



15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil

**A IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO EM
ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Paulo Helene
PhD Engenharia

Realização:
 Instituto de
Impermeabilização

Conceitos

As estruturas devem ser adequadas para sua correta utilização durante a vida útil de projeto VUP:

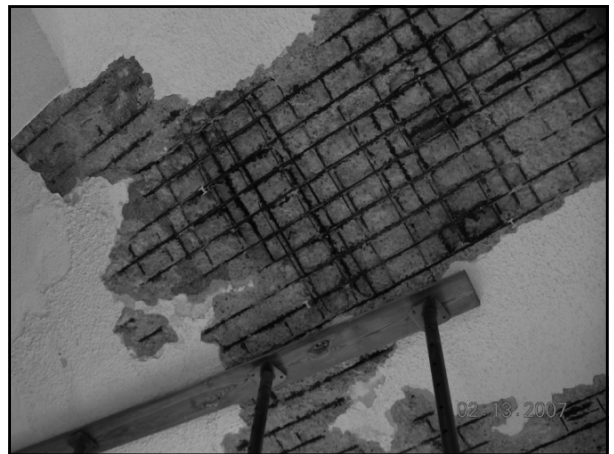
- ✓ Seguras
- ✓ Funcionais
- ✓ Resistir incêndio
- ✓ Duráveis
- ✓ Bonitas
- ✓ Sustentáveis

Conceitos

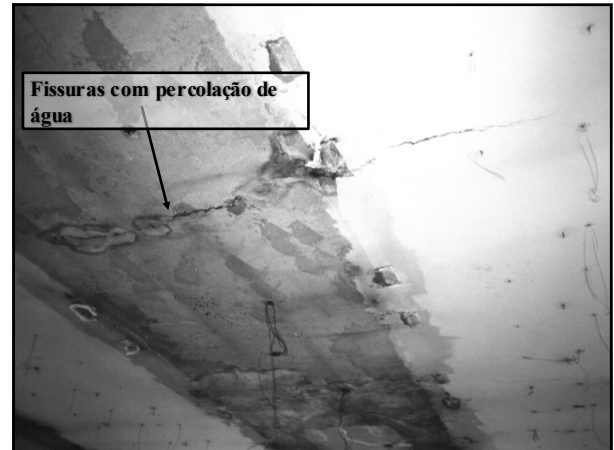
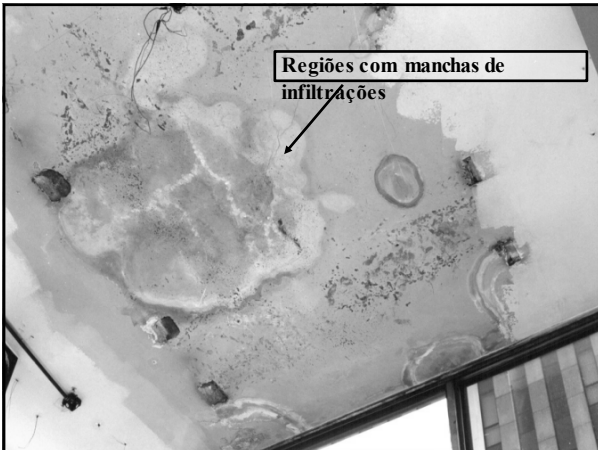
As estruturas devem ser adequadas para sua correta utilização durante a vida útil de projeto VUP:

- ✓ Seguras
- ✓ Funcionais
- ✓ Resistir incêndio
- ✓ **Duráveis**
- ✓ **Bonitas**
- ✓ Sustentáveis









ABNT
NBR 6118

Estrutura

- a) prever drenagem eficiente (*o problema é a água*);
- b) evitar formas arquitetônicas e estruturais inadequadas;
- c) garantir concreto de qualidade apropriada, particularmente nas regiões superficiais dos elementos estruturais;
- d) garantir cobrimentos de concreto apropriados para proteção às armaduras;
- e) controlar a fissuração das peças;
- f) prever revestimentos protetores (*impermeabilização*); e
- g) definir um plano de inspeção e manutenção preventiva.

Estruturas de Concreto

Conceitos

- ✓ **Envelhecimento natural** *previsto; não incomoda*
- ✓ **Envelhecimento precoce** *não previsto; caro*
- ✓ **Durabilidade em uso** *manutenção*
- ✓ **Projeto de manutenção** *saber fazer e bem realizar*

Mecanismos de Deterioração e Envelhecimento

Aço / Armadura

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

Concreto

- ✓ lixiviação → água, chuva ácida e ácidos
- ✓ expansão → sulfatos e AAR
- ✓ intemperismo → fungos, fuligem

Estrutura

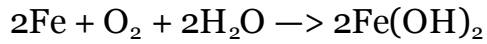
- ✓ Fissuras, deformações, ações mecânicas, movimentos térmicos, impactos, ações cíclicas, retração, fluência, relaxação, ...

Aço → Corrosão por carbonatação

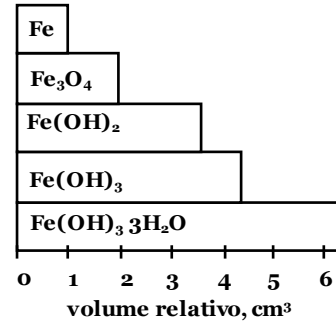
Grelha da Civil demolida

CORROSÃO DE ARMADURAS

- Condições para ocorrência no concreto
- Oxigênio + “água” → “ferrugem”



Produtos da Corrosão



Concreto
✓ lixiviação

Percolação ou movimento da água nos poros do concreto carreando substâncias solúveis, principalmente o Ca(OH)₂



Concreto → *Lixiviação* (água de chuva)



Cobertura do Prédio da FAU-USP



Edifício da Engenharia Civil POLI.USP

Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado AAR

Manifestação:

- Fissuras mapeadas;
- Presença de gel





Concreto
 ✓ intemperismo → fungos

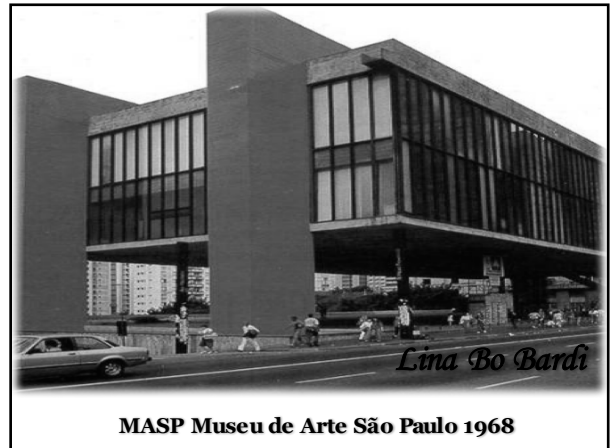
Fatores decisivos que influenciam o surgimento e a proliferação dos fungos

Fator de influência	Parâmetros	Unid.	Intervalo para o crescimento		Comentários
			Mínimo	Máximo	
Temperatura	Temperatura superficial da parede	°C	-8	60	Depende da espécie de fungo e da fase de desenvolvimento (germinação de esporos ou crescimento de micélios)
Umidade	Umidade relativa próxima à superfície	%	70*	100	Os nutrientes podem ser encontrados em resíduos de sujeira
Substrato	Nutrientes e teor de sal	-	-	-	O pH também depende da umidade relativa e da temperatura do ar e é influenciado pelos fungos.
Ambiente	pH na superfície	-	2	11	
Tempo	Quantidade de horas por dia	h/d	1	-	Depende da temperatura e umidade
Atmosfera	Quantidade de oxigênio	%	0,25	-	Sempre presente

Fonte: modificado de Seidlbauer (2001).
 Nota: *Há um tipo de fungo conhecido (Xeromyces) cujo crescimento pode ocorrer a partir de uma umidade relativa de 45%.
<http://www.scielo.br/jpd/fac/v.12n.4/oa.p df>



Concreto → *intemperismo*
fungos, poeira, fuligem



MASP Museu de Arte São Paulo 1968

Normalização

ISO 16204:2012 Durability - Service life design of concrete structures
Estabelece 4 alternativas para verificar VUP:

The avoidance-of-deterioration method. *Método baseado na proteção da estrutura, impedindo o contato com o meio agressivo*

IMPERMEABILIZAÇÃO

qual o significado de impermeabilização ?

existe material impermeável à água e aos gases?



parede de 0,5 mm, selado, vidro comum = 480 anos para descer 10 mm

...então todos os produtos e sistemas dito “impermeáveis” são, na verdade, permeáveis ?

...sim e muitos deles com permeabilidade inferior à de uma parede de concreto.

comparativo com água

Pintura acrílica → 8cm 20MPa e 2cm 50MPa
 Poliuretano → 25cm 20MPa e 4cm 50MPa
 Epóxi → 30cm 20MPa e 5cm 50MPa
 Poliuréia → 35cm 20MPa e 7cm de 50MPa
 Manta PVC → 28cm 20MPa e 4cm 50MPa
 Manta betume → 10cm 20MPa e 2cm 50MPa

ABNT NBR 12655

Tabela 3 – Requisitos para o concreto, em condições especiais de exposição

Condições de exposição	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal	Mínimo valor de f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Condições em que é necessário um concreto de baixa permeabilidade à água, por exemplo, em caixas d'água	0,50	35
Exposição a processos de congelamento e descongelamento em condições de umidade ou a agentes químicos de degelo	0,45	40
Exposição a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sais, água salgada, água do mar, ou respingos ou borrifação desses agentes	0,45	40

ABNT NBR 12655

Tabela 4 – Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa ^c	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

^a Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

^b A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

^c Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

... então porque com concreto armado e protendido em geral nunca funciona ?

Reservatórios de água

Piscinas

Coberturas

Pontes

Túneis



Reservatórios de água

Piscinas

Coberturas

Pontes

Túneis





Reservatórios de água

Piscinas

Coberturas

Pontes

Túneis


O descaso estragou São Paulo

Há mais de um ano a prefeitura soube que a Ponte dos Remédios estava com problemas em sua estrutura. Não a consertou, mas avisou o DER, que também não fez nada. Quando a ponte deu sinais de que poderia ruir, na semana passada, a Marginal Tietê foi interditada e instalou-se o caos na cidade inteira.

Pág. 12

A Ponte dos Remédios, com seus 360 metros, foi construída, em 1970, com tecnologia inovadora, a do concreto protendido. Na semana passada, depois de quase três décadas sem a manutenção do governo estadual ou da prefeitura e recebendo a carga pesada de caminhões rumo à Ceagesp, ela começou a rachar como um biscoito. A Marginal do Tietê foi interditada para que o movimento dos carros não aumentasse as fissuras. Uma das vigas de sustentação teve dez dos 44 cabos rompidos em três pontos distintos. Estavam oxidados pela infiltração de água das chuvas em microfissuras da parede. Na maior parte das fendas havia espaço suficiente para deixar passar as pernas de um garoto de 12 anos

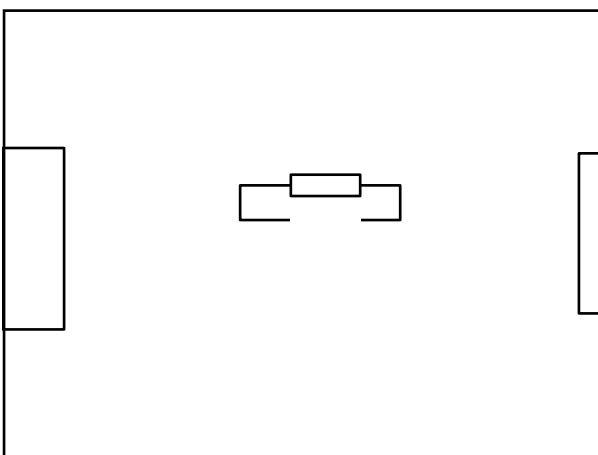
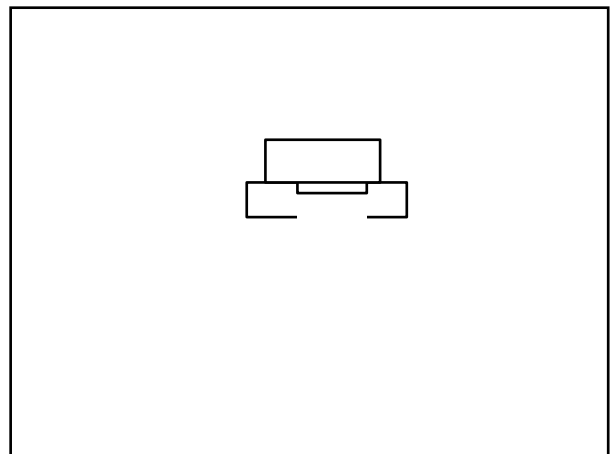
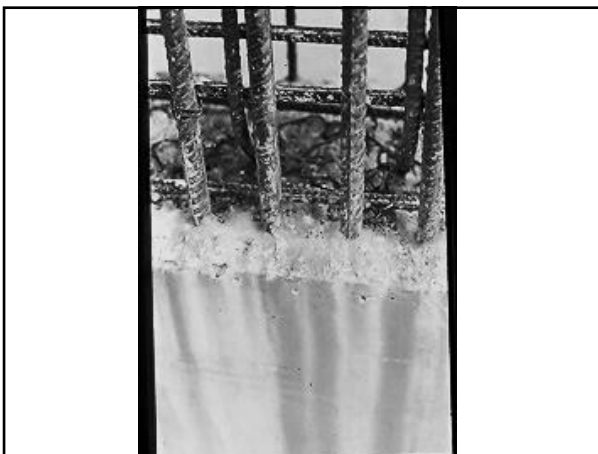
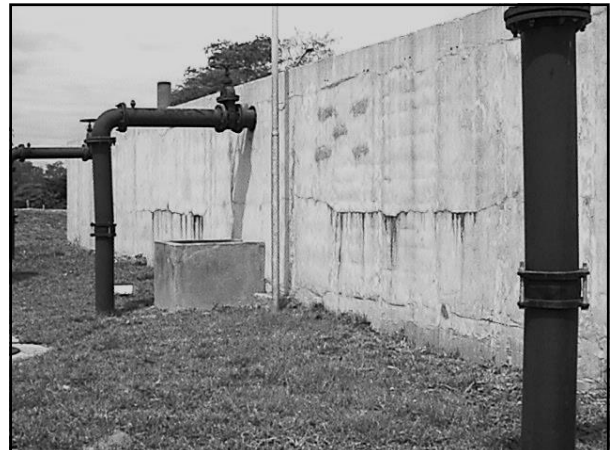
Concreto → Lixiviação (água)



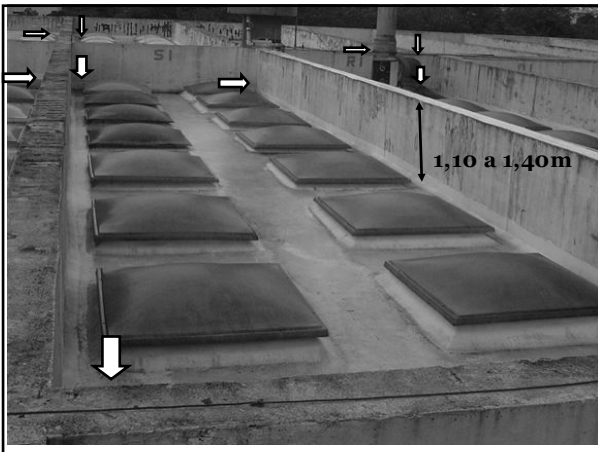
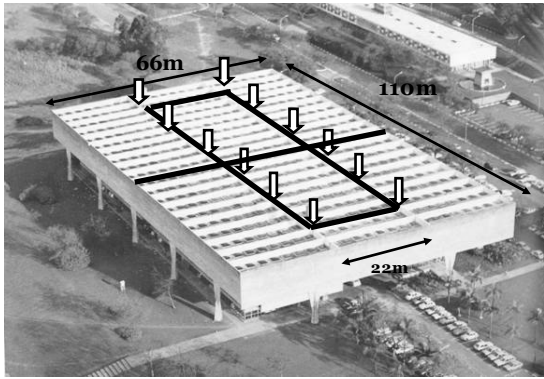
PROBLEMA
quase insolúvel

ESTANQUEIDADE!

**impermeabilidade do concreto
versus
estanqueidade da estrutura**



Edifício Sede da FAU.USP, em São Paulo, 1969

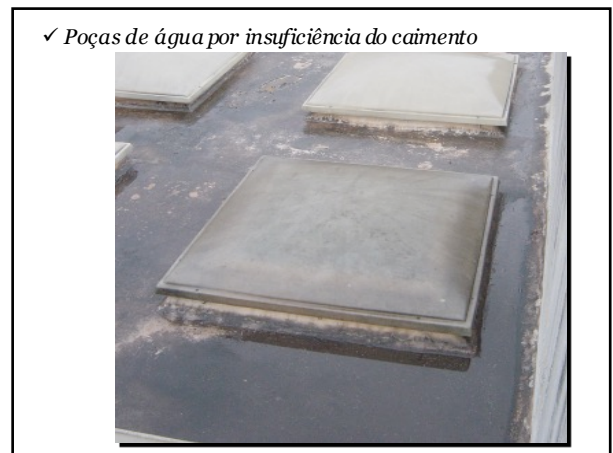
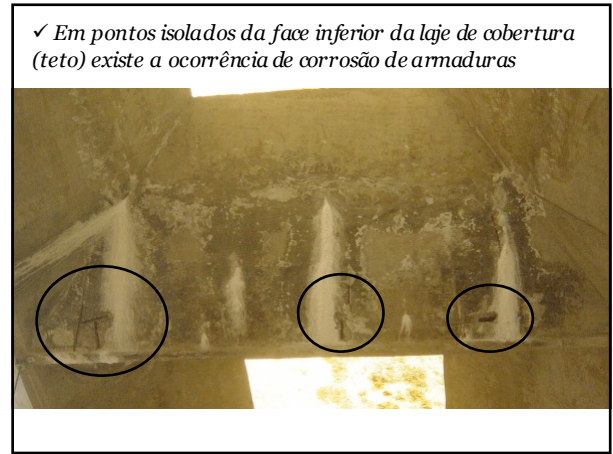


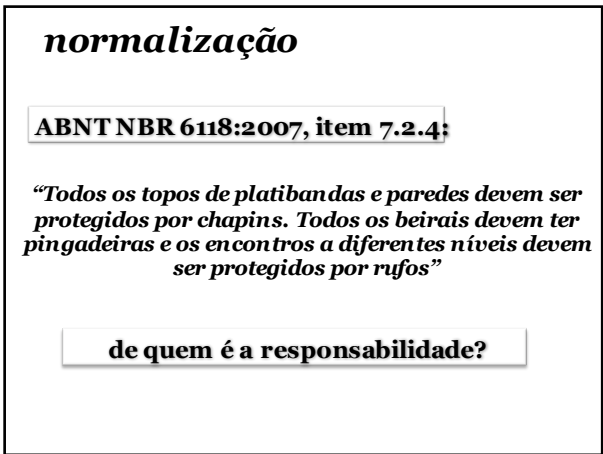
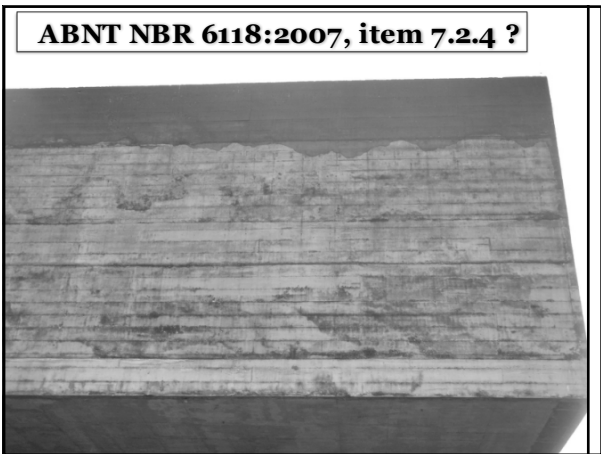
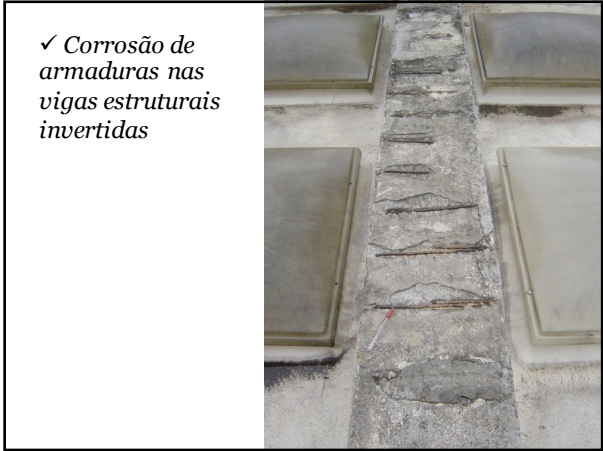
Problemas Observados



✓Ocorrência generalizada de eflorescências e estalactites na face inferior da laje estrutural de cobertura



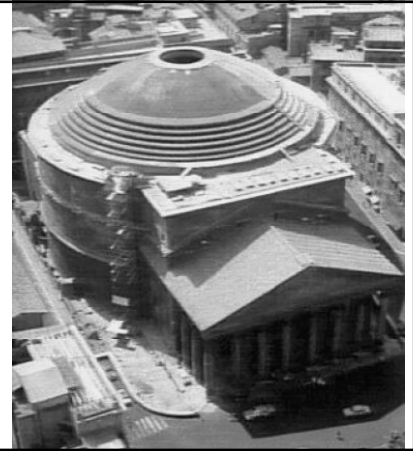




Não existe material de construção mais durável que o concreto!

Somente algumas rochas têm a mesma durabilidade

Panteão de Roma



Cúpula do Panteão de Roma
Século II dC → Diâmetro de 44m



Conceitos

✓ **Impermeabilidade é diferente de estanqueidade**

✓ **Material é diferente de estrutura**

Conceitos

✓ Não existe panacéia universal nem solução “definitiva”. A solução definitiva é saber conviver com o problema.

✓ Deve ser implementado um programa de manutenção permanente (*jardineiro*)

Solução Corretiva

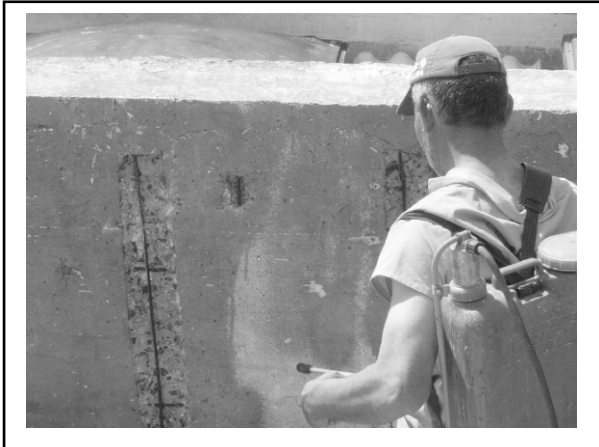
- Acessos / Segurança
- Estanqueidade juntas
 - Proteção
- Reabilitar a estrutura
- Estanqueidade lajes



Alternativas para obter Estanqueidade *(impermeabilização)*

- Silicato de sódio (incorporada)
- Manta PVC (não aderente)
- Poliuréia (aderente)

Impermeabilização da laje Silicato de sódio *(incorporada)*

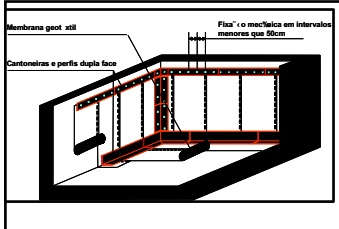


Impermeabilização da laje
Manta PVC
não aderente



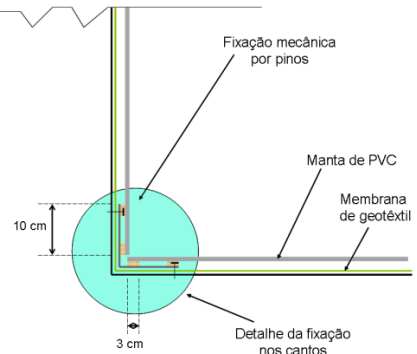
Alternativa com manta de PVC

Fornecimento e aplicação da manta de PVC



- Geotêxtil de 150g/m², 3mm
- fixações mecânicas,
- perfil metálico com dupla-face (alumínio e PVC)
- manta de PVC reforçada com malha de poliéster na espessura de mínima de 1,2mm.

Detalhe da fixação da manta de PVC nos cantos em 90°



aplicação manta



aplicação manta

Alternativas (não aderente)

manta de PVC reforçada com malha de poliéster na espessura de mínima de 1,2mm



aplicação manta



Equipamento para soldagem dupla de dois panos de manta (que tem largura de 2m)

Revestimento Poliuréia

sistema elastomérico de alta espessura (>1,5mm), à base de poliuréia pura isento de solventes.

sistema aderente

Alternativa com revestimento base poliurea

- Regularização da superfície;
- Cura úmida por aspersão de água;
- Limpeza do substrato.

Alternativa com revestimento base poliuréia



Air Less bi-componente⁷ de pressão mínima de 3.500 psi e temperatura mínima de 75°C

Manutenção preventiva

Manutenção preventiva

- ✓ Reparos estruturais → Realizar reparos a cada 5 anos. Admite-se que eventualmente 5% das áreas reparadas apresente algum tipo de reincidência ou que surjam novos pontos.
- ✓ Juntas de dilatação → pequenos reparos a cada 5 anos. Renovação a cada 15 anos.
- ✓ Sistema de proteção superficial da face inferior de laje → Renovação a cada 5 anos.

Manutenção preventiva

- ✓ Sistema de impermeabilização com revestimento de poliuréia → deve ser realizada limpeza semanal e renovação a cada 15 anos.
- ✓ A água empoçada deve ser rotineiramente direcionada para os ralos, e pulverizado cal para matar insetos. (FAU.USP)
- ✓ Sistema duplo de proteção superficial da empena perimetral → deve ser realizada limpeza anual e renovação do verniz à base de resina acrílica 100% pura a cada 5 anos.

Manutenção preventiva

Manual de Utilização, Inspeção e Manutenção com base nas prescrições das normalizações nacionais :

ABNT NBR 5674 - Manutenção de edificações – Procedimento

ABNT NBR 14037 - Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação

CONCLUINDO

projetar e construir estruturas de concreto estanques e duráveis depende:

- ✓ especificação correta (desempenho);
- ✓ projeto bem detalhado;
- ✓ preço unitário justo;
- ✓ dosagem / controle racional;
- ✓ treinamento dos operários;
- ✓ projeto de impermeabilização;
- ✓ fiscalização
- ✓ manutenção

CONCLUINDO

1. *Alcançar estanqueidade é o desafio.*
2. *Não existe panacéia universal.*
3. *Água é o problema a ser equacionado através de:*
 - ✓ projetar bem
 - ✓ construir bem
 - ✓ impermeabilizar bem
 - ✓ fazer manutenção periódica



15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil

OBRIGADO!



www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11.2501.4822 / 23
11.9.5045.4940

Patrocínio:



ExxonMobil



Realização:



Instituto de
Impermeabilização