

MUSEU DO AMANHÃ

PARECER TÉCNICO SOBRE AS CAUSAS E SOLUÇÃO
PARA AS PATOLOGIAS NO PORÃO



LOCAL DA OBRA: PRAÇA MAUÁ S/Nº - CENTRO

ELABORADO POR: THERON ENGENHARIA E GEOTECNIA

JOSÉ GUILHERME MONFORT DE MELLO

CREA 22.255/D-RJ

ÍNDICE

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS
2. ELEMENTOS DE REFERÊNCIA
3. PARTE A – CORTINA EM ESTACAS SECANTES
 - 3.1 INTRODUÇÃO
 - 3.2 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO
 - 3.3 ANÁLISE/DISCUSSÃO
 - 3.4 CONCLUSÃO
4. PARTE B - A SOLUÇÃO E PRODUTOS RECOMENDADOS
 - 4.1 INTRODUÇÃO
 - 4.2 INJEÇÃO
 - 4.3 SEQUÊNCIA EXECUTIVA
 - 4.4 PRODUTOS
 - 4.5 EXEMPLO DE OBRA RECUPERADA

ANEXOS

Anexo 01 – Cargas Verticais na Cortina

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Fazem parte deste Relatório uma descrição das causas prováveis das patologias existentes na cortina da periferia do porão do Museu do Amanhã que nortearão a melhor solução a ser apresentada. Entendemos que somente com este conhecimento podemos recomendar soluções definitivas ou quase, para sanar estas patologias. Este relatório será dividido em duas partes:

Parte A – Considerações sobre as estacas secantes formadoras da cortina;

Parte B – A solução recomendada

2 ELEMENTOS DE REFERÊNCIA

[1] EGT-MDA-REL-FUN-003 – R03 – Análise das Contenções com Função de Fundação – Relatório;

[2] EGT-MDA-PE-FUN-018 – R09 – Reforço da Fundação - Relatório;

[3] EGT-MDA-REL-FUN-009 – R0A 9 – Plano de Inspeção da Parede de Contenção do Subsolo – Relatório;

[4] 227-OB-FUN-DT- 014 – R0A – Escavações;

[5] Instituto Brasileiro de Impermeabilização

[6] Visitas ao local (x3) – uma delas com dois técnicos da empresa MC Bauchemie – Brasil;

3. PARTE A – CONSIDERAÇÕES SOBRE A CORTINA EM ESTACAS SECANTES

3.1 Introdução

A solução em estacas secantes foi a escolhida de forma a cumprir as seguintes finalidades: estabilizar os cortes provenientes das escavações para execução do porão, transferir cargas da estrutura para um substrato geotécnico adequado, tornar a área do porão estanque e, já na fase operacional, conter os empuxos devidos aos aterros do tardo.

Além das estacas secantes que compõem o perímetro do porão, objeto deste estudo, outras denominadas “estacas de reforço” executadas externamente a estas, compõem a estrutura de suporte do Museu. Este conjunto suporta uma carga total de 277.800kN (~28.000tf) ao longo de seus 231m de comprimento apresentando uma taxa média de ~1.200kN/m com valores de 600kN/m e 1.550kN/m para os trechos menos e mais carregados (ver Anexo 01).

Os dados “as built” extraídos da referência [1] indicam que foram utilizadas estacas muitas vezes distintas do projeto original com referência ao diâmetro, armação, comprimento e substrato de apoio. Segundo estas informações contabilizamos 10 configurações distintas de estacas conforme mostradas a seguir. E mais, suas bases ora estão no residual, ora imersas na rocha com trechos de 6m a 8m e ora na interface residual x rocha.

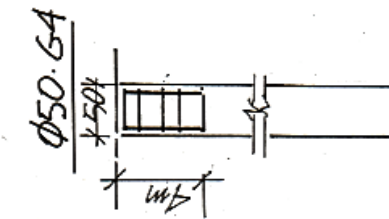
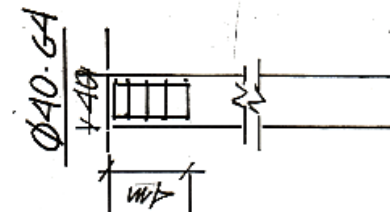
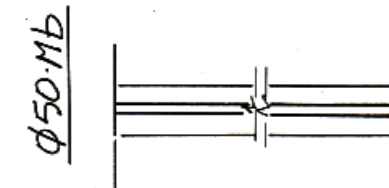
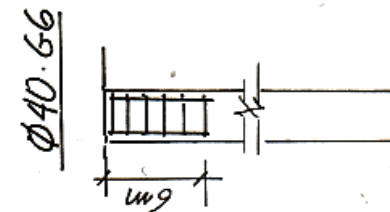
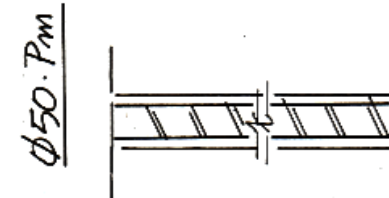
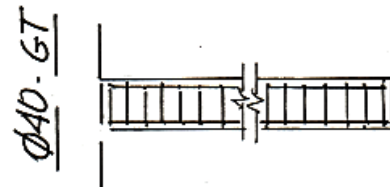
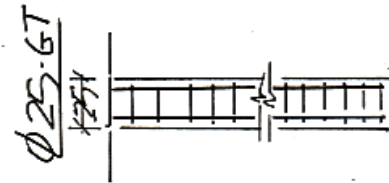
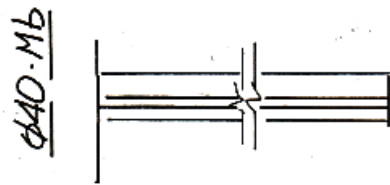
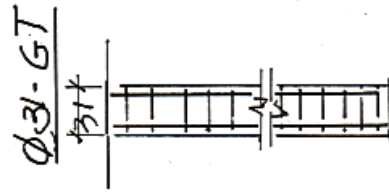
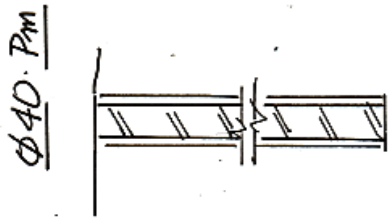
Os materiais empregados foram:

Concreto e argamassa com $f_{ck}=20\text{MPa}$;

Aço CA50 para as gaiolas $f_y=500\text{MPa}$;

Monobarras inco70D de $\phi 57\text{mm}$ - $f_y=600\text{MPa}$;

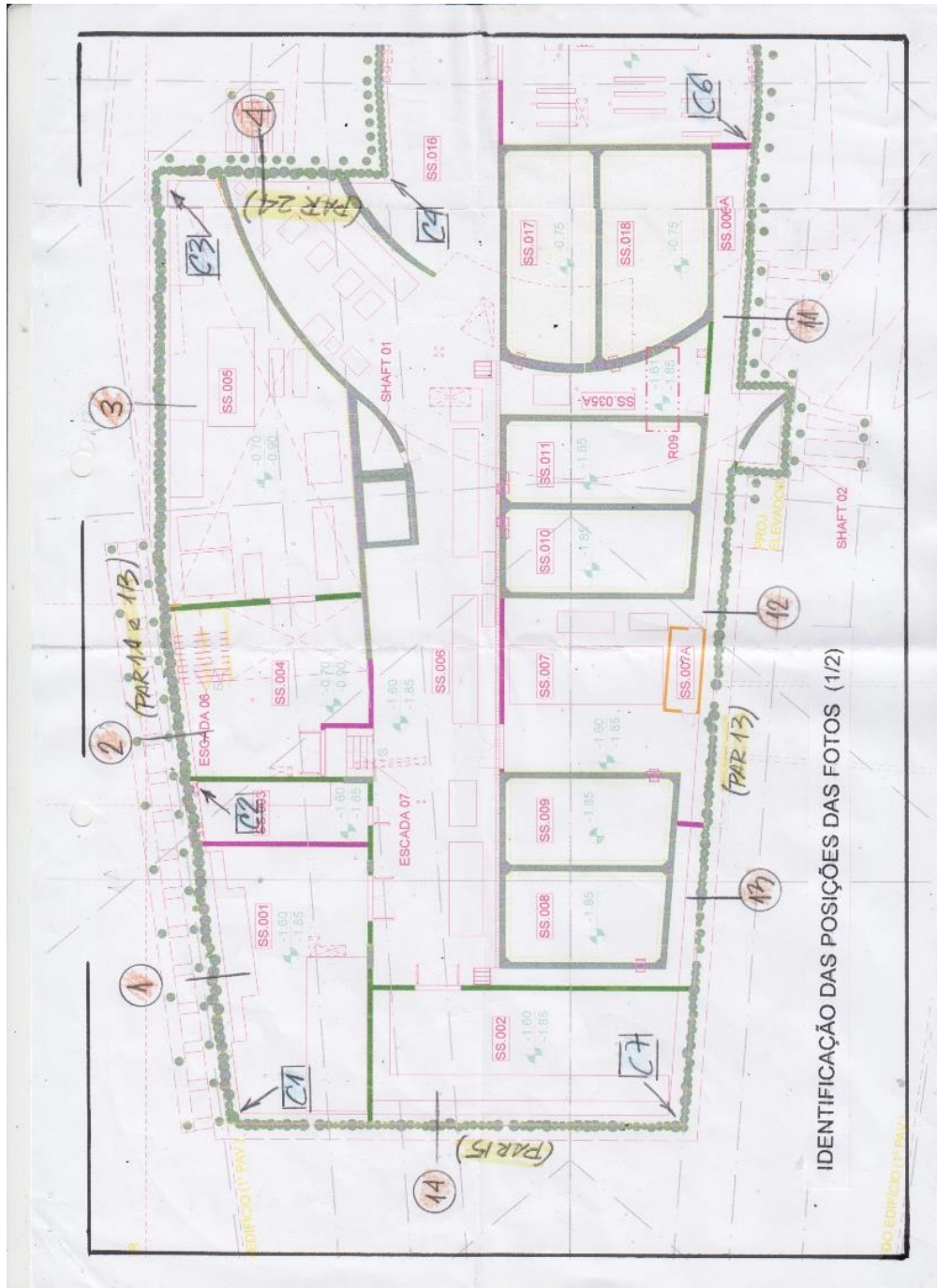
Perfis W310x32,7 e HP 200 x x53 ASTM A572 – Grau 50

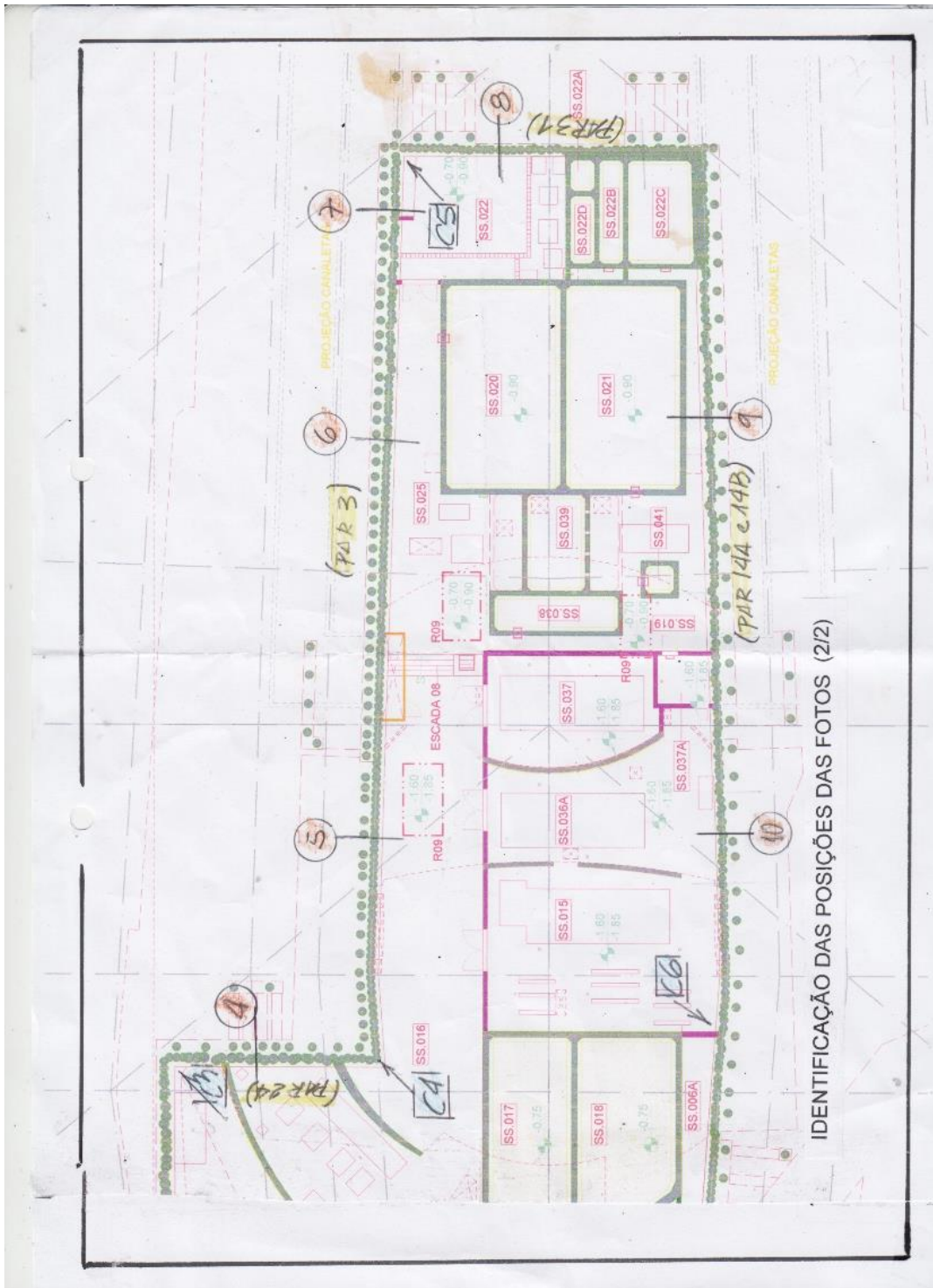


3.2 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

Apresenta-se a seguir o Relatório Fotográfico composto de uma planta Geral (em dois croquis) onde estão informados os pontos fotografados, tanto nas paredes fotos 01 a 14 como nos cantos fotos C1 a C7 num total de 21 fotos.

Apresentam em geral as seguintes patologias que nortearão a solução a ser aplicada: umidade, infiltração, desagregação e perda do substrato – concreto e reparo anterior, oxidação, trechos a demolir e recompor dentre outros.





IDENTIFICAÇÃO DAS POSIÇÕES DAS FOTOS (2/2)

PAREDES



Foto 01



Foto 02



Foto 03



Foto 04



Foto 05



Foto 06



Foto 07



Foto 08



Foto 09



Foto 10



Foto 11



Foto 12



Foto 13



Foto 14

CANTOS



Foto C1



Foto C2



Foto C3



Foto C4



Foto C5



Foto C6



Foto C7

3.3 ANÁLISE

Seguem as possíveis causas das patologias observadas.

1. Apoios distintos da ponta das estacas alterando entre rocha, interface e residual garante para as primeiras uma maior carga. Por outro lado a viga de coroamento tende a uniformizar as cargas atuantes nas cabeças das estacas. Como não é possível mensurar os deslocamentos relativos entre estas estacas e como **não há armaduras horizontais de acoplamento entre elas para absorver os esforços decorrentes do cisalhamento**, não se pode ignorar as tensões que ocorrerão entre elas originando fissuras; estas também poderão estar presentes abaixo da base do porão.

2. Em complemento ao informado em (1), salientamos **um fato favorável** (quanto às cargas) de que para trechos contíguos de algumas paredes (ver a seguir) a sua variação é pequena apresentando no máximo um valor de 12% em torno da média.

PAR 1A e 1B (valores em kN/m) 800, 700 e 850 variação de 11%

PAR 3A (valores em kN/m) 1550, 1300 e 1450 variação de 12%

PAR 14A e 14B (valores em kN/m) 1300 e 1400 variação de 4%

3 No entanto, **fato muito desfavorável**, são as cargas atuantes nos cantos das paredes cujos valores são bem distintos conforme abaixo:

PAR 1B e PAR 24 (valores em kn/m) 850 - 1350 variação de 59%

PAR 3A e PAR 31 (valores em kn/m) 1450 – 1050 variação de 38%

PAR 1B e PAR 24 (valores em kn/m) 850 - 1350 variação de 33%

PAR 15 e PAR 1A (valores em kn/m) 600 - 800 variação de 33%

No canto entre as PAR 13 e PAR 15 850 - 1350 é o canto de menor variação 17%.

Desta forma é de se esperar patologias nestes cantos.

4 Os reforços das estacas realizados por estacas de $\phi 50$ cm imersas no maciço rochoso com capacidade de carga de 1250kN por unidade também podem contribuir nas patologias. Este reforço foi realizado pela parte externa da cortina e a ela solidarizada por meio de blocos e vigas tipo alavanca (não temos os detalhes), no entanto, como informado esta solução aliviaria a carga na cortina trazendo-a para o reforço. Apenas para ilustrar, a carga original de 1430kN/m

atuante na PAR 3 foi reduzida a 300kN, sendo portanto transferidos 1130kN/m para o reforço. Esta transferência se dará por meio de uma biela de concreto que terá de ter equilibrada por uma forte armadura transversal. No caso de seu não funcionamento, parte destes esforços horizontais seriam resistidos pelo terreno **que por meio de pressões horizontais atuariam diferencialmente nas estacas vizinhas** decorrendo daí trincas de separação entre elas.

5 Outro fato é a falta de simetria tanto do carregamento como das rigidezas das cortinas opostas (exemplo: trecho da PAR 1 e PAR 13) que acarretando uma diferença entre as posições dos seus respectivos centros leva o pórtico a deslocamentos horizontais induzindo aos mesmos efeitos descritos no item anterior.

6 Outras influências

Além dos citados, não podemos ignorar os efeitos provocados por:

- Forças horizontais resultantes da ação do vento na superestrutura;
- Recalques de rotação gerando forças horizontais;
- Variação da temperatura da água do mar conduzindo a um gradiente térmico entre as partes interna e externa do porão.

3.4 CONCLUSÃO

Todos os motivos atrás descritos são responsáveis (uns mais, outros menos) pelo comportamento em separado das estacas contíguas apresentando em todos os casos deslocamentos diferenciais tanto verticais como horizontais transversais; **aparentemente grande parte do problema estaria resolvido se existisse uma parede frontal horizontalmente armada associada às estacas**. As consequências destes efeitos estão, em parte, mostrados no Relatório Fotográfico pois os demais foram mascarados pela execução do reparo há cerca de dois anos.

A solução em estacas secantes não se mostrou competente à estanqueidade, mesmo com um trecho comum de boa espessura entre elas (~10cm). Neste processo, o emprego de camisas metálicas longas (maiores que 18m - nosso caso) é muito difícil de se conseguir mantê-las no prumo, mesmo com utilização de guias em concreto com aberturas circulares para melhor garantia das posições das estacas secantes (processo usual);

Com ênfase ao item anterior, uma melhor solução seria aquela formada por estacas ligeiramente afastadas (~1,5m) formadas por perfis metálicos dentro de furo raiz de $\phi 50\text{cm}$ imersos no maciço rochoso e prancheadas com pré-laje até 1,0m a 2,0m abaixo da elevação da base do porão. Uma tela seria soldada aos perfis constituindo a armadura da parede frontal com uns ~10/12cm de espessura. Uma única concretagem monolítica uniria esta parede com a formada pelo pranchamento e pelos perfis metálicos. Uma viga de coroamento concluiria o serviço.

Nossa análise ainda poderia apresentar outras conclusões se o local não estivesse mascarado pelo reparo anterior.

Após um bom conhecimento das informações obtidas das referências 'as built', das patologias observadas, das cargas e do reforço podemos, sob ponto de vista estrutural e geotécnico, concluir que as patologias (trincas entre estacas – principalmente) no momento, pelo menos nesta análise preliminar, não indicam um caminho que conduzam uma instabilidade da obra. Uma análise mais contundente no entanto, poderia ser levada à bom termo inspecionando-se simultaneamente as estruturas do térreo, a superestrutura e as fundações como um todo.

Outra conclusão é que deverá ser utilizado como base, um reparo elástico permitindo estes mínimos deslocamentos, visto que estes nunca serão 100% eliminados como é decorrente em uma estrutura subterrânea abaixo de um NA variável.

O reparo utilizado do tipo rígido não se mostrou eficaz como solução.

PARTE B – A SOLUÇÃO E PRODUTOS RECOMENDADOS

4.1 INTRODUÇÃO

Ao fatos descritos recomendam o uso de produtos flexíveis para o novo reparo. Após esta conclusão, convidamos que fabricantes destes produtos visitassem o local (tomando o cuidado, por uma questão de sigilo, de não informar o local real da obra, mas sim de uma outra de características similares). Foram feitos contatos com os fornecedores da Sika, Quartzolit e Viapol que para surpresa nossa não demonstraram interesse. Indicada por um colega me foi apresentada a empresa GTJ que ao mesmo tempo executa os reparos e fornece os produtos MC Bauchemie – Brasil, originário da Alemanha da qual é representante no Brasil.

A GTJ esteve no local em duas ocasiões levando inclusive na última o consultor técnico de aplicação destes produtos. Estas visitas se tornaram reuniões onde discutimos à vista dos problemas: as interferências locais, o tipo de substrato remanescente do reparo anterior, o fluxo atual dos vazamentos. Concordamos numa solução elástica com injeção de poliuretano espuma seguida de poliuretano gel injetados sucessivamente para tamponar e impermeabilizar. A recuperação do trecho removido/segregado será recomposto por uma mistura de produtos que ao mesmo tempo ofereçam adesão, resistência e impermeabilidade. A GTJ não apresentou inconvenientes na execução da solução em função das proximidades dos itens mecânicos existentes no porão.

4.2 INJEÇÃO

A tecnologia de injeção [6] são soluções que utilizam produtos Injetáveis que tem como função reconstituir a estanqueidade ou tornar as estruturas de concreto monolíticas. Aplicam-se notadamente:

- Infiltração de água em solos
- Infiltração em túneis de concreto ou em galerias subterrâneas, dentre outros.

Apresentam as seguintes vantagens:

- Excelente relação custo x benefício;
- Prazos de execução mais curtos;
- Redução de entulhos;
- Manutenção da estrutura existente;
- Correções pontuais rápidas.

4.3 SEQUÊNCIA EXECUTIVA

- Bate choco
- Retirada do material solto, segregado com indícios de infiltração com uso de martete leve. Segue-se o uso de escovas de aço de cerdas duras/macias e posterior limpeza com jato de água. Para tal a área de trabalho estará isolada e delimitado por tabume. Previamente deverá ser verificado se o fluxo das canaletas de drenagem está desobstruído.
- Abertura da fissura;
- Injeção da espuma e do gel de poliuretano – produtos 1 e 2 (ver a seguir)
- Em seguida, no caso de grande volume a ser recomposto, aplicar a mistura dos produtos 3 e 4 na proporção de 3kg de Xypex /m³ de Nafufill CR;
- Ou, quando a recomposição for pequena aplica-se o produto 4 sem misturar, após aplica-se o produto 5 como pintura;
- Ou, quando não houver a recomposição, aplica-se diretamente o produto 5 como pintura.

4.4 PRODUTOS

Produto 1 - MC – Injekt 2033 – poliuretano espuma

Produto 2 - MC – Injekt 2300 NV - poliuretano gel

Produto 3 Xypex Admix C-500 NF

Produto 4 – Nafufill CR - argamassa polimétrica

Produto 5 – Xypex concentrado – em duas demãos como pintura

4.5 EXEMPLO DE OBRAS RECUPERADAS

Nas folhas seguintes apresentamos a aplicação destes produtos em dois tipos de recuperação: uma obra pontual – Fibria Celulose e uma obra extensa - Tunel Martim de Sá.

Relatório Fotográfico

Obra: Fábria Celulose S/A - Unidade Jacareí - Rodovia General Euryale Jesus Zerbini, S/N

Identificação dos pontos a serem tratados.



Preparação da área com estancamento provisório, através de trava de madeira para retenção do material injetado (evitar "lavagem" do material) e preenchimento do vazio.



Colocação dos Bicos injetores e mistura do material para bombeamento.



Processo de injeção da resina Espuma de Poliuretano MC-Injekt 2033 para tamponamento e preenchimento do vazio da estrutura e posterior aplicação do Gel de Poliuretano MC-Injekt 2300 para selamento final.



Retirada do tamponamento provisório e bicos injetores. Limpeza da área e acabamento com argamassa cristalizante.



Colocação dos bicos injetores na parede lateral, e injeção da resina (conforme processo anterior).



Limpeza geral da área, retirada dos bicos injetores e acabamento com argamassa cristalizante.



Relatório Fotográfico Túnel Martim de Sá (Túnel Frei Caneca)

comprimento: 304m



Foto 01 - Vista geral



Foto 02 – Surgência nas paredes



Foto 03 – Fissura com perda de substrato



Foto 04 – Apicoamento com martetele



Foto 05 – Injeção de Espuma e Gel de Poliuretano
MC Injekt 2033 e MC Injekt 2300 NV



Foto 06 – Solução concluída

Em dezembro de 2022

Engº José Guilherme Monfort de Mello

CREA 22.255/D-RJ

Anexo 01 – Planta de Cargas (verticais)

