado Elevado da Bandeira, mas o nome pelo qual ficou popularmente conhecido (do Joá) não foi esquecido pela população e até hoje é chamado assim.

Como via de acesso estratégica, o elevado do Joá tem sido objeto de preocupação da imprensa, dos especialistas e da população devido, também, às inúmeras fissuras em sua estrutura. Algumas patologias adquiridas no decorrer dos anos como consequência do desgaste provocado pelas maresias e pelo tempo aparentemente não foram acompanhadas de modo adequado. Entretanto, esta não é uma característica específica do elevado do Joá. Ainda existe muita resistência na aplicação de impermeabilização de obras de arte.

Com custo estimado de R\$ 66.724.945,71 (sessenta e seis milhões, setecentos de vinte e quatro mil e novecentos e quarenta e cinco reais), a prefeitura, em parceria com empresas de construção civil, financiará a obra emergencial de transferência dos apoios dos tabuleiros e recuperação estrutural dos pergolados do Elevado do Joá. Para substituir os aparelhos de apoio do elevado, foi proposto um sistema de macaqueamento.

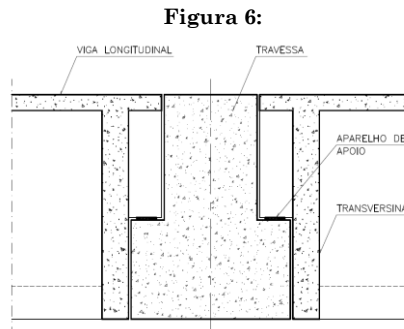
Ao longo de toda a extensão do Elevado, cerca de 1.100 metros, o projeto original previu um total de 32 vãos isostáticos, 29 deles com vão teórico de 35,50 metros e 3 menores, com 23,30 metros de comprimento. Transversalmente, a superestrutura é composta por quatro vigas longitudinais, isostáticas do tipo caixão, ligadas por seis transversinas: quatro internas e duas nos apoios. A figura abaixo mostra a seção transversal típica do viaduto, com ambas as pistas, e ainda os pórticos de apoio dos tabuleiros.

**Figura 5: Seção transversal do viaduto**



**Fonte: Autor**

Os vãos isostáticos, conforme se observa na figura, apoiam-se em quadros de concreto armado com os espaçamentos mencionados. O esquema concebido para o apoio das vigas principais nas travessas pertencentes aos pórticos pode ser visto no desenho apresentado a seguir, ressaltando que o mesmo detalhe foi adotado para os dois níveis.



**Figura 13 Esquema de apoio das vigas principais**

**Fonte: Autor**

É importante observar o detalhe projetado para as transversinas de apoio, que por possuírem a mesma altura das vigas longitudinais impedem o acesso direto, mesmo que visual, para os dentes e respectivos aparelhos de apoio. Outra questão relevante para a concepção da estrutura de reação é a necessidade que a mesma não impeça o trânsito de veículos, que somente deverá ser interrompido quando da operação de macaqueamento.

### **3.1 Sobre o Sistema de Macaqueamento**

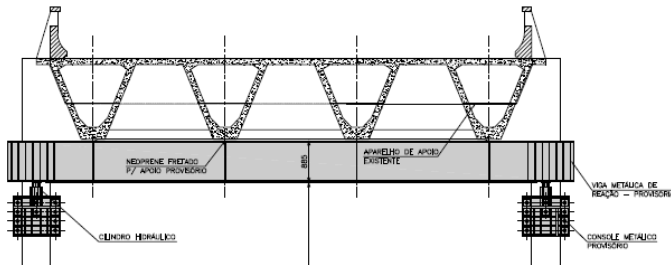
O macaqueamento da estrutura consiste, em síntese, na transferência de carga dos apoios das quatro vigas longitudinais para estruturas provisórias de reação, no caso metálicas, o que se faz com o auxílio de conjuntos hidráulicos compostos por cilindro e bomba. A elevação da estrutura até o limite desejado, após a transferência de carga, é via de regra uma operação simples, prosseguindo-se em estágios previamente definidos com o bombeamento de óleo para os cilindros.

A concepção da estrutura auxiliar considerou, em resumo, a construção de uma nova e provisória travessa de aço, apoiada sobre dois consoles, da mesma forma metálicos, presos nos pilares dos



pórticos existentes, através de tirantes Dywidag pré-tracionados. De forma a garantir uma maior altura livre para a passagem dos veículos, enquanto montada a estrutura auxiliar, optou-se por dispor os cilindros entre cada um dos consoles e a viga metálica, ao invés de apoiá-los sobre está, como normalmente se faz.

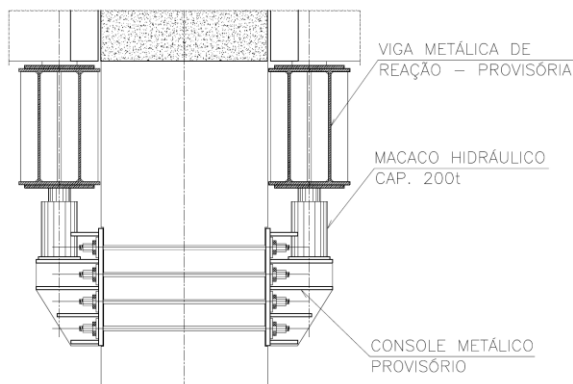
**Figura 7: Consoles metálicos - 1.**



**Fonte: Autor**

Os consoles metálicos serão fixados nos pilares através de tirantes Dywidag. Na pista superior, devido à elevada probabilidade de interferência das barras longitudinais, optou-se por posicionar a maior parte dos tirantes por fora dos pilares, sem a necessidade de furos, com apenas dois deles sendo feitos exatamente no eixo, onde se tem uma baixa densidade de armaduras. O detalhe abaixo mostra a solução comentada.

**Figura 8: Consoles metálicos.**



**Fonte: Autor**

No caso da pista inferior a geometria dos pórticos não permite que os tirantes posicionados do lado interno sejam instalados sem a necessidade de executar furos nos pilares. Entretanto, a localização dos furos se dá numa região bastante favorável, com baixa densidade de armaduras. A preocupação com o gabarito na pista inferior conduziu, conforme mencionado, a utilização de apenas dois cilindros hidráulicos, nos apoios da viga metálica de reação. Esta solução, associada à menor rigidez da viga metálica, conduz a diferentes deformações desta nos pontos de apoio do tabuleiro, despertando preocupações quanto aos esforços introduzidos nas transversinas. Com o objetivo de avaliar o valor destas deformações e as respectivas consequências nas transversinas, procedeu-se à modelagem do tabuleiro, inclusive coma viga metálica de reação em um dos apoios considerando-se, evidentemente, apenas as cargas permanentes atuando.

### **3.2 Sequência de Trabalho**

Os serviços de Macaqueamento e substituição dos aparelhos de apoio do Elevado das Bandeiras abrangem as seguintes etapas: Demolição localizada cuidadosa da laje; Recuperação estrutural das faces laterais dos do dente de apoio, compreendendo: Exame da estrutura e delimitação da área; Corte mecânico de concreto deteriorado; Hidrojateamento abrasivo com escória; Aplicação de produto anticorrosivo para armadura; Substituição de armadura corroída (quando necessário); Preparo e lançamento da argamassa polimérica, manualmente ou projetada; Cura úmida; Delimitação da área de corte na transversina de apoio; Demolição complementar cuidadosa na transversina de apoio; Locação de furos para instalação de console metálico; Perfuração em concreto armado para colocação de barra dywidag para instalação de console metálico; Instalação de console metálico ancorados com barras dywidag; Instalação de viga de reação para apoio dos macacos hidráulicos; Macaqueamento da estrutura com utilização de macaco hidráulico capacidade de 200 t; Substituição dos aparelhos de apoios; Remoção das vigas de reação e consoles metálicos; Preenchimento do furo em concreto com grout; Recomposição do concreto da laje e transversina; Vedação das juntas de dilatação da pista de rolamento.

Os locais definidos em projeto a serem demolidos, deverão ser previamente delimitados através de corte mecânico com serra circular

para corte de concreto. Em seguida deverá ser executada a demolição de concreto com utilização de equipamentos pneumáticos, preservando-se as armaduras para posterior recomposição.

Na pista de rolamento, deverá ser retirado manualmente o material de vedação (selante) da junta de dilatação existente no trecho em execução. Em seguida será executada a demolição e retirada do berço de concreto existente no local, bem como a retirada da armação existente no berço. Sobre as superfícies de concreto será aplicado jateamento úmido utilizando-se hidrojateadora elétrica, para a eliminação dos elementos nocivos até se atingir o concreto original. Durante a execução dos serviços será efetuado exame detalhado das superfícies de concreto, através de testes de percussão utilizando-se uma marreta de borracha de 1 Kg, devendo ser marcado os locais que se encontram deteriorados.

As áreas de concreto deterioradas deverão ser removidas com auxílio de martelões, até atingir a camada de concreto são, homogênea, bem como as armaduras íntegras e livres de corrosão. As superfícies de concreto de baixa resistência serão devidamente apicoadas nas operações de corte, com utilização de ferramentas manuais, elétricas ou pneumáticas, de maneira a formar a base ideal que permita perfeita aderência entre o concreto remanescente e o material de recomposição a ser utilizado.

Sobre as superfícies de concreto será aplicado jateamento úmido abrasivo utilizando-se hidrojateadora elétrica, para a eliminação dos elementos nocivos até se atingir o concreto original. As armaduras corroídas que não possuírem redução de seção superior a 10% serão devidamente limpas através do jato abrasivo com escória, para total remoção das carepas de oxidação e substâncias nocivas. As armaduras que apresentarem redução superior a 10% de sua seção original serão complementados por novos segmentos de características técnicas e físicas semelhantes às existentes quando sãs.

As armaduras corroídas e ainda aproveitáveis, por não apresentarem redução de seção superior a 10%, após a remoção de carepas de oxidação e sujeiras, serão tratadas com produtos inibidor de oxidação, aplicado através de trincha, conforme especificação do fabricante do produto. O material a ser aplicado é preparado com auxílio de betoneira. O produto deve ser misturado por cinco minutos. Antes do início da aplicação, verificar se os materiais e equipamentos estão em condições de permitir uma operação contínua e eficiente. Se

a preparação das superfícies foi efetuada dias ou semanas antes da aplicação, o substrato deve ser novamente limpo e umedecido.

A argamassa pode ser aplicada em camadas ou em uma só camada, dependendo da posição de trabalho; em faces inferiores de superfícies elevadas, o lançamento é efetuado em camadas, de 25 a 50 mm, para evitar ondulações e deslocamentos. Superfícies verticais admitem espessuras maiores enquanto que em superfícies planas e horizontais, a aplicação pode ser feita de uma só vez. Em qualquer caso, é o comportamento do material aplicado que comanda a espessura das camadas. No caso de aplicação via projeção, a aplicação da argamassa projetada envolve uma sequência de operações interdependentes: uma simples operação mal executada pode por a perder todo o trabalho; assim, o recebimento e a preparação dos materiais, a verificação da calibragem e do estado dos equipamentos, a experiência e a suficiência da equipe e o controle da qualidade do produto final devem ser inspecionados por pessoal qualificado.

Ainda nos casos de projeção, a distância recomendável entre o bico de projeção e o substrato é de cerca de 25 cm.

A proteção contra a secagem prematura do concreto deverá ser feita pelo menos durante os 03 primeiros dias após o lançamento da argamassa polimérica. Poderá ser realizada mantendo-se umedecida as superfícies das estruturas ou protegendo-as com uma película impermeável. Os furos para instalação dos consoles metálicos serão demarcados por meio de métodos topográficos. Com auxílio de mangueira de nível e fios de nylon e com uso de trena e prumo de centro, deve-se locar a posição de todos os furos a serem realizados, conforme determinação de projeto.

A profundidade, inclinação e diâmetro dos furos devem ser aqueles estabelecidos em projeto. A perfuração do concreto será executada por perfuratriz rotativa elétrica, com capacidade de acordo com a necessidade. Após a execução do furo, deverá ser executada a limpeza do mesmo com auxílio de circulação de água injetada no seu interior. A injeção de água somente deve ser finalizada quando retornar água limpa do seu interior. Os consoles metálicos e vigas de reação receberão proteção anticorrosiva, com pintura epóxi, conforme definido em projeto. Os consoles serão instalados nos locais definidos em projeto. Na região do pilar a ser instalado o console metálico, deverão ser executados previamente: Corte superficial de no mínimo 2,0 cm; Apicoamento de superfície para remoção de partículas soltas;

Hidrojateamento para limpeza e saturação das superfícies; Execução de regularização da superfície com aplicação de argamassa polimérica de no máximo 0,5 cm de espessura.

Para elevação dos consoles metálicos até a posição de projeto serão utilizados guinchos tirfor, com capacidade de acordo com a necessidade. Assim que o console estiver posicionado conforme projeto, serão instaladas as barras dywidag para fixação/ancoragem do mesmo ao pilar do Elevado. Após posicionamento das barras dywidag, dispositivos de protensão serão colocados na extremidade do tirante, tais dispositivos compreendem: placa metálica, porcas e cunha de grau. O tracionamento da barra deve ser efetuado, até a carga de incorporação de 400 kN. Para içamento e posicionamento das vigas de reação, serão utilizados caminhão equipado com guindaste hidráulico. É importante que o eixo dos macacos hidráulicos esteja exatamente sobre o eixo longitudinal da viga de reação e sobre o eixo de cada console. Deverão ser utilizados cilindros hidráulicos auto-blocantes, garantido fisicamente a posição elevada da estrutura durante toda a fase de execução dos serviços de substituição dos aparelhos de apoio e de recuperação estrutural na região.

Imediatamente antes do início da operação de macaqueamento do tabuleiro, algumas providências importantes devem ser tomadas, essencialmente no sentido de garantir a segurança e o sucesso de toda a operação: Inicialmente, deve-se ter em mente a necessidade de aferição dos sistemas hidráulicos. Com a aferição, pode-se conhecer a carga real que está sendo aplicada à estrutura, mesmo com a definição de que o controle da operação será feito através do acompanhamento dos deslocamentos e não das cargas aplicadas.

As opções são duas. A primeira delas diz respeito ao uso de manômetros com certificado de aferição emitido por órgão idôneo. Conhecendo-se a pressão do óleo e o diâmetro do êmbolo de cada macaco, teremos a carga aplicada.

A segunda opção, aplicada quando não se dispõem dos certificados de aferição dos manômetros, consiste na aferição do conjunto. A operação é feita em prensas (preferencialmente elétricas) de rompimento de corpos de prova de concreto. O procedimento é o que se segue: colocar o macaco na prensa, centrando-o em relação aos pratos da mesma; descer o prato superior da prensa, até que o mesmo encoste no macaco, devendo o êmbolo estar totalmente fechado, levantando-o após isto em poucos centímetros (+ ou - 5); selecionar a

escala de leitura da prensa. Não é necessário que a escala da prensa seja a mesma do manômetro do macaco. Isto significa dizer que a escala deve ser condizente com a carga a ser aplicada. Escolher uma que permita leituras de uma em uma ou, duas em duas toneladas; aplicar inicialmente uma pequena carga no macaco. Isto posto, verificar se não há vazamentos na mangueira e acoplamentos, finalizando esta etapa com o alívio do macaco; aplicar pequenos estágios de carga na prensa. Para cada estágio aplicado, são feitas leituras paralelas no manômetro do macaco, até o limite de carga do sistema; repetir este procedimento por 3 vezes, tirando-se a média dos valores de pressão lidos no manômetro; plotar um gráfico (em papel milimetrado), onde na abcissa estejam os valores de pressão do manômetro (lidos) e, na ordenada, as cargas correspondentes.

Desta forma, para qualquer valor de pressão aplicada durante a operação de macaqueamento, conhecer-se-á o valor da carga correspondente. Sempre que se faz necessário o macaqueamento de uma determinada peça de uma estrutura, há de se considerar a sua rigidez e interferências, de forma que o deslocamento imposto não venha a causar danos na própria estrutura ou nos elementos de vedação (alvenarias, esquadrias, etc.). Em vãos isostáticos de pontes, por exemplo, o macaqueamento pode atingir valores da ordem de centímetros, sem causar qualquer tipo de dano à estrutura. Já, em estruturas hiperestáticas ou com diversas interferências, o levantamento recomendado é o menor possível, cerca de 1 a 2 mm. Nestes casos, o controle visual das deformações não é possível, devendo-se para tanto lançar mão de instrumentos de precisão, os deflectômetros. Deflectômetros (também conhecidos por relógios comparadores ou extensômetros mecânicos) são instrumentos que permitem a leitura de deformações de até 0,001 mm, sendo portanto bastante sensíveis e merecendo todo o cuidado no seu manuseio. Recomenda-se, no caso presente, a utilização de deflectômetros com precisão mínima de 0,1 mm e curso da ordem de 50 mm. Estes deflectômetros devem ser em número de quatro, devendo ser instalados nas juntas de dilatação, sobre as vigas.

Antes do início da operação de macaqueamento propriamente dita, são as seguintes as providências a tomar: Eliminar os vínculos existentes, que de alguma forma possam impedir a livre movimentação da estrutura; Verificar e corrigir, caso necessário, a verticalidade do sistema; Verificar e corrigir, caso necessário,

excentricidades entre a os macacos e vigas, bem como dos calços rosqueados, chamando a atenção para o fato de que estes últimos devam ter curso suficiente, de forma a permitir o seu ajuste durante a operação; Verificar o perfeito funcionamento dos dispositivos de controle das deformações; Verificar a existência de vazamentos de óleo, em especial nos engates da mangueira.

A operação de macaqueamento em si, geralmente, nada mais é do que a transferência de carga dos aparelhos de apoio metálicos para os macacos hidráulicos, através da aplicação de carga neste. No caso presente, tratando-se de elementos isostáticos, não se faz necessário o macaqueamento simultâneo em ambos os apoios de uma mesma viga. Entretanto, é de fundamental importância que a operação seja realizada simultaneamente nas três vigas longitudinais, sempre com o rigoroso controle dos deslocamentos, que devem ser idênticos nos três apoios.

A operação de macaqueamento propriamente dita é iniciada com a aplicação do primeiro estágio de carga. Os estágios de carga devem ser definidos em função da escala do manômetro, ficando no caso presente em torno de 20 tf. Aplicado o primeiro estágio, procede-se à leitura obtida em cada um dos relógios comparadores, ao mesmo tempo que se ajusta a rosca de cada macaco, podendo ocorrer uma ligeira queda na pressão indicada no manômetro.

Aplica-se o segundo estágio, repetindo a operação acima descrita e, subseqüentemente outros tantos, até que se obtenha o resultado desejado, cerca de 30 mm em cada um dos apoios. O número de vezes em que será necessário repetir a operação é indeterminado, dependendo do ajuste dos tirantes e calços, além da deformabilidade do sistema. Estará terminada a etapa de macaqueamento, quando os deflectômetros indicarem a deformação desejada, no caso, de 30 mm. À medida que o tabuleiro se desloque, é preciso que as roscas sejam ajustadas, preservando sempre a segurança desejada.

Embora toda a operação de macaqueamento tenha sido planejada, com os deslocamentos diferenciais sempre dentro de limites plenamente seguros e aceitáveis, há de se considerar a hipótese de ocorrência de problemas não previstos. Assim sendo, é imperioso que tais serviços sejam feitos por profissional experiente, o qual deverá acompanhar, não só os valores de deslocamentos impostos à estrutura, mas principalmente a pressão manométrica, a qual é um claro indício

da saúde da operação. Mais ainda, durante toda a operação, devemos ter constante vigilância para a detecção de eventuais anomalias, tais como fissuras, em especial nas proximidades dos apoios e no terço central do vão de cada viga. A constatação da ocorrência de fissuração deve motivar a paralisação de toda a operação, sendo a continuidade da mesma dada somente pelo projetista, após criteriosa análise dos fatos.

Os aparelhos de apoio de elastômero deverão atender às especificações de projeto. Para a retirada do aparelho de apoio existente poderão ser utilizadas ferramentas manuais, elétricas ou pneumáticas. É obrigatório que as juntas de dilatação, bem como as superfícies de apoio estejam limpas antes do início dos procedimentos colocação do novo aparelho. Especial cuidado deve ser dado ao assentamento da placa, devendo o contato com o concreto se fazer através de superfícies horizontais de esmerado acabamento.

Os consoles metálicos e viga de reação serão removidos com utilização de guincho tirfor e caminhão equipado com guindaste hidráulico. Após a retirada das barras, os furos deverão ser preenchidos com grout autodensável. Para aplicação do grout, o substrato deverá estar limpo e livre de partículas soltas, poeira, óleos e outros agentes contaminantes. Antes da aplicação do grout, saturar a superfície preparada com água evitando-se empoçamentos e deixando-a na condição de “saturada e seca”. O grout a ser aplicado é preparado com auxílio de misturador mecânico. Após 24 horas serão retiradas as formas. Após a desforma, aplicar cura úmida por 03 dias.

As formas in loco poderão ser todas de madeira. Poderão ser empregadas tábuas de madeiras ou chapas de madeira prensada para os painéis. O sistema de formas deverá ser totalmente estanque. A superfície não confinada deverá ser mínima. As formas da viga transversina deverão apresentar “cachimbo” (funil alimentador) para facilitar o lançamento do grout e o total preenchimento do vão. Na parte inferior da forma, recomenda-se deixar pelo menos 1 furo para a drenagem da água de saturação.

A armação a ser empregada no concreto armado será sempre de aço CA-50.

As barras longitudinais das vigas poderão ser emendadas de tampo por caldeamento, obedecendo ao disposto no item 6.3.5.4 da NBR-6118. Especial cuidado deverá ser observado na emenda e dobramento da barras. O recobrimento mínimo das armaduras será de



05 cm. O recobrimento será obtido usando-se espaçadores de concreto da mesma dosagem do concreto a ser empregado na estrutura. Poderão ser usados espaçadores de plástico, desde que os mesmos garantam o recobrimento da armadura.

As barras quando da concretagem deverão estar limpas e isentas de qualquer substância prejudicial a aderência do concreto. O concreto a ser utilizado poderá ser usinado ou virado na obra. Quanto aos materiais constituintes somente poderão ser usados cimentos que obedeçam às especificações da ABNT, bem como as mesmas deverão ser observadas no que diz respeito aos agregados grandes e miúdos.

A água destinada ao amassamento do concreto deverá ser limpa e isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas. Poderão ser usados aditivos, desde que justificado o seu uso. Deverá ser usada dosagem experimental a fim de se estabelecer o traço de concreto para que este tenha a resistência e a trabalhabilidade previstas. Os consumos mínimos de cimento por m<sup>3</sup> de concreto bem como as resistências últimas e compressão são os seguintes: - concretos estruturais - 400 kg/m<sup>3</sup> -  $f_{ck} = 400 \text{ kgf/cm}^2 = 40 \text{ MPa}$ . O fator água/cimento não poderá ser maior do que 0,35.

O preparo do concreto será obrigatoriamente mecânico. Não será permitido o amassamento manual. Os componentes serão cimento Portland, água e agregados miúdo e graúdo. O preparo mecânico, quando realizado no canteiro deverá durar, sem interrupção, o tempo necessário para permitir a mistura de todos os elementos, inclusive os eventuais aditivos. O transporte do concreto será feito de modo tal que não haja desagregação ou segregação dos seus elementos ou perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação. O concreto deverá ser de preferência lançado logo após o preparo, não sendo permitido entre o fim deste e o lançamento, intervalo superior a uma hora. Os concretos das superestruturas deverão ser adensados por meio de vibração. As camadas de concreto deverão ter espessuras de aproximadamente 3/4 do comprimento da agulha do vibrador.

Quando o lançamento do concreto for interrompido, formando uma junta de concretagem, deverão ser tomadas as precauções necessárias para garantir, ao reiniciar-se o lançamento, a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho. Antes de reiniciar-se o lançamento deverá ser removida a nata e feita a limpeza da superfície da junta. Em seguida esta deverá ser umedecida, porém

nunca encharcada, a fim de não ser alterado o fator água/cimento do concreto a ser lançado. A proteção contra a secagem prematura do concreto deverá ser feita pelo menos durante os 03 primeiros dias após o lançamento do concreto. Poderá ser realizada mantendo-se umedecida as superfícies das estruturas ou protegendo-as com uma película impermeável.

Colocação de fôrma em perfil de madeira na junta, visando garantir a distância necessária entre os novos berços (largura da junta de dilatação projetada). Colocação de armadura positiva para do berço, composta por uma tela de aço soldada, com barras de diâmetro 5,0 mm a cada 10 cm, nas duas direções (tela Q196 ou equivalente em painéis). Colocação de barras de ligação horizontais a cada 20 cm, com aço CA-50 e diâmetro 6,3 mm, coladas com adesivo estrutural, com o objetivo de ligar a estrutura existente à estrutura do novo berço. As barras de ligação devem penetrar, no mínimo, 5 cm nas laterais da estrutura existente. Colocação de armadura negativa do novo berço, devidamente amarrada e nivelada, visando garantir um cobrimento na face superior do novo berço de no mínimo 3 cm, composta por uma tela de aço soldada, com barras de diâmetro 5,0 mm a cada 10 cm, nas duas direções (tela Q196 ou equivalente em painéis). Limpeza do local com jateamento de ar, sendo eliminados todos os detritos provenientes dos serviços executados até este momento. Jateamento com água, limpando e umedecendo todo o local onde será concretado. É importante que não seja verificado nenhum acúmulo excessivo de água no local, após esta limpeza. Aplicação de adesivo estrutural à base de resina epóxi de consistência fluida, nas laterais da estrutura que servirá de base para o novo berço, com o objetivo de promover a aderência do concreto antigo ao concreto novo. Deve-se atentar para o tempo de manuseio desse material, conforme especificação do fabricante. Concretagem do novo berço, utilizando microconcreto rápido para reparos em pisos, tipo Rapflex 10 da Bautech ou similar. O concreto deve ser vibrado de forma a garantir a eliminação do ar existente na mistura. Seu acabamento deve ser manual ou por meios mecânicos, garantindo o nivelamento e a rugosidade adequados para o pavimento. A Concretagem deve ser executada antes do endurecimento do adesivo estrutural, aproximadamente 30 minutos.

Aplicação de produto químico visando evitar a evaporação da água da mistura (cura do material), assim que for verificado o

endurecimento do concreto. Deve ser aplicado um agente de cura para concreto e argamassas tipo Bautech Cure (emulsão polimérica), da Bautech ou similar. Retirada cuidadosa da forma (perfil de madeira) utilizada entre os berços e limpeza do local da junta de dilatação, assim que for observado o início do endurecimento do concreto (aproximadamente após 30 min do início do lançamento).

Os consoles metálicos e viga de reação serão removidos com utilização de guincho tirfor e caminhão equipado com guindaste hidráulico. Concluída a recomposição do berço, será executado a colocação de um “corpo de apoio” para a aplicação da junta seladora. Para o preenchimento da junta de dilatação deve ser utilizado, como apoio do produto selante, um tarucel de polietileno, de poliuretano ou um produto similar. Em seguida será executado a aplicação de junta selante, moldada “in loco”, monocomponente, secativa e aplicada a frio, com um fator de forma aproximado de 2:1 (altura, largura) com no mínimo 50 mm de altura.

## **CONCLUSÃO**

Em qualquer edificação, uma das principais preocupações é a eficácia da estanqueidade da cobertura, que, entre todos os elementos do edifício é o que se encontra mais exposto à intempéries. É necessário impermeabilizar todas as regiões que entrarão em contato com a água. Caso contrário poderá ocorrerem vazamentos. O processo de impermeabilização, para ser executado com sucesso, depende de muitos fatores, que vão da fase da concepção do projeto até a manutenção do imóvel em toda sua vida útil. Qualquer desatenção pode representar uma falha, e dependendo da fase em que tenha ocorrido, poderá prejudicar o projetista, o construtor ou mesmo o usuário final, ou a todos, se a solução projetada não for a mais adequada para a situação.

Em relação aos custos para a construção civil, a execução da impermeabilização de forma correta, é mais econômica e menos onerosa do que a correção de futuras infiltrações, umidades e patologias gerais. Neste trabalho abordamos a utilização de impermeabilização através da aplicação de manta asfáltica. O entendimento de suas propriedades e do modo executivo, são imprescindíveis para que o Engenheiro possa indicar a melhor solução

e executar corretamente a impermeabilização, a fim de evitar o surgimento de patologias.

É muito difícil que uma edificação não tenha problemas em relação à ação da umidade. Eles estão presentes em todas as etapas da vida de uma edificação, que vão do projeto até a manutenção. Não existe solução mais eficiente do que a prevenção. Corrigir erros na fase de projeto é primordial. Uma impermeabilização bem executada pode evitar problemas com a umidade, entre outros. A impermeabilização deve ser muito bem escolhida e estudada, pois reparos e uma nova aplicação são onerosos. Percebemos que é frequente o erro de muitas empresas em não acreditar que a impermeabilização é um sistema necessário. Tal crença gera gastos superiores na substituição que na primeira impermeabilização (é necessário refazer jardins, calçamento, etc).

O Elevado do Joá possui patologias comuns em obras de arte do mesmo tipo. A sua estrutura está comprometida principalmente em seus dentes Gerber, afetando toda a sua sustentação. Trata-se de um problema grave de infraestrutura, cuja negligência pode trazer sérias consequências para a cidade do Rio de Janeiro e para o país.

Entretanto, não seria essa uma tragédia anunciada? Este não se apresenta como um problema cujo início se deu na atual gestão municipal. Como bem aponta o estudo realizado pela COPPE, os problemas estruturais do Elevado do Joá começaram há mais de 40 anos, com a sua inauguração.

Desde lá não existe registro de inspeções técnicas ou de obra de manutenção. A consequência de décadas de omissão é um parecer técnico alarmante, com recomendações que recomendam prudência e poderiam indicar até a interdição da via. Além de oferecer perigo aos motoristas de passageiros que transitam no Elevado do Joá, a falta de conservação trará um grande ônus ao governo municipal, considerando o alto custo de uma recuperação emergencial. Caso a manutenção seja esquecida, talvez o problema ocorra a cada década, uma vez que a atual obra não é de reconstrução, mas de reparação de patologias já existentes. Parece prudente que se fiscalize periodicamente as estruturas com o objetivo de assegurar a manutenção da via. Entretanto, fiscalizações periódicas de construções públicas não possuem nenhum valor midiático ou eleitoral e esse acompanhamento pode permanecer como um ideal enquanto

não existir uma lei que obrigue as prefeituras a fiscalizar periodicamente as obras de arte da cidade.

## REFERÊNCIAS

1. RAÚJO, M.A.C.S. Materiais impermeabilizantes: Como diminuir perdas. in: Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. São Paulo, SP. set. 1993 p. 293-302.
2. AZEVEDO, Antonio Carvalho de. O Preço da Impermeabilização. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 8., São Paulo, setembro de 1993. p. 17-20.
3. CORRÊA, Ederson Souza. Patologias decorrentes de Alvenaria Estrutural. Trabalho de Conclusão de curso apresentado para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil na UNAMA - Universidade da Amazônia, 2010.
4. CUNHA, Aimar G. da; NEUMANN, Walter. Manual de impermeabilização e isolamento térmico: como projetar e executar. 5. ed. Rio de Janeiro: Taxsa, 1979.
5. DINIS, Henrique. A impermeabilização e o usuário – Proposta para classificação dos sistemas impermeabilizantes, segundo suas características físico-mecânicas e de aderência ao substrato. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 10., São Paulo, novembro de 1997, p. 224-235.
6. KLEIN, D. L. Apostila do Curso de Patologia das Construções. Porto Alegre, 1999 - 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.  
LERSCH, I. M. Contribuição para a identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
7. NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
8. NBR 9952: Manta asfáltica como armadura para impermeabilização – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

9. PICCHI, Flávio Augusto. Impermeabilização de coberturas. São Paulo: Pini, 1986.
10. PORCELLO, Ernani Camargo. Impermeabilização. Porto Alegre, 1997, 75p. Apostila do curso de extensão universitária - Escola Politécnica da PUC, Rio Grande do Sul.
11. PORCELLO, Ernani Camargo. Impermeabilização. Porto Alegre, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola Técnica de Engenharia Civil, 1998.
12. QUERUZ, F. Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga. *Santa Maria*: UFSM, 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
13. SCHLAEPFER, C. Bernardo R.; CUNHA, Roberto da. Impermeabilização e Recuperação Estrutural. Rio de Janeiro, Sika do Brasil S/A, 2001.
14. SCHMITT, Carin Maria. Impermeabilizações de Coberturas. Porto Alegre, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.
15. SILVEIRA, M.A. Impermeabilizações com cimentos poliméricos. *Téchne*, São Paulo, n. 54, p. 108-110, set. 2001.
16. STORTE, Marcos et al. Variación de las propiedades físicas de las mantas asfálticas respecto del cambio de las materias primas que la componen. In: 10º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. São Paulo, 1997.
17. ULSAMER, Federico. *Las Humedades en la Construcción*. Barcelona, Ediciones CEAC, 1989, 223p.
18. VERÇOZA, E. J. *Patologia das Edificações*. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.