

PALÁCIO RAYMUNDO FAORO



PROJETO DE RESTAURAÇÃO DE PARTE DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO PERGOLADO DO JARDIM DE INVERNO DO 3º PAVIMENTO E PARTE DO FUNDO DA LAJE DE COBERTURA DA PARTE EXTERNA

Agosto | 2.018

Sumário:

| | |
|--|----|
| 1. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELA MANUTENÇÃO: | 3 |
| 2. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL: | 3 |
| 3. AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E CAPACIDADE PORTANTE: | 6 |
| 4. DA VISTORIA: | 10 |
| 5. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS: | 13 |
| 5.1. Croqui esquemático de localização dos pontos de ensaios: | 13 |
| 5.2. Do ensaio de ultrassom – Anexo 1: | 14 |
| 5.3. Do ensaio de esclerometria – Anexo 2: | 16 |
| 5.4. Do ensaio de potencial eletro químico de corrosão – Anexo 3: | 16 |
| 5.5. Do ensaio de resistividade do concreto – Anexo 4: | 17 |
| 5.6. Da medição do pH do concreto – Anexo 5: | 18 |
| 5.7. Da medição da profundidade da frente de carbonatação – Anexo 6: | 19 |
| 5.8. Do ensaio de teor cloretos e sulfatos– Anexo 7: | 20 |
| 5.9. Do ensaio de corpo de prova à compressão – Anexo 8: | 21 |
| 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS: | 22 |
| 7. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE PORTANTE DAS VIGAS DO PERGOLADO: | 24 |
| 8. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO: | 27 |
| 9. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS PARA A REFORMA: | 28 |

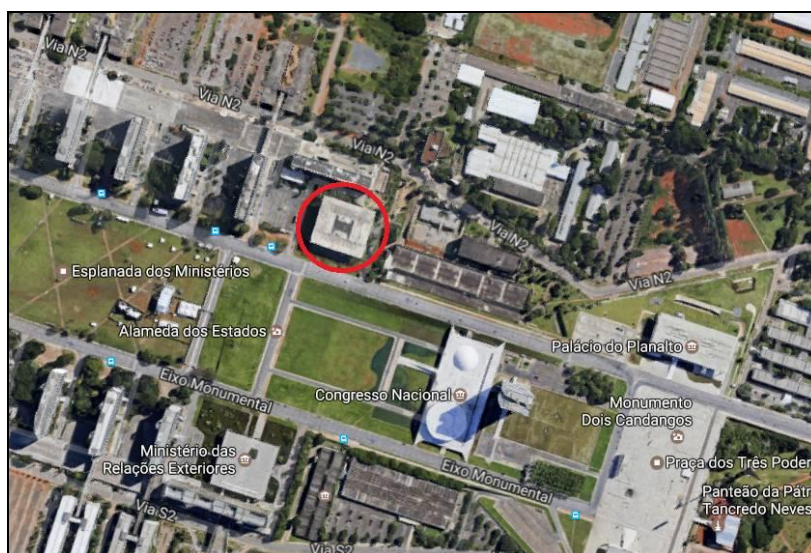
1. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELA MANUTENÇÃO:

Ministério da Justiça

2. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

2.1. Localização:

Esplanada dos Ministérios – Palácio da Justiça / Bloco T – Edifício sede
Brasília - DF



Fonte: www.google.com.br em 13/04/2017

2.3. Histórico:

Projeto elaborado pelo arquiteto Oscar Niemeyer em 1957 teve a pedra fundamental de sua construção lançada em 05 de maio de 1962.

Em 1964 por iniciativa do engenheiro Arnaldo de Macedo Baena, diretor da Divisão de Obras do Ministério, o projeto, então aprovado, foi submetido a autor, Oscar Niemeyer, que entendeu necessárias modificações ao projeto.

A estrutura de concreto armado que compõe o conjunto foi construída entre 1966 e 1969 pela empresa Civilsan – Engenharia e Sanitária S/A.

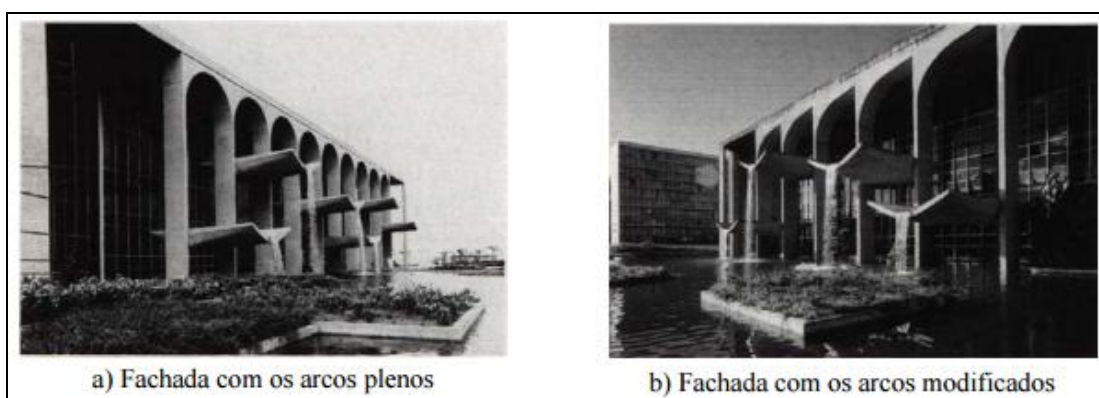
Dos relatos históricos disponíveis pode-se afirmar que primeiramente foi construído o núcleo central e somente após as estruturas das fachadas, inclusive o brie-soleil.

Finalmente em 03 de julho de 1972 ocorreu a inauguração do prédio, que desde então abriga a sede do Ministério da Justiça.

Foi objeto de tombamento federal no processo nº. 1550-T-07, incluindo os jardins de Burle Marx, obras de Athos Bulcão e outros bens a ele integrados.

Ao longo do tempo o prédio sofreu as seguintes obras de reforma e manutenção:

- Em 1971 modificações para aumento do número de elevadores e para que os mesmos atingissem o 5º pavimento;
- Em 1985 recomposição dos arcos das fachadas com remoção do revestimento de mármore das colunas do Palácio.



2.2. Caracterização:

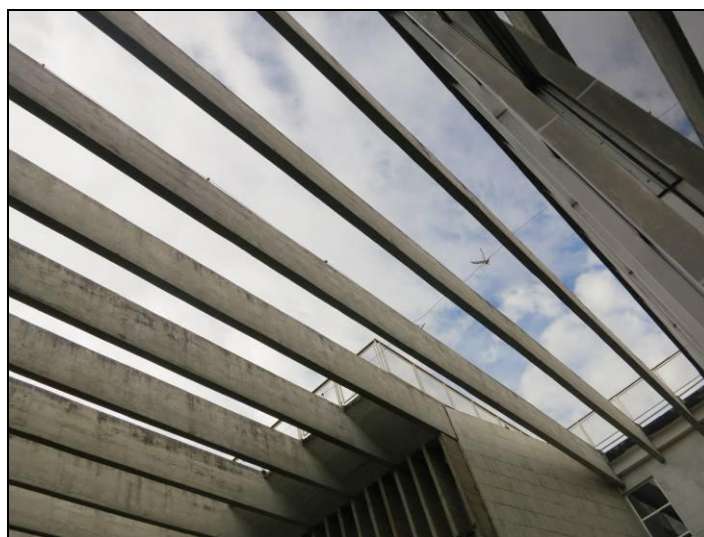
Prédio de 7 pavimentos, sendo um de subsolo com estrutura de concreto armado tradicional à vista, com fachadas em pele de vidro em estrutura de alumínio anodizado e laje de cobertura plana e impermeabilizada.

A cobertura é constituída por laje dupla, cada uma com espessura de 7 cm, com enchimento de material isolante térmico entre as mesmas e impermeabilizada com manta asfáltica com proteção de piso cimentado, havendo pontos de restauração com manta asfáltica auto protegida com lâmina de alumínio.



Vista parcial das faces superior e inferior da laje de cobertura

O vigaamento do pergolado do terceiro pavimento é composto por conjunto de 22 vigas, sendo 6 delas com comprimento de aproximadamente 32 metros e as outras 16 vigas com comprimento de aproximadamente 19 metros, com seção de 15x100 cm:



Vista parcial do vigamento do pergolado



Detalhe dos elementos estruturais de 19 metros e 32 metros

3. AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E CAPACIDADE PORTANTE:

3.1. Considerações sobre a NBR 6118:

3.1.1 A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

| Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA) | | | |
|---|---------------|--|------------------------------------|
| Classe de agressividade ambiental | Agressividade | Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto | Risco de deterioração da estrutura |
| I | Fraca | Rural | Insignificante |
| II | Moderada | Submersa | Pequeno |
| III | Forte | Urbana ^{a, b} | Grande |
| IV | Muito forte | Marinha ^a | Elevado |
| | | Industrial ^{a, b} | |
| | | Industrial ^{a, c} | |
| | | Respingos de maré | |

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

3.1.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental moderada (nível II – Urbana);

3.1.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

| Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c \leq 10$ mm | | | | | |
|--|--|--|----|-----|-----------------|
| Tipo de estrutura | Componente ou elemento | Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1) | | | |
| | | I | II | III | IV ^c |
| | | Cobrimento nominal mm | | | |
| Concreto armado | Laje ^b | 20 | 25 | 35 | 45 |
| | Viga/pilar | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | Elementos estruturais em contato com o solo ^d | 30 | | 40 | 50 |
| Concreto protendido ^a | Laje | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | Viga/pilar | 30 | 35 | 45 | 55 |

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canalizações de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

3.1.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

3.1.5. O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

| Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental | | | |
|---|---|------------------------------------|---|
| Tipo de concreto estrutural | Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão | Exigências relativas à fissuração | Combinação de ações em serviço a utilizar |
| Concreto simples | CAA I a CAA IV | Não há | – |
| Concreto armado | CAA I | ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm | Combinação frequente |
| | CAA II e CAA III | ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm | |
| | CAA IV | ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm | |
| Concreto protendido nível 1 (protensão parcial) | Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II | ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm | Combinação frequente |
| Concreto protendido nível 2 (protensão limitada) | Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV | Verificar as duas condições abaixo | |
| | | ELS-F | Combinação frequente |
| | | ELS-D ^a | Combinação quase permanente |
| Concreto protendido nível 3 (protensão completa) | Pré-tração com CAA III e IV | Verificar as duas condições abaixo | |
| | | ELS-F | Combinação rara |
| | | ELS-D ^a | Combinação frequente |

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.




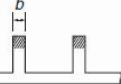
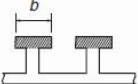

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

3.1.6. No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

| Componente/Elemento | Cobrimento (mm) | Abertura de fissuras (mm) |
|----------------------|-----------------|---------------------------|
| Laje – Face superior | 15 | 0,3 |
| Laje – Face inferior | 25 | 0,3 |
| Viga ou Pilar | 30 | 0,3 |

3.1.7. O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;

3.1.8. No caso de vigas para garantir a segurança a instabilidade lateral se deve observar o seguinte, conforme subitem 15.10 da NBR 6.118:

| $b \geq \ell_0 / 50$ $b \geq \beta_{fl} h$ onde b é a largura da zona comprimida; h é a altura total da viga; ℓ_0 é o comprimento do flange comprimido, medido entre suportes que garantam o contraventamento lateral; β_{fl} é o coeficiente que depende da forma da viga (ver Tabela 15.1). | |
|--|-------------------------|
| Tabela 15.1 – Valores de β_{fl} | |
| Tipologia da viga | Valores de β_{fl} |
|    | 0,40 |
|   | 0,20 |
| onde  Zona comprimida | |

3.1.9. O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2,

durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

3.1.10. São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 3.1.10.1. Capacidade resistente;
- 3.1.10.2. Desempenho de serviço e
- 3.1.10.3. Durabilidade.

3.1.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

3.1.13. Com relação a deslocamentos dos elementos estruturais quando no estado limite de serviço a tabela 13.3 da NBR 6118 estabelece os seguintes limites:

| Tipo de efeito | Razão da limitação | Exemplo | Deslocamento a considerar | Deslocamento-limite |
|--------------------------------------|---|---|--|---|
| Aceitabilidade sensorial | Visual | Deslocamentos visíveis em elementos estruturais | Total | $l/250$ |
| | Outro | Vibrações sentidas no piso | Devido a cargas acidentais | $l/350$ |
| Efeitos estruturais em serviço | Superfícies que devem drenar água | Coberturas e varandas | Total | $l/250^a$ |
| | Pavimentos que devem permanecer planos | Ginásios e pistas de boliche | Total | $l/350+ \text{contraflecha}^b$ |
| | Elementos que suportam equipamentos sensíveis | Laboratórios | Ocorrido após nivelamento do equipamento | $l/600$ |
| Efeitos em elementos não estruturais | Paredes | Alvenaria, caixilhos e revestimentos | Após a construção da parede | $l/500^c$ e 10 mm e $\theta = 0,0017 \text{ rad}^d$ |
| | | Divisórias leves e caixilhos telescópicos | Ocorrido após a instalação da divisória | $l/250^c$ e 25 mm |
| | | Movimento lateral de edifícios | Provocado pela ação do vento para combinação frequente ($\psi_1 = 0,30$) | $H/1700$ e $H/850^e$ entre pavimentos ^f |
| | | Movimentos térmicos verticais | Provocado por diferença de temperatura | $l/400^g$ e 15 mm |

| Tipo de efeito | Razão da limitação | Exemplo | Deslocamento a considerar | Deslocamento-limite |
|--------------------------------------|---|--|--|---------------------|
| Efeitos em elementos não estruturais | Forros | Movimentos térmicos horizontais | Provocado por diferença de temperatura | $H/500$ |
| | | Revestimentos colados | Ocorrido após a construção do forro | $l/350$ |
| | | Revestimentos pendurados ou com juntas | Deslocamento ocorrido após a construção do forro | $l/175$ |
| | Pontes rolantes | Desalinhamento de trilhos | Deslocamento provocado pelas ações decorrentes da frenagem | $H/400$ |
| Efeitos em elementos estruturais | Afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas | Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-os ao modelo estrutural adotado. | | |

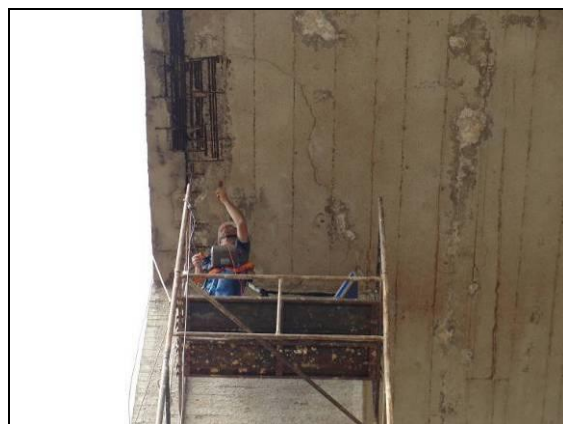
3.1.14. Com relação à qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental a tabela 7.1 da NBR 6118/2014 estabelece os seguintes critérios mínimos para o fator água cimento e classe de resistência dos concretos estruturais:

| Concreto | Tipo | Classe de agressividade (tabela 6.1) | | | |
|-------------------------------|------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | I | II | III | IV |
| Relação água/cimento em massa | CA | $\leq 0,65$ | $\leq 0,60$ | $\leq 0,55$ | $\leq 0,45$ |
| | CP | $\leq 0,60$ | $\leq 0,55$ | $\leq 0,50$ | $\leq 0,45$ |
| Classe de concreto (NBR 8953) | CA | $\geq C20$ | $\geq C25$ | $\geq C30$ | $\geq C40$ |
| | CP | $\geq C25$ | $\geq C30$ | $\geq C35$ | $\geq C40$ |

NOTAS:
1. O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na NBR 12655.
2. CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
3. CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

4. DA VISTORIA:

4.1. Foram identificadas deteriorizações do concreto com deslocamentos da camada superficial de cobrimento e exposição e corrosão das armaduras na face inferior da laje externa de cobertura do último pavimento, com condição crítica nas proximidades da borda em faixa de 150 cm:

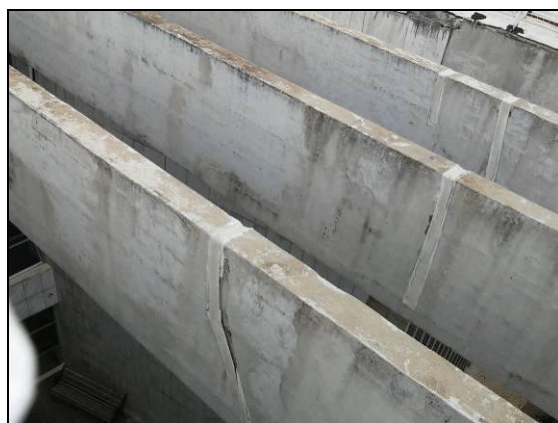


Detalhe típico dos danos existentes na borda da laje de cobertura

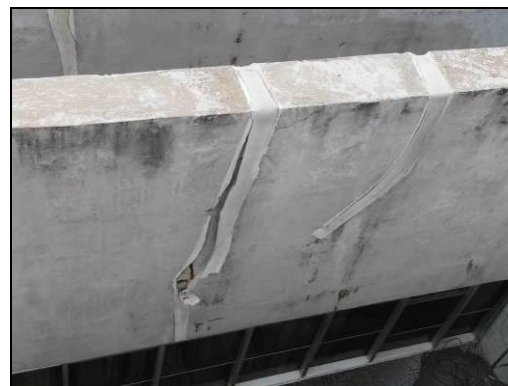
- 4.2.** Foram identificadas fissuras inclinadas e verticais na face superior das 6 vigas de 32 metros de comprimento do pergolado, bem como restaurações de deteriorizações superficiais – deslocamentos, por expansão das armaduras devido à corrosão:



Vigas 1, 2 e 3 lado B e vigas 5, 6 e 7 lado A



Vigas 1, 2 e 3 lado B e vigas 5 e 6 lado A

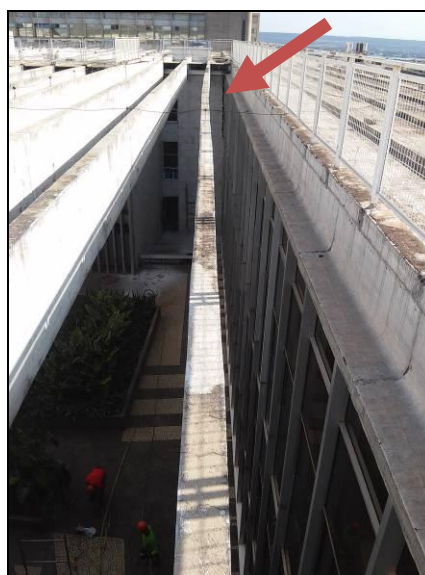


Vista das vigas 1, 2 e 3 lado B e detalhe da viga 3 lado B



Vigas 5, 6 e 7 lados A e B

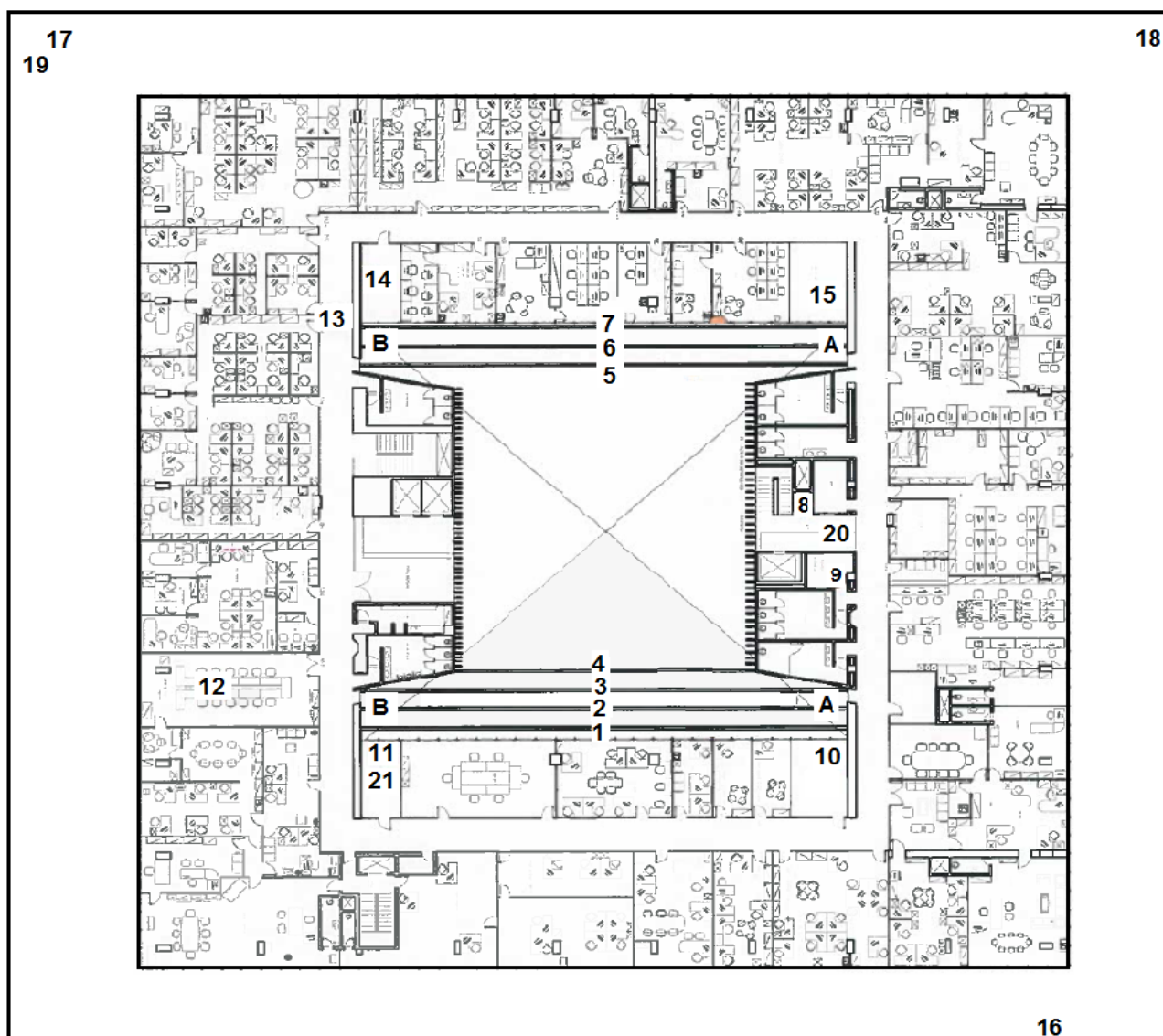
- 4.3.** Constatou-se desalinhamento acentuado na concretagem da viga 1, causando desconforto sensorial:



5. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

5.1. Croqui esquemático de localização dos pontos de ensaios:

5.1.1. Os ensaios adiante discriminados foram realizados em pontos alternados dos elementos estruturais conforme indicado no croqui adiante reproduzido, de forma a caracterizar a situação geral:



| ELEMENTO ESTRUTURAL | | |
|---------------------|---|------|
| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | |
| 1 | Viga 1 - Lado A - Pergolado | V1A |
| 1 | Viga 1 - Lado B - Pergolado | V1B |
| 2 | Viga 2 - Lado A - Pergolado | V2A |
| 2 | Viga 2 - Lado B - Pergolado | V2B |
| 3 | Viga 3 - Lado A - Pergolado | V3A |
| 3 | Viga 3 - Lado B - Pergolado | V3B |
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A |
| 4 | Viga 4 - Lado B - Pergolado | V4B |
| 5 | Viga 5 - Lado A - Pergolado | V5A |
| 5 | Viga 5 - Lado B - Pergolado | V5B |
| 6 | Viga 6 - Lado A - Pergolado | V6A |
| 6 | Viga 6 - Lado B - Pergolado | V6B |
| 7 | Viga 7 - Lado A - Pergolado | V7A |
| 7 | Viga 7 - Lado B - Pergolado | V7B |
| 8 | Laje de teto - Depósito - 5º pavimento | LAJE |
| 9 | Laje de teto - Acesso ao terraço - 5º pavimento | LAJE |
| 10 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE |
| 11 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE |
| 12 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE |
| 13 | Laje de teto - Corredor - 5º pavimento | LAJE |
| 14 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE |
| 15 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE |
| 16 | Laje de cobertura externa - lateral esquerda fundos | LAJE |
| 17 | Laje de cobertura externa - lateral direita frente | LAJE |
| 18 | Laje de cobertura externa - Lado direita frente | LAJE |
| 19 | Laje de cobertura - lateral direita fundos | LAJE |
| 20 | Laje de teto - Hall do elevador - 5º pavimento | LAJE |
| 21 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE |

5.2. Do ensaio de ultrassom – Anexo 1:

5.2.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

5.2.2. Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

| VELOCIDADES | AVALIAÇÃO |
|-----------------|---|
| < 2.000 m/s | Péssima compacidade, resistência à compressão |
| 2.000-3.000 m/s | Compacidade ruim, resistência à compressão |
| 3.000-4.500 m/s | Compacidade boa, resistência à compressão |
| 4.500 m/s | Compacidade excelente, resistência à compressão |

5.2.3. Foram realizados ensaios de ultrassom em 24 pontos da estrutura com os seguintes resultados:

| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | m/s |
|-------|---|------|------|
| 1 | Viga 1 - Lado A - Pergolado | V1A | 3660 |
| 1 | Viga 1 - Lado B - Pergolado | V1B | 3530 |
| 2 | Viga 2 - Lado A - Pergolado | V2A | 3830 |
| 2 | Viga 2 - Lado B - Pergolado | V2B | 3120 |
| 3 | Viga 3 - Lado B - Pergolado | V3B | 4100 |
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A | 3700 |
| 4 | Viga 4 - Lado B - Pergolado | V4B | 4100 |
| 5 | Viga 5 - Lado A - Pergolado | V5A | 3800 |
| 5 | Viga 5 - Lado B - Pergolado | V5B | 3800 |
| 6 | Viga 6 - Lado A - Pergolado | V6A | 3020 |
| 6 | Viga 6 - Lado B - Pergolado | V6B | 3600 |
| 7 | Viga 7 - Lado A - Pergolado | V7A | 3580 |
| 7 | Viga 7 - Lado B - Pergolado | V7B | 3800 |
| 8 | Laje de teto - Depósito - 5º pavimento | LAJE | 3300 |
| 9 | Laje de teto - Acesso ao terraço - 5º pavimento | LAJE | 3600 |
| 10 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE | 4100 |
| 11 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 3400 |
| 12 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE | 4500 |
| 13 | Laje de teto - Corredor - 5º pavimento | LAJE | 3800 |
| 14 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 3700 |
| 15 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 3500 |
| 16 | Laje de cobertura externa - lateral esquerda fundos | LAJE | 3400 |
| 18 | Laje de cobertura externa - Lado direita frente | LAJE | 3600 |
| 19 | Laje de cobertura - lateral direita fundos | LAJE | 3400 |

5.3. Do ensaio de esclerometria – Anexo 2:

5.3.1. O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;

5.3.2. Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

5.3.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

5.3.4. Foram realizados ensaios de esclerometria nos seguintes elementos estruturais com resultados satisfatórios e valores acima dos 20 MPa esperados:

| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | fck (Mpa) |
|-------|---|------|-----------|
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A | 35,2 |
| 7 | Viga 7 - Lado B - Pergolado | V7B | 35,6 |
| 8 | Laje de teto - Depósito - 5º pavimento | LAJE | 44,7 |
| 9 | Laje de teto - Acesso ao terraço - 5º pavimento | LAJE | 43,3 |
| 10 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE | 42,3 |
| 11 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 39,9 |
| 12 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE | 45,4 |
| 13 | Laje de teto - Corredor - 5º pavimento | LAJE | 49 |
| 14 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 40 |
| 15 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 41,4 |
| 16 | Laje de cobertura externa - lateral esquerda fundos | LAJE | 44,4 |
| 18 | Laje de cobertura externa - Lado direita frente | LAJE | 41,1 |
| 19 | Laje de cobertura - lateral direita fundos | LAJE | 41,5 |

VALOR DE REFERÊNCIA DO PROJETO: 20 MPa

5.4. Do ensaio de potencial eletro químico de corrosão – Anexo 3:

5.4.1. A medição do potencial eletro químico de corrosão das armaduras consiste na medição de corrente elétrica induzida em ponto da armadura e pontos da superfície do concreto ao longo da peça estrutural;

5.4.2. A probabilidade de ocorrência de corrosão em cada ponto é indicada conforme tabela adiante reproduzida, segundo a ASTM C 876/92:

| Ecorr (mV) | Probabilidade de Corrosão |
|---------------------------|----------------------------------|
| > - 200 | menor que 10% |
| entre -200 e - 350 | incerta |
| < - 350 | maior que 90% |

5.4.3. Foram realizados ensaios para medição do potencial eletro químico de corrosão em 13 pontos da estrutura e se constatou a seguinte condição quanto a probabilidade de ocorrência de corrosão nas armaduras, conforme laudo de determinação do potencial de corrosão em anexo, com resultados satisfatórios, indicando pouca probabilidade de ocorrência de processo de corrosão:

| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | mV | PROBABILIDADE |
|--------------|---|------|-----------|----------------------|
| 1 | Viga 1 - Lado A - Pergolado | V1A | -52 | <10% |
| 2 | Viga 2 - Lado A - Pergolado | V2A | 11 | <10% |
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A | -14 | <10% |
| 5 | Viga 5 - Lado A - Pergolado | V5A | -90 | <10% |
| 6 | Viga 6 - Lado A - Pergolado | V6A | 14 | <10% |
| 7 | Viga 7 - Lado A - Pergolado | V7A | -40 | <10% |
| 7 | Viga 7 - Lado B - Pergolado | V7B | 36 | <10% |
| 8 | Laje de teto - Depósito - 5º pavimento | LAJE | -54 | <10% |
| 10 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE | 3 | <10% |
| 12 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE | -40 | <10% |
| 16 | Laje de cobertura externa - lateral esquerda fundos | LAJE | -880 | > 90% |
| 18 | Laje de cobertura externa - Lado direita frente | LAJE | -132 | <10% |
| 19 | Laje de cobertura - lateral direita fundos | LAJE | -160 | <10% |

5.5. Do ensaio de resistividade do concreto – Anexo 4:

5.5.1. O ensaio da resistividade do concreto foi realizado em laboratório e visa determinar a resistência a passagem de corrente elétrica pelo concreto e consiste na medição da resistência elétrica entre dois pontos do elemento estrutural quando submetidos a uma corrente elétrica. Altas resistividades caracterizam dificuldade de movimentação dos íons no concreto e indicam baixa probabilidade e/ou velocidade do processo de corrosão;

5.5.2. Segundo POLDER o risco de corrosão está relacionado à resistividade do concreto conforme tabela adiante reproduzida:

| Tabela 2: Resistividade do concreto e risco de corrosão das armaduras a 20°C, segundo POLDER | |
|--|-------------------|
| Resistividade do Concreto (kΩ.cm) | Risco de Corrosão |
| $\rho < 10$ | Alto |
| $10 < \rho < 50$ | Moderado |
| $50 < \rho < 100$ | Baixo |
| $\rho > 100$ | Negligenciável |
| ρ = resistividade elétrica do concreto | |

5.5.3. Foram realizados ensaios de resistividade em treze pontos da estrutura, com os seguintes resultados, conforme relatório de ensaio em anexo:

| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | kΩ.cm | RISCO DE CORROSÃO | |
|-------|---|------|-------|-------------------|----------|
| 1 | Viga 1 - Lado A - Pergolado | V1A | 44,6 | $10 < \rho < 50$ | Moderado |
| 1 | Viga 1 - Lado B - Pergolado | V1B | 93 | $50 < \rho < 100$ | Baixo |
| 2 | Viga 2 - Lado A - Pergolado | V2A | 55,4 | $50 < \rho < 100$ | Baixo |
| 2 | Viga 2 - Lado B - Pergolado | V2B | 22,6 | $10 < \rho < 50$ | Moderado |
| 3 | Viga 3 - Lado A - Pergolado | V3A | 92,3 | $50 < \rho < 100$ | Baixo |
| 3 | Viga 3 - Lado B - Pergolado | V3B | 43,1 | $10 < \rho < 50$ | Moderado |
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A | 25,8 | $10 < \rho < 50$ | Moderado |
| 4 | Viga 4 - Lado B - Pergolado | V4B | 55,4 | $50 < \rho < 100$ | Baixo |
| 6 | Viga 6 - Lado A - Pergolado | V6A | 89,5 | $50 < \rho < 100$ | Baixo |
| 6 | Viga 6 - Lado B - Pergolado | V6B | 84,6 | $50 < \rho < 100$ | Baixo |
| 7 | Viga 7 - Lado B - Pergolado | V7B | 35,8 | $10 < \rho < 50$ | Moderado |
| 16 | Laje de cobertura externa - lateral esquerda fundos | LAJE | 91,8 | $50 < \rho < 100$ | Baixo |
| 21 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 94,2 | $50 < \rho < 100$ | Baixo |

5.6. Da medição do pH do concreto – Anexo 5:

- 5.6.1.** A verificação do pH do concreto permite avaliar a existência ou não de condição propícia para que ocorra corrosão eletroquímica.
- 5.6.2.** O concreto novo tem pH em torno de 12,5 e 13 e com isso se garante condição de prevenção ao processo de corrosão;
- 5.6.3.** Alcalinidade abaixo de pH=11, reduz de 7.500 ppm para 100 ppm de íons cloreto necessários a formação de células eletroquímicas de corrosão;
- 5.6.4.** Foram realizados ensaios para medição do pH em quatorze pontos da estrutura, conforme relatório em anexo, onde se constatou as seguintes medições:

| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | pH |
|-------|---|------|------|
| 1 | Viga 1 - Lado B - Pergolado | V1B | 12,2 |
| 2 | Viga 2 - Lado A - Pergolado | V2A | 12,6 |
| 2 | Viga 2 - Lado B - Pergolado | V2B | 10,7 |
| 3 | Viga 3 - Lado B - Pergolado | V3B | 12,6 |
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A | 12,6 |
| 4 | Viga 4 - Lado B - Pergolado | V4B | 12,5 |
| 5 | Viga 5 - Lado B - Pergolado | V5B | 12,3 |
| 6 | Viga 6 - Lado A - Pergolado | V6A | 12,0 |
| 13 | Laje de teto - Corredor - 5º pavimento | LAJE | 11,0 |
| 16 | Laje de cobertura externa - lateral esquerda fundos | LAJE | 12,7 |
| 17 | Laje de cobertura externa - lateral direita frente | LAJE | 12,4 |
| 18 | Laje de cobertura externa - Lado direita frente | LAJE | 12,6 |
| 19 | Laje de cobertura - lateral direita fundos | LAJE | 12,5 |
| 20 | Laje de teto - Hall do elevador - 5º pavimento | LAJE | 12,6 |

5.7. Da medição da profundidade da frente de carbonatação – Anexo 6:

- 5.7.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

- 5.7.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 5.7.3.** Foram realizados ensaios para medição da frente de carbonatação em dezessete pontos da estrutura, conforme relatório em anexo, onde se constatou as seguintes profundidades da frente de carbonatação:

| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | PROFUNDIDADE (cm) |
|-------|---|------|-------------------|
| 1 | Viga 1 - Lado A - Pergolado | V1A | 1,3 |
| 1 | Viga 1 - Lado B - Pergolado | V1B | 12,0 |
| 2 | Viga 2 - Lado A - Pergolado | V2A | 1,0 |
| 2 | Viga 2 - Lado B - Pergolado | V2B | 2,1 |
| 3 | Viga 3 - Lado A - Pergolado | V3A | 0,9 |
| 4 | Viga 4 - Lado B - Pergolado | V4B | 2,5 |
| 5 | Viga 5 - Lado B - Pergolado | V5B | 1,3 |
| 6 | Viga 6 - Lado B - Pergolado | V6B | 2,1 |
| 7 | Viga 7 - Lado A - Pergolado | V7A | 0,8 |
| 10 | Laje de cobertura externa | LAJE | 0,5 |
| 13 | Laje de teto - Corredor - 5º pavimento | LAJE | 1,3 |
| 15 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 0 |
| 16 | Laje de cobertura - parte externa - lateral esquerda fundos | LAJE | 2,1 |
| 18 | Laje de cobertura - parte externa - Lado direita frente | LAJE | 0,3 |
| 19 | Laje de cobertura - parte externa - lateral direita fundos | LAJE | 1,6 |
| 20 | Laje de teto - Hall do elevador - 5º pavimento | LAJE | 1,3 |
| 21 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 2,2 |

5.8. Do ensaio de teor cloretos e sulfatos– Anexo 7:

- 5.8.1.** O ensaio de teor de cloretos e sulfatos visa determinar o nível de contaminação da argamassa para avaliação do risco de deteriorização seja por expansão, seja por corrosão;
- 5.8.2.** A tabela 5 da NBR 7.211/2009 da ABNT determina o teor máximo de cloretos sobre a massa de cimento conforme tabela adiante reproduzida:

| Classe de agressividade (5.2.2) | Condições de serviço da estrutura | Teor máximo de íons cloreto (Cl ⁻) no concreto % sobre a massa de cimento |
|---------------------------------|--|---|
| Todas | Concreto protendido | 0,05 |
| III e IV | Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura | 0,15 |
| II | Concreto armado não exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura | 0,30 |
| I | Concreto armado em brandas condições de exposição (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura) | 0,40 |

5.8.3. Quanto ao teor de sulfatos incorporados a norma inglesa BS 8110/1995 estabelece um limite de 4% da massa de cimento, cabendo ressaltar que esta quantidade incorporada poderá originar expansão dependendo outros fatores, tais como: temperatura de cura, presença de cloretos entre outros;

5.8.4. Foram realizados ensaios de teor de cloretos e sulfatos em treze pontos da estrutura, em profundidade de até 2 cm, com os seguintes resultados, conforme relatório de ensaio em anexo:

| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | CLORETOS (%Cl ⁻) | SULFATOS (%So ⁻) |
|-------|---|------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | Viga 1 - Lado A - Pergolado | V1A | 0,01095 | 0,285 |
| 2 | Viga 2 - Lado B - Pergolado | V2B | 0,0096 | 0,377 |
| 3 | Viga 3 - Lado B - Pergolado | V3B | 0,0081 | 0,185 |
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A | 0,00565 | 0,478 |
| 4 | Viga 4 - Lado B - Pergolado | V4B | 0,00765 | 0,168 |
| 5 | Viga 5 - Lado B - Pergolado | V5B | 0,00855 | 0,259 |
| 6 | Viga 6 - Lado A - Pergolado | V6A | 0,0072 | 0,220 |
| 7 | Viga 7 - Lado A - Pergolado | V7A | 0,1375 | 0,311 |
| 10 | Laje de cobertura externa | LAJE | 0,0086 | 0,372 |
| 15 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 0,0300 | 0,410 |
| 16 | Laje de cobertura - parte externa - lateral esquerda fundos | LAJE | 0,0048 | 0,376 |
| 18 | Laje de cobertura - parte externa - Lado direita frente | LAJE | 0,00685 | 0,266 |
| 20 | Laje de teto - Hall do elevador - 5º pavimento | LAJE | 0,0046 | 0,304 |

5.9. Do ensaio de corpo de prova à compressão – Anexo 8:

5.9.1. O ensaio de corpo de prova visa determinar a resistência característica do concreto (fck) e consiste na extração de uma amostra do concreto que após prévia preparação é submetida a um esforço mecânico progressivo e

controlado de compressão até seu rompimento. O valor do esforço de compressão apontado pelo equipamento deve ser tratado em função das dimensões e formato do corpo de prova para se obter a estimativa do f_{ck} .

5.9.2. Conforme informação constante no projeto estrutural fornecido pelo contratante o f_{ck} do concreto a ser utilizado na confecção da estrutura deveria ser de 20 MPa;

5.9.3. Foram realizados ensaios de corpo de prova à compressão em oito corpos de prova extraídos de pontos da estrutura, com os seguintes resultados, conforme relatórios em anexo:

| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | f_{ck} (Mpa) |
|-------|-----------------------------|-----|----------------|
| 1 | Viga 1 - Lado A - Pergolado | V1A | 38,7 |
| 2 | Viga 2 - Lado A - Pergolado | V2A | 37,2 |
| 2 | Viga 2 - Lado B - Pergolado | V2B | 38,2 |
| 3 | Viga 3 - Lado B - Pergolado | V3B | 38,4 |
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A | 40,7 |
| 5 | Viga 5 - Lado B - Pergolado | V5B | 31,3 |
| 6 | Viga 6 - Lado A - Pergolado | V6A | 33,3 |
| 7 | Viga 7 - Lado B - Pergolado | V7B | 40,9 |

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

6.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante temos a seguinte análise dos elementos estruturais:

| ELEMENTO ESTRUTURAL | | | ULTRASSOM | | | ESCLEROMETRIA | | | POTENCIAL DE CORROSÃO | | | RESISTIVIDADE | | | PH | | | CARBONATAÇÃO | | | TEOR CLORETOS | | | TEOR SULFATOS | | | RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO | | |
|---------------------|---|------|-----------|-------|----------|---------------|------|----------|-----------------------|------|----------|---------------|------|----------|--------|-------|----------|--------------|-------|----------|---------------|--------|----------|---------------|-------|----------|--------------------------|-----|----|
| PONTO | ELEMENTO ESTRUTURAL | | MEDIDO | REF. | SITUAÇÃO | MEDIDO | REF. | SITUAÇÃO | MEDIDO | REF. | SITUAÇÃO | MEDIDO | REF. | SITUAÇÃO | MEDIDO | REF. | SITUAÇÃO | MEDIDO | REF. | SITUAÇÃO | MEDIDO | REF. | SITUAÇÃO | MEDIDO | REF. | SITUAÇÃO | | | |
| 1 | Viga 1 - Lado A - Pergolado | V1A | 3660 | >3000 | OK | | | | -52 | >200 | OK | 44,6 | >50 | NÃO | | | | 1,3 | <1,0* | NÃO | 0,01095 | <0,003 | NÃO | 0,285 | <0,46 | OK | 38,7 | >20 | OK |
| 1 | Viga 1 - Lado B - Pergolado | V1B | 3530 | >3000 | OK | | | | | | | 93 | >50 | OK | 12,2 | >11,5 | OK | 12,0 | <1,0* | NÃO | | | | | | | | | |
| 2 | Viga 2 - Lado A - Pergolado | V2A | 3830 | >3000 | OK | | | | 11 | >200 | OK | 55,4 | >50 | OK | 12,6 | >11,5 | OK | 1,0 | <1,0* | NÃO | | | | | | | 37,2 | >20 | OK |
| 2 | Viga 2 - Lado B - Pergolado | V2B | 3120 | >3000 | OK | | | | | | | 22,6 | >50 | NÃO | 10,7 | >11,5 | NÃO | 2,1 | <1,0* | NÃO | 0,0096 | <0,003 | NÃO | 0,377 | <0,46 | OK | 38,2 | >20 | OK |
| 3 | Viga 3 - Lado A - Pergolado | V3A | | | | | | | | | | 92,3 | >50 | OK | | | | 0,9 | <1,0* | OK | | | | | | | | | |
| 3 | Viga 3 - Lado B - Pergolado | V3B | 4100 | >3000 | OK | | | | | | | 43,1 | >50 | NÃO | 12,6 | >11,5 | OK | | | | 0,0081 | <0,003 | NÃO | 0,185 | <0,46 | OK | 38,4 | >20 | OK |
| 4 | Viga 4 - Lado A - Pergolado | V4A | 3700 | >3000 | OK | 35,2 | 20 | OK | -14 | >200 | OK | 25,8 | >50 | NÃO | 12,6 | >11,5 | OK | | | | 0,0057 | <0,003 | NÃO | 0,478 | <0,46 | NÃO | 40,7 | >20 | OK |
| 4 | Viga 4 - Lado B - Pergolado | V4B | 4100 | >3000 | OK | | | | | | | 55,4 | >50 | NÃO | 12,5 | >11,5 | OK | 2,5 | <1,0* | NÃO | 0,0077 | <0,003 | NÃO | 0,168 | <0,46 | OK | | | |
| 5 | Viga 5 - Lado A - Pergolado | V5A | 3800 | >3000 | OK | | | | -90 | >200 | OK | | | | | | | | <1,0* | | | | | | | | | | |
| 5 | Viga 5 - Lado B - Pergolado | V5B | 3800 | >3000 | OK | | | | | | | | | | 12,3 | >11,5 | OK | 1,3 | <1,0* | NÃO | 0,0086 | <0,003 | NÃO | 0,259 | <0,46 | OK | 31,3 | >20 | OK |
| 6 | Viga 6 - Lado A - Pergolado | V6A | 3020 | >3000 | OK | | | | 14 | >200 | OK | 89,5 | >50 | OK | 12,0 | >11,5 | OK | | | | 0,0072 | <0,003 | NÃO | 0,220 | <0,46 | OK | 33,3 | >20 | OK |
| 6 | Viga 6 - Lado B - Pergolado | V6B | 3600 | >3000 | OK | | | | | | | 84,6 | >50 | OK | | | | 2,1 | <1,0* | NÃO | | | | | | | | | |
| 7 | Viga 7 - Lado A - Pergolado | V7A | 3580 | >3000 | OK | | | | -40 | >200 | OK | | | | | | | 0,8 | <1,0* | OK | 0,1375 | <0,003 | NÃO | 0,311 | <0,46 | OK | | | |
| 7 | Viga 7 - Lado B - Pergolado | V7B | 3800 | >3000 | OK | 35,6 | 20 | OK | 36 | >200 | OK | 35,8 | >50 | NÃO | | | | | | | | | | | | | 40,9 | >20 | OK |
| 8 | Laje de teto - Depósito - 5º pavimento | LAJE | 3300 | >3000 | OK | 44,7 | 20 | OK | -54 | >200 | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Laje de teto - Acesso ao terraço - 5º pavimento | LAJE | 3600 | >3000 | OK | 43,3 | 20 | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE | 4100 | >3000 | OK | 42,3 | 20 | OK | 3 | >200 | OK | | | | | | | 0,5 | <1,0* | OK | 0,0086 | <0,003 | NÃO | 0,372 | <0,46 | OK | | | |
| 11 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 3400 | >3000 | OK | 39,9 | 20 | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Laje de cobertura INTERNA | LAJE | 4500 | >3000 | OK | 45,4 | 20 | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Laje de teto - Corredor - 5º pavimento | LAJE | 3800 | >3000 | OK | 49 | 20 | OK | -40 | >200 | OK | | | | 11,0 | >11,5 | NÃO | 1,3 | <1,0* | NÃO | | | | | | | | | |
| 14 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 3700 | >3000 | OK | 40 | 20 | OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | 3500 | >3000 | OK | 41,4 | 20 | OK | | | | | | | | | | 0 | <1,0* | OK | 0,0300 | <0,003 | NÃO | 0,410 | <0,46 | OK | | | |
| 16 | Laje de cobertura externa - lateral esquerda fundos | LAJE | 3400 | >3000 | OK | 44,4 | 20 | OK | -880 | <200 | NÃO | 91,8 | >50 | OK | 12,7 | >11,5 | OK | 2,1 | <1,0* | NÃO | 0,0048 | <0,003 | NÃO | 0,376 | <0,46 | OK | | | |
| 17 | Laje de cobertura externa - lateral direita frente | LAJE | | | | | | | | | | | | | 12,4 | >11,5 | OK | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Laje de cobertura externa - Lado direita frente | LAJE | 3600 | >3000 | OK | 41,1 | 20 | OK | -132 | >200 | OK | | | | 12,6 | >11,5 | OK | 0,3 | <1,0* | OK | 0,0069 | <0,003 | NÃO | 0,266 | <0,46 | OK | | | |
| 19 | Laje de cobertura - lateral direita fundos | LAJE | 3400 | >3000 | OK | 41,5 | 20 | OK | -160 | >200 | OK | | | | 12,5 | >11,5 | OK | 1,6 | <1,0* | NÃO | | | | | | | | | |
| 20 | Laje de teto - Hall do elevador - 5º pavimento | LAJE | | | | | | | | | | | | | 12,6 | >11,5 | OK | 1,3 | <1,0* | NÃO | 0,0046 | <0,003 | NÃO | 0,304 | <0,46 | OK | | | |
| 21 | Laje de teto - Casa de máquinas AC - 5º pavimento | LAJE | | | | | | | | | | 94,2 | >50 | OK | | | | 2,2 | <10* | NÃO | | | | | | | | | |

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

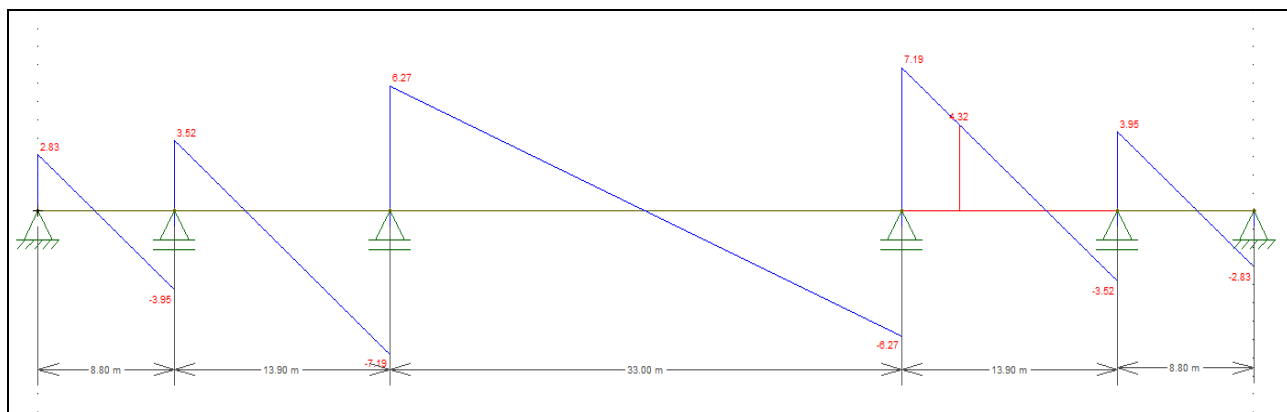
| | |
|-----|---|
| OK | Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade. |
| NÃO | Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade |

- 6.2.** Verifica-se que o concreto utilizado é de boa qualidade, compacto e homogêneo e com resistência característica (f_{ck}) acima daquela determinada em projeto (20 MPa);
- 6.3.** Apesar de ocorrência de potencial de corrosão dentro de limites aceitáveis, existe baixa resistividade das camadas superficiais dos elementos ensaiados, que se justifica pelo fato de se encontrarem expostos (concreto aparente), ficando sujeitos ao intemperismo, constatado pela presença de íons cloretos e avanço da frente de carbonatação;
- 6.4.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma foi lento, em razão da qualidade do concreto, no entanto devido ao pouco cobrimento das armaduras, entorno de 1 cm, as mesmas já se encontram despassivadas ou em momento próximo à despassivação e portanto, sujeitas ao início do processo de corrosão, principalmente porquanto o pH medido está próximo ao limite inferior mínimo que inibiria o processo.

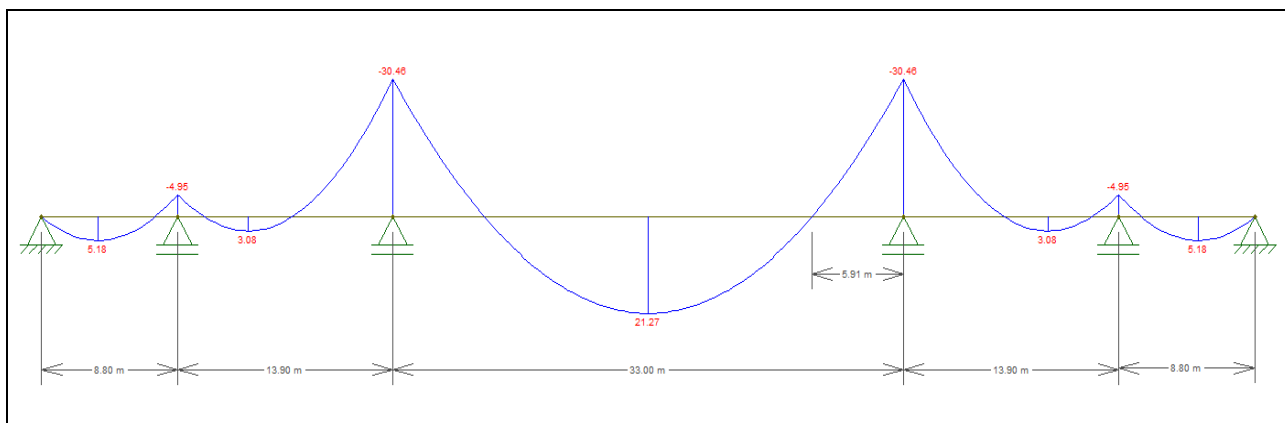
7. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE PORTANTE DAS VIGAS DO PERGOLADO:

- 7.1.** Considerando-se o peso próprio do concreto armado de 25 kN/m^3 e a sobrecarga na laje de cobertura de 1 kN/m^3 , temos os seguintes diagramas para os esforços cortantes e de momentos fletores:

ESFORÇO CORTANTE



MOMENTO FLETOR



7.2. Verificação da seção do elemento estrutural à força cortante:

V_s = Força solicitante

$$V_s = 67 \text{ kN} \Rightarrow V_{sd} = 67 \times 1,4 = 93,8 \text{ kN}$$

$$V_{rd} = 5.091^1 \cdot b \cdot d$$

$$V_{rd} = 725,4 \text{ kN} > V_{sd} \Rightarrow \text{OK}$$

$$V_{c0} = 870^2 \cdot b \cdot d$$

$$V_{c0} = 107,8 \text{ kN}$$

A_s = Armadura necessária

$$A_e = \text{Armadura existente} = \varnothing 5,0 \text{ mm c.25 cm} = 1,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V_{sd} = V_{c0} + V_{sw} \Rightarrow V_{sw} = V_{sd} - V_{c0} = 93,8 - 107,8 \Rightarrow \text{Armadura mínima}$$

$$V_{sw} = 14 \text{ kN}$$

$$A_s/S = V_{sw} / 0,9 \cdot d \cdot F_{yd}$$

$$A_s/S = 14 / 0,9 \cdot 0,95 \cdot 43,5 = 0,64 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s < A_e \Rightarrow \text{OK}$$

¹ Considerado $f_{ck}=30\text{MPa}$

² Considerado $f_{ck}=30\text{MPa}$

7.3. Verificação da seção do elemento estrutural ao momento fletor positivo:

$$M = 213 \text{ kN.m}$$

$$K6 = 100.000 \cdot 0,10 \cdot 0,95^2 / 213$$

$$K6 = 42,4 \Rightarrow K3 = 0,358 \text{ (fck = 30 MPa – CA-50A)}$$

As=Armadura necessária

Ae=Armadura existente = mínimo identificado $2 \times \frac{1}{2}'' = 10,1 \text{ cm}^2$

$$As = K3 \cdot M / 10 \cdot d$$

$$As = 0,358 \cdot 213 / 9,5$$

$$As = 8,1 \text{ cm}^2 < 10,1 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{OK}$$

Comprimento de ancoragem (diâmetro de 1'') = 70 cm.

7.4. Verificação da seção do elemento estrutural ao momento fletor negativo:

$$M = 305 \text{ kN.m}$$

$$K6 = 100.000 \cdot 0,15 \cdot 0,95^2 / 305$$

$$K6 = 44,4 \Rightarrow K3 = 0,356 \text{ (fck = 30 MPa – CA-50A)}$$

As=Armadura necessária

Ae=Armadura existente = mínimo identificado $2 \times \frac{1}{2}'' = 10,1 \text{ cm}^2$

$$As = K3 \cdot M / 10 \cdot d$$

$$As = 0,356 \cdot 305 / 9,5$$

$$As = 11,4 \text{ cm}^2 > 10,1 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Não OK}$$

7.5. Verificação da estabilidade lateral das vigas:

$$b = L0/50$$

$$b = 3200 / 50$$

$$b = 64 \text{ cm} < 15 \text{ cm} \Rightarrow \text{Não OK}$$

8. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

8.1. Não se verificou risco à estabilidade estrutural nos elementos inspecionados, em que pese haver na análise da capacidade portante das vigas insuficiência da ordem de 10% na seção das armaduras negativas, insuficiência essa absorvida sem prejuízos pelos coeficientes de segurança dos cálculos, haja vista o tipo de carregamento;

8.2. As anomalias e falhas identificadas nos elementos estruturais em análise se caracterizam por:

8.2.1. Na laje de cobertura do último pavimento:

8.2.1.1. Trata-se de laje maciça de concreto armado, armada em duas direções com barras de aço e os danos identificados são relativos ao deslocamento da camada superficial/de cobrimento das armaduras devido à expansão por corrosão química e/ou eletroquímica das mesmas com nexos causal a despassivação;

8.2.1.2. Falha de execução relativa à insuficiência de cobrimento das armaduras.

8.2.2. Nas 6 vigas de 32 metros do pergolado do terceiro pavimento:

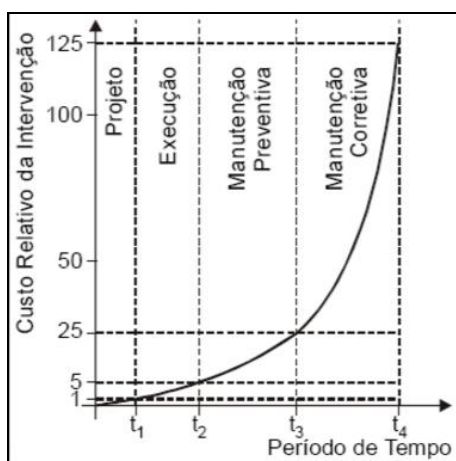
8.2.2.1. Danos relativos à deteriorização do concreto com deslocamento da camada superficial devido à expansão por corrosão química e/ou eletroquímica das armaduras transversais, com nexos causal a despassivação;

8.2.2.2. Falha de execução relativa à insuficiência de cobrimento das armaduras;

8.2.2.3. Falha de projeto/execução devido à insuficiência e/ou posicionamento das armadura negativas e a travamento lateral;

8.2.2.4. Na viga 1, falha de execução devido a desalinhamento.

8.3. As anomalias e falhas diagnosticadas são endógenas e naturais por falha de execução, com grau de risco regular, sendo recomendada intervenção em curto prazo, principalmente porquanto estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



9. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS PARA A REFORMA:

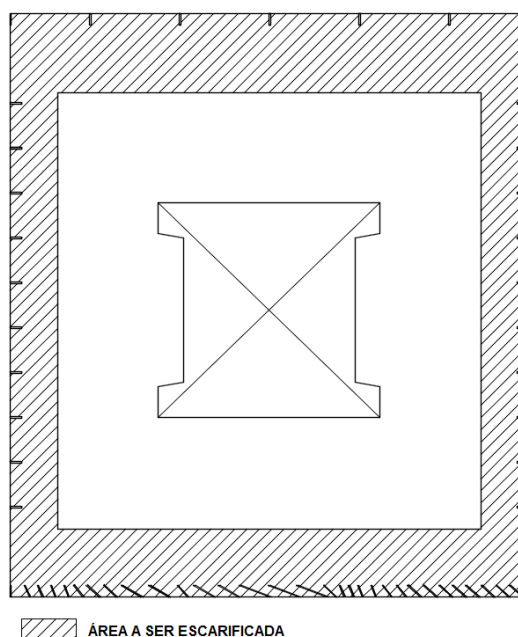
9.1. RESPONSABILIDADE TÉCNICA:

9.1.1. Por se tratar de obra de restauração de prédio tombado a empresa encarregada da execução deverá apresentar em seu quadro técnico pelo menos um arquiteto e um engenheiro pleno.

9.2. TRATAMENTO DO CONCRETO:

9.2.1. ESCARIFICAÇÃO:

Serão escarificadas todas as faces das seis vigas do pergolado, bem como toda a área do fundo da parte externa da laje de cobertura com profundidade de 2cm:



Todos os materiais e equipamentos deverão estar limpos e em estado de conservação satisfatório para o desempenho da função;

Antes do início de quaisquer serviços de escarificação de concreto, deverão ser observadas precauções especiais para segurança contra projeção de lascas seja sobre o profissional ou no meio ambiente, com instalação de sinalizações e isolamento das áreas;

A escarificação será executada progressivamente, utilizando ferramentas portáteis ou mecanizadas, observando-se sempre a melhor alternativa para o ambiente do trabalho, devendo-se:

- a. Retirar todo material solto, mal vibrado e segregado, até atingir a região de concreto são, obtendo uma superfície rugosa e coesa, propiciando boas condições de aderência;

- b. Tomados os devidos cuidados para não comprometer a estrutura, procurando garantir que a espessura de escarificação se mantenha em 2 cm;
- c. Após a conclusão dos serviços de escarificação, é necessária a execução de limpeza com ar comprimido ou qualquer procedimento capaz de remover pó e partículas soltas;

Nas vigas a escarificação deverá ser realizada no sentido de cima para baixo com a ferramenta de corte posicionada sempre de cima para baixo de forma a evitar impacto lateral no elemento estrutural.

A retirada dos entulhos poderá ser feita por meio de calhas, tubos de coleta, vedada a aberturas em pisos ou outros meios. Será evitado o acúmulo de materiais e entulhos em quantidades excessivas sobre pisos e paredes e as peças de grande porte deverão ser fragmentadas. Atenção especial deverá ser dispensada para que não sejam ultrapassadas as cargas admissíveis sobre lajes e vigas.

Todos os entulhos de demolições, quando não retirados imediatamente, deverão ser molhados, para se evitar a propagação de poeiras e outros elementos.

As demolições mecânicas serão feitas observando-se sempre as recomendações dos fabricantes dos equipamentos e máquinas. Recomenda-se iniciar os procedimentos com as demolições manuais.

9.3. TRATAMENTO DAS ARMADURAS:

A Contratada deverá promover a limpeza das armaduras que ficarem expostas após a escarificação, com lixamento enérgico das superfícies de forma a que fiquem na condição de preparo conhecida como “metal branco”.

Após o procedimento de limpeza aplicar primer anticorrosivo com alto teor de zinco, a trincha, tipo Denverprimer Zinco ou similar, de conformidade com as recomendações do fabricante.

9.4. COMPLEMENTAÇÃO DAS ARMADURAS:

Deverão ser utilizadas barras do tipo CA-50/CA-60, conforme indicação do projeto.

Todo e qualquer lote de material recebido no canteiro de obras deverá ser inspecionado pela contratada, que providenciará se entender necessário o recolhimento das amostras para os ensaios de laboratório, de acordo com as normas da ABNT.

A contratada deverá fornecer à Fiscalização os relatórios dos ensaios, podendo esta rejeitar o lote ou lotes que não atenderem às exigências das normas.

Cuidados especiais deverão ser tomados no transporte de barras e fios de aço, para evitar a ação de impurezas, corrosão e outros agentes prejudiciais à aderência e à ruptura dos aços e das soldas de telas pré-fabricadas.

As barras de aço e telas cortadas e dobradas, quando não aplicadas imediatamente, serão etiquetadas de acordo com os números das pranchas e de sua posição no projeto estrutural.

Todo o material deverá ser esticado em local seco, limpo e sem contato direto com o solo.

Quando da liberação para utilização, caso as armaduras apresentem sujeira ou indícios de corrosão, deverão ser cuidadosamente limpas com escovas de aço e jatos de água antes de sua aplicação.

Todos os cortes e dobras deverão obedecer às dimensões e formas indicadas nos projetos. As barras não poderão ser dobradas junto às emendas com solda.

As barras de aço só deverão ser cortadas depois de convenientemente desempenadas.

Não será permitido o aquecimento do aço das armaduras para facilitar o dobramento.

Os valores mínimos permitidos para os diâmetros de curvaturas internas das barras a serem dobradas deverá obedecer as recomendações e indicações da NBR 6118;

O dobramento dos ganchos, barras e estribos deverá ser efetuado sobre pinos circulares cujos diâmetros deverão obedecer as determinações da NBR 6118.

Após as operações de corte e dobra, as barras deverão ser etiquetadas e armazenadas sobre lastros de madeira ou outro material, evitando-se o contato com a terra.

As emendas deverão atender aos requisitos da NBR 6118, poderão ser por transpasse ou solda;

Cada barra tracionada não poderá ter emendas afastadas de menos de 4 metros.

As barras de aço deverão ser limpas, removidas as ferrugens, argamassa aderentes, graxas, manchas de óleo e outras impurezas, antes de serem introduzidas nas formas. Especial atenção deverá ser dada à verificação de processo de oxidação ou quaisquer substâncias que provoquem redução de aderência.

Deverão ser criteriosamente atendidas as indicações em projetos, as dimensões e posições, os espaçamentos, os transpasses e os recobrimentos de todas as barras.

Para a correta manutenção das barras de aço nas posições desejadas e garantia dos recobrimentos mínimos, deverão ser utilizados arames, espaçadores plásticos e tarugos de aço ou concreto. Também poderão ser utilizados espaçadores semicilíndricos ou semicirculares, confeccionados com argamassa no traço do concreto a ser utilizado.

As emendas necessárias, segundo indicações dos projetos estruturais, seguirão as orientações das normas ABNT e deverão ser cuidadosamente verificadas antes do fechamento das formas.

9.5. PONTE DE ADERÊNCIA:

Deverá ser executada com adesivo epóxi de alta fluidez, com resistência final à compressão maior que 70 MPa e resistência de aderência e à flexão de respectivamente, no mínimo 10 MPa e 30 MPa;

Todos os materiais e equipamentos deverão estar limpos e em estado de conservação satisfatório para o desempenho da função;

Dever-se-á utilizar luvas de proteção e máscaras de conformidade com instruções do fabricante do adesivo epóxi;

Preparar o substrato conforme um dos métodos anteriormente apresentados, aplicar a resina sobre a área a ser recuperada usando uma brocha;

Preparar o material de conformidade com as especificações e recomendações do fabricante, observando que o mesmo deva se apresentar após o preparo homogêneo e sem grumos;

Aplicar o produto com trincha, rolo, pistola de ar comprimido ou derramando a favor da gravidade formando uma camada de espessura mínima conforme especificação do fabricante para promover a aderência ao concreto;

Recomenda-se iniciar a aplicação do adesivo somente depois de terem sido providenciados todos os produtos e atividades a serem utilizados posteriormente, já que o tempo de vida do adesivo pode ser relativamente curto, e caso isto não seja considerado, o adesivo poderá até piorar as condições de aderência entre a camada original e a camada de reparo, pois criará uma camada de separação entre ambos.

9.6. ARGAMASSA DE RESTAURAÇÃO:

Todos os materiais e equipamentos deverão estar limpos e em estado de conservação satisfatório para o desempenho da função;

Dever-se-á utilizar argamassa industrializada à base cimento modificada com polímeros, com resistência à compressão final de mais de 35 MPa e resistência de aderência e à flexão de respectivamente 1MPa e 7Mpa, tipo Sika MonoTop 622-BR ou similar devendo-se adotar o seguinte procedimento de aplicação, observando as recomendações do fabricante;

Antes do início dos serviços dever-se-á promover ensaios com os diversos materiais disponíveis no mercado de forma a se determinar qual teria a maior similaridade de cor com os acabamento existentes;

Não deverão ser aceitos adesivos base PVA;

Para o preparo da argamassa observar rigorosamente as instruções do fabricante e até o produto apresentar-se homogêneo e sem grumos;

Para a aplicação manual da argamassa pressionar o produto na direção do centro para as bordas do reparo em camadas de 10 a 25 mm de espessura. Com equipamento de projeção com pressão nominal de trabalho de 30 Bares, evitando vazios na aplicação. Após atingida a resistência ideal promover o acabamento, iniciando o processo de cura imediatamente após o acabamento final.;

O acabamento nas vigas deverá ser dado com desempenadeira metálica dando acabamento liso, mantendo a similaridade com as demais vigas existentes no local;

O acabamento no fundo das lajes deverá ser dado com desempenadeira metálica, ou outra de forma a manter o acabamento original existente, inclusive quanto a marcas das juntas das formas originais;

A aplicação da argamassa deverá levar em consideração que o acabamento do fundo da laje deverá possuir a mesma cor e textura existente atualmente, devendo as dimensões das réguas utilizadas serem idênticas as utilizadas quando da construção do edifício. A

textura da parte inferior da laje deverá ser mantida, não devendo haver qualquer ressalto na borda da laje.

Para a cura, é necessário manter a superfície úmida por 7 (sete) dias ou aplicar duas demãos de solução de cura com pulverizador, antes do início de pega, ou logo após, com broxa ou rolo. Nas 36 primeiras horas, evitar a radiação solar direta.

10. SERVIÇOS COMPLEMENTARES

10.1.1. PINTURA HIDROFUGANTE

Para a pintura hidrofugante superficial dever-se-á utilizar produto incolor de forma a não modificar o aspecto original dos elementos estruturais, tipo Acquilla da Vedacit ou similar, à base de PVA de forma a não criar filme.

As superfícies a serem tratadas devem estar limpas, secas, porosas, isentas de pó sem impregnação de produtos que prejudiquem a aderência, como desmoldantes, graxa, agentes de cura química, óleo, tintas, entre outros. Caso haja trincas, fissuras ou falhas na superfície, estas devem ser tratadas e corrigidas. Proteger superfícies próximas ao local que será aplicada pintura hidrofugante.

Antes do início da aplicação misturar o produto, utilizando ferramenta limpa a fim de evitar a sua contaminação, observando as recomendações do fabricante.

Brasília, 03 de agosto de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

ANEXO 1

Plantas das intervenções estruturais