



MANUAL

# RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO



## CONTATO

### Endereço

Estrada Municipal do Aterrado, 555  
Bairro Aterrado - CEP: 12610-518  
Caixa Postal 123 - Lorena/SP  
Penetron Brasil

### Atendimento digital

(12) 3159-0090

### Online

[atendimento@penetron.com.br](mailto:atendimento@penetron.com.br)

[www.penetron.com.br](http://www.penetron.com.br)

# Recuperação, proteção e manutenção de estruturas de concreto

O concreto é o segundo material mais consumido no mundo após a água. Ele possui alta durabilidade e versatilidade, permitindo construções moldadas *in loco*, por meio de concreto convencional, projetado e estruturas pré-fabricadas em plantas industriais. Neste manual, veremos diversas questões relacionadas à recuperação e proteção de estruturas de concreto.

Como todo material, o concreto se deteriora ao longo do tempo por conta de agentes de origem física, química e/ou biológica. Há causas de deterioração precoce com origens em: 1) fase de projeto, 2) fase de execução, 3) mau uso da estrutura, 4) falta de manutenção e 5) obsolescência. Por isso, as estruturas podem ter uma vida útil de serviço (VUS) menor que a vida útil de projeto (VUP).

Em cada uma dessas fases, podem ocorrer manifestações patológicas. Para que a estrutura retorne ao desempenho e proteção do projeto original, são necessárias ações de reparo na estrutura. As principais manifestações patológicas causam a corrosão do aço estrutural e o rompimento do concreto de cobrimento, podendo gerar sérios danos estruturais.

As intervenções de recuperação e manutenção são processos ainda artesanais que dependem da recomposição dos danos com materiais que possuam propriedades específicas. Vale destacar que as argamassas de reparo devem apresentar elevada aderência, resistências compatíveis com o concreto estrutural, baixa retração e baixa permeabilidade.

O estado da arte em desempenho das argamassas indica a necessidade de agregar propriedades autocicatrizantes ao concreto. Tais propriedades são produzidas por compostos químicos presentes em alguns produtos e por propriedades antimicrobianas de alguns aditivos especiais, ambos presentes no sistema de impermeabilização e proteção de estruturas de concreto da Penetron.

Para além das argamassas, as boas práticas da engenharia civil demandam técnicas e metodologias de preparo de superfície, aplicação, cura e liberação de operação para promover o bom resultado e desempenho final do reparo. É imprescindível o conhecimento da estabilidade da estrutura e/ou o acompanhamento de profissionais para orientar e acompanhar a execução.

Outro ponto fundamental é o fato de que, após a execução dos reparos, toda a superfície da estrutura deve ser protegida. Nesse sentido, a aplicação de sistemas que impeçam novamente o ingresso de umidade e agentes agressivos é indispensável. Mas vale destacar que cada sistema de proteção tem uma vida útil, exigindo manutenção programada, com reaplicação do sistema.

Este manual foi elaborado para oferecer orientações fundamentais em relação aos procedimentos de preparação de superfícies, desempenhos importantes dos materiais de reparo, técnicas de reparo e sistemas de proteção da estrutura. Lembrando que cada caso apresenta peculiaridades e, portanto, exige avaliações individualizadas.

Com o espírito de contribuir para o progresso compartilhando conhecimento, entregamos este Manual de Recuperação e Proteção de Estruturas de Concreto. Desejamos que seja uma leitura agradável e, ao mesmo tempo, uma fonte contínua de consulta para seguirmos cumprindo a excelência técnica e de qualidade características da Penetron em todo o mundo.

Boa leitura!



Cláudio Neves Ourives  
Engenheiro e CEO da Penetron Brasil

# SUMÁRIO

Clique para ir até a página

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. CAUSAS DE DANOS ÀS ESTRUTURAS DE CONCRETO</b>                                   | <b>6</b>  |
| 1.1. Principais causas de deterioração do concreto                                    | 7         |
| 1.2. Lei de Sitter: investir em prevenção é mais seguro e barato                      | 8         |
| <b>2. PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES</b>                                                   | <b>10</b> |
| 2.1. Geometria de reparos superficiais                                                | 10        |
| 2.2. Preparação de superfície da armadura exposta corroída                            | 11        |
| 2.3. Geometria de reparos profundos                                                   | 12        |
| 2.4. Elementos da preparação de superfície para aderência de materiais                | 13        |
| <b>3. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DAS ARGAMASSAS DE RECUPERAÇÃO</b>                  | <b>16</b> |
| 3.1. Ensaio para controle de qualidade das argamassas em estado fresco                | 16        |
| 3.1.1. Determinação do índice de consistência (Mesa de Flow) – NBR 13276              | 17        |
| 3.1.2. Tempo de pega por Gilmore – ASTM C 266                                         | 17        |
| 3.1.3. Método interno PENETRON - Expansão controlada                                  | 18        |
| 3.2. Ensaio para controle de qualidade das argamassas em estado endurecido            | 19        |
| 3.2.1. Resistência à compressão de argamassa de cimento hidráulico – ASTM C 109       | 19        |
| 3.2.2. Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear) – NBR 15261 | 20        |
| 3.2.3. Resistência potencial de aderência à tração – NBR 15258                        | 20        |
| 3.3. Ensaio de desempenho de argamassas em relação a agentes agressivos               | 21        |
| 3.3.1. Ensaio de absorção – NBR 9778:2005                                             | 22        |
| 3.3.2. Determinação de água sob pressão – NBR 10787:2011                              | 22        |
| 3.3.3. Autocicatrização – GB 18445/01                                                 | 22        |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.4. Difusão de cloreto – ASTM C 1556 e NT Build 492               | 22 |
| 3.3.5. Carbonatação – possibilidades de ensaios                      | 23 |
| 3.3.6. Resistência aos sulfatos – NBR 13583:2014 e NBR 15900:2009    | 23 |
| 3.3.7. Resistividade elétrica – AASHTO T 358-15 (2015) e ASTM C 1760 | 23 |

## 4. METODOLOGIAS DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

24

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Reparo superficial ou estucamento                                         | 25 |
| 4.2. Reparo localizado                                                         | 25 |
| 4.3. Reparo profundo                                                           | 27 |
| 4.4. Reparo de grandes áreas em concreto projetado com PENETRON ADMIX          | 28 |
| 4.5. Reparo em contrafluxo de água                                             | 29 |
| 4.6. Tratamento de fissuras passivas >0,2mm                                    | 30 |
| 4.7. Segregação profunda de difícil acesso                                     | 31 |
| 4.8. Tratamento de fissuras passivas $\leq 0,5$ mm                             | 32 |
| 4.9. Tratamento de fissuras passivas >0,5mm                                    | 33 |
| 4.10. Tratamento de fissuras passivas $\leq 0,4$ mm em lajes de estacionamento | 34 |
| 4.11. Tratamento de fissuras ativas com fluxo de água                          | 35 |

## 5. METODOLOGIAS DE PROTEÇÃO DO CONCRETO APÓS A RECUPERAÇÃO

36

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1. Proteção do concreto aparente                                           | 37 |
| 5.2. Proteção do concreto aparente, alvenaria e pedras                       | 38 |
| 5.3. Proteção química do concreto – pH 3 a 11                                | 40 |
| 5.4. Proteção química do concreto contra ácido sulfúrico em zona de gás pH<1 | 41 |
| 5.5. Proteção para durabilidade                                              | 41 |

## 6. METODOLOGIAS DE RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

42

6.1. Reparos superficiais

43

6.2. Reparos profundos

44

6.3. Reparos superficiais em grandes áreas

45

6.4. Proteção contra abrasão do piso e tratamento contra pó

46

6.5. Barreira de vapor para aplicação de pintura e revestimentos

47

## 7. SOLUÇÕES INOVADORAS DE PROTEÇÃO

48

7.1. Solução antimicrobiana para materiais de reparo

48

## 8. ANEXO: TABELA DE SOLUÇÕES PENETRON PARA RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS

49

- Obs.: em todos os itens quando são indicados produtos, veja a ficha técnica para demais informações sobre a aplicação.

As informações e as recomendações relacionadas com a aplicação e utilização final do produto são fornecidas de boa fé e estão baseadas em nossa experiência e no melhor do nosso conhecimento, porém, devem ser ajustadas a cada projeto, aplicação e principalmente às condições locais de aplicação no campo, das superfícies e do estado do material. A estrutura de concreto deverá estar de acordo com a norma NBR 6118 e atender aos requisitos do projeto estrutural e de execução de estruturas de concreto como preparação do concreto, lançamento, adensamento e cura adequada. Não nos responsabilizamos pela aplicação dos produtos "PENETRON" em construções que não atendam às boas práticas aceitas na engenharia e que não atendam ao projeto estrutural, devendo o concreto apresentar as resistências mecânicas de acordo com o projeto da estrutura. Recomendações verbais diferentes das contidas aqui não são válidas sem a confirmação por escrito da "PENETRON".

# 1 CAUSAS DE DANOS ÀS ESTRUTURAS DE CONCRETO

**O material de construção mais popular do mundo:** bilhões de metros cúbicos de concreto são lançados ou pré-moldados anualmente. Ele é usado em quase todo o tipo de projeto de construção. A qualidade do concreto é definida por dois elementos: estrutura e resistência. Estas características têm possibilitado projetos de estruturas atraentes que precisam ser duráveis e capazes de suportar ambientes extremos e/ou agressivos.

**Deterioração precoce:** infelizmente, o concreto é um material imperfeito. Há estruturas que se deterioram gravemente e apresentam falhas muito antes do final da vida projetada. Além disso, podem ocorrer manifestações patológicas decorrentes de falhas de projeto ou de execução, agressividade do meio ambiente ao concreto e às armaduras, além de uso inadequado da estrutura com cargas excessivas e choques.

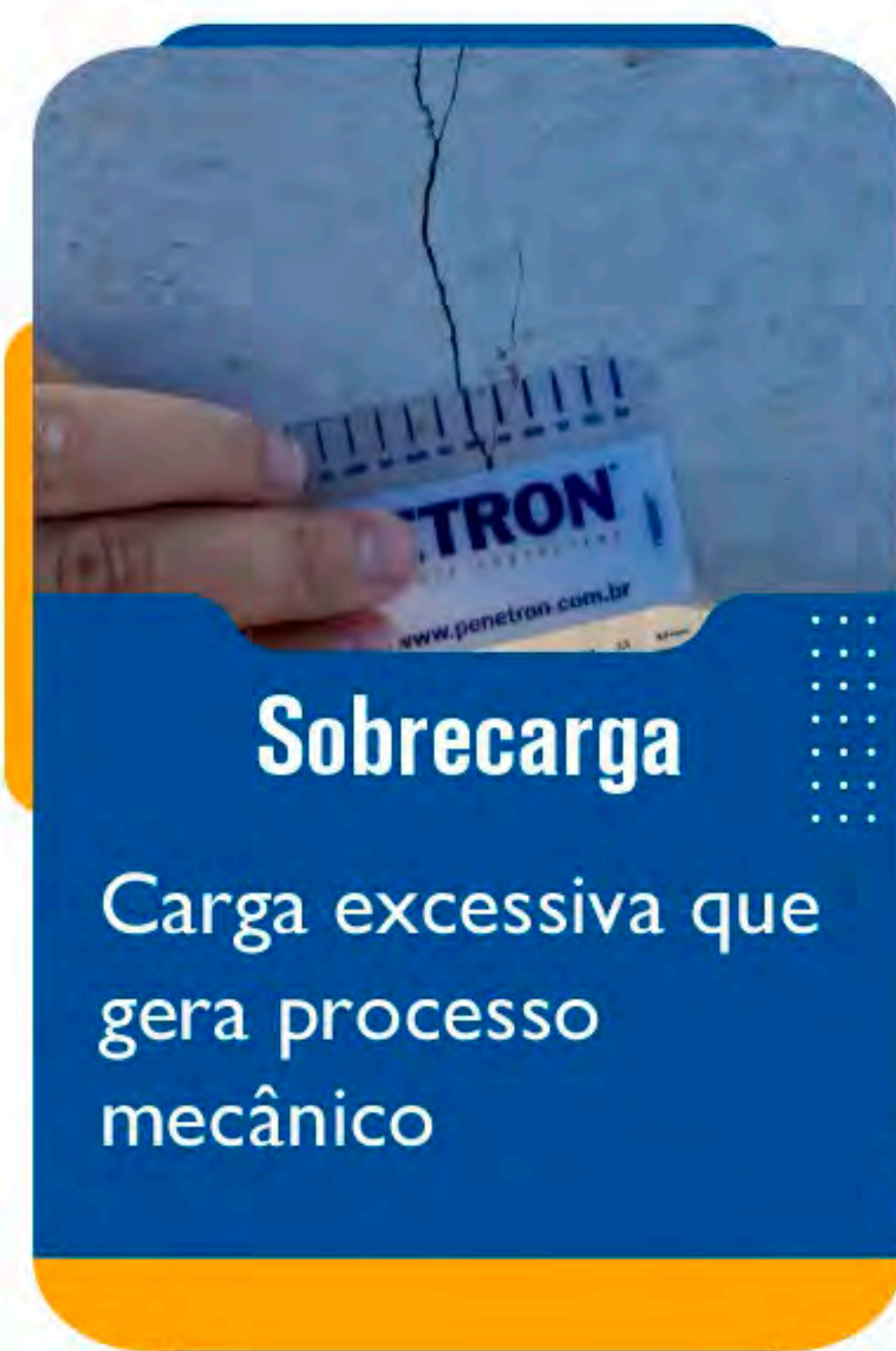
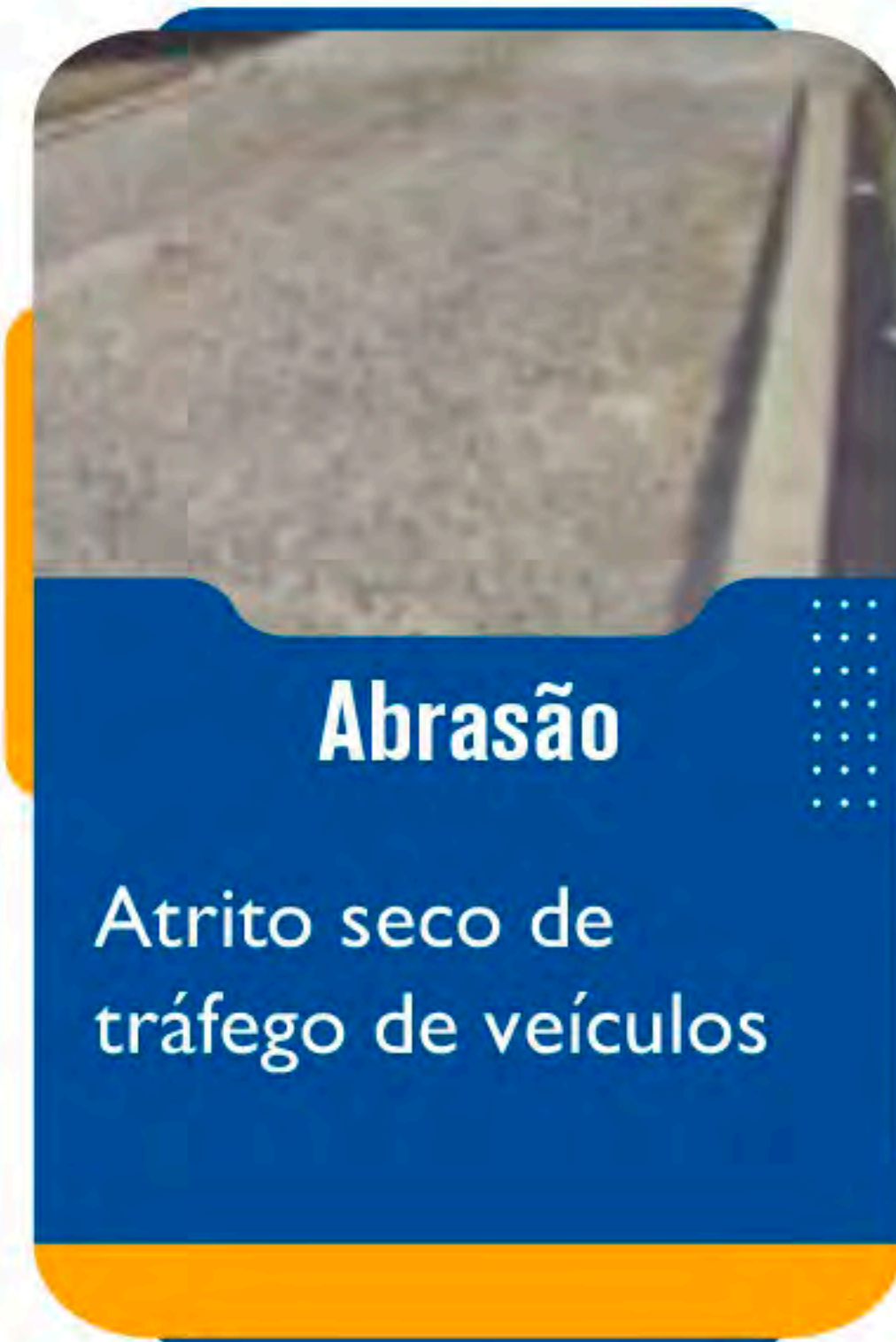
**Durabilidade:** para restabelecer as condições iniciais de vida útil estabelecida para a estrutura no projeto, o grupo de produtos para “Recuperação e Proteção de Estruturas de Concreto” da Penetron oferece proteção adicional por meio de reparos das regiões deterioradas com argamassas de alto desempenho e sistemas de proteção que interagem perfeitamente com o substrato. Assim, uma nova vida se inicia para o concreto.



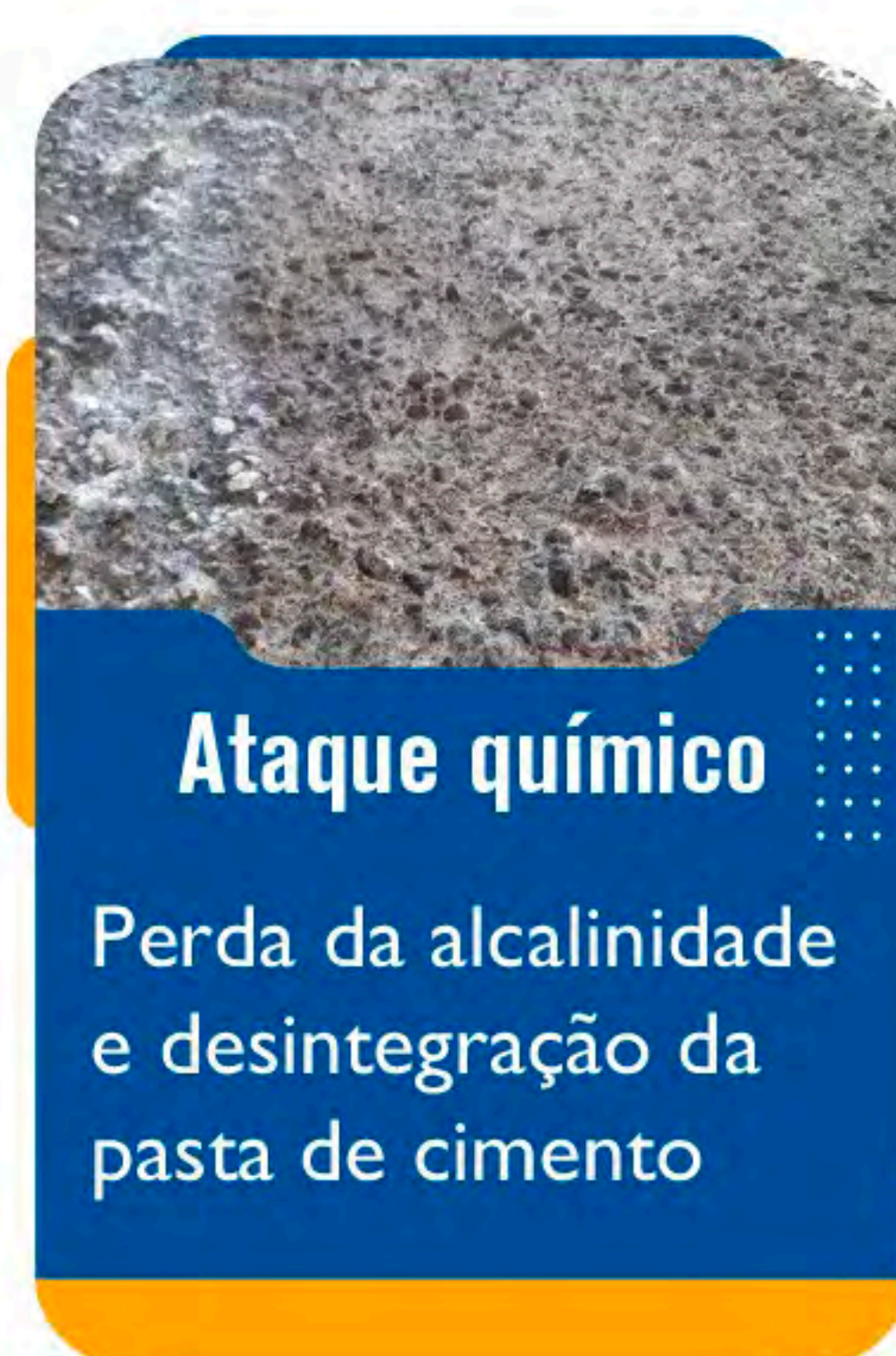
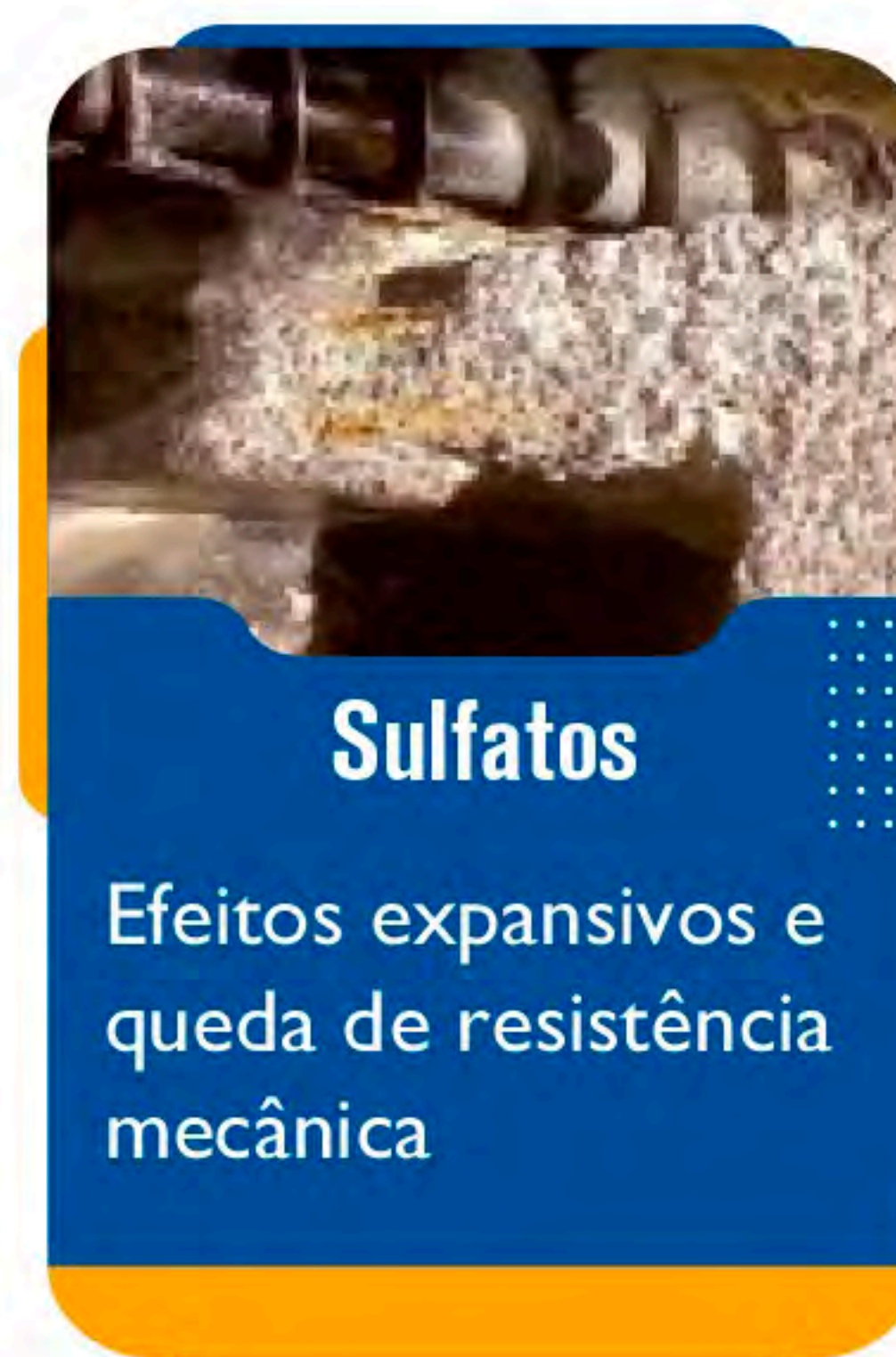
## 1.1. Principais causas de deterioração do concreto

- As causas da deterioração do concreto são de origem física, química e biológica, conforme segue abaixo:

### Físico



### Químico





A corrosão da armadura estrutural é uma das principais manifestações patológicas devido ao processo contínuo de deterioração. Ou seja, a falta de proteção ao aço pode levar a uma perda de seção da armadura e perda de aderência com o concreto armado, prejudicando a estabilidade estrutural.

Forte na compressão mas fraco na tração, o concreto requer a armação para resistir aos esforços de tração.



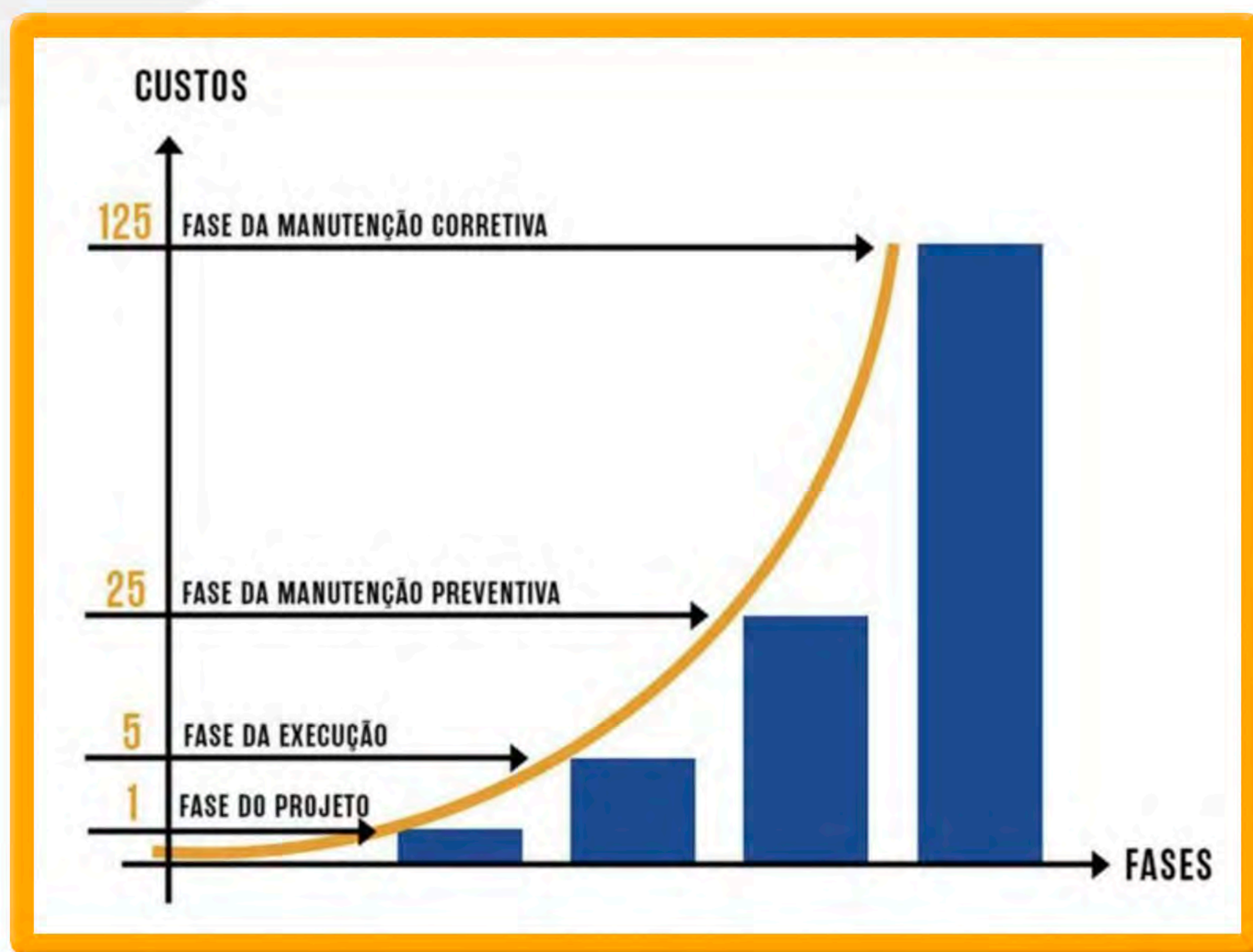
Entretanto, através das fissuras de retração e poros do concreto, a água penetra levando agentes químicos que podem atacar o aço estrutural.

Iniciada a corrosão, é difícil avaliar a extensão do dano. Ocorre a formação de óxido de ferro que é expansivo rompendo o cobrimento de concreto.



## 1.2. Lei de Sitter: investir em prevenção é mais seguro e barato

A Lei de Sitter, também conhecida como Lei de Evolução dos Custos ou Regra dos “5”, desenvolvida por Willem Sitter, aponta que o gasto na recuperação de uma estrutura varia em progressão geométrica de razão 5. Nesse sentido, vale destacar que as intervenções corretivas são 5 vezes mais caras que as intervenções preventivas. O conceito fica mais claro ainda no gráfico abaixo.



Fonte: Penetron, baseado no artigo The Law of Five (SITTER, 1984)<sup>1</sup>

1- SITTER, W. R. Costs for service life optimization. The Law of fives. In: International CEBRILEM workshop on durability of concrete structures. Proceedings... Copenhagen: CEBRILEM, 1984, p.18-20.

# 2 PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES

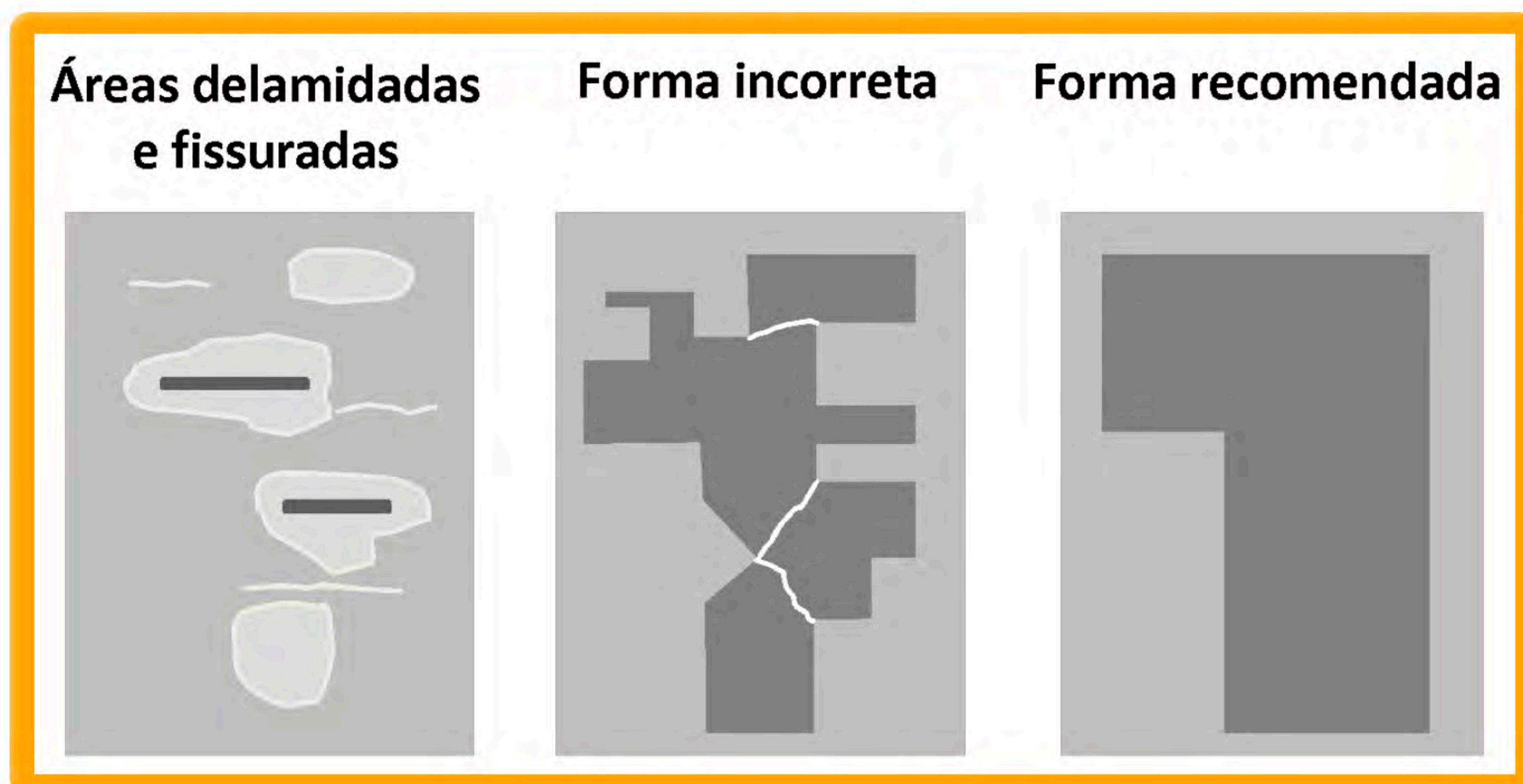
Todo o processo prático de recuperação e proteção de estruturas de concreto se inicia com a preparação das superfícies. Essa etapa é fundamental para garantir a eficiência das intervenções de reparo, portanto, deve ser realizada com precisão a partir de procedimentos metodológicos consagrados na literatura e nas boas práticas. Vejamos abaixo.

## 2.1. Geometria de reparos superficiais

As regiões com concreto segregado e com armadura exposta devem ser localizadas e demarcadas com giz. Em seguida, o profissional deve remover o concreto já rompido pela corrosão com ponteiro e marreta leve ou martelo elétrico leve.

Após a remoção do concreto rompido, delimitar a seção a ser reparada usando um disco de corte diamantado. O corte deve ter uma profundidade de 5mm e avançar 10 cm além do trecho oxidado da armadura.

É de extrema importância que o formato da seção seja quadrado ou retangular. Veja nas imagens abaixo, o procedimento correto.

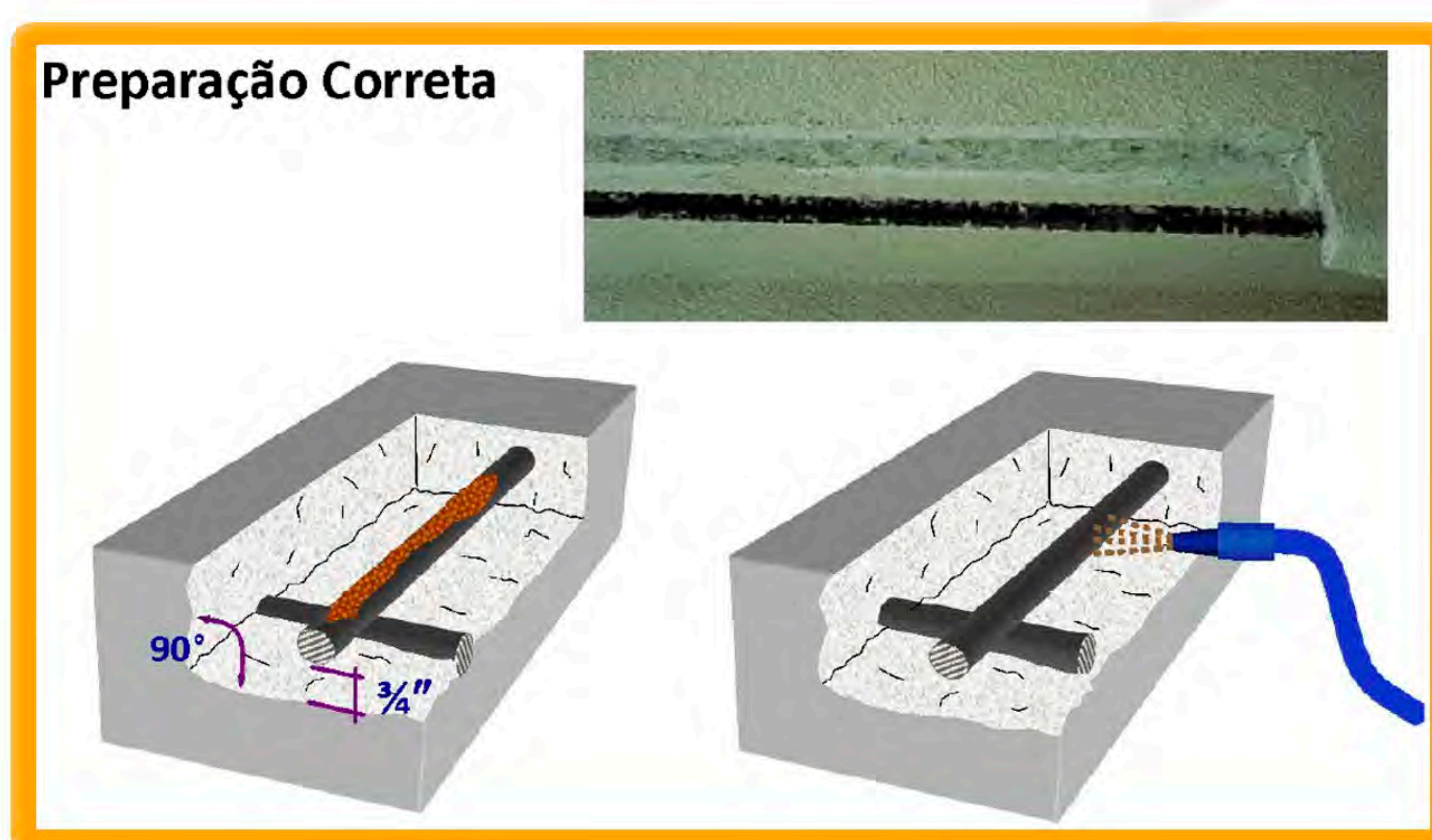


## Resumindo

- ✓ Demarcar com giz as regiões de concreto segregado;
- ✓ Demolir o concreto rompido com ponteiro e marreta leve ou martetele elétrico leve;
- ✓ Realizar o corte com disco diamantado sobre a demarcação, respeitando uma profundidade de 5 mm;
- ✓ Preservar sempre a forma quadrada ou retangular nas áreas delimitadas;
- ✓ Demolir o concreto dentro da seção delimitada.

## 2.2. Preparação de superfície da armadura exposta corroída

Caso haja armadura exposta a ser tratada, é indispensável realizar a demolição cuidadosa do concreto, de modo que a barra fique exposta em todo o perímetro. Esse procedimento permitirá que seja realizada a limpeza dos óxidos adequadamente, com processo mecânico, e a aplicação de PENETRON com pincel na superfície do aço, como proteção anticorrosiva. Além disso, o trecho da barra corroída será envolvido por um material de reparo novo e de elevada alcalinidade.

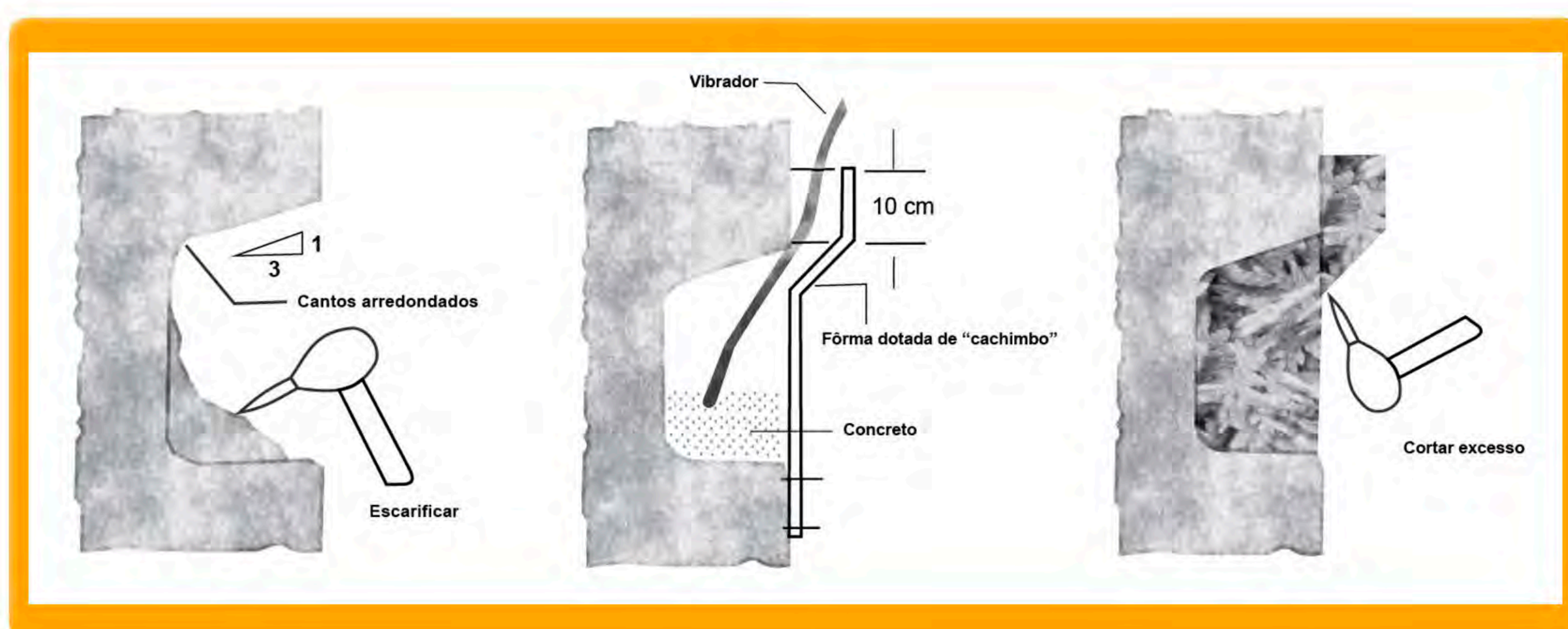


## Resumindo

- ✓ Demarcar com giz as regiões de concreto segregado;
- ✓ Demolir o concreto rompido pela corrosão com ponteiro e marreta leve ou martelo elétrico leve;
- ✓ Delimitar a seção marcada com giz, realizar o corte com disco diamantado, respeitando uma profundidade de 5mm e avançando 10 cm do trecho oxidado da armadura;
- ✓ Preservar sempre a forma quadrada ou retangular nas áreas delimitadas;
- ✓ Demolir o concreto dentro da seção delimitada até expor toda a armadura.

### 2.3. Geometria de reparos profundos

Para reparos mais profundos onde é necessário o uso de fôrmas para preenchimento com grout, deve-se seguir os mesmos procedimentos descritos acima (2.1 e 2.2). Na face superior da cavidade aberta para o reparo, deixar uma inclinação de 3:1 (profundidade:altura), conforme detalhado abaixo, para facilitar o escape de ar durante o serviço de grauteamento e para garantir o preenchimento completo da abertura com grout, evitando a presença de vazios na interface superior e garantindo melhor aderência.



## Resumindo

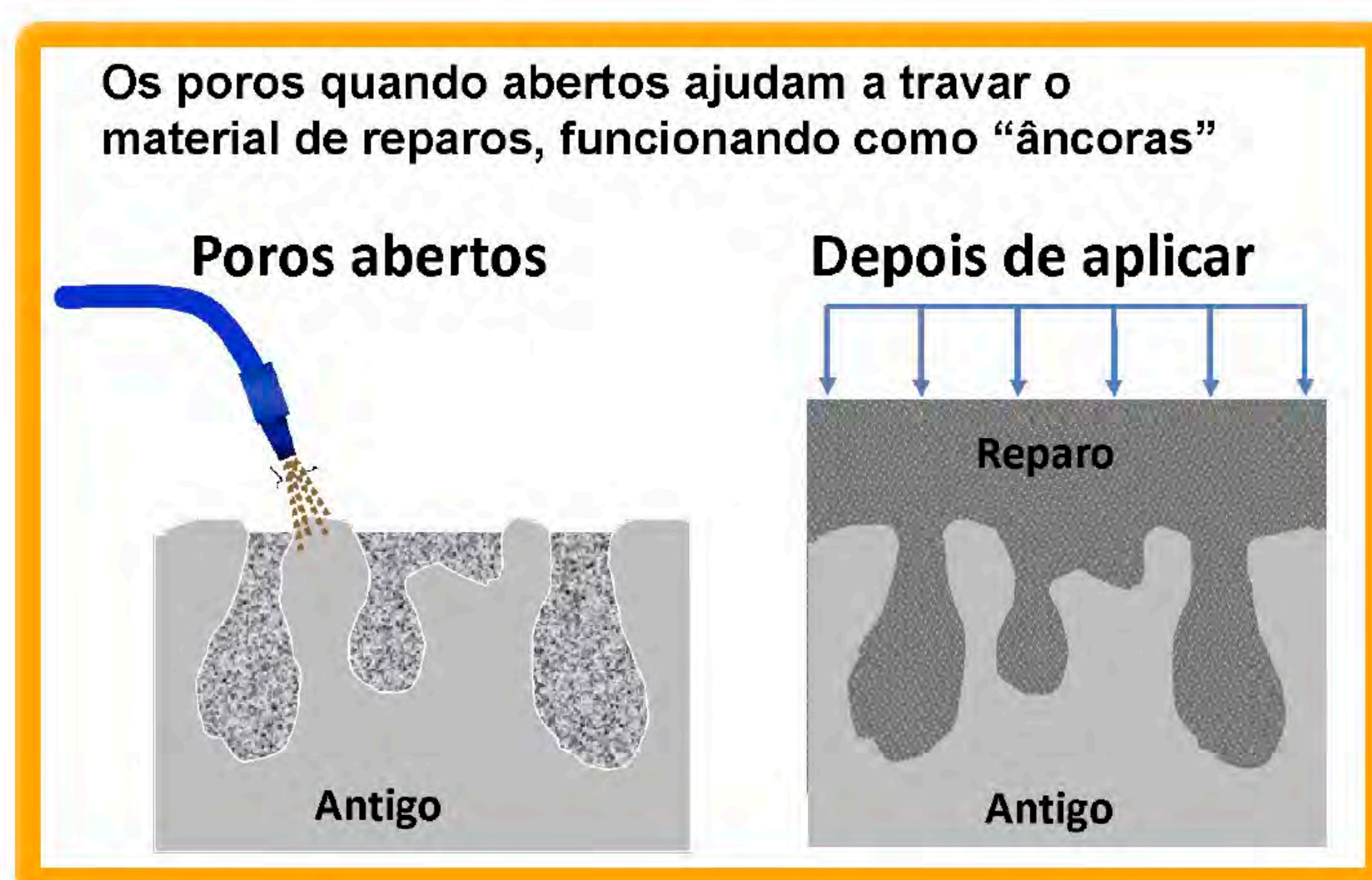
- ✓ Demarcar com giz as regiões de concreto segregado;
- ✓ Demolir o concreto rompido pela corrosão com ponteiro e marreta leve ou martelo elétrico leve;

- ✓ Delimitar a seção marcada com giz, realizar o corte com disco diamantado, respeitando uma profundidade de 5mm e avançando 10 cm do trecho oxidado da armadura;
- ✓ Preservar sempre a forma quadrada ou retangular nas áreas delimitadas;
- ✓ Demolir o concreto dentro da seção delimitada até expor toda a armadura;
- ✓ Para evitar o aprisionamento de ar durante o grauteamento, deixe uma inclinação de 3:1;
- ✓ Instalar a fôrma para execução do reparo com o cachimbo posicionado 10 cm acima da delimitação para facilitar o grauteamento.

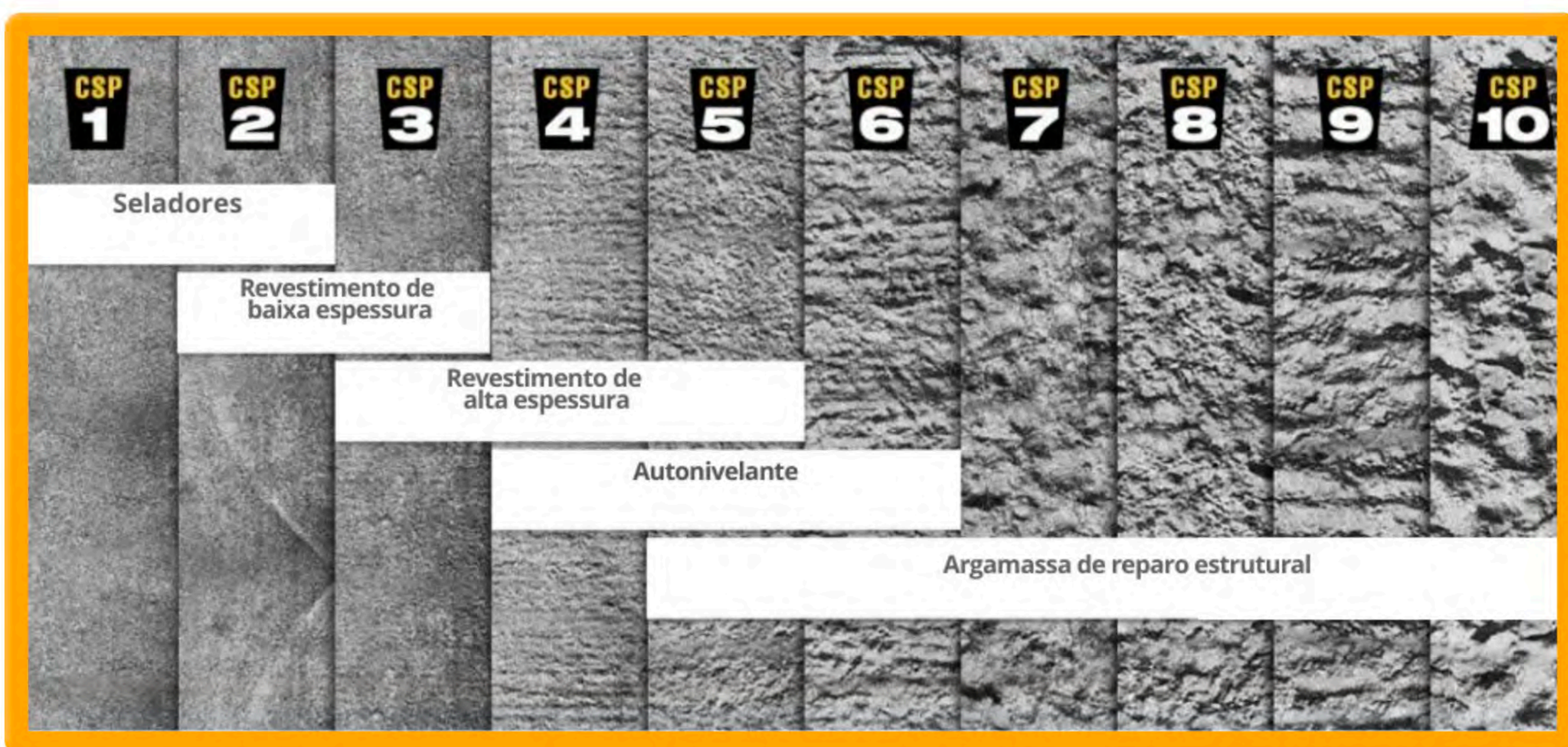
## 2.4. Elementos da preparação de superfície para aderência de materiais

A aderência dos materiais de reparo superficial ou profundo dependerão dos seguintes fatores:

- A. Limpeza:** a superfície deve estar isenta de pó ou material solto. Para mais detalhes técnicos de limpeza do concreto e limpeza do aço das estruturas consulte as referências.
- B. Rugosidade:** a rugosidade do substrato melhora a ancoragem mecânica da argamassa de reparo e consequentemente a aderência.



O International Concrete Repair Institute (ICRI) estabelece níveis de rugosidade na preparação de superfície do concreto (CSP) em relação ao tipo de produto utilizado no reparo. Veja abaixo as orientações.

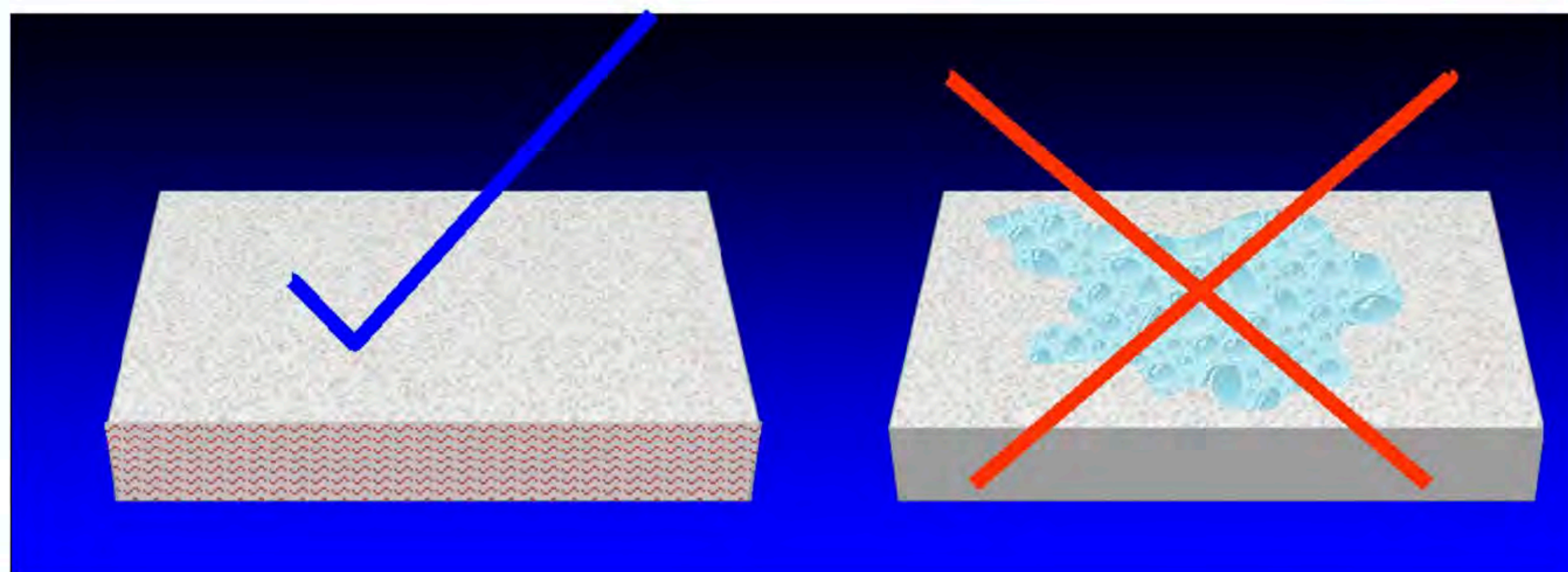


### PERFIL DE RUGOSIDADE

| PRODUTOS                          | SUBSTRATO - ICRI | EQUIPAMENTOS PARA CHEGAR AO CSP                                                              | PRODUTOS            | SUBSTRATO - ICRI | EQUIPAMENTOS PARA CHEGAR AO CSP        |
|-----------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|----------------------------------------|
| Penetron CR-90                    | CSP 4 - CSP 5    | Jato de água de alta pressão > 250 bar<br>Apicoamento com martelo leve<br>Fresamento         | Peneseal Pro RTU    | CSP 1 - CSP 2    | Jato de água para limpeza              |
| Patchline Pave                    | CSP 5 - CSP 10   | Apicoamento com martelo leve                                                                 | Peneseal Pro Façade | CSP 1 - CSP 2    | Jato de água para limpeza              |
| Penetron Industrial Self Leveling | CSP 4 - CSP 6    | Fresamento                                                                                   | Peneseal Hydroguard | CSP 1 - CSP 2    | Jato de água para limpeza              |
| Peneseal FH                       | CSP 1 - CSP 2    | Lixamento<br>Hidrojateamento<br>Polidriz                                                     | Penecoat Flex       | CSP 3 - CSP 5    | Jato de água de alta pressão > 250 bar |
| Penetron VB225                    | CSP 3 - CSP 5    | Lixamento<br>Polidriz<br>Jato captivo com granalha de aço                                    | Penetron ARC        | CSP 3 - CSP 5    | Jato de água de alta pressão > 250 bar |
| Patchline 3000                    | CSP 4 - CSP 6    | Lixamento<br>Jato de água de alta pressão > 250 bar<br>Apicoamento com equipamento de agulha |                     |                  |                                        |
| Patchline SM                      | CSP 5 - CSP 10   | Apicoamento com martelo leve                                                                 |                     |                  |                                        |
| Penecrete Mortar                  | CSP 5 - CSP 10   | Apicoamento com martelo leve                                                                 |                     |                  |                                        |
| Penetron Grout                    | CSP 5 - CSP 10   | Apicoamento com martelo leve                                                                 |                     |                  |                                        |
| Penetron                          | CSP 3 - CSP 5    | Jato de água de alta pressão > 250 bar                                                       |                     |                  |                                        |
| Peneseal AC                       | CSP 1 - CSP 2    | Jato de água para limpeza                                                                    |                     |                  |                                        |

**C. Saturação do substrato:** o nível de umidade ideal é saturada com a superfície seca ou SSS (superfície seca e saturada). O substrato deverá ser molhado algumas vezes até que o concreto não absorva mais água. Deve-se aguardar que a água superficial evapore ou perca o brilho superficial para chegar na condição SSS. Em um reparo profundo a ser executado com fôrma, deve-se encher a fôrma com água para fazer essa saturação. Na condição SSS, o substrato não absorve e nem aumenta a água na interface com o material de reparo, preservando a resistência mecânica na região de contato e aumentando a aderência. Confira a imagem abaixo.

- Superfície saturada
- Superficialmente seca
- Sem encharcamentos

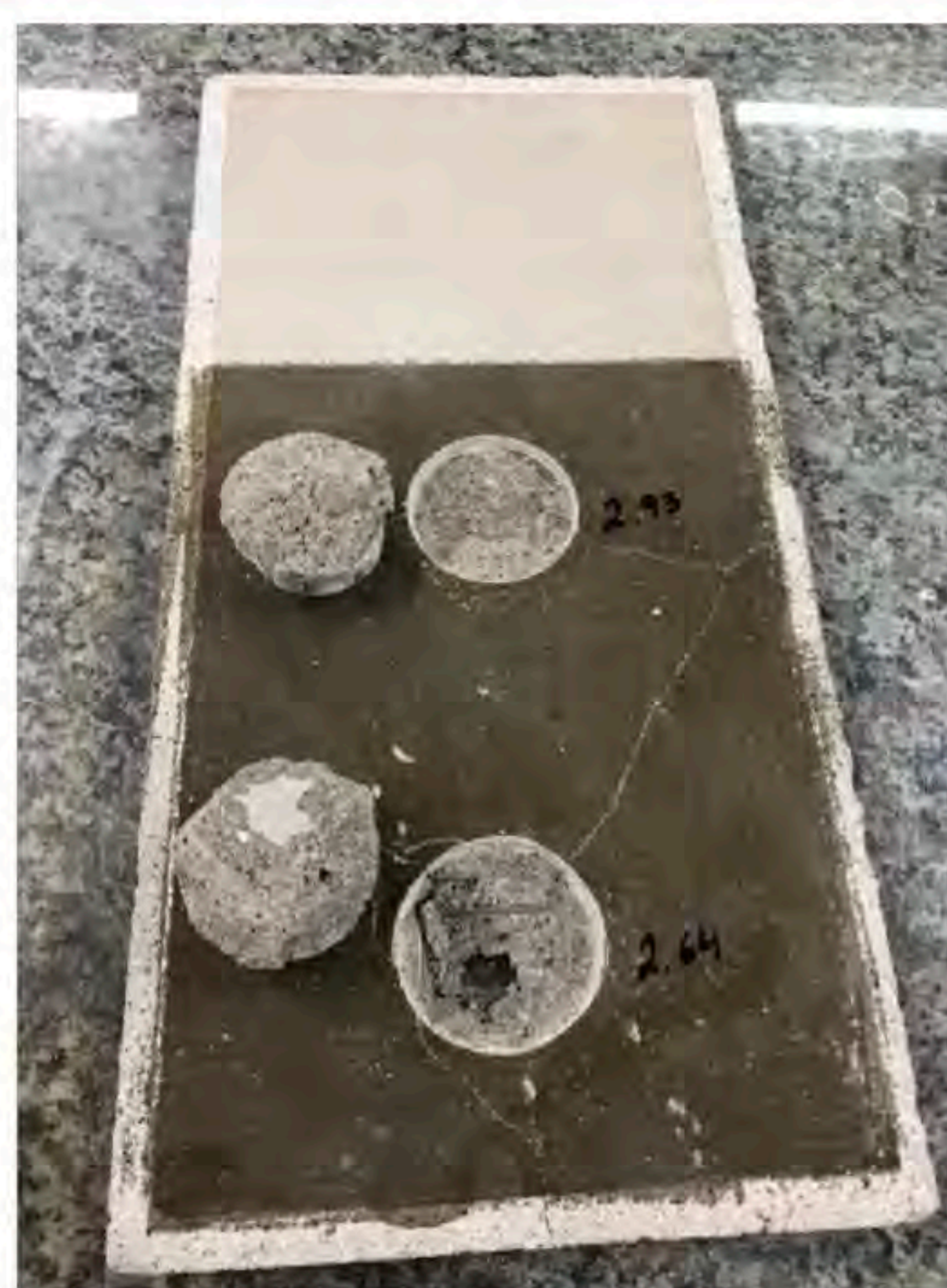


Veja abaixo um exemplo do que pode acontecer na estrutura caso não sejam realizados o SSS, a abertura de poros e a preparação adequada da superfície. Neste ensaio de aderência (pull-off-test), realizado com argamassa de cristalização integral PENETRON, é possível checar os resultados em superfícies sem preparação em comparação com superfícies devidamente preparadas.



Sem abertura dos poros  
Sem saturação  
Aplicação de Penetron  
Sem cura

Pull-off test:  
0,48MPa



Com abertura dos poros  
Com saturação  
Aplicação de Penetron  
Com cura

Pull-off test:  
2,93 MPa e 2,64MPa

# 3 CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DAS ARGAMASSAS DE RECUPERAÇÃO

As argamassas de reparo devem apresentar desempenhos que permitam uma elevada durabilidade no local de reparo. Para isso, elas devem ter propriedades compatíveis com o concreto estrutural, tendo em vista que o local voltará a suportar tensões estruturais.

Os materiais pré-dosados, industrializados ou prontos para uso são devidamente formulados para apresentar trabalhabilidades e tempos de pega que facilitem a aplicação de forma manual, por projeção ou com auxílio de fôrmas.

As resistências mecânicas também são especificadas para que se aproximem ao máximo do concreto estrutural. Nesse sentido, as argamassas de reparo devem apresentar baixa permeabilidade à água e agentes agressivos para voltar a proteger o aço na seção tratada.

Para atingir sempre os melhores resultados, há diversos ensaios para realizar o controle de qualidade das argamassas industrializadas de reparo. Eles podem ser separados em dois grupos: argamassas em estado fresco e argamassas em estado endurecido, conforme segue.

## 3.1. Ensaios para controle de qualidade das argamassas em estado fresco

Os ensaios para controle de qualidade das argamassas em estados frescos podem ser realizados de acordo com diversos protocolos devidamente normatizados. Confira os detalhes de cada um deles, para que servem e qual a importância de realizá-los.

### 3.1.1. Determinação do índice de consistência (Mesa de Flow) – NBR 13276



Fonte: Penetron Brasil

Este ensaio é utilizado para medir o espalhamento horizontal moldado em um tronco de cone metálico padronizado. O método é empregado para avaliar a trabalhabilidade da argamassa por meio da consistência e plasticidade. Essas propriedades são importantes por permitirem prever o comportamento do material a ser aplicado.

### 3.1.2. Tempo de pega por Gilmore – ASTM C 266



Fonte: Penetron Brasil

O tempo de pega é definido pelo tempo de endurecimento da pasta de cimento, isso ocorre pela formação dos cristais de hidratação. Este ensaio tem o objetivo de avaliar o tempo de trabalho da argamassa à medida que a perda de plasticidade ocorre.

### 3.1.3. Método interno PENETRON - Expansão controlada



Fonte: Penetron Brasil

O método interno Penetron determina o percentual de expansão da argamassa, com objetivo de compensar a retração causada nas primeiras idades. Isto pode estar associado à composição da mistura, relação a/c, volume da pasta, além da condição da exposição do material, variação de temperatura, umidade, período de cura e vento.

### Resumindo



| NORMA                                                             | Valores indicados                            |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Estado fresco</b>                                              |                                              |
| NBR 13276 - Determinação do Índice de consistência (Mesa de Flow) | Varia com o tipo de aplicação e de argamassa |
| ASTM C 266 - Tempo de pega por Gilmore                            | Varia com o tipo de aplicação e de argamassa |
| Método interno - Expansão Controlada                              | < 2,0 %                                      |

## 3.2. Ensaios para controle de qualidade das argamassas em estado endurecido

De forma semelhante aos ensaios anteriores, o controle de qualidade das argamassas em estado endurecido também devem ser realizados seguindo rigorosamente os protocolos, para que possuam validade técnica. Seguem abaixo os principais ensaios para argamassas em estado endurecido, bem como a importância de cada um deles.

### 3.2.1. Resistência à compressão de argamassa de cimento hidráulico – ASTM C 109



Fonte: Penetron Brasil

O ensaio de resistência à compressão permite conhecer a tensão máxima que o corpo de prova resistirá antes de sofrer a ruptura. Essa tensão é resultante da divisão entre a força e a área em que ela atuará. Vale destacar que a resistência depende predominantemente da coesão da pasta de cimento e sua aderência às partículas de agregado.

### 3.2.2. Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear) – NBR 15261



Fonte: Penetron Brasil

A retração nos materiais é causada pela perda da umidade para o ambiente e por reações de hidratação dos aglomerantes ao longo do tempo de cura, gerando uma diminuição do volume do material. O ensaio de variação dimensional visa avaliar a ocorrência de fissuras na argamassa de reparo, bem como seu comportamento nas primeiras idades.

### 3.2.3. Resistência potencial de aderência à tração – NBR 15258



Fonte: Penetron Brasil

A aderência é a propriedade do revestimento de resistir às tensões atuantes na interface com o substrato. A forma de ruptura é um aspecto tão importante quanto o valor da resistência de aderência obtido. Quando a ruptura é coesiva, ou seja, ocorre no interior da argamassa ou do substrato, os valores são menos preocupantes, a menos que sejam demasiadamente baixos. Já quando a ruptura é adesiva, ou seja, ocorre nas interfaces, é indispensável que os valores de resistência sejam mais elevados, pois, neste caso, o potencial de ocorrência de manifestações patológicas futuras é maior. O ensaio de resistência potencial de aderência à tração é fundamental para o controle dessas variáveis.

## Resumindo

| NORMA                                                                          | Valores indicados                            |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Estado endurecido</b>                                                       |                                              |
| ASTM C 109 - Resistência à compressão de argamassa de cimento hidráulico       | Varia com o tipo de aplicação e de argamassa |
| NBR 15261 - Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear) | < -1mm/m                                     |
| NBR 15258 - Resistência potencial de aderência à tração                        | ≥ 1 MPa                                      |

### 3.3. Ensaios de desempenho de argamassas em relação a agentes agressivos

Considerando que a água é um solvente, tendo alta capacidade de dissolver diversas substâncias, e possui moléculas muito pequenas, o que proporciona o carregamento de agentes agressivos para o interior do concreto por seus poros e capilares, causando manifestações patológicas que diminuem a vida útil das estruturas de concreto, podendo prejudicar a capacidade de operação ou até mesmo inutilizá-las, sendo assim, é fundamental a realização de ensaios para medir o desempenho da argamassa em relação aos agentes agressivos. Vejamos abaixo os principais ensaios, as normas e a importância de cada um deles.

### **3.3.1. Ensaio de absorção – NBR 9778:2005**

A absorção é um fenômeno dependente da microestrutura do material e do grau de saturação. Por meio da NBR 9778:2005, é possível determinar a absorção de água por imersão em argamassa e concreto endurecido. Nesse processo, a água é conduzida e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso.

### **3.3.2. Determinação de água sob pressão NBR 10787:2011**

A permeabilidade sob pressão de água é definida como o fluxo de um fluido devido a um gradiente de pressão, sendo caracterizada pela facilidade com que um fluido atravessa um sólido poroso sob uma diferença de pressão. A permeabilidade é um parâmetro importante que representa a penetração de substâncias agressivas do meio externo, como o transporte de cloreto em estruturas expostas à água do mar. Um método de ensaio que avalia a profundidade da permeabilidade sob pressão de água está especificado na NBR 10787:2011.

### **3.3.3. Autocicatrização – GB 18445/01**

A autocicatrização é a capacidade do concreto ou da argamassa de se auto regenerar e selar a passagem de água e agentes agressivos por fissuras e capilares.

A autocicatrização ocorre ao acrescentar aditivos cristalizantes no substrato ou pela aplicação de pinturas de cristalização integral. Os compostos químicos presentes nesses materiais reagem com a água e a pasta de cimento, formando um rizoma de cristais “insolúveis” nos capilares e fissuras do concreto e, com isso, se reduz a permeabilidade. Um método de ensaio que avalia a redução do fluxo de água sob pressão ao longo do tempo em um corpo de prova fissurado é o ensaio GB 18445/01 – Chinese National Standard.

### **3.3.4. Difusão de cloreto – ASTM C 1556 e NT Build 492**

A difusão de cloreto é um processo espontâneo de transporte de massa por efeito de gradientes de concentração, proporcionado por dois diferentes meios em contato íntimo através dos quais a substância se difunde para igualar as concentrações.

Considerando a diversidade de metodologias de ensaio existentes para avaliar o transporte de cloretos por difusão, sugere-se a adaptação de métodos baseados em ensaios já utilizados em outros países como: ASTM C 1556 e NT Build 492.

### **3.3.5. Carbonatação – possibilidades de ensaios**

A carbonatação ocorre quando o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente na atmosfera reage com o hidróxido de cálcio e com o silicato de cálcio hidratado na matriz cimentícia. Com isso, há redução do pH do concreto, despassivação e corrosão da armadura. É possível avaliar a profundidade da carbonatação por método relativamente simples como a aspersão de solução de indicador de pH, como fenolftaleína, timolftaleína e amarelo de alizarina. Contudo, é possível realizar estudos mais aprofundados e precisos com análise termogravimétrica (TGA), difração de raios-X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

### **3.3.6. Resistência aos sulfatos NBR 13583:2014 e NBR 15900:2009**

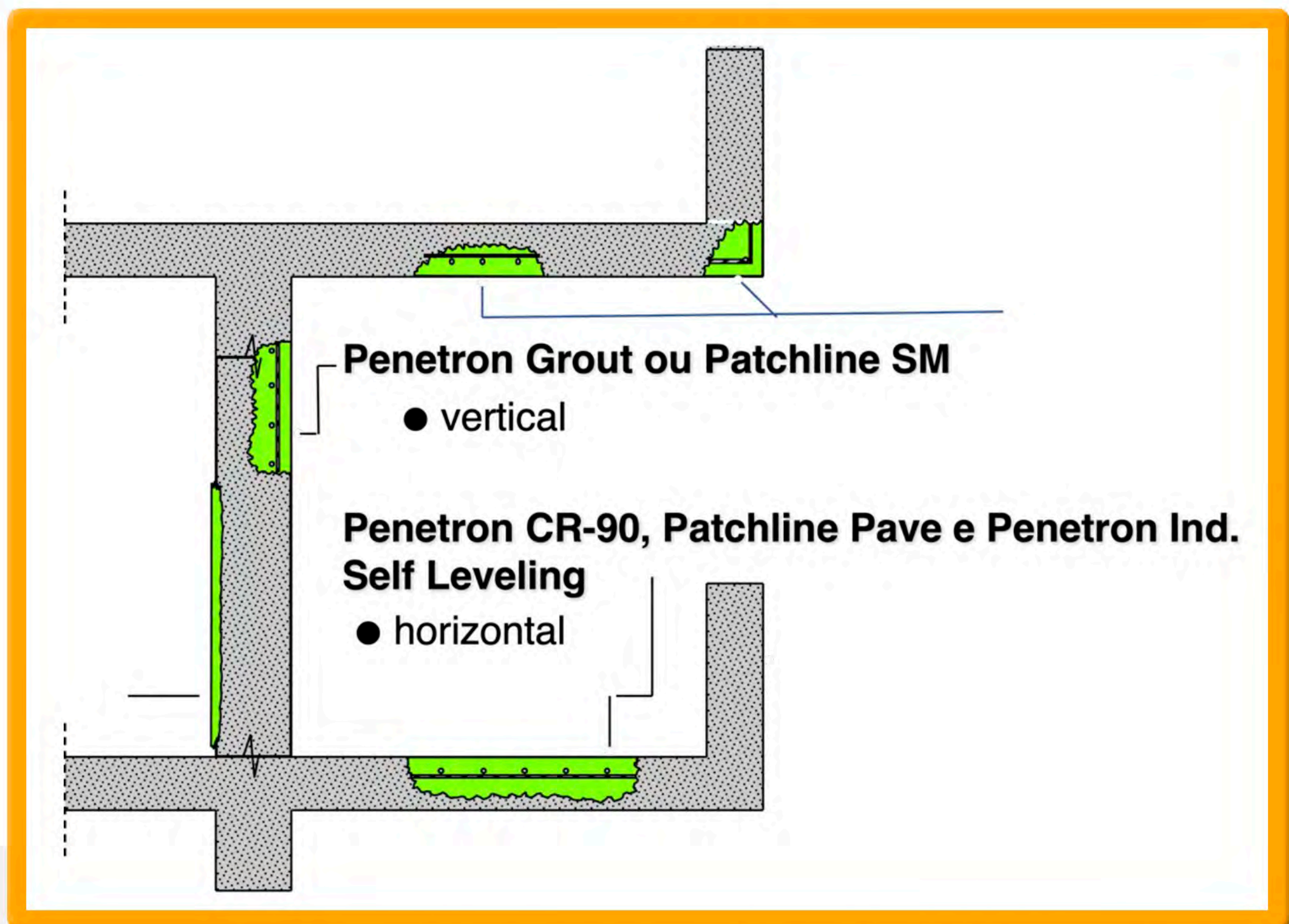
Os sulfatos estão presentes na água do mar, nas águas subterrâneas e nos esgotos industriais. Geralmente, as manifestações patológicas causadas por ataque sulfatos se manifestam em áreas planas, onde os sais se acumularam ao longo do tempo. O ataque por sulfatos é considerado um mecanismo deteriorador e se caracteriza pela reação físico-química expansiva, causadora de fissuração na matriz cimentícia. Esse tipo de ataque pode se dar de duas formas: de origem externa e de origem interna ao material. Ataques por sulfatos de origem externa e interna deverão ser submetidos, respectivamente, aos procedimentos descritos na NBR 13583:2014 e NBR 15900:2009.

### **3.3.7. Resistividade elétrica AASHTO T 358-15 (2015) e ASTM C 1760.**

A resistividade elétrica é a capacidade de suportar a transferência de íons submetidos a um campo elétrico, sendo o inverso da condutividade elétrica. É uma propriedade inerente ao material e define o quanto ele se opõe à passagem da corrente elétrica. Assim, quanto menor a resistividade, mais facilmente ele permitirá a passagem da corrente elétrica. Os métodos mais usuais de determinação de resistividade elétrica estão descritos nas normas AASHTO T 358-15 (2015) e ASTM C 1760.

# 4 METODOLOGIAS DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

Em se tratando de recuperação de estruturas, é importante destacar que para cada tipo de intervenção existe uma metodologia específica, a qual deve estar em consonância com as boas práticas da engenharia, bem como de acordo com o padrão de qualidade da Penetron. Seguem abaixo procedimentos adotados pela Penetron para recuperação de estruturas em diversas situações.



Aplicação de argamassas nos elementos estruturais Fonte: Penetron Brasil

## 4.1. Reparo superficial ou estucamento

- ✓ Limpar a superfície com jato de água;
- ✓ Saturação do substrato na condição SSS;
- ✓ Aplicar o PATCHLINE 3000, em espessura máxima de 3mm, com desempenadeira metálica (ver mais detalhes na ficha técnica do produto);
- ✓ Cura úmida por 72h no máximo.



Estucamento com Patchline 3000 em superfície de concreto. Fonte: Penetron Brasil

## 4.2. Reparo localizado

- ✓ Delimitar a região de reparo, em seção quadrada ou retangular, com disco de corte diamantado, avançando 10cm além da armadura exposta, com 5mm de profundidade;
- ✓ Demolir o concreto deteriorado até a delimitação e expor o aço para limpeza e tratamento em todo o perímetro;

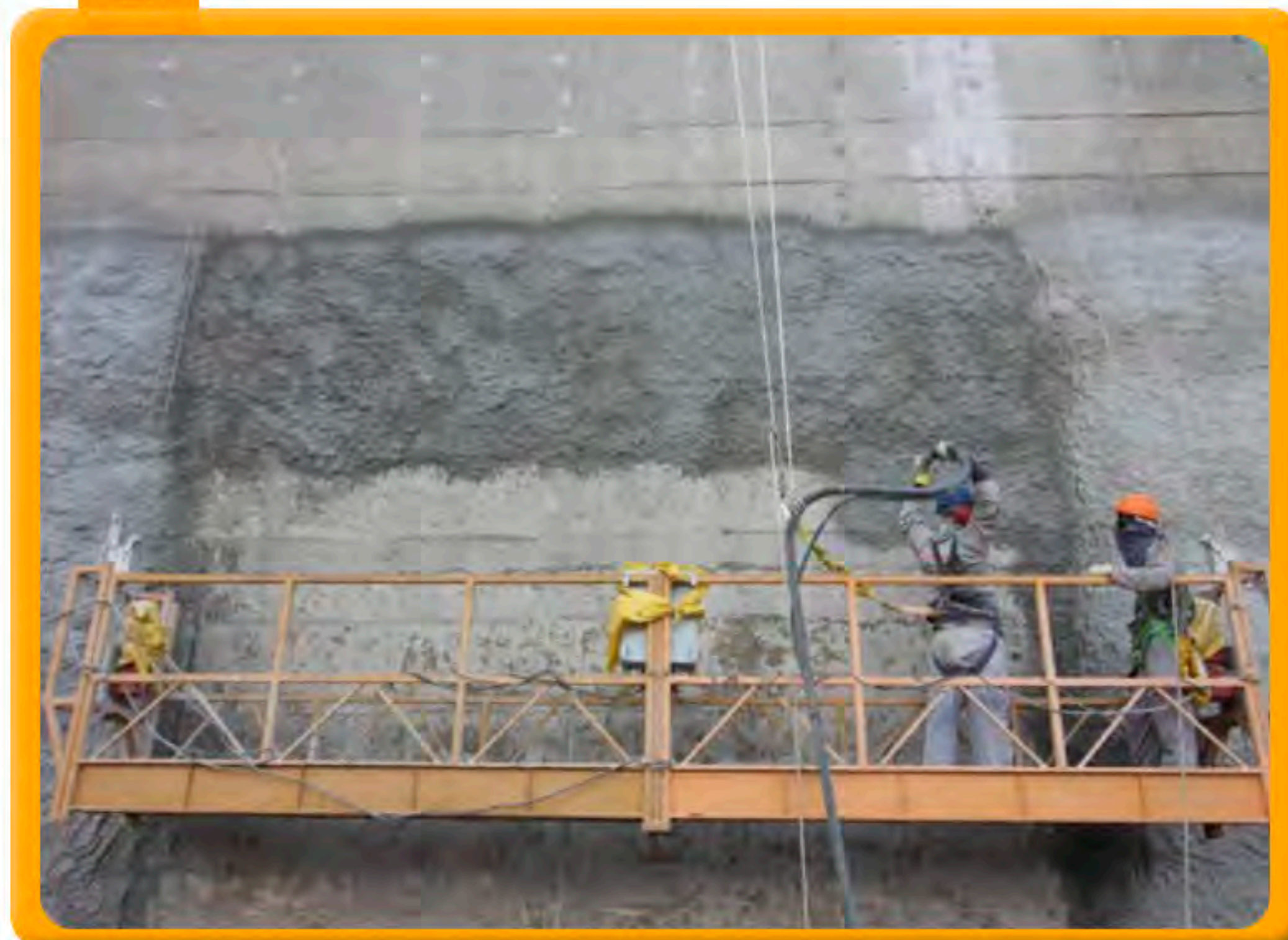
- ✓ Limpar a armadura exposta com processo mecânico;
- ✓ Limpar o aço e substrato com jato de água;
- ✓ Saturação do substrato na condição SSS;
- ✓ Reparar a seção com PATCHLINE SM, sendo a espessura mínima de 10mm e máxima de 100mm (ver mais detalhes na ficha técnica do produto);
- ✓ Cura úmida por 72 horas no máximo.

**Obs.:** quando necessário, pode-se aplicar PENETRON como ponte de aderência e para a proteção do aço estrutural.

1



2



3



4

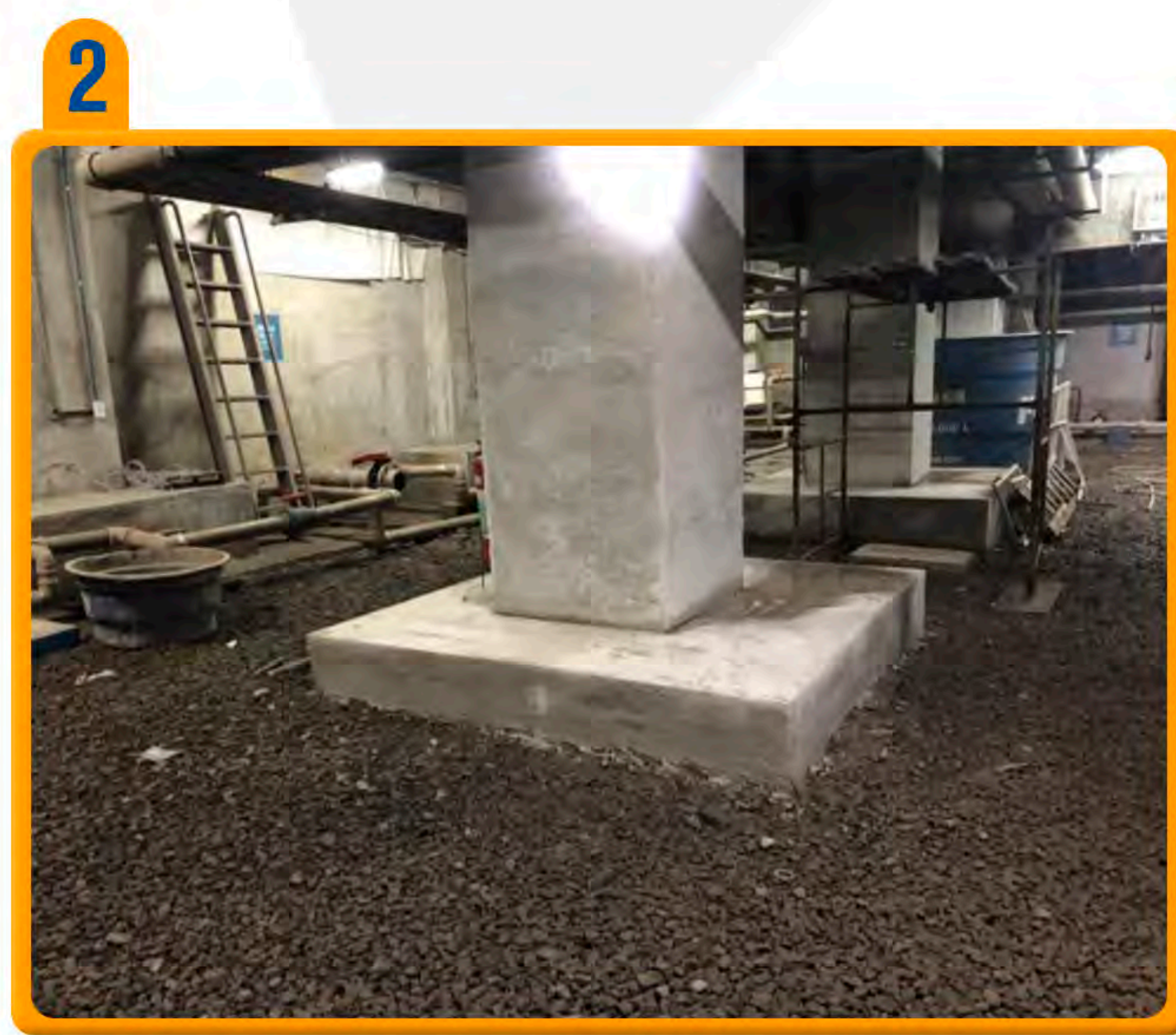


- 1 Aplicação do Patchline SM em seção de reparo com inclinação negativa. Fonte: Penetron Brasil
- 2 Aplicação do Patchline SM na barragem do Jucazinho (PE), por meio de equipamento de projeção. Fonte: Penetron Brasil
- 3 Aplicação de PENETRON na armadura para proteção anticorrosiva. Fonte: Penetron Brasil
- 4 Ponte de aderência com aplicação de PENETRON em junta de concretagem da ponte Brasil-Paraguai. Fonte: Penetron Brasil

## 4.3. Reparo profundo

- ✓ Delimitar a região de reparo, em seção quadrada ou retangular, com disco de corte diamantado, avançando 10cm além da armadura exposta, com 5mm de profundidade;
- ✓ Demolir o concreto deteriorado até a delimitação e expor o aço para limpeza e tratamento em todo o perímetro;
- ✓ Limpar a armadura exposta com processo mecânico;
- ✓ Limpar o aço e substrato com jato de água;
- ✓ Montar a fôrma estanque com cachimbo na parte superior;
- ✓ Preencher a fôrma com água para saturação do substrato na condição SSS e teste de estanqueidade;
- ✓ Preencher a fôrma com PENETRON GROUT na espessura máxima de 70mm (ver mais detalhes na ficha técnica do produto). Para espessuras maiores, pode-se adicionar 30% de pedrisco lavado;
- ✓ Cura úmida;
- ✓ Remover a fôrma após 24 horas.

Obs.: quando necessário, pode-se aplicar PENETRON como ponte de aderência e para a proteção do aço estrutural.



1 Encamisamento de pilar de edifício com PENETRON GROUT. Fonte: Penetron Brasil.

2 Pilar encamisado com PENETRON GROUT. Fonte: Penetron Brasil

## 4.4. Reparo de grandes áreas em concreto projetado com PENETRON ADMIX

- ✓ A superfície do concreto deverá estar rugosa e limpa;
- ✓ Instalar armadura adicional;
- ✓ Saturar a superfície do concreto na condição SSS;
- ✓ Projetar o concreto com o PENETRON ADMIX, adicionado com 1% sobre a massa de cimento;
- ✓ Cura úmida.



Recuperação de viga no porto do Pecém (CE) por meio de concreto projetado com adição de PENETRON ADMIX. Fonte: Penetron Brasil.

## 4.5. Reparo em contrafluxo de água

- ✓ Abrir canaleta de 25mm x 25mm no mínimo;
- ✓ Limpar a canaleta e remover qualquer material que possa impedir o funcionamento do sistema de tratamento PENETRON. Certifique-se de remover pontas de arames ou outros objetos que possam servir como condutor de água;
- ✓ Aplicar WATERPLUG para tamponar o fluxo de água, preenchendo metade da profundidade da canaleta (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Utilizar o PENETRON na forma de pasta fluida como ponte de aderência (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Com a camada de PENETRON ainda úmida, preencher toda a canaleta com a argamassa de reparo estrutural PENECRETE MORTAR (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Aplicar segunda demão de PENETRON em toda extensão tratada, abrindo a aplicação em um raio de 10 cm da área tratada;
- ✓ Cura úmida 3 vezes ao dia durante 3 dias.



1 vazamento de água em reservatório. Fonte: Penetron Hellas.

2 tamponamento do vazamento com WATERPLUG. Fonte: Penetron Hellas.

## 4.6. Tratamento de fissuras passivas >0,2mm

- ✓ Abrir canaleta em forma de “U” ao longo da fissura;
- ✓ Executar os furos e instalar os bicos de injeção;
- ✓ Preencher a canaleta com WATERPLUG entre os bicos;
- ✓ Injetar água para teste;
- ✓ Injetar PENETRON INJECT, começando pelo bico mais abaixo (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Aguardar a cura por 48 horas.



- 1 injeção de PENETRON INJECT em junta de concretagem a partir de bicos de perfuração. Fonte: Penetron Hellas.
- 2 injeção de PENETRON INJECT em fissura, através de equipamento de fixação à vácuo, sem a necessidade de bicos injetores. Fonte: Penetron Brasil.

## 4.7. Segregação profunda de difícil acesso

- ✓ Executar os furos e instalar os bicos de injeção;
- ✓ Preencher superficialmente a bicheira com PATCHLINE SM;
- ✓ Injetar água para teste;
- ✓ Injetar PENETRON INJECT começando pelo bico mais abaixo (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Aguardar a cura por 48 horas.



Reparo de segregação no concreto do pilar com injeção de PENETRON INJECT, obra de recuperação do estádio do Mangueirão, Belém (PA). Fonte: Penetron Brasil.

## 4.8. Tratamento de fissuras passivas $\leq 0,5$ mm

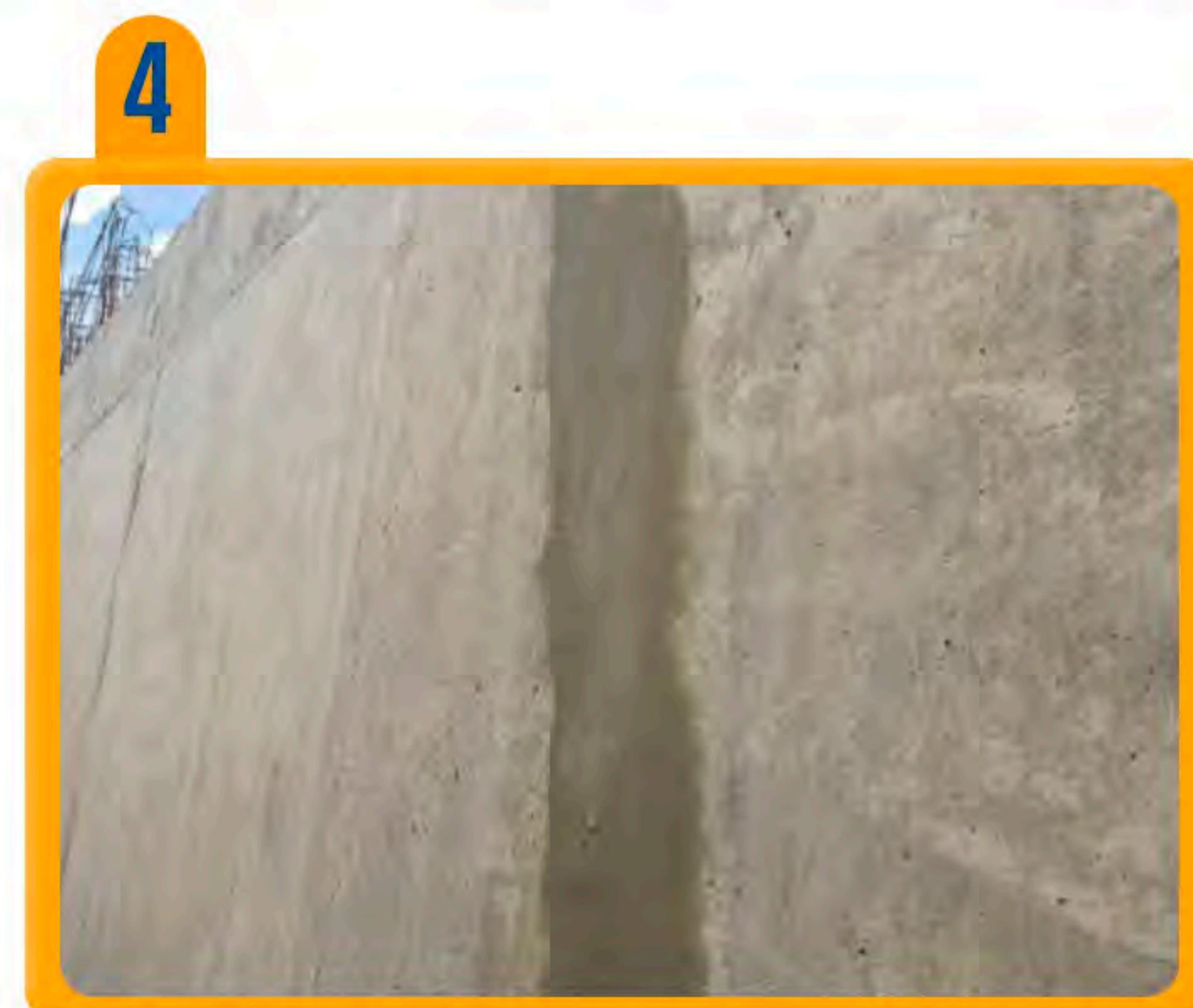
- ✓ Lixar a superfície do concreto;
- ✓ Limpar com água e saturar na condição SSS;
- ✓ Aplicar uma demão de PENETRON com 1mm de espessura (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Cura úmida por 3 dias, 3 vezes ao dia.



Proteção de fissura com aplicação de PENETRON. Fonte: Penetron Brasil

## 4.9. Tratamento de fissuras passivas >0,5mm

- ✓ Abrir canaleta de 25mm x 25mm no mínimo;
- ✓ Limpar a canaleta para remover quaisquer materiais que possam impedir o funcionamento do sistema de tratamento PENETRON;
- ✓ Utilizar o PENETRON na forma de pasta fluida como ponte de aderência (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Com a camada de PENETRON ainda úmida, preencher a canaleta com a argamassa de reparo estrutural PENECRETE MORTAR (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Aplicar segunda demão de PENETRON em toda extensão tratada da fissura, abrindo a aplicação em um raio de 10 cm da área tratada;
- ✓ Cura úmida 3 vezes ao dia durante 3 dias.



- 1 Delimitação da canaleta com disco diamantado, profundidade 5mm. Fonte: Penetron Brasil
- 2 Abertura da canaleta 25mm x 25mm e aplicação da primeira demão de PENETRON. Fonte: Penetron Brasil
- 3 Primeira demão de PENETRON aplicada na canaleta e nas bordas. Fonte: Penetron Brasil
- 4 Final do tratamento após preencher a canaleta com PENECRETE MORTAR e aplicar segunda demão de PENETRON. Fonte: Penetron Brasil

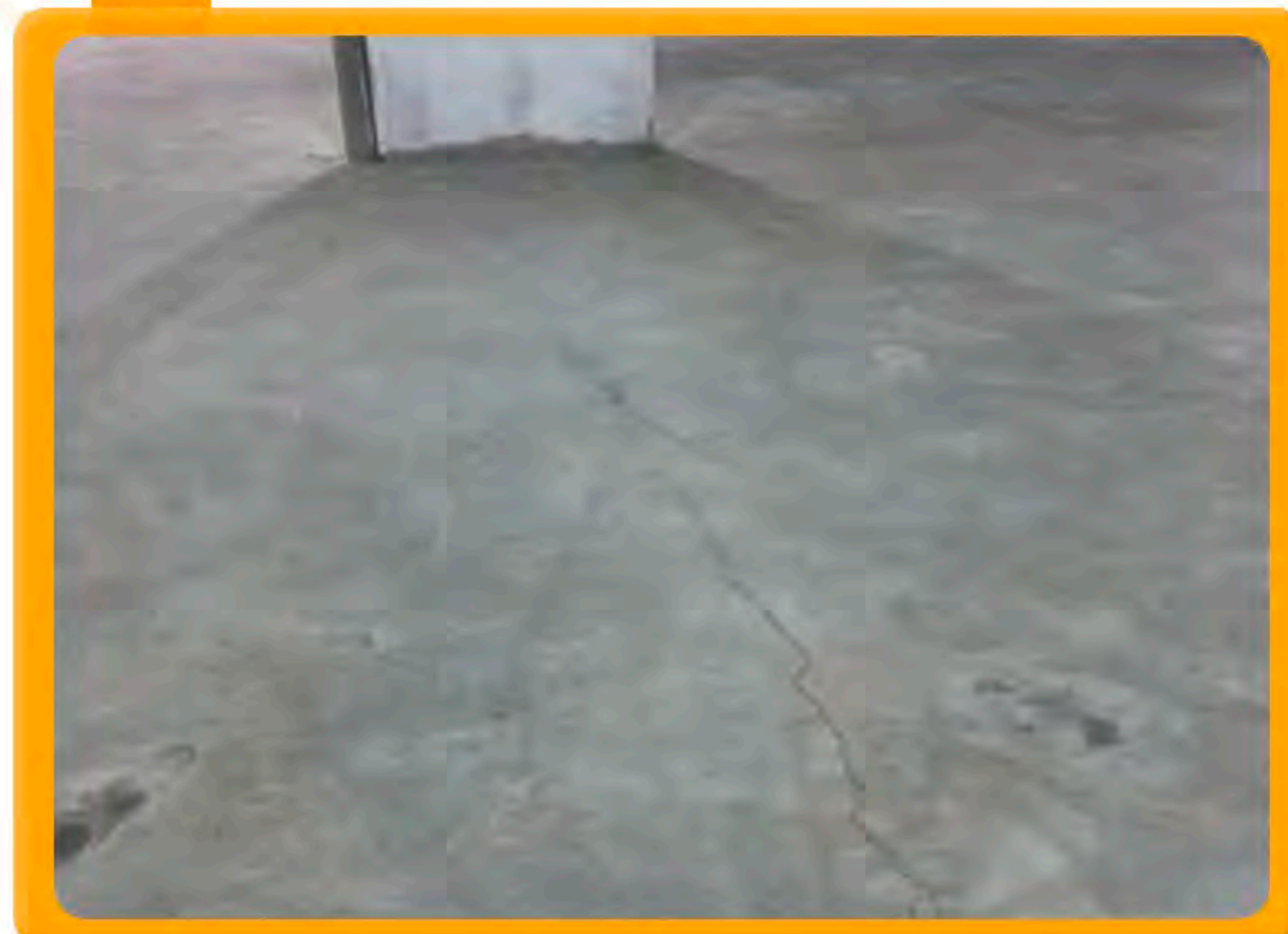
## 4.10. Tratamento de fissuras passivas $\leq 0,4$ mm em lajes de estacionamento

- ✓ Limpar o substrato;
- ✓ Selar a fissura na parte inferior com uma demão de PENETRON com espessura de 1mm;
- ✓ Pulverizar na parte superior uma diluição de água e PENESEAL AC (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Após a secagem, pulverizar ao longo da fissura PENESEAL PRO RTU sobre substrato seco (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Curar com água durante 3 dias, ao menos uma vez por dia.

1



2



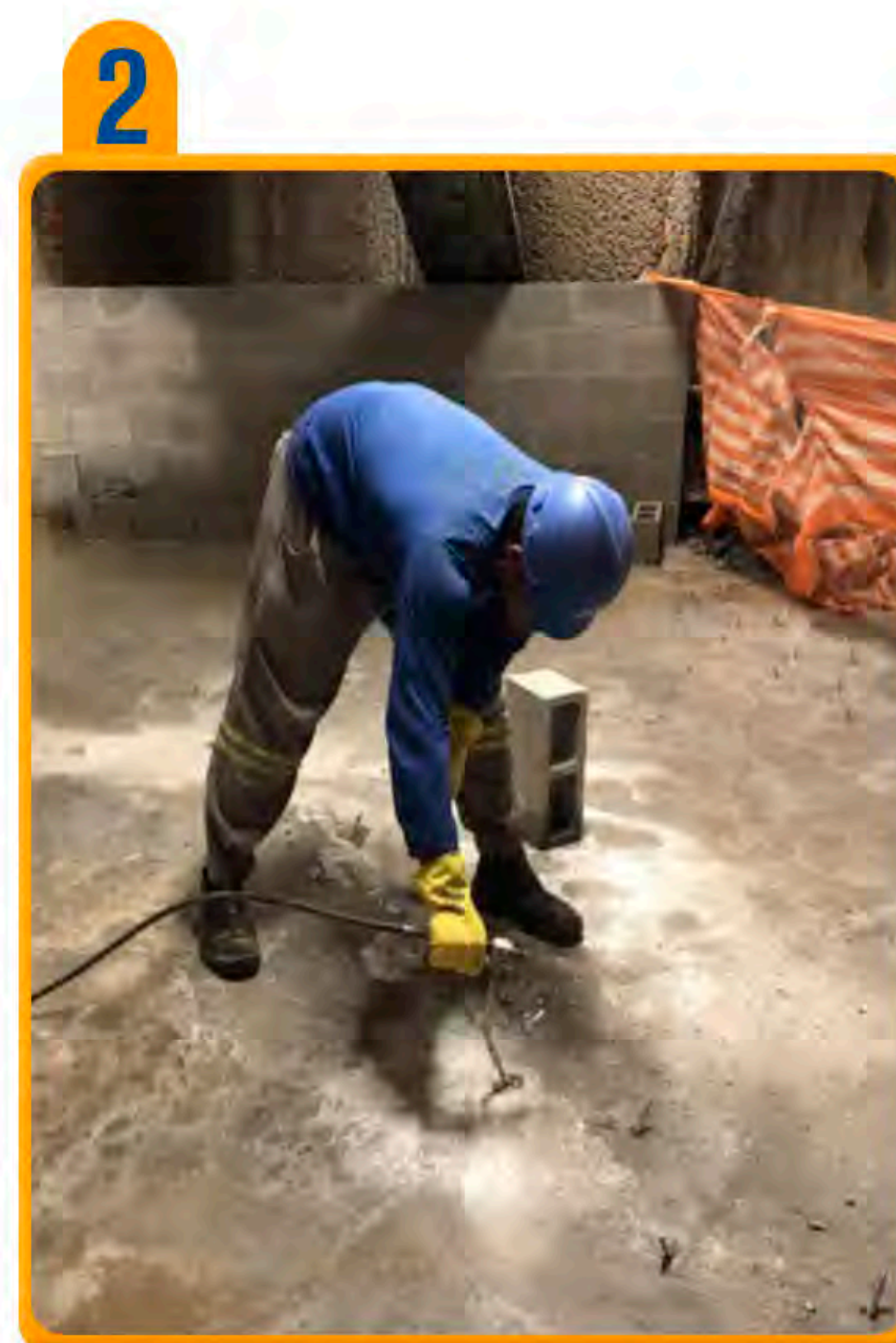
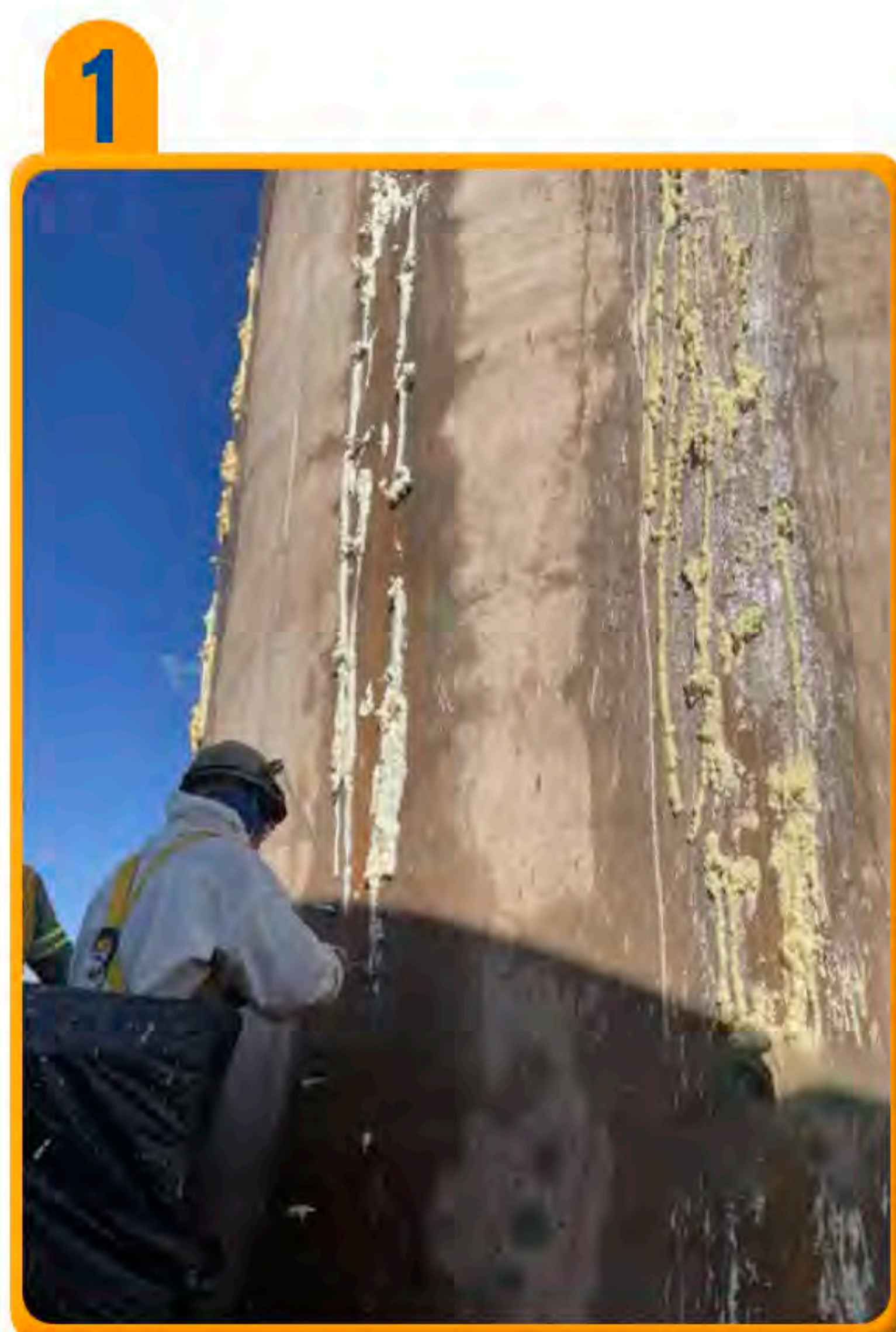
3



- 1 Vista superior de laje nervurada com fissuras. Fonte : Penetron Brasil
- 2 Vista inferior de laje nervurada com fissuras. Fonte: Penetron Brasil
- 3 Selamento da fissura com pulverização de Peneseal Pro RTU. Fonte: Penetron Brasil

## 4.11. Tratamento de fissuras ativas com fluxo de água

- ✓ Perfurar o concreto para instalação dos bicos de perfuração. Gerar duas linhas de bicos em cada lado da fissura, de modo que fiquem alternados, com distância entre eles igual a metade da espessura da peça estrutural;
- ✓ A distância entre os furos e a fissura deve ser igual à metade da espessura da peça;
- ✓ O furo deverá ter um ângulo de 45° com a face do concreto, indo em direção a fissura, na metade da parede;
- ✓ Limpar os furos e instalar os bicos de perfuração;
- ✓ Instalar os bicos de perfuração. Se a parede tiver 30 cm, considere um bico a cada 15 cm ou 7 bicos por metro de fissura;
- ✓ Injetar a resina de poliuretano hidroativa PENETRON INJECT FOAM (espuma de célula aberta) a baixa pressão (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Em seguida, injetar a resina de poliuretano flexível PENETRON INJECT FLEX (gel) a baixa pressão (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Remover o excesso da resina sobre o concreto;
- ✓ Remover os bicos após 48 horas;
- ✓ Os furos podem ser preenchidos com PENECRETE MORTAR.



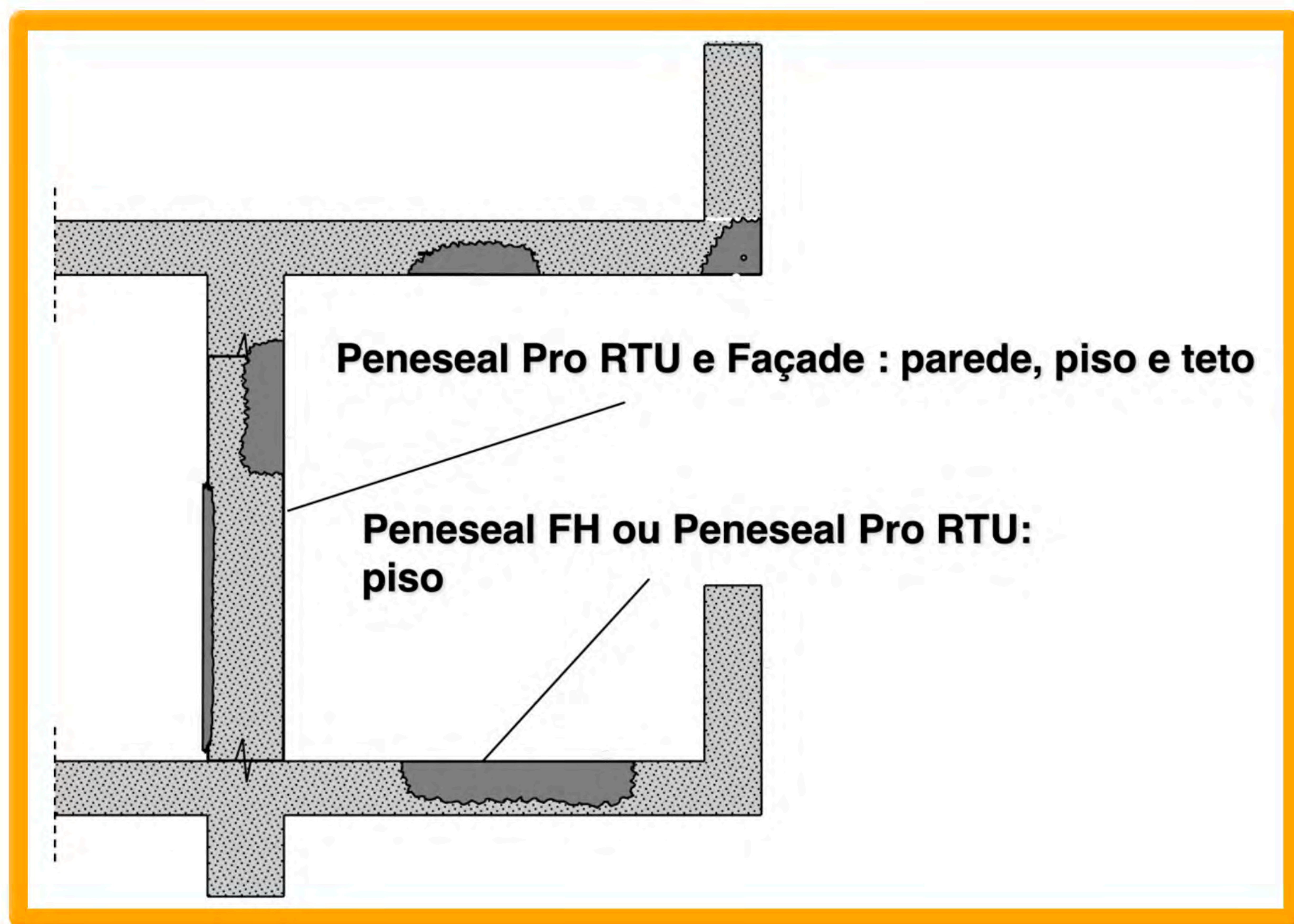
1 Injeção de Penetron Inject Foam contrafluxo d'água. Fonte: Sales&Almeida

2 Injeção de Penetron Inject Flex em fissura ativa de laje. Fonte: Penetron Brasil

# 5 METODOLOGIAS DE PROTEÇÃO DO CONCRETO APÓS A RECUPERAÇÃO

Após os reparos estruturais, é necessário realizar a proteção geral da estrutura de concreto para que a água, oxigênio e os agentes agressivos não penetrem mais na estrutura. Somente o reparo não protege a estrutura toda.

A partir da aplicação da proteção, a manutenção deverá ser programada em função da vida útil do sistema de proteção. Os sistemas da PENETRON funcionam por impregnação sendo à base de compostos cristalizantes, silicatos especiais ou à base de organosiliconatos.



Sistemas de proteção por impregnação nos elementos estruturais. Fonte: Penetron Brasil

## 5.1. Proteção do concreto aparente

- ✓ Limpar o substrato;
- ✓ Em concretos antigos ou com cimento com mais de 29% de adições, pulverizar diluição de água e PENESEAL AC (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Após a secagem, pulverizar PENESEAL PRO RTU ou FAÇADE sobre substrato seco (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Curar com água durante 3 dias, ao menos uma vez por dia.

1



2



3



- 1 Aplicação do PENESEAL PRO RTU em tabuleiro de via permanente, CPTM. Fonte: Penetron Brasil.
- 2 Aplicação do PENESEAL PRO RTU em fachada de concreto aparente. Fonte: Penetron Brasil.
- 3 Aplicação do PENESEAL PRO RTU em estrutura no Gardens by the Bay, Cingapura. Fonte: Penetron International.

## 5.2. Proteção do concreto aparente, alvenaria e pedras

- ✓ Limpar o substrato;
- ✓ Pulverizar PENESEAL HYDROGUARD sobre substrato seco (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Aguardar 72 horas para teste com água.

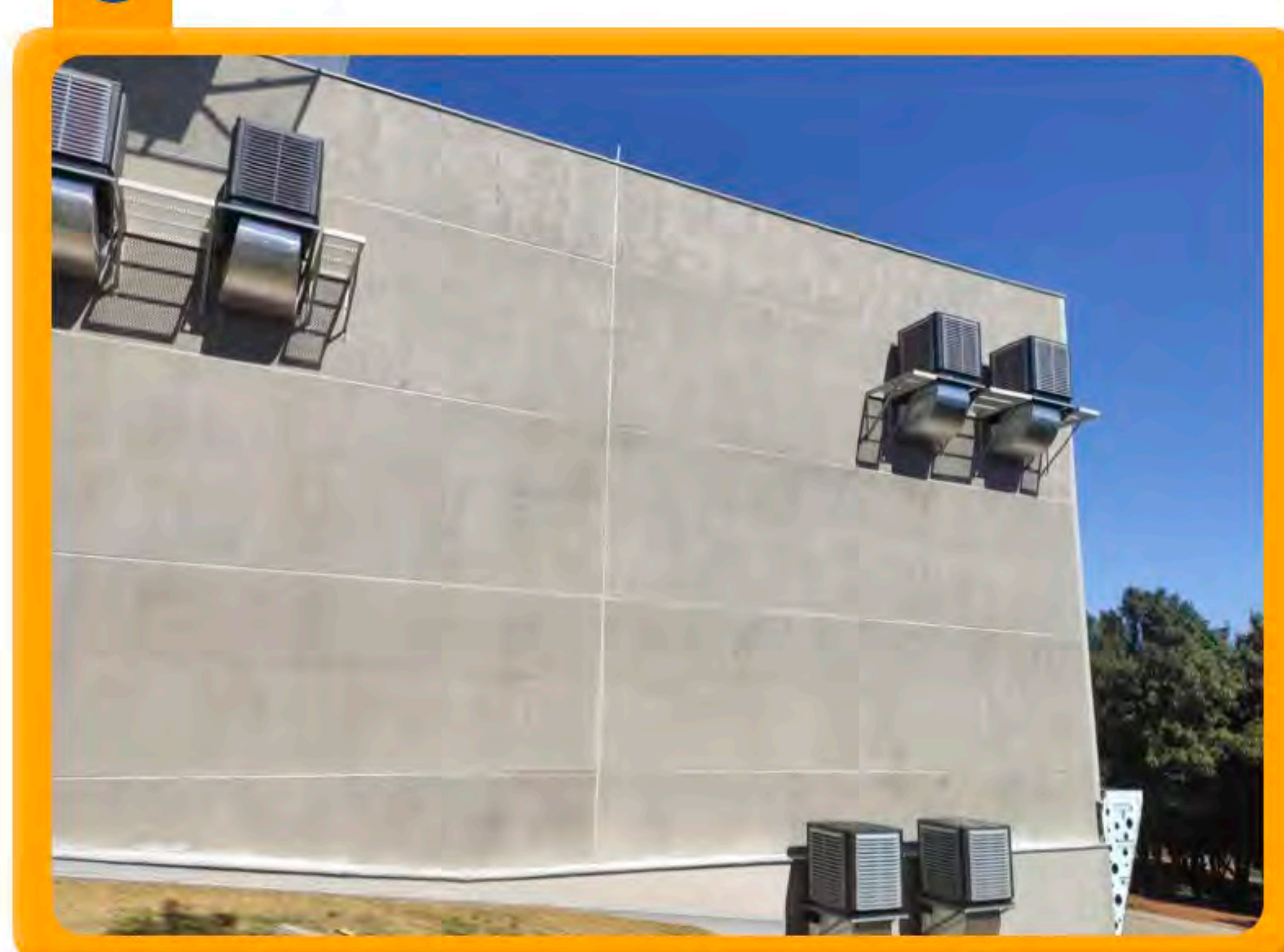
1



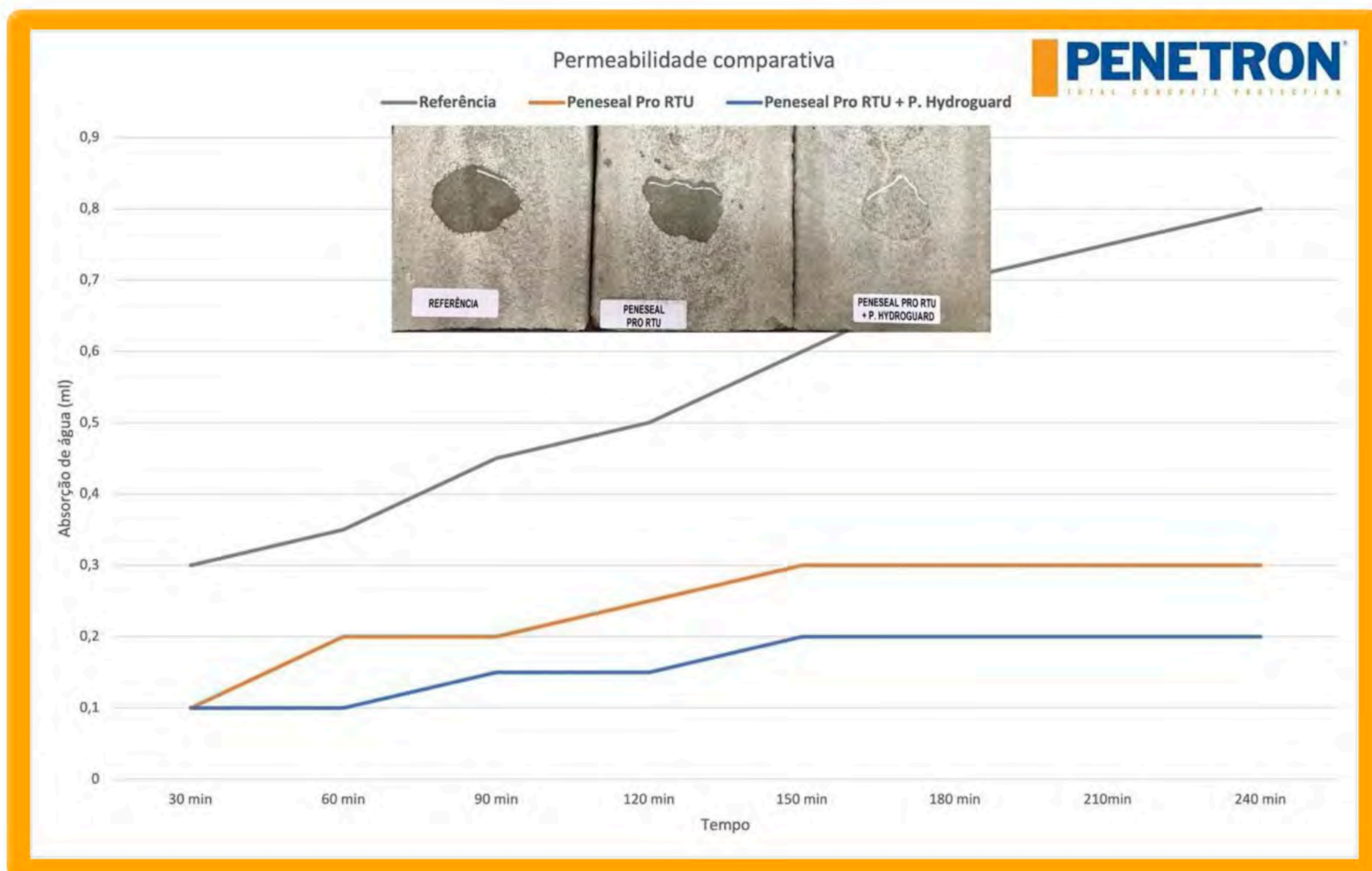
2



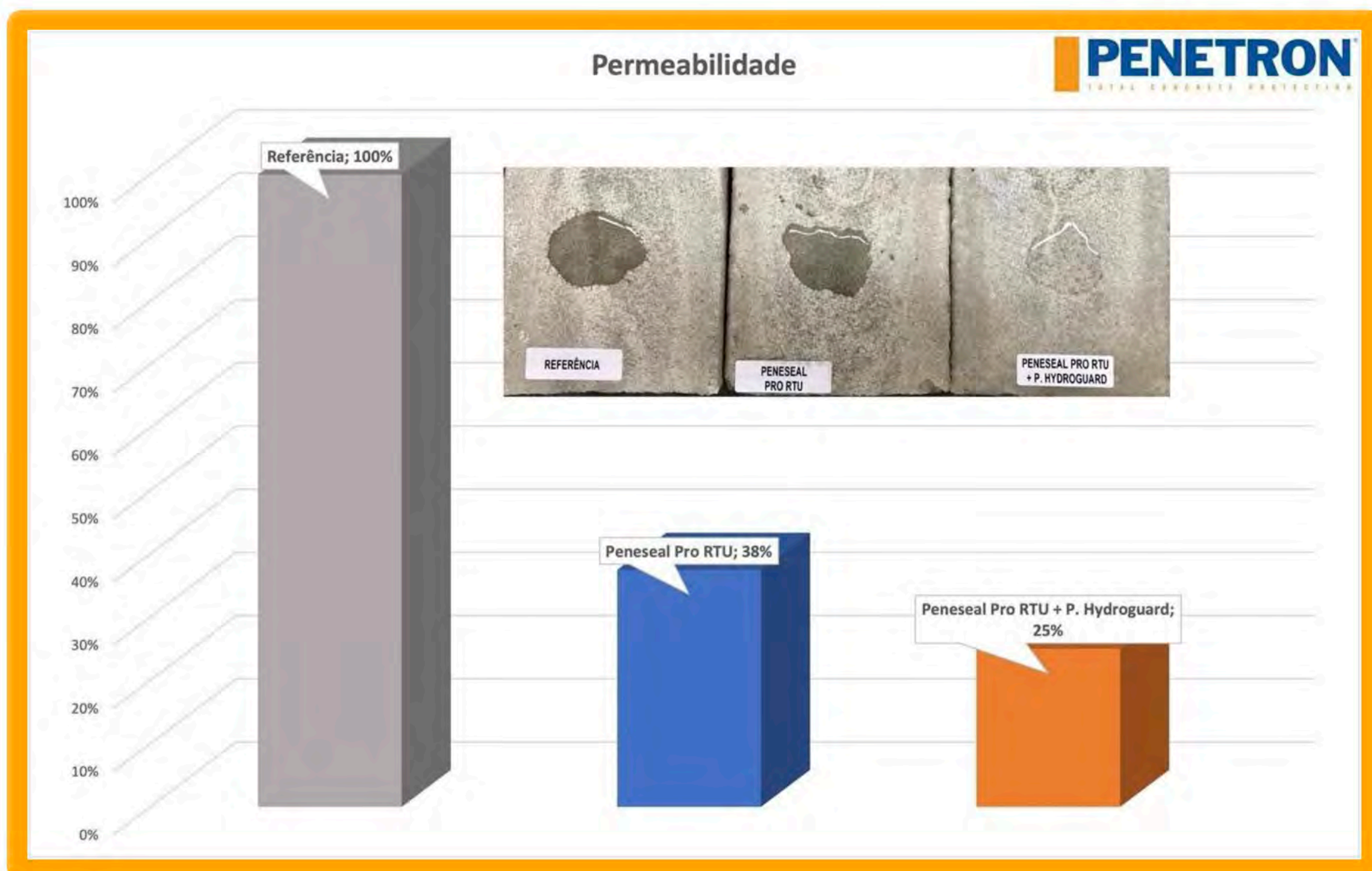
3



- 1 Efeito LOTUS de hidrorrepelência do PENESEAL HYDROGUARD. Fonte: Cláudio Neves Ourives
- 2 Aplicação do PENESEAL HYDROGUARD na catedral de Petrópolis, RJ. Fonte: Penetron Brasil
- 3 Fachada de concreto aparente tratada com PENESEAL HYDROGUARD. Fonte: Penetron Brasil



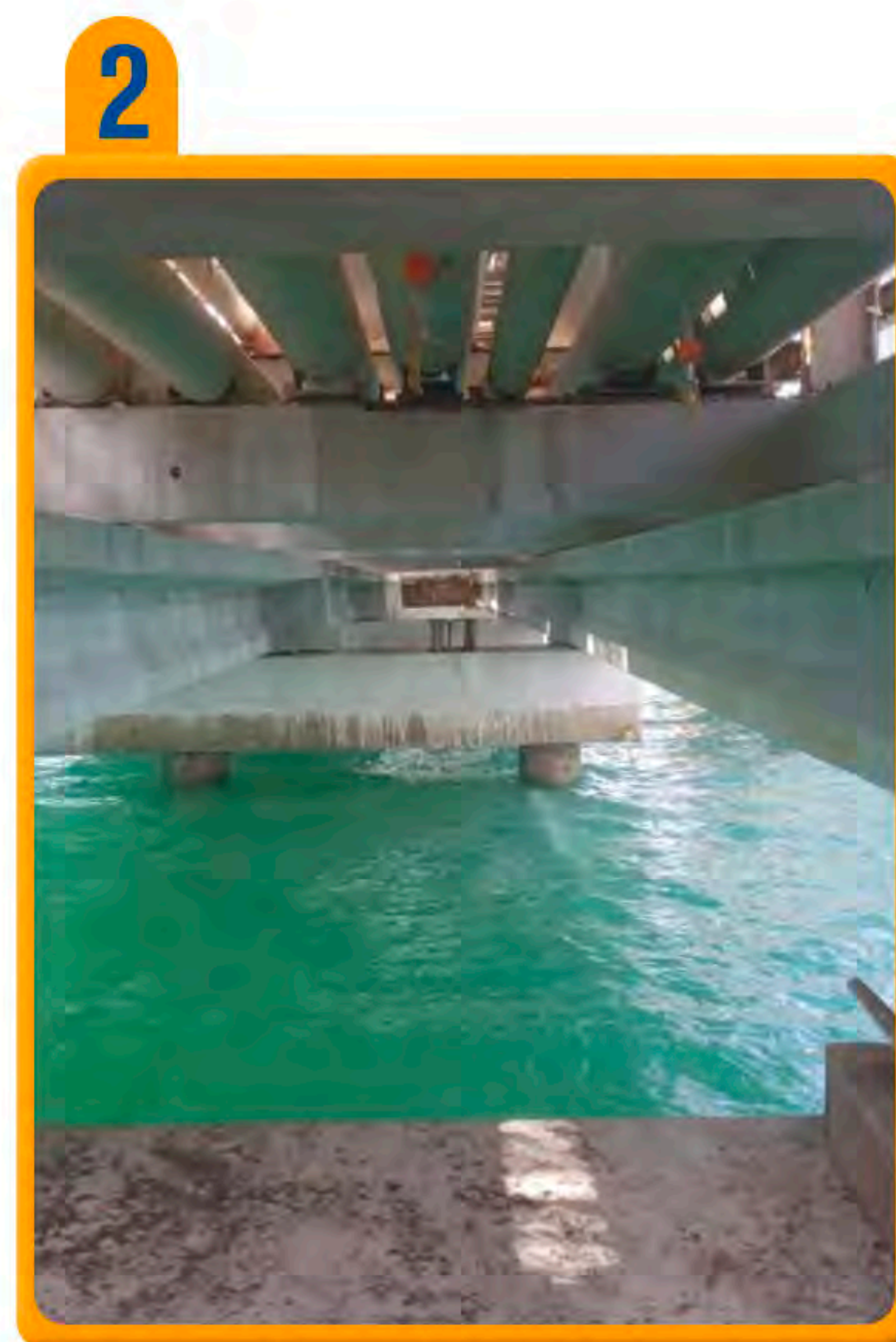
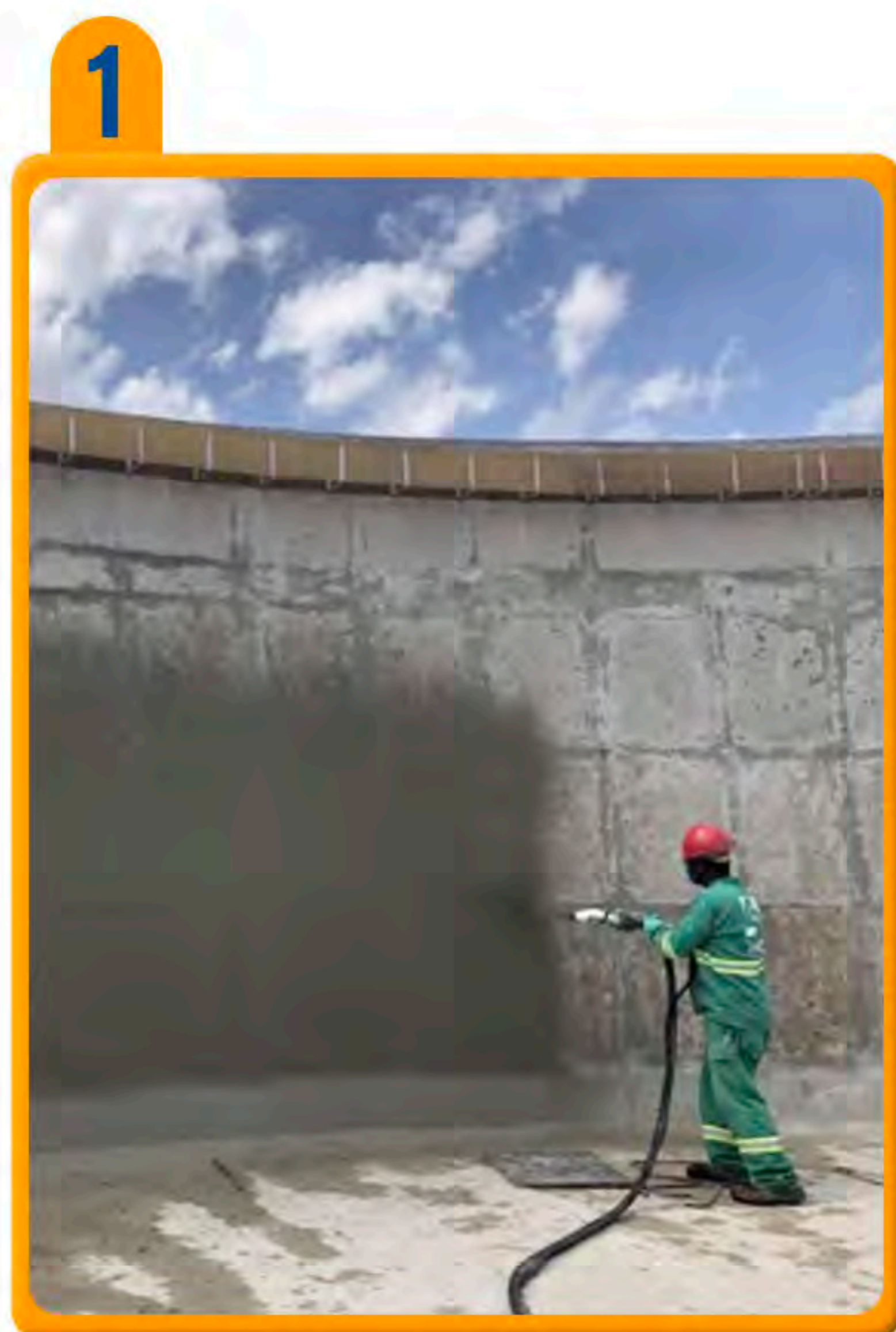
Redução de permeabilidade do concreto com aplicação do PENESEAL PRO RTU e PENESEAL HYDROGUARD em relação ao concreto de referência. Fonte: PENETRON BRASIL



Redução de permeabilidade do concreto com aplicação do PENESEAL PRO RTU e PENESEAL HYDROGUARD em relação ao concreto de referência. Fonte: PENETRON BRASIL

### 5.3. Proteção química do concreto – pH 3 a 11

- ✓ Abrir a porosidade do concreto com de jato de água (pressão >250bar);
- ✓ Saturar a superfície na condição SSS;
- ✓ Projetar a primeira demão de PENETRON (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Após 3 horas, projetar a segunda demão de PENETRON;
- ✓ Cura úmida no mínimo por 3 dias, 3 vezes ao dia.



- 1 Projeção do PENETRON, ETE SABESP, Itatiba (SP). Fonte: Penetron Brasil.
- 2 Proteção com PENETRON das vigas longarinas de píer do porto de SUAPE (PE). Fonte: Concrepoxi.

## 5.4. Proteção química do concreto contra ácido sulfúrico em zona de gás pH<1

- ✓ Abrir a porosidade do concreto com jato de água (pressão >250bar);
- ✓ Saturar a superfície na condição SSS;
- ✓ Projeter uma demão de PENETRON ARC (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Não é necessário curar.



- 1 Aplicação do PENETRON ARC no biodigestor da RAIZEN, Guariba (SP).  
Fonte: Penetron Brasil
- 2 Aplicação do PENETRON ARC na estação elevatória de efluentes da SABESP, na Ponte Pequena (SP). Fonte: Penetron Brasil.

## 5.5. Proteção para durabilidade

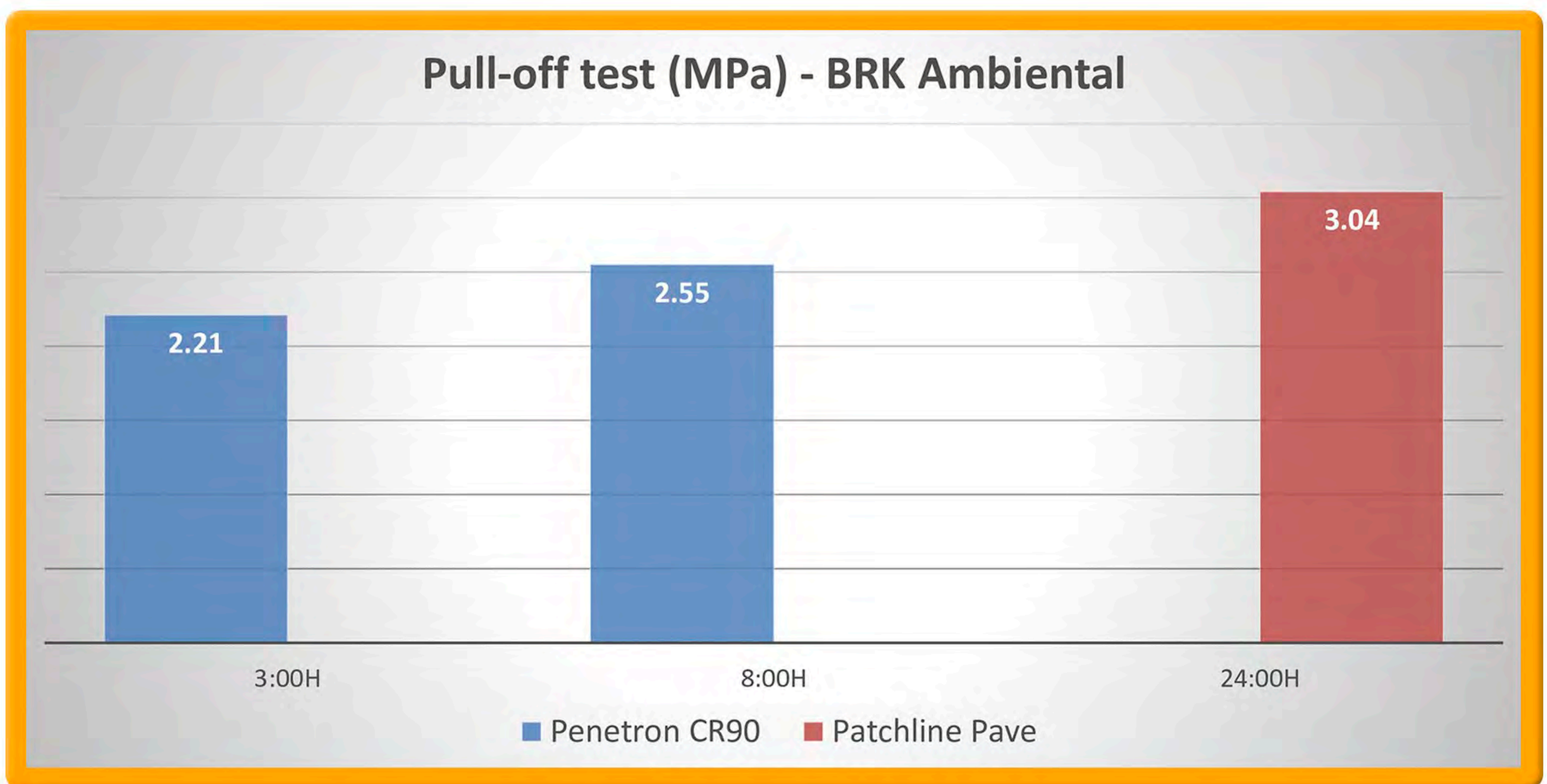
Nas estruturas de concreto com falha de cobrimento ou baixa resistência mecânica, é possível realizar a avaliação da estrutura, e verificar a possibilidade de aplicação de PENETRON pintura ou PENESEAL para fornecer a durabilidade equivalente ao concreto e seu cobrimento projetados, que não foram atingidos. A aplicação deverá seguir os itens 5.1 ou 5.3 (verificar aderências com acabamento e condição de exposição do substrato).



## 6 METODOLOGIAS DE RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

Pavimentos de concreto também são elementos estruturais e sofrem com manifestações patológicas específicas, como rupturas localizadas da placa de concreto ou desgastes superficiais da argamassa devido aos efeitos de aceleração e frenagem.

Por conta do curto período de interrupção do tráfego para execução de reparo, os serviços devem ser executados com rapidez e, portanto, exigem que as argamassas apresentem ganhos de resistência em poucas horas e, ao mesmo tempo, baixa retração e elevada aderência.



Ensaio de aderência. Fonte: Concrejato, 2021.

## 6.1. Reparos superficiais

- ✓ A superfície a ser tratada deve estar sólida, completamente limpa e isenta de quaisquer materiais que comprometam a aderência entre produto e concreto;
- ✓ Demolir o concreto deteriorado;
- ✓ Limpar a superfície;
- ✓ Saturar a superfície na condição SSS;
- ✓ Despejar o PENETRON CR-90 no substrato e espalhar com o auxílio de uma desempenadeira reta;
- ✓ Dar acabamento liso ou rugoso antiderrapante;
- ✓ Não precisa de cura.

Obs.: o PENETRON CR-90 pode ser aplicado com espessura até 10 mm e aceita tráfego de pedestres após 2 horas e tráfego de pneus após 8 horas (considerando temperatura média de 21°C).



Aplicação de PENETRON CR90 em rampa de concreto. Fonte: Penetron Brasil.

## 6.2. Reparos profundos

- ✓ Delimitar a região de reparo, em seção quadrada ou retangular, com disco de corte diamantado, avançando 10 cm além da armadura exposta e corte com 5mm de profundidade;
- ✓ Demolir o concreto deteriorado até a delimitação e expor o aço para limpeza e tratamento no perímetro;
- ✓ Limpar a armadura exposta com processo mecânico;
- ✓ Limpar o aço e substrato com jato de água;
- ✓ Saturar o substrato na condição SSS;
- ✓ Despejar o PATCHLINE PAVE no substrato e espalhar com o auxílio de uma desempenadeira reta (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Para recuperação de superfícies acima de 50mm, adicionar 50% de pedrisco lavado em relação ao volume de PATCHLINE PAVE;
- ✓ Realizar cura úmida durante 24 horas;
- ✓ 2 horas para liberação de tráfego pesado.

Obs.: a aplicação e acabamento do PATCHLINE PAVE deve ser feita no máximo em 10 minutos.  
Vale destacar que quanto maior for a temperatura, menor deve ser o tempo para realizar o acabamento



Reparo profundo em pavimento rígido da rodovia Dom Pedro I (SP). Fonte: Penetron Brasil.

## 6.3. Reparos superficiais em grandes áreas

- ✓ A superfície a ser tratada deve estar sólida, completamente limpa e isenta de quaisquer materiais que comprometam a aderência entre produto e concreto;
- ✓ Demolir o concreto deteriorado;
- ✓ Limpar a superfície;
- ✓ Aplicar Penetron SELF LEVELING PRIMER sobre o substrato seco (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Após a secagem do primer, despejar PENETRON INDUSTRIAL SELF LEVELING TOPPING no substrato e espalhar com o auxílio de uma desempenadeira dentada;
- ✓ Não precisa de cura;
- ✓ Aceita tráfego de pedestres após 3 horas e tráfego de pneus após 24 horas.



Bombeamento de revestimento autonivelante Penetron Industrial Self Leveling.  
Fonte: Penetron Brasil.

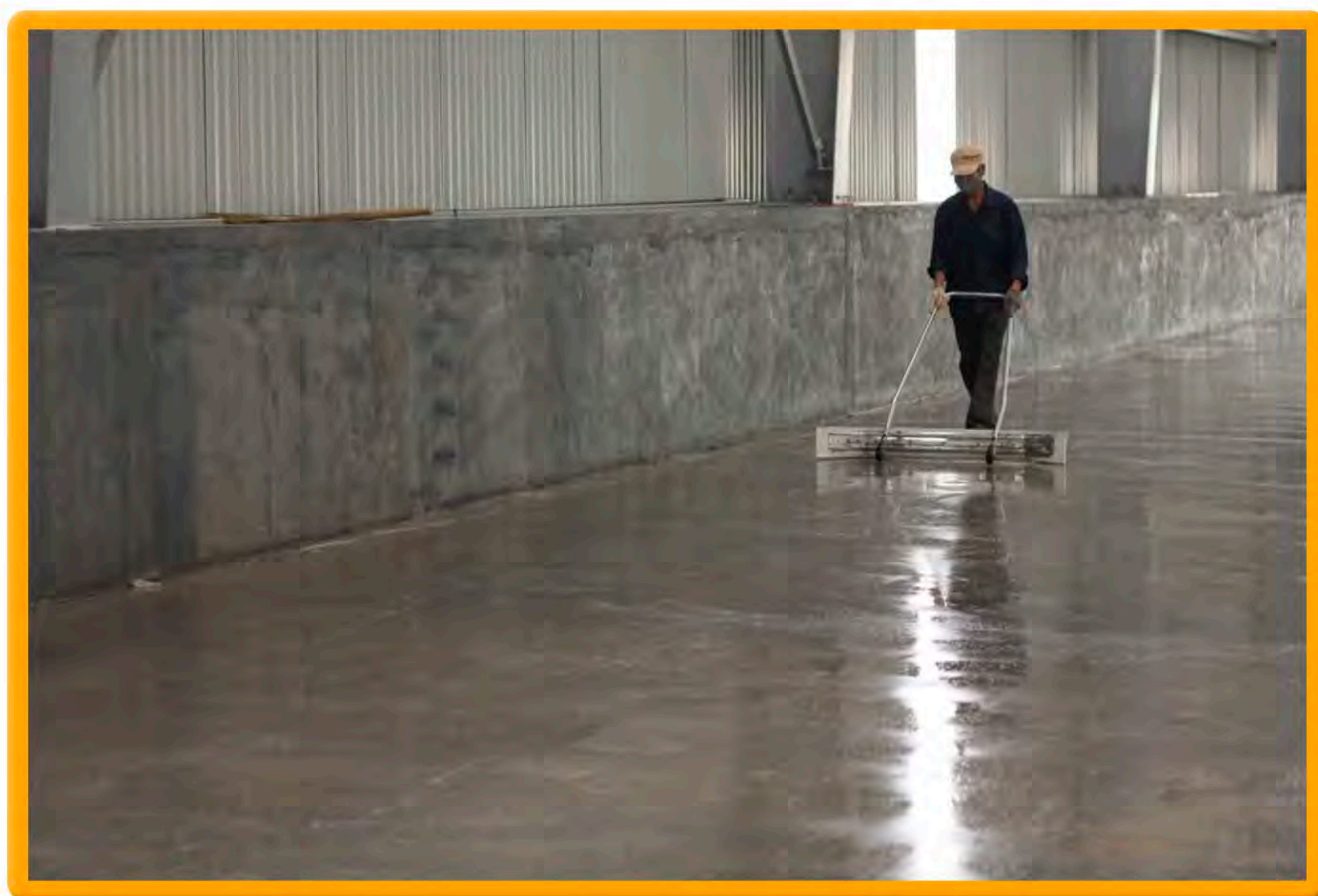
## 6.4. Proteção contra abrasão do piso e tratamento contra pó

### Concreto existente

- ✓ Limpar a superfície de concreto;
- ✓ Espalhar o PENESEAL FH na área a ser tratada;
- ✓ Continuar espalhando durante 30 minutos sem deixar que seque;
- ✓ Nebulizar água se o material secar antes desse período;
- ✓ Após esse período, lavar com água em abundância.

### Concreto novo

- ✓ Após o acabamento da superfície de concreto, aplicar PENESEAL FH tão logo o concreto esteja firme para caminhar sobre ele;
- ✓ Manter a superfície úmida com PENESEAL FH por 30 minutos;
- ✓ Pode-se pulverizar uma névoa de água para maior penetração do produto nesse período;
- ✓ Após 30 ou 40 minutos, remover todo o excesso de PENESEAL FH (ver ficha técnica do produto).



Espalhamento do PENESEAL FH em piso industrial. Fonte: Penetron Vietnã.

## 6.5. Barreira de vapor para aplicação de pintura e revestimentos

- ✓ A superfície de concreto deve estar íntegra e sem vestígios de adesivos, películas de cura ou outro material que prejudique a aderência;
- ✓ Misturar os componentes A e B do Penetron VB225 (ver ficha técnica do produto);
- ✓ Aplicar com rolo de lã em uma demão.

Obs.: verificar na ficha técnica do produto os limites de tempo para aplicação em revestimentos, pinturas ou laminados



Aplicação do Penetron VB225 em laje de subpressão. Fonte: Penetron Brasil.

# 7 SOLUÇÕES INOVADORAS DE PROTEÇÃO

## 7.1. Solução antimicrobiana para materiais de reparo

O PENETRON BIOMIC é um aditivo antimicrobiano que pode ser adicionado às argamassas de reparo. Ele forma uma ligação molecular com as argamassas, prevenindo a corrosão induzida por micróbios e inibindo o crescimento de outros agentes agressivos e microrganismos causadores de odor como bactérias, algas e fungos.

A tecnologia do PENETRON BIOMIC é registrada na EPA (Environmental Protection Agency - Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos) como um agente microbiostático que rompe paredes celulares em contato com micróbios.

Este mecanismo de destruição eletro-físico dos micróbios em contato com o PENETRON BIOMIC não se esgota, e, como também é resistente, não migrará através da argamassa, mantendo a eficácia indefinidamente. É compatível com todos os materiais de base cimentícia da PENETRON como: PENETRON, PENETRON ADMIX, PENECRETE MORTAR e PENETRON GROUT.



Fonte: Penetron International

# 8 ANEXO: TABELA DE SOLUÇÕES PENETRON PARA RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS

## REPARO E PROTEÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

| PRODUTOS                          | DESCRIÇÃO                                                                                                                                                            | CARACTERÍSTICAS                                                                                                                                                                                                | BENEFÍCIOS                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Penetron CR-90                    | Argamassa de reparo com liberação rápida para espessuras de 1mm a 10mm                                                                                               | Resistência à compressão 28 dias (NBR 13279/05): 42MPa<br>Resistência à tração na flexão 28 dias (NBR 13279/05): 7,6MPa<br>Resistência à aderência (NBR 15258/05): 2,6MPa                                      | Tempo de Liberação:<br>Pedestres - 2 horas<br>Tráfego pesado – 8 horas                                                                                              |
| Patchline Pave                    | Argamassa de reparo com liberação rápida para pavimento de concreto para espessuras de 10mm a 50mm<br><br>Para maiores espessuras, pode-se adicionar pedrisco lavado | Resistência à compressão (ASTM C 109):<br>em 3 horas - 30MPa<br>aos 28 dias - 45MPa<br><br>Resistência à tração na flexão 28 dias (NBR 13279/05): 6,9MPa<br><br>Resistência à aderência (NBR 15258/05): 1,5MPa | Tempo de Liberação:<br>Tráfego pesado – 3 horas                                                                                                                     |
| Penetron Industrial Self Leveling | Argamassa autonivelante para espessuras acima de 5mm                                                                                                                 | Resistência à compressão (ASTM C 109): 41MPa<br>Resistência à tração na flexão (ASTM C 348): 6,9MPa<br>Aderência: 2,6MPa                                                                                       | Tempo de Liberação:<br>Pedestres - 4 horas<br>Tráfego de veículos – 24 horas                                                                                        |
| Peneseal FH                       | Selador à base d'água que aumenta a resistência à abrasão do concreto                                                                                                | Aumento de 80% na resistência à abrasão (ASTM C779)<br><br>61% de aumento na retenção de umidade durante as primeiras 24 horas de cura quando comparado a amostras sem tratamento                              | Tratamento anti-pó<br><br>Auxilia no processo de cura do concreto<br><br>Após 6 a 12 meses pode surgir um acabamento mais brilhante devido ao efeito do Peneseal FH |
| Penetron VB225                    | Sistema bicomponente à base de epóxi para redução de vapor                                                                                                           | Aplicação em pisos de concreto com umidade até 100%                                                                                                                                                            | Previne surgimento de bolhas ocasionado pelo fenomeno de osmose em pinturas , pisos vinílicos ou argamassas autonivelantes<br><br>Isento de solventes               |

## PONTE DE ADERÊNCIA

| PRODUTOS          | DESCRIÇÃO                                                                       | CARACTERÍSTICAS                       | BENEFÍCIOS                                                                                                                  |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acrylic Bondcrete | Adesivo acrílico de alto desempenho para argamassa e concreto                   |                                       | Resiste à umidade. Aumenta a resistência à aderência. Melhora a resistência à flexão                                        |
| Penetron          | Impermeabilizante de cristalização integral por pintura para ponte de aderência | Resistência à aderência : R3 > 1,5MPa | Tecnologia Penetron de cristalização. A base de componentes minerais podendo receber todos os tipos de argamassa cimenticea |

## PROTEÇÃO DO AÇO ESTRUTURAL

| PRODUTOS | DESCRIÇÃO                                                                               | CARACTERÍSTICAS | BENEFÍCIOS                                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Penetron | Impermeabilizante de cristalização integral por pintura para proteção do aço estrutural |                 | Resiste à umidade. Aumenta a resistência à aderência. Melhora a resistência à flexão |

REPARO ESTRUTURAL DE CONCRETO

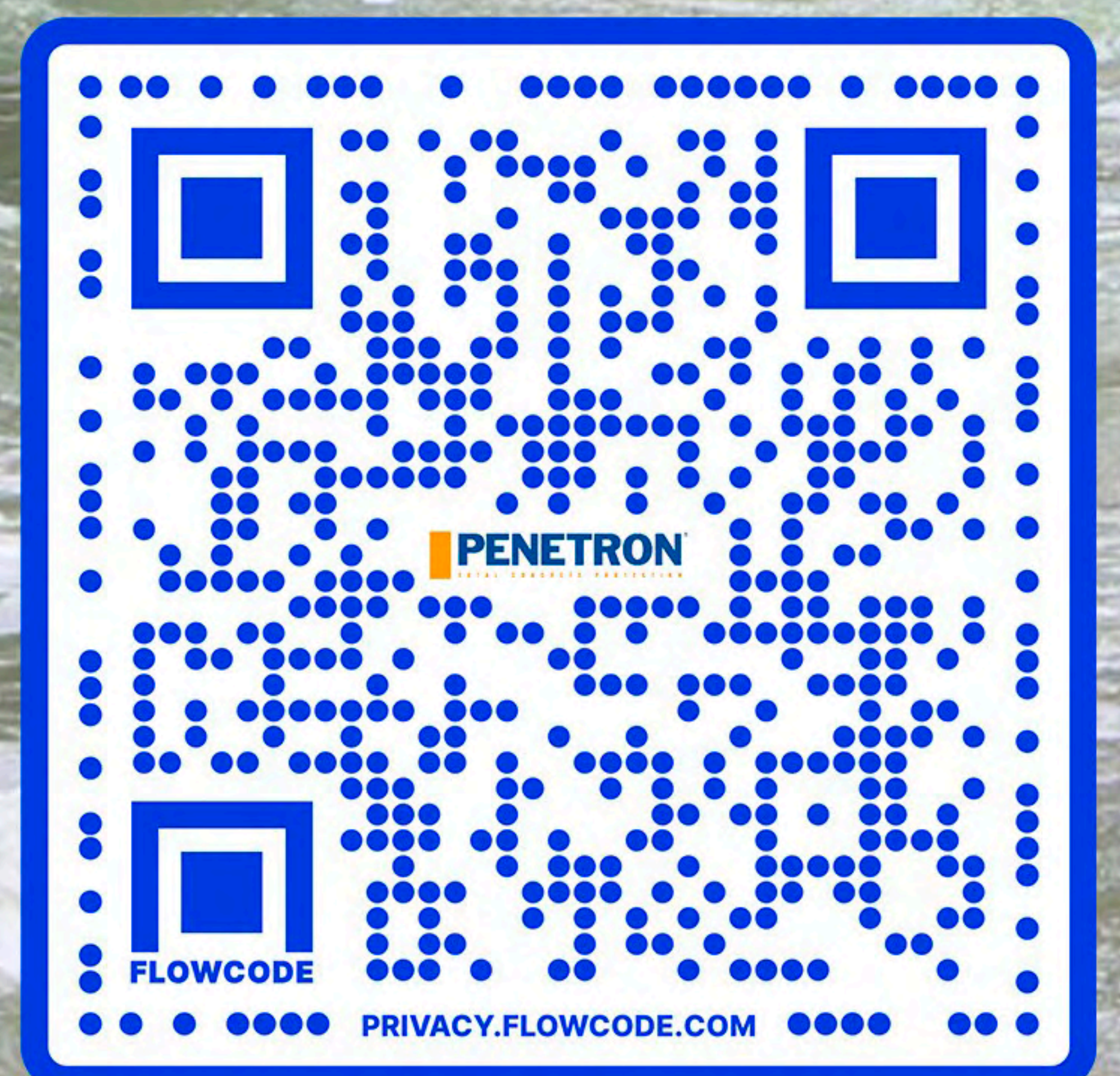
| PRODUTOS        | DESCRIÇÃO                                                                                                                          | CARACTERÍSTICAS                                                                                                                  | BENEFÍCIOS                                                                                                                                              |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Patchline 3000  | Argamassa de estucamento para concreto com espessura de até 3mm                                                                    | Resistência à compressão (ASTM C 109):<br>em 3 dias - 20MPa<br>aos 28 dias - 30MPa                                               | Regularização e estucamento de peças de concreto com um único produto, promovendo uniformidade do acabamento<br><br>Não necessita de ponte de aderência |
| Patchline SM    | Argamassa de reparo estrutural, com polímero e fibra PP, para espessuras de 10mm a 100mm. Aplicações over-head                     | Resistência à compressão (ASTM C 109):<br>em 24horas - 20MPa<br>aos 28 dias - 40MPa                                              | Maior produtividade: não necessita de ponte de aderência<br><br>1 dia de cura<br><br>Aceita carga rapidamente após 1 hora de aplicação.                 |
| Waterplug       | Argamassa de pega rápida para tamponamento de fluxo de água                                                                        | Zero VOC<br><br>30 segundos para início do endurecimento                                                                         | Tampona e interrompe o fluxo de água imediatamente<br><br>Pode ser misturado com água ou usado a seco.<br><br>Pode ser usado embaixo d'água             |
| Pencrete Mortar | Argamassa de impermeabilização por cristalização integral para reparos, fissuras, e juntas de concretagem                          | Resistência à compressão (47 MPa):<br>em 24horas - 11MPa<br>aos 28 dias - 60MPa<br><br>Resistência à tração (ASTM C 190): 6,2MPa | Resiste à pressões hidrostáticas elevadas<br><br>Possui tecnologia de cristalização na composição<br><br>Sela fissuras de até 0,4mm                     |
| Penetron Grout  | Graute para reparo estrutural com tecnologia Penetron de cristalização. Para maiores espessuras, pode-se adicionar pedrisco lavado | Resistência à compressão (ASTM C 109):<br>24 horas – 20MPa<br>28 dias - 50MPa<br><br>Expansão de 1,5%                            | Auto adensável<br><br>Indicado para reparos de difícil acesso com argamassa<br><br>Ganho de proteção com a tecnologia de cristalização                  |

REPARO E PROTEÇÃO DE FISSURAS

| PRODUTOS             | DESCRIÇÃO                                                                                                      | CARACTERÍSTICAS                                                                                                                                                      | BENEFÍCIOS                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Peneseal AC          | Reabilitador de estruturas de concreto para uso de PENESEAL PRO RTU e PENESEAL PRO FAÇADE                      | Reforça a alcalinidade do substrato                                                                                                                                  | Potencializa as reações químicas do PENESEAL PRO no concreto. Aumenta a eficiência da reação em concreto antigo e altamente carbonatado e em concretos com cimentos compostos                                                        |
| Peneseal Pro RTU     | Selador de concreto com penetração reativa, para aumentar a impermeabilidade do concreto e proteção estrutural | Baixa viscosidade. Sela fissuras existentes passivas < 0,4mm                                                                                                         | Sela fissuras existentes. Novas fissuras capilares serão seladas em caso de contato com água                                                                                                                                         |
| Penetron             | Impermeabilizante de cristalização integral por pintura para reparo e proteção de fissuras                     | Sela fissuras existentes passivas < 0,5mm                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Penetron Inject      | Argamassa de injeção de selamento com capacidade de impermeabilização por cristalização integral               | Resistência à tração: 2MPa<br><br>Retração: <3%<br><br>Baixa viscosidade, capacidade de selar fissuras a partir de 0,2mm<br><br>Viscosidade no copo DIN: 30 segundos | Tecnologia Penetron de cristalização<br><br>Possui proteção contra corrosão<br><br>Possui um calor de reação muito estável e baixo, permitindo injeção<br><br>Controlada e a capacidade de preencher completamente os espaços vazios |
| Penetron Inject Foam | Resina de poliuretano hidroativada para selamento de fissuras ativas e juntas de dilatação com fluxo d'água    | Expansão de 15 a 60 segundos após contato com a água<br><br>Aumento de volume: 20 vezes<br><br>Baixa viscosidade: 150 cPs                                            | Selamento imediato de grandes fluxos d'água por fissuras ativas e juntas de dilatação                                                                                                                                                |
| Penetron Inject Flex | Resina flexível de poliuretano para selamento de fissuras no concreto                                          | Baixa viscosidade: 100 cPs                                                                                                                                           | Selamento de fissuras ativas sem fluxo d'água<br><br>Finaliza o processo de injeção após o Penetron Inject Foam tornando o sistema flexível e definitivo                                                                             |

PROTEÇÃO DE CONCRETO

| PRODUTOS            | DESCRIÇÃO                                                                                                                               | CARACTERÍSTICAS                                                                                                                                                                                                                                                            | BENEFÍCIOS                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Peneseal Pro Façade | Selador à base de silicato modificado e água, para aumentar a impermeabilidade do concreto e proteção estrutural                        | Penetração de água sob pressão (NBR 10.787/94): sem penetração de água no CP<br>Absorção de água em 7 dias (ASTM D570) 0,004%<br>pH:11                                                                                                                                     | Impermeabilização do concreto em profundidade<br>Não forma filme<br>Liberação para trânsito em 6 horas                                                                                                                                                                                    |
| Peneseal Pro RTU    | Selador de concreto com penetração reativa, para aumentar a impermeabilidade do concreto e proteção estrutural                          | Penetração de água sob pressão (NBR 10.787/94): sem penetração de água no CP<br>Absorção de água em 7 dias (ASTM D570) 0,004%<br>pH:11                                                                                                                                     | Sela fissuras existentes. Novas fissuras capilares serão seladas em caso de contato com água                                                                                                                                                                                              |
| Peneseal Hydroguard | Hidrorrepelente para proteção de concreto e pedras sem alterar as características físicas da superfície                                 | Reage com o cálcio do substrato e CO2. Melhor fixação ao substrato em relação aos siloxanos                                                                                                                                                                                | Resistente ao UV<br>Reduz crescimento de algas e fungos<br>Reduz efflorescência                                                                                                                                                                                                           |
| Penetron            | Impermeabilizante de cristalização integral por pintura                                                                                 | Resistente aos ataques químicos - pH de 3 a 11 em contato permanente<br>Resistente aos ataques químicos - pH de 2 a 12 em contato esporádico<br>Resistencia à compressão (ASTM C 109)<br>24 horas – 16MPa<br>28 dias - 30MPa<br>Resistência à pressão hidrostática 160 mca | Torna-se parte integrante do concreto e continua ativo na presença de água<br>Altamente eficaz contra pressões hidrostáticas<br>Pode ser aplicado na face positiva ou negativa<br>Sela fissuras passivas ≤ 0,5mm<br>Autocicatrizante<br>Aprovado para aplicações em água potável (NSF 61) |
| Penecoat Flex       | Argamassa polimérica flexível para impermeabilização de locais úmidos como banheiros, cozinha, lavanderias, terraços e varandas         | Resistência a tração (NBR 12171/92): 1,7MPa aos 28 dias<br>Estanqueidade pressão positiva ( NBR 10787/11): 0,50MPa<br>Estanqueidade pressão negativa ( NBR 10787/11): 0,20MPa                                                                                              | Monocomponente<br>Alta aderência<br>Viscosidade ajustada para projeção                                                                                                                                                                                                                    |
| Penetron ARC        | Revestimento ativado por ácido especificamente desenvolvido para condições anaeróbicas                                                  | Resistência da aderência à tração (NBR 13528/2010): 0,90MPa após 56 dias imerso em ácido sulfúrico com 0,2M e pH2                                                                                                                                                          | Resiste à ácido forte como o ácido sulfúrico que são produzidos na zona de gás<br>Produto a base de compostos minerais                                                                                                                                                                    |
| Penetron BioMic     | Aditivo antimicrobiano para concreto. Forma uma ligação molecular com o concreto prevenindo contra corrosão induzida por microrganismos | Registrada na EPA (Environmental Protection Agency - Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos EUA) como um agente microbioestático que rompe paredes celulares em contato com micróbios                                                                                    | Evita corrosão microbiana induzida causada por bactérias produtoras de ácido<br>Torna-se parte integrante e ativa de toda estrutura do concreto<br>Não contém metais pesados<br>Proteção de amplo espectro - bactérias gram-positivas e gram-negativas, fungos, mofo e algas              |



TOTAL CONCRETE PROTECTION®