



MIS
MUSEU
DA IMAGEM
E DO SOM

Volume I

Diagnóstico Estrutural

2023

EQUIPE TÉCNICA PUC RJ

Coordenação geral:

Rafael Thomé

Renan Areias

Coordenação GT Engenharia:

Alexandre Penalber

Eliezer Barros

Coordenação GT BIM:

Tatiana Ribeiro

Supervisão:

Aline Acatauassú (Instalações)

Gabriela Kwok (Arquitetura)

Gustavo Pedrosa (Engenharia)

Henrique Araújo (Planejamento e orçamento)

Equipe técnica:

Arqt^a. Carina Bersot (BIM)

Arqt^a. Débora Estruc dos Santos de Oliveira (Arquitetura)

Arqt^o. Eduardo Storino (Planejamento e orçamento)

Arqt^a. Juliana Correia (Arquitetura)

Arqt^a. Luciana Andrade (Planejamento e orçamento)

Arqt^a. Mariana Peregrino (Arquitetura)

Arqt^o. Maurício Conrado (BIM)

Arqt^a. Mayara Miranda Mota Navega (Arquitetura)

Arqt^a. Noelle Macieira (BIM)

Arqt^a. Paola Fraga Bitencourt (Arquitetura)

Arqt^a. Patrícia Moura de Pontes (Arquitetura)

Arqt^o. Pedro Rocha (Planejamento e orçamento)

Arqt^a. Rayane Farias (BIM)

Arqt^o. Sérgio Eduardo dos Santos Porto (Arquitetura)

Arqt^a. Silvia Assis (Documentação técnica)

Eng^o. Alexandre Moreira Lirio (Instalações)

Eng^a. Alexya Gomes Alves (Instalações)

Eng^a. Bruna Magalhães de Araujo (Documentação técnica)

Eng^o. Bruno Ramos (Estruturas)

Eng^a. Carol Pessanha (Planejamento e orçamento)

Eng^a. Carolina M. Quintanilha (Estruturas)

Eng^a. Cristina Maria dos Anjos (Instalações)

Eng^a. Cristiane Zancanella (Estruturas)

Eng^o. Daniel Duque Estrada Borim (Instalações)

Eng^a. Danielle Araújo (Estruturas)

Eng^o. Felipe Wuira de Carvalho (Estruturas)

Eng^a. Flavia Manuella (Planejamento e orçamento)

Eng^a. Julyane Moura (BIM)

Eng^o. Leandro Baptista de Oliveira (Estruturas)

Eng^o. Lucas dos Santos Nascimento (Instalações)

Eng^o. Luiz Felipe Bluvol Walker Santos (Instalações)

Eng^o. Matheus dos Santos Nunes (Planejamento e orçamento)

Eng^o. Matheus Paiva dos Santos (Estruturas)

Eng^o. Max Silva (Instalações)

Eng^a. Thayana Gomes (Instalações)

Eng^o. Willamberg de Jesus Guimarães (Estruturas)

APRESENTAÇÃO

A nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS) teve sua concepção e desenvolvimento do projeto a partir de um concurso internacional realizado em 2009, no qual obteve como vencedor o escritório de arquitetura Diller Scofidio + Renfro, com sede na cidade de Nova York. Há de se ressaltar que o projeto em questão apresentou uma elevada complexidade de execução, onde foram utilizadas diversas soluções técnicas de engenharia e arquitetura para que a obra pudesse ser executada.

O início efetivo da obra, se deu a partir da assinatura do contrato nº 026/2013, contudo em 2016 a obra foi paralisada diante da rescisão unilateral da contratação. Somente em 2021, foi assinado o Contrato nº 031/2021 (SEI - 170026/001756/2021), referente a conclusão dos revestimentos e instalações da nova sede do MIS. Posteriormente, em 2022 foi assinado o Contrato nº 057/2022 (SEI - 170026/001757/2021), relativo à execução de obras para os sistemas de iluminação, controle, distribuição e acabamentos na nova sede do MIS. No tocante a fachada, em 2013 foi assinado o contrato nº 038/2013 (SEI E-17/001/81/2013) que previa à implantação do Sistema de fachadas, contudo em 2016 o referido contrato foi suspenso.

Assim, diante das diversas paralisações ocorridas na execução da obra nos últimos anos, instaurou-se um cenário sensível e de descompasso entre os objetos a serem executados nos contratos vigentes. Ademais, durante tais paralizações ocorreram danos tanto à integridade da estrutura, quanto em materiais e serviços já previamente executados. Neste sentido, fez-se necessário diagnosticar todas as causas que prejudicam e impedem a continuidade da obra em questão.

Para tanto em maio de 2023, a Secretaria Estadual de Infraestrutura e Cidades (SEIC), através da Superintendência de Obras Especiais, solicitou apoio do Instituto Estadual de Engenharia e Arquitetura (IEEA) na elaboração em conjunto de um diagnóstico das condições atuais da obra da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS), localizada no bairro de Copacabana (RJ).

Desta maneira, foi firmado entre a Secretaria de Estado de Infraestrutura e Cidades (SEIC) e o Instituto Estadual de Engenharia e Arquitetura (IEEA), o Termo de Cooperação Técnica nº 006/2023 (SEI nº 46001/000876/2023, indexado em 56907444), visando reger as ações necessárias para a conclusão da obra do Museu da Imagem e do Som (MIS), com apoio técnico do Projeto InfraCidades, da Pontifícia Universidade Católica do Estado do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Amparado pelo art. 19 da nova lei de licitação nº 14.133 (BRASIL, 2021), o projeto InfraCidades, fruto de um convênio entre o IEEA e a PUC-Rio, configura-se como um projeto de pesquisa que tem como objetivo implementar a metodologia BIM (Building Information Modeling) em projetos e obras no Estado do Rio de Janeiro, visando propiciar

maior eficiência e agilidade em todo o processo de trabalho, desde sua concepção até a entrega da obra.

Neste sentido, o InfraCidades tem por objetivo utilizar sua expertise e solidez no desenvolvimento e gestão de projetos, bem como na adoção de soluções inovadoras, para o desenvolvimento do presente diagnóstico. Por conseguinte, o objetivo do Projeto InfraCidades está intrinsicamente ligado ao escopo do trabalho dos diagnósticos necessários para conclusão da nova sede do MIS. Para tal, a elaboração do respectivo estudo contará com 45 profissionais, com variadas especialidades nas áreas de engenharia e arquitetura, durante o período de 16/05/2023 até 11/08/2023.

Salienta-se que o diagnóstico como um todo tem como propósito verificar as causas que impedem a continuidade da obra, bem como permitir a promoção das demais licitações necessárias para a conclusão dos serviços visando a inauguração da nova sede do MIS. Além disso, tal diagnóstico tem ainda por intuito fornecer informações que deem apoio técnico à fiscalização de campo, permitindo o monitoramento e controle da execução da obra em si. A partir das causas e soluções do estado da obra encontrados, será possível prosseguir com as demais licitações já previstas, bem como possíveis licitações que possam vir a ocorrer.

Assim, o conteúdo correspondente no diagnóstico em questão será abordado em três volumes, a saber:

- **Volume I: Diagnóstico estrutural;**
- Volume II: Diagnóstico dos Contratos nº 031/2021 e nº 057/2022;
- Volume III: Diagnóstico do Contrato nº 038/2013.

Em especial, o Volume I, objeto de análise do presente documento, consistirá na apresentação do Laudo Técnico de diagnóstico estrutural e tem como objetivo a análise das patologias existentes e a verificação do comprometimento da segurança e durabilidade das estruturas de contenção, da fundação e da superestrutura da obra MIS.

O referido volume em um primeiro momento (Parte I) irá abranger a análise dos documentos técnicos produzidos pelos profissionais que acompanharam a execução da obra e que foram disponibilizados pela Fundação Roberto Marinho (FRM). Destaca-se que a relação dos documentos técnicos fornecidos, ordenada por data de emissão e categorizada por assunto será apresentada ao final deste documento, no **APÊNDICE A**.

Já em um segundo momento (Parte II), será apresentada a verificação das anomalias identificadas em vistorias realizadas pelos técnicos da PUC-Rio na obra durante o período de 16/05/2023 até 11/08/2023. A partir das respectivas vistorias foram identificados danos na estrutura que não foram abordados em nenhum dos documentos técnicos recebidos para análise. Portanto, foi necessário identificar tais danos, recomendar as devidas soluções

técnicas para os respectivos tratamentos, bem como apresentar os custos envolvidos para sua implementação. Assim, no **APÊNDICE B** será apresentado o mapa de patologias da estrutura, bem como a planilha orçamentária com os devidos custos envolvidos para solução das anomalias em questão constará no **APÊNDICE C**. Será também apresentado os documentos elaborados por terceiros, a saber: Documentos Técnicos (**ANEXO 1A**), Projetos (**ANEXO 1B**) e Correspondência (**ANEXO 1C**).

Por fim, a partir da elaboração do presente documento, em conjunto com os demais volumes, espera-se identificar e solucionar os principais impedimentos para a conclusão da obra da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS), no município do Rio de Janeiro.



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO



Projeto
InfraCidades



MIS
MUSEU
DA IMAGEM
E DO SOM

Volume I

Parte I

2023

SUMÁRIO

1.	METODOLOGIA DE TRABALHO.....	1
2.	CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA.....	2
3.	HISTÓRICO.....	5
3.1.	Cronologia da execução da obra	6
3.1.1.	Histórico da fundação, demolição e contenção	7
3.2.	Histórico a respeito da Superestrutura	10
4.	ANÁLISE DOS DOCUMENTOS.....	12
4.1.	Fundação	12
4.2.	Recalque.....	14
4.3.	Fissuras	20
4.4.	Infiltrações	28
5.	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
	APÊNDICE A	
	APÊNDICE B	
	APÊNDICE C	
	ANEXO 1A	
	ANEXO 1B	
	ANEXO 1C	

ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fachada leste do Novo MIS	2
Figura 2: Localização da obra do MIS	4
Figura 3: Linha do Tempo contendo os principais marcos que envolvem a estrutura do MIS.....	6
Figura 4: Evolução dos recalques com o tempo, de acordo com a leitura dos pinos (GRUPO: PIL_01-23 - INSTALADOS NOS PILARES DO CANTEIRO DE OBRAS 01 A 23)	16
Figura 5: Recalques totais e variações entre as últimas duas medidas	17
Figura 6: Distorção angular	19
Figura 7: Fissura em fundo de laje	22
Figura 8: Fissuras e eflorescência em fundo de laje	23
Figura 9: Identificação de fissura em viga-parede.....	24
Figura 10: Identificação de fissuras diagonais em viga-parede	24
Figura 11: Identificação de fissuras com abertura de 0,1mm	26
Figura 12: Identificação das fissuras em fundo de laje.....	26
Figura 13: Mapeamento dos pontos de infiltração e umidade no subsolo	30

1. METODOLOGIA DE TRABALHO

Em razão das subseqüentes paralizações e retomadas, ao longo dos anos, que envolvem a execução da obra da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS), bem como toda a complexidade intrínseca à sua construção, a identificação das condições estruturais atuais, torna-se preponderante a continuidade da obra em questão.

Neste sentido, a presente metodologia teve por intuito analisar o estado estrutural da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS), de modo a permitir a continuidade da execução da respectiva obra, de acordo com os padrões de segurança vigente. Para tanto foi necessário identificar as patologias existentes, bem como indicar as soluções pertinentes. Assim, em um primeiro momento foi realizado um trabalho de campo preliminar para levantamento das manifestações patológicas existentes no MIS. A partir das visitas in loco realizadas no período de 10/05/2023 e 25/05/2023, foi possível traçar as atividades, necessárias ao atendimento da presente análise, desenvolvidas em três etapas, a saber:

- **Etapla I: Atividades preliminares**

Haja vista que a temática de análise do presente volume, remonte sobre a estrutura do MIS, considerou-se necessário caracterizar a estrutura a ser estudada. Tal atividade foi apresentada no presente **Volume I, Parte I** e realizada a partir do “01_RELATÓRIO GERENCIAL CONSOLIDADO de julho de 2013 a junho de 2014” (**ANEXO 1A**), de modo a propiciar a exata compreensão das próximas etapas desenvolvidas.

- **Etapla II: Análise da documentação**

A respectiva etapa, teve por intuito analisar as patologias reconhecidas e documentadas pela Fundação Roberto Marinho (FRM), apresentadas no presente **Volume I, Parte I**. Para tal, foi solicitada a FRM todas as documentações pertinentes a tal temática. Em posse dos respectivos documentos, de modo a balizar o entendimento de toda a equipe e propiciar a organização necessária para desenvolvimento do presente trabalho, foi realizada a catalogação de 869 documentos recebidos referentes à estrutura, contenções e fundações, dando origem assim ao **APÊNDICE A**.

A partir dos documentos relacionados foi possível apresentar a linha do tempo referente aos principais marcos que envolvem a estrutura do MIS, e assim permitir a contextualização pertinente ao melhor entendimento das análises em questão. Por fim, de maneira planejada, e conforme a catalogação e categorização apresentada no **APÊNDICE A**, a realização das análises documentais efetuadas foram apresentadas separadamente no tocante a fundação, ao recalque, as fissuras e as infiltrações.

- **Etapa III: Patologias não documentadas**

Após verificação das anomalias estruturais documentadas pela FRM, foi realizada a análise das patologias identificadas nas visitas técnicas e que não constam em nenhum dos documentos disponibilizados, apresentadas no **Volume I, Parte II**.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Diante da complexidade geométrica da edificação da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS), que pode ser observada na **Figura 1**, e se reflete nas soluções estruturais empregadas, será apresentado no presente tópico a caracterização relativa aos aspectos estruturais que envolvem o MIS.

Figura 1: Fachada leste do Novo MIS



Fonte: O autor, 2023.

A título de informação, pode-se observar inicialmente o resumo de todos os pavimentos do MIS, apresentado abaixo:

- **2º subsolo:** compreende os setores como: Circulações, áreas técnicas, sala de estar de funcionários, setores de apoio, reservatórios, camarins, sala de lixo, vestiários e banheiros;
- **1º subsolo:** compreende os setores como: Circulações, *hall* dos elevadores, salas técnicas, áreas técnicas, depósitos, bar, boate, banheiros, *foyer*/vestíbulos, auditório;

- **Térreo:** compreende os setores como: Circulações, escadas, carga e descarga, guarita, banheiros, *hall* dos elevadores, guarda volumes, enfermaria, depósitos, cozinha, sanitários, *lobby*, recepção, rampa, patamar e terraço de café;
- **Mezanino:** compreende os setores como: Escadas, entrepiso técnico, salas técnicas, *hall* dos elevadores, circulações, exposição temporária, depósito e banheiros;
- **1º pavimento:** compreende os setores como: “Carnaval”, “Rio 40º”, “Humor”, Arquivo e Educação;
- **2º pavimento:** compreende os setores: “Carinhoso”, “Banda”, “Choro”, “Samba e Rádio”.
- **3º pavimento:** compreende os setores como: “Carmem Hollywood”, “Carmem Cantora”, Novela e Pesquisa;
- **4º pavimento:** Possui configuração semelhante aos pavimentos 1º, 2º e 3º, além dos setores “É sal, É sol, É sul”, Setor Administrativo, copa e cinema;
- **5º pavimento:** compreende os setores como: Restaurante, incluindo a cozinha, bar, apoio ao catering circulação social e serviço, além das áreas técnicas, escadas e banheiros;
- **6º e 7º pavimentos:** compreende os setores como: Terraço, jardim, Jardim Elevado, Circulações Externas, Arquibancada e Rampa, banheiros, casas de máquinas, salas técnicas, *hall* dos elevadores e escadas.

Dito isto, no tocante ao objeto de estudo do presente volume, segundo projetos estruturais constantes no **ANEXO 1B**, a estrutura do MIS se apresenta de maneira diversificada, contendo pavimentos com trechos em laje maciça, trechos em laje nervurada, pilares inclinados, lajes em balanço com esconsidade e inclinação, vigas protendidas e vigas parede em balanço. Nos subsolos foram construídas paredes diafragma, que atuam na contenção do solo, e demais elementos estruturais constituídos por sapatas, lajes de subpressão, vigas e pilares.

Já o piso térreo é constituído de linhas de pilares inclinados na fachada frontal (leste) e por elementos de pilares paredes junto à fachada dos fundos (norte). Ademais, são utilizadas lajes nervuradas em alguns trechos do pavimento, bem como grandes vigas paredes nas laterais do prédio (fachadas norte e sul). Tais vigas parede se estendem em balanço na fachada frontal, servindo de apoio de extremidade para as lajes inclinadas da fachada. A título de informação foi utilizado um concreto de alto desempenho, com FCK de 50 MPa, como também foram utilizadas soluções como lajes nervuradas e vigas protendidas. Além do concreto, também foram executadas estruturas metálicas auxiliares, nas escadas e fixações da fachada leste.

2.1. Localização do empreendimento

A título de informação, para melhor compreensão da localização do respectivo empreendimento e ruas adjacentes, que serão mencionadas ao longo do presente documento, a seguir serão apresentadas as informações relativas ao local da nova sede do MIS (**Figura 2**).

- A Nova Sede do Museu da Imagem e do Som (MIS) está localizada na Avenida Atlântica, nº 3432 - bairro de Copacabana, no município do Rio de Janeiro – RJ.
- Coordenadas: Latitude: 22°58'43.8"S; e Longitude: 43°11'22.5"W.

Figura 2: Localização da obra do MIS



Fonte: Adaptado Google Earth, 2023.

3. HISTÓRICO

De maneira a apresentar uma breve contextualização geral acerca da origem da demanda do presente objeto, em 2008, firmou-se o Convênio nº 06/2008 entre a Fundação Roberto Marinho (FRM) e a Secretaria de Estado da Cultura do Rio de Janeiro (SEC), com intuito de propiciar a concepção e desenvolvimento de projetos, execução de obras e ações de comunicação e divulgação da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS).

Já em 2009 foi firmado o Contrato de Prestação de Serviços nº 021/2009 entre a FRM e a Secretaria de Estado da Cultura (SEC), cujo objetivo foi o desenvolvimento dos projetos e preparação do terreno para construção do MIS, tendo sido executadas as seguintes atividades, dentre outras: concepção e detalhamento do conteúdo museológico; elaboração dos projetos museográficos e execução da 1ª Etapa de obras com a demolição da edificação existente e preparação do terreno; execução da 2ª Etapa de obras com a execução da parede diafragma, infraestrutura, supra estrutura e gerenciamento de projetos e obras.

Conforme já mencionado na apresentação do presente volume, em 2013 foi assinado o contrato nº 026/2013, entre Rio Verde Engenharia, como CONTRATADA e a SEOBRAS, como CONTRATANTE, para Implantação do Museu da Imagem e do Som (MIS) – 3ª Etapa. Entretanto, em 2016 a obra foi paralisada diante da rescisão unilateral do referido contrato. A partir deste cenário, foi necessário identificar qual a real situação em que a obra se encontrava até este momento e para tanto, ainda em 2016, foi elaborado um Inventário (SEI - 170026/001756/2021, nº 21066596) Físico-Financeiro detalhado da obra do MIS.

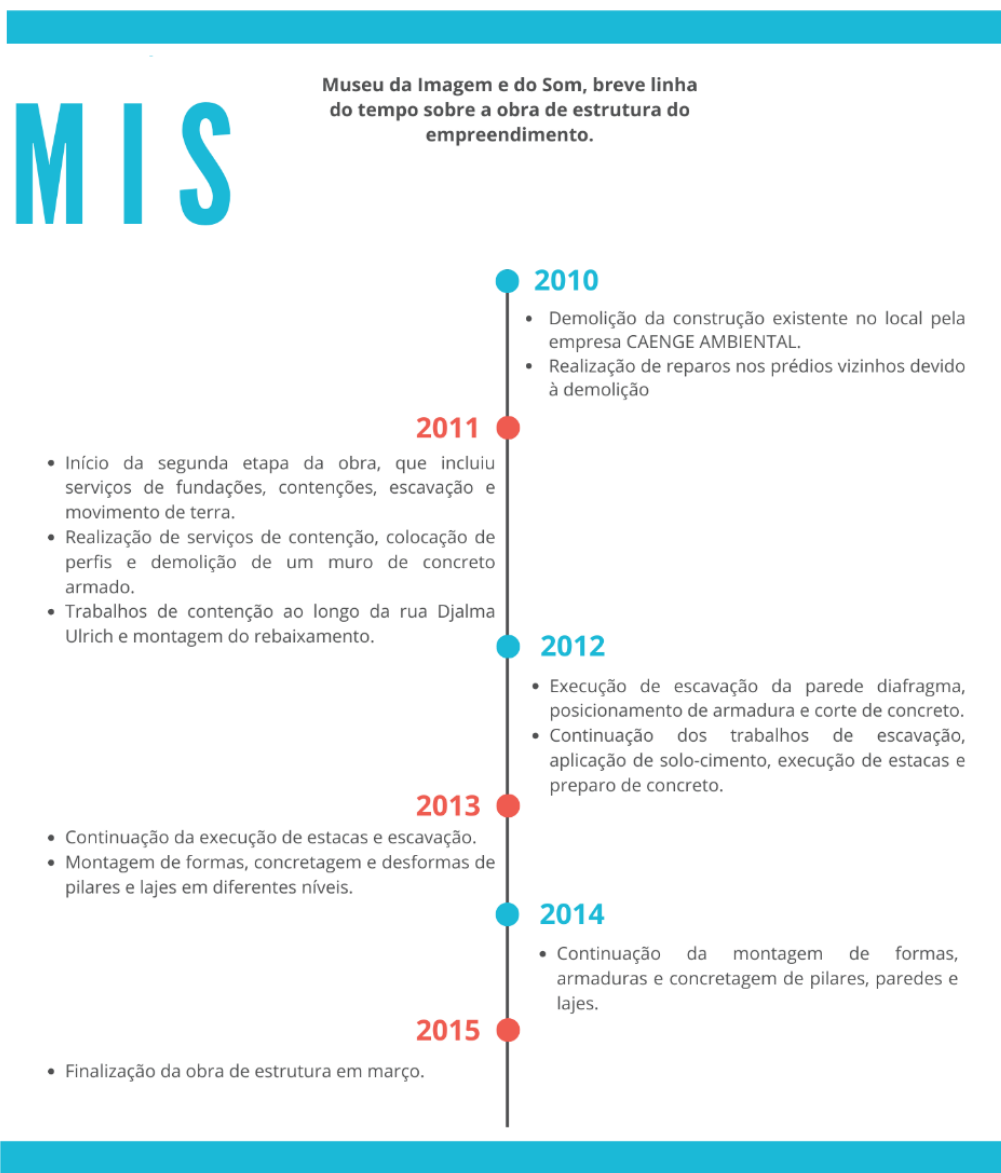
Embora a elaboração e publicação do respectivo Inventário, tenha sido realizada em 2016, apenas em 2021 iniciou-se o movimento que culminou em uma nova licitação para conclusão dos revestimentos e instalações da nova sede do Museu da Imagem e do Som no Município do Rio de Janeiro (MIS), denominada como Licitação 0. Assim, ainda em 2021 foi assinado o Contrato nº 031/2021 (SEI - 170026/001756/2021), referente a Licitação 0. Posteriormente, em 2022 foi realizado o processo licitatório identificado como Licitação 1, referente a execução de obras para os sistemas de iluminação, controle, distribuição e acabamentos na nova sede do MIS e consequente assinatura do Contrato nº 057/2022 (SEI - 170026/001757/2021).

Portanto, conforme pode ser observado, a construção do Museu da Imagem e do Som (MIS) apresentou uma série de desdobramentos ocorridos ao longo dos anos. Neste sentido, no tocante a estrutura do empreendimento, de modo a propiciar melhor entendimento a respeito do contexto que envolve sua construção, a seguir será apresentado os principais marcos temporais pertinentes a estrutura do MIS.

3.1. Cronologia da execução da obra

No que tange a estrutura do MIS, a **Figura 3** irá apresentar a linha temporal, referente aos principais marcos pertinentes:

Figura 3: Linha do Tempo contendo os principais marcos que envolvem a estrutura do MIS



Fonte: O Autor, 2023.

A seguir tal linha do tempo será abordada de maneira mais detalhada, de modo a exibir o histórico dos principais acontecimentos que permeiam a fundação, demolição e contenção, bem como a superestrutura.

3.1.1. Histórico da fundação, demolição e contenção

No que tange especificamente a fundação, demolição e contenção, a seguir será apresentado o respectivo histórico dos principais acontecimentos:

2010

De acordo com correspondência realizada entre a FRM e a Secretaria Estadual de Infraestrutura e Obras (SEINFRA), no início de 2010, a empresa CAENGE AMBIENTAL realizou a demolição da construção existente no local. Tal demolição resultou em avarias nos prédios vizinhos. Em agosto do mesmo ano, a síndica do edifício Rio Nobre emitiu uma declaração atestando que os reparos decorrentes da demolição foram realizados e que não há pendências (EMAIL FRM PARA SEINFRA E SELEC, DECLARAÇÃO RIO NOBRE_CAENGE - 2019_11_6 – **ANEXO 1C**).

2011

No respectivo ano, iniciou-se a segunda etapa da obra, que abrangeu os serviços de **fundações, contenções, escavação e movimento de terra**.

Em maio, foi elaborada uma vistoria de inspeção técnica, na qual constatou a existência de avarias na estrutura, conforme relatado pelo perito engenheiro Mauricio Liberbaum (LAUDO TÉCNICO - ED RIO NOBRE - **ANEXO 1A**), assistente técnico contratado pelo ED RIO NOBRE.

Durante o mês de julho foram realizados diversos serviços para contenção, incluindo a colocação de perfis para a concretagem de estacas raiz, além de serviços de demolição do muro de concreto armado, localizado na divisa da Rua Aires Saldanha.

Já no mês de agosto, foram iniciados os trabalhos de contenção ao longo da rua Djalma Ulrich, juntamente com a montagem do rebaixamento nessa mesma via (02_ANEXO_RELATÓRIO DESCRITIVO E FOTOGRÁFICO - **ANEXO 1A**).

Em setembro foi executada a escavação da parede diafragma, que ocorreu paralelamente à Avenida Atlântica, como também o posicionamento da armadura das lamelas.

No decorrer do mês de outubro, utilizou-se uma perfuratriz entre as lamelas da parede de diafragma para o corte de concreto. Também foi realizada a escavação da parede diafragma paralela à Rua Aires Saldanha e houve o rompimento da mureta de contenção do tapume devido a um desmoronamento durante a escavação da parede de diafragma.

No mês seguinte, foram realizadas a aplicação de solo-cimento na mureta guia paralela à avenida Atlântica e construída uma nova mureta guia após o desmoronamento do terreno e a remoção dos trilhos das fundações existentes.

Por fim em dezembro teve início a execução das estacas “*hollow auger*”, assim como a execução da primeira linha de tirantes na parede de diafragma paralela à avenida Atlântica.

2012

Ao longo do ano em questão, foi realizada a cravação de pinos de recalques.

No mês de fevereiro ocorreu a escavação da parede de diafragma ao lado do prédio vizinho, juntamente com o rebaixamento do lençol freático.

Já no mês de março foi realizado o rebaixamento do nível do solo e a escavação da parede de diafragma junto ao prédio vizinho.

Em abril foi montada a armadura da laje de travamento provisório no nível - 2,50 ao lado do prédio vizinho.

No mês de maio foram executadas a segunda linha de tirantes na cota de nível -5,50m ao lado da parede de diafragma, além da escavação e movimentação de terra do terreno na cota de nível -4,30m. Também foi realizada a escavação do terreno sob a laje de travamento provisório na cota de nível -2,50m.

Em junho houve um desmoronamento na calçada da Rua Aires de Saldanha, sendo necessário o descarte de material proveniente da escavação do terreno. Ademais, foram executadas vigas de travamento metálico entre as paredes diafragma das Ruas Aires de Saldanha e Djalma Ulrich.

No mês seguinte, foram realizados o tratamento de junta nas paredes de diafragma paralelas à Rua Aires de Saldanha e a execução de estacas *hollow auger*. Durante esse mês, houve uma ocorrência resultante da execução de uma estaca, resultando no rompimento do lençol freático. Foi feito um dique de contenção para evitar o carreamento do material, e posteriormente, foi executado um bloco de concreto para conter esse rompimento.

Em agosto foi executada a demolição do bloco de concreto e a inserção de um tubo metálico para o tamponamento da ruptura hidráulica. Também foi realizada a instalação de colares de ponteiros com 3,00m de profundidade ao redor da ruptura, bem como a armação da parede de reforço ao lado da parede diafragma paralela à Avenida Atlântica.

No mês de setembro foram montadas as formas da parede de reforço ao lado da parede diafragma paralela à Rua Aires de Saldanha. Além disso, ocorreu a execução dos tirantes até a cota 15,50m e o teste de protensão dos tirantes da laje de subpressão.

Durante o mês de outubro foi realizado o sistema de rebaixamento definitivo do lençol freático, o arrasamento do barrete provisório até a cota -9,40m e a desforma da parede de reforço ao lado da parede diafragma paralela à Rua Aires de Saldanha. Também foi realizado o tratamento com Ecoryon junto aos tirantes.

Já no mês de novembro, foi lançada a armadura da laje de subpressão.

Em dezembro ocorreu a concretagem da laje de subpressão, a armação da sapata do pilar P19 e a execução de concreto magro no fundo do poço do elevador (APRESENTAÇÃO FUNDAÇÕES_R01_141003 - **ANEXO 1A**).

2012

Em janeiro foi executada a armação da parede de reforço com espessura de 60cm, que ocorreu paralelamente à Avenida Atlântica. Além disso, foi realizada a concretagem da laje de fundo dos reservatórios.

No mês de fevereiro foram executados furos na parede de reforço para a instalação de chumbadores, visando a montagem da armadura da laje do 1º subsolo.

Em junho foi executado um furo e realizada a injeção de argamassa na laje do 2º subsolo, sob a laje de subpressão.

Nos meses de julho e agosto, foram realizadas as impermeabilizações das paredes de reforço do 2º subsolo e da laje de subpressão (02_ANEXO_RELATÓRIO DESCRITIVO E FOTOGRÁFICO - **ANEXO 1A**).

3.2. Histórico a respeito da Superestrutura

2011

Em outubro, a empresa ENGEMIX, com colaboração e consultoria da PhD Engenharia, realizou o desenvolvimento da composição do concreto a ser utilizado na superestrutura. Tal traço de concreto passou por revisão no mês de novembro (FRM009-CEC-PE-REL-0001-000 - **ANEXO 1A**).

2012

No mês de janeiro do referido ano, foi realizada a concretagem e a posterior desforma do protótipo da superestrutura.

Já em abril a empresa PhD Engenharia emitiu um relatório apontando patologias encontradas nos protótipos construídos (FRM009-CEC-PE-REL-0003-001 - **ANEXO 1A**).

No decorrer de dezembro, foi realizada a armação, a moldagem da forma e a concretagem do pilar localizado no nível do 2º subsolo, que serve como apoio para a laje do 1º subsolo.

2013

No mês de janeiro, foi realizada a montagem da forma da laje de fundo dos reservatórios de água localizados no 2º subsolo. Além disso, foi executado o escoramento da laje da arquibancada do auditório e do 1º subsolo.

Em fevereiro ocorreu a concretagem da laje do 1º subsolo.

Já em março foram realizadas as montagens das formas do mezanino técnico, da laje nervurada do térreo e da forma metálica do pilar protótipo com formato elíptico. Também foi realizada a concretagem e desforma desse pilar protótipo (02_ANEXO_RELATÓRIO DESCRITIVO E FOTOGRÁFICO - **ANEXO 1A**).

Em maio ocorreu a concretagem da laje do térreo (APRESENTAÇÃO FUNDAÇÕES_R01_141003 - **ANEXO 1A**).

No mês de junho foi montada a armadura dos pilares protótipos com formato em "V", além da preparação do concreto com *grout* de resistência de 70 MPa.

Em julho foi executada a montagem do cimbramento do escoramento da laje do 1º pavimento sul.

No mês de agosto ocorreu a montagem da forma metálica do pilar de concreto aparente, assim como a montagem da forma, concretagem e desforma do trecho de laje em concreto aparente do pavimento mezanino.

Em setembro foram realizadas as atividades descritas a seguir: (i) montagem da forma externa da parede 16 em concreto, (ii) montagem da forma da laje do 1º pavimento inferior e (iii) posicionamento da armadura protendida da laje.

No mês de novembro houve a montagem da forma e da armadura da laje da escada, a montagem da armadura de encontro dos pilares P22 e P22A, a desmontagem da forma da parede 18, e a montagem de cimbramento e forma da laje da parede 20.

Em dezembro foi realizada a montagem da forma interna da parede 20.

2014

Em janeiro ocorreu a retirada do reescoramento no 1º subsolo, montagem da armadura e forma externa da parede 20, bem como a montagem do cimbramento e o escoramento da laje nervurada e maciça do 4º pavimento sul.

No mês de fevereiro foi realizada a montagem da forma externa da parede 22, assim como a montagem da armadura da laje maciça e nervurada do 4º pavimento.

Em março, foi executada a concretagem do pilar no 5º pavimento sul, a montagem da forma da laje da rampa da escada M e a montagem de cimbramento e escoramento da laje do 5º pavimento inferior.

No mês de abril ocorreu a montagem da forma interna da parede 26, a desforma da parede 24 e a demolição da laje de travamento na cota de -2,50m.

Em maio houve a montagem da forma externa da parede 28, a desmontagem parcial do cimbramento e escoramento da laje do 3º pavimento norte, e a concretagem da laje da cabine de projeção no 7º pavimento sul.

No mês de julho ocorreu o término da concretagem e a retirada dos escoramentos (02_ANEXO_RELATÓRIO DESCRITIVO E FOTOGRÁFICO - **ANEXO 1A**).

4. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS

4.1. Fundação

No tocante a fundação, a análise da documentação foi baseada nos arquivos, relacionados no **APÊNDICE A**, e descritos no **ANEXO 1A**. Tais documentos, referem-se a relatórios e acessórios relacionados à documentação de sondagens SPT, anotação de responsabilidade técnica (ART), pareceres geotécnicos, projetos de contenção em parede diafragma e estacas raiz, projeto de rebaixamento de lençol freático e descritivos de metodologias executivas. Após a verificação dos conteúdos das respectivas documentações recebidas sobre o tema, foi realizada a análise da fundação da construção da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS) a partir do documento “02_ANEXO_Relatorio Descritivo e Fotográfico - **ANEXO 1A**”, elaborado pela Empresa Engineering a Hill Company.

De acordo com o documento em questão, inicialmente a execução da infraestrutura foi projetada para ocorrer de maneira simultânea à elevação da edificação, em uma técnica denominada método invertido. Entretanto, após o início das obras foram constatadas dificuldades técnicas na execução advindas das contenções das cavas escavadas para a parede diafragma e na colocação das estacas em função da alta resistência do solo. Ademais, é importante destacar que as constantes vazões de percolação de água dificultaram a execução do rebaixamento do lençol freático, em função da proximidade com a faixa litorânea e profundidade de aproximadamente 2,0 m a partir do nível do terreno.

Assim, em função das dificuldades e restrições técnicas encontradas, houve a necessidade de alterações na concepção do projeto, adotando-se então o método convencional de execução. Tal solução, previu a incorporação de três linhas de tirantes associadas à construção das paredes diafragma de forma que a contenção do entorno da obra fosse executada à medida que a escavação do terreno avançasse. Por meio da solução em questão, o documento de referência indicou que foi possível superar as dificuldades de contenção do terreno garantindo, desta forma, o equilíbrio estrutural das escavações do subsolo.

Além disso, a escavação passou a ser realizada a céu aberto, o que permitiu o uso de equipamentos com maior capacidade de trabalho e a adoção de projeto com a utilização de fundações diretas, compostas por sapatas conjugadas com uma laje de subpressão, ancoradas por estacas raiz.

Apesar de tais alterações na concepção do projeto, o documento em questão descreve ainda que foram encontrados problemas na execução das paredes diafragma nos trechos paralelos às ruas Ayres Saldanha, Avenida Atlântica e Djalma Ulrich. Contudo, ao longo do respectivo documento não foi especificado que problemas seriam esses, apenas foi sinalizada a identificação de um potencial aumento no risco de execução da contenção em parede diafragma na face adjacente ao prédio vizinho, de 11 pavimentos e construído sobre

fundações diretas assentadas a 2,80 m do nível da rua. Em função disso foi necessária uma nova alteração de projeto, incluindo a construção de estrutura auxiliar de contenção, composta de estacas *Hollow-Auger* alinhadas e justapostas paralelamente à construção vizinha.

Com o intuito de monitorar e controlar os possíveis riscos de recalque do solo junto aos edifícios vizinhos, foi implantando um sistema de medição com 11 pinos de recalque nas construções vizinhas, além da elaboração de um laudo com a situação destas construções antes da execução das obras de fundação.

Ao longo de tal análise, observou-se que o referido documento descreve brevemente a ocorrência de interferências que afetaram o prazo e custo da obra. Notou-se também que foram necessárias as demolições e retiradas de blocos de fundação e trilhos metálicos cravados resultantes de execução de fundação de prédio antigo, que existia no local. Além disso, foi descrito ainda um rompimento hidráulico do solo durante a execução das estacas raiz. Para solução deste evento foi realizado um debate técnico envolvendo profissionais de áreas de obras civis de fundações, geotecnia e hidrologia para analisar e propor uma solução técnica viável economicamente e de menor risco.

Naturalmente, inicialmente foi realizado o tamponamento do furo originado pelas rupturas hidráulicas. Tal atividade foi considerada prioritária à execução das demais devido à criticidade em que se encontrava a cava de fundações. Como solução ficou definida a utilização do sistema de injeção de substância aglutinante denominada “ecoryon”, que promove a solidificação da água no interior dos poros do solo saturado e, consequentemente, a consolidação dos espaços vazios por onde ocorre a percolação até a superfície.

Dentre as soluções adotadas, foram realizadas as substituições das estacas raiz por tirantes, que ocasionou o aumento da espessura da laje de subpressão, e assim reduzindo a cota de assentamento das fundações e consequente incorporação das sapatas à laje de supressão, transformando-a numa laje-radier.

Perante à especificidade do solo, da alta pressão hidrodinâmica e outras características singulares da obra, foi necessário executar três tirantes para proceder a uma prova de carga, com objetivo de atestar a viabilidade técnica, bem como aferir a capacidade de carga especificada no novo projeto. A alteração da espessura da laje de subpressão gerou um aumento no volume de escavação do terreno. Entretanto, a solução foi suficiente para conter a pressão hidrodinâmica exercida sobre toda a estrutura.

Por fim, foi relatado ainda que durante o processo de tamponamento das ponteiros de rebaixamento do lençol freático ocorreu um problema de carreamento de areia do solo existente sob a laje de subpressão, ocasionando novos serviços de injeção de argamassa e de

nata de cimento. Foram apresentadas também imagens das diversas etapas de execução descritas.

4.1.1. Conclusão acerca da análise documental de Fundação

Portanto, com a análise da documentação referente aos serviços de execução da infraestrutura do novo MIS foi possível identificar as medidas adotadas em projeto, os percalços encontrados, as soluções empregadas e documentação do histórico das ocorrências. Por fim, constataram-se que as soluções propostas e aplicadas, em função das adversidades encontradas, se apresentaram em conformidade com as boas técnicas de engenharia.

4.2. Recalque

Na análise da documentação referente ao monitoramento de recalque foram verificados os arquivos relativos ao tema, desde relatórios técnicos, pareceres, ARTs, projetos de instrumentação e especificações, todos indicados no **APÊNDICE A** e descritos nos **ANEXOS 1A, 1B e 1C**.

Para tanto foi realizada uma avaliação dos resultados apresentados no documento de Análise de Leituras de Instrumentação a partir do documento GEO-1398-23-002-RT-00- **ANEXO 1A**, desenvolvido pela Geoinfra Engenharia e Consultoria. Tal documento se refere a análise de uma série de leituras, realizadas no período de 30/10/2019 a 30/03/2023, relativo à instrumentação de pinos de recalques e marcos superficiais instalados nos pilares da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS) e norteou toda a análise documental realizada.

4.2.1. Considerações iniciais

A título de contextualização, segundo o respectivo documento de referência mencionado, para o monitoramento geotécnico durante a fase de obra foram instalados pinos de recalques no prédio vizinho AS-95 (14 pinos de recalques) e nos pilares do MIS já executados. As leituras foram realizadas no período de 2011 a 2014, e posteriormente, no período de 2018 a março de 2023, medindo-se os recalques parcial e total para cada pino de recalque instalado e em operação.

Há de se ressaltar também que o subsolo do local da obra é constituído de solo predominantemente arenoso com compactidade variável com a profundidade. A partir da profundidade de 3,00 m o solo se apresenta compacto a muito compacto, com valores de N_{spt} superiores a 30 golpes até o limite das sondagens, em torno de 30 m de profundidade. O nível d'água se encontra a cerca de 3,00 m, da cota da boca dos furos de sondagem. Devido às características geotécnicas favoráveis do subsolo local, o MIS tem fundações diretas do tipo radier, com tirantes auto injetáveis para combater a subpressão.

Dito isto, a seguir será apresentada as análises relativas aos recalques totais, distorção angular e parecer técnico de instrumentação, a partir do documento de referência mencionado.

4.2.2. Quanto aos recalques totais e diferenciais

Em termos de definição, o recalque de uma fundação pode ser descrito como o deslocamento vertical para baixo, da base da fundação em relação a uma referência fixa e indeslocável. Considera-se que tal ocorrência é proveniente das deformações por diminuição de volume e/ou mudança de forma do maciço de solo compreendido entre a base da fundação e o indeslocável.

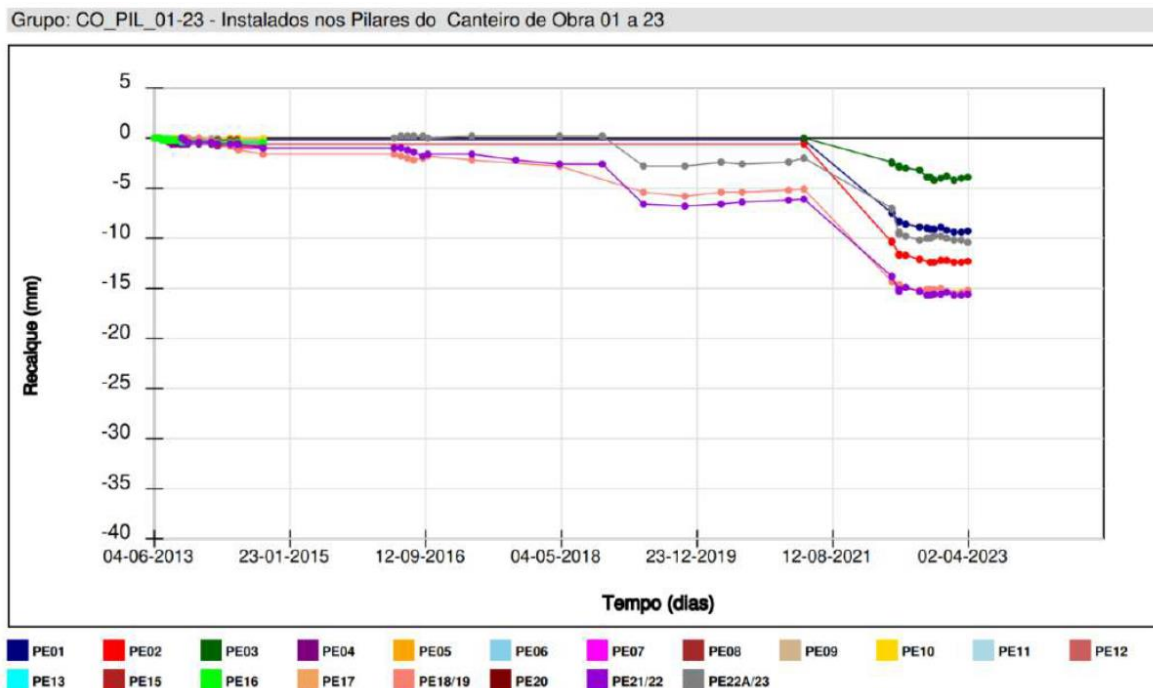
No que tange a análise das documentações, de uma maneira geral, as leituras dos pinos de recalques no MIS mostram um padrão de comportamento semelhantes entre si até a medição de 06/04/2021, com valores máximos inferiores 7 mm, e variações nas leituras maiores a partir de maio de 2016 até maio de 2019. As leituras realizadas a partir de maio de 2019 confirmaram uma tendência de estabilização referentes aos pilares monitorados até abril de 2021. Contudo, a partir de 06/04/2021 ocorreram treze novas medições com variação significativa entre as leituras no período, com acréscimos de recalques de até cerca de 10 mm.

Na comparação entre as leituras de 06/04/2021 e 29/08/2022, houve uma mudança brusca no padrão de comportamento de todos os pinos de recalques, com aumento dos deslocamentos verticais da ordem de 10 mm em praticamente todos os pinos lidos. Ao longo da referida análise, observou-se que os maiores incrementos de recalques foram nos pilares P18/19 e P21/22.

A partir da leitura de 29/09/2022, nota-se uma nova tendência de estabilização das leituras de todos os pinos de recalques. No geral, considera-se que o incremento de recalques entre o período de setembro de 2022 a março de 2023 foi pouco expressivo.

Na **Figura 4** será apresentada uma imagem contida no documento GEO-1398-23-002-RT-00 (pág. 7), na qual indica a evolução dos recalques, em função do tempo, para os pinos de instalados na edificação do MIS.

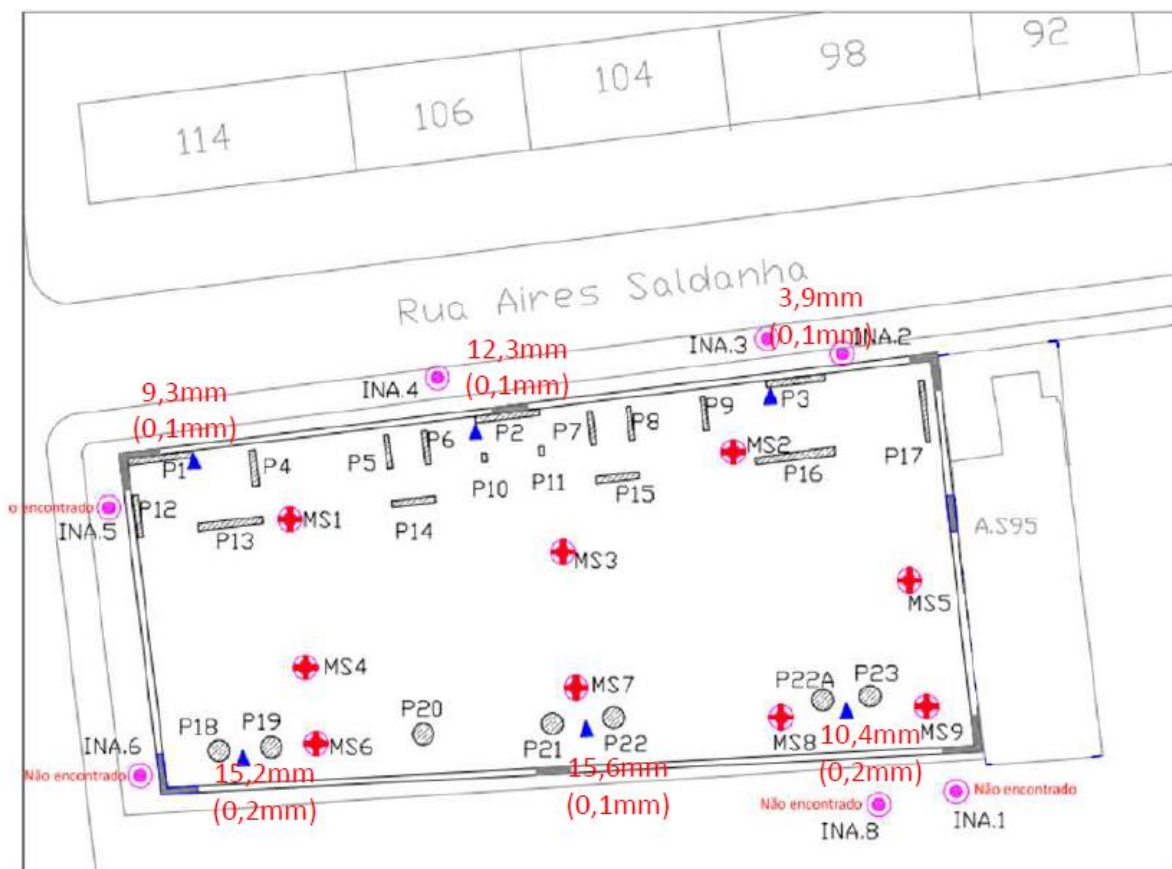
Figura 4: Evolução dos recalques com o tempo, de acordo com a leitura dos pinos (GRUPO: PIL_01-23 - INSTALADOS NOS PILARES DO CANTEIRO DE OBRAS 01 A 23)



Fonte: Documento - GEO-1398-23-002-RT-00 – pág. 7.

Pode-se observar em tal figura, os recalques acumulados dos pilares monitorados da nova sede do Museu da Imagem e do Som. Ressalta-se que, os valores “entre parênteses” correspondem a variação de deslocamentos entre as duas últimas leituras. Na **Figura 5**, disposta abaixo, será apresentado os recalques totais.

Figura 5: Recalques totais e variações entre as últimas duas medidas



Fonte: Documento - GEO-1398-23-002-RT-00 – pág. 8.

Em termos de velocidade de recalque, o respectivo documento de referência reforça que os valores são baixos e máximo para $v = 0,01$ mm/dia. Além disso, para efeito de observação, a variação de recalque em cerca de um ano, com comparações de leituras de 29/04/2022 e 30/03/2023, mostram recalques de 1mm a 2mm, indicando uma estabilização dos recalques no período.

Através da **Figura 5**, observa-se que os recalques totais, ou absolutos, foram da ordem de 15 mm, com valor máximo encontrado de 15,6 mm para o P21/P22. Salienta-se por fim, que além do recalque total de cada ponto da fundação, tem-se o recalque diferencial, ou relativo, entre dois pontos. Considerando os recalques totais dos P21/P22 e o P3, pode-se determinar segundo a **Figura 5** o recalque diferencial de 11,7 mm.

Segundo Teixeira e Godoy (1996) teoricamente, uma estrutura que sofresse recalques uniformes não sofreria danos, mesmo para valores exagerados de recalque total. Na prática, no entanto, a ocorrência de recalque uniforme não acontece, havendo sempre recalques diferenciais decorrentes de algum tipo de excentricidade de cargas, ou heterogeneidade do solo. É sabido que a limitação do recalque total é uma das maneiras de limitar o recalque diferencial.

Para estruturas usuais de concreto ou aço, Burland et al. (1977) consideram aceitáveis como valores limites, em casos rotineiros, as seguintes recomendações de Skempton-MacDonald (1951) para valores de recalques diferenciais ($\delta_{\max}$) e de recalques totais ($\rho_{\max}$) limites:

Areia: $\delta_{\max} = 25 \text{ mm}$

$\rho_{\max} = 40 \text{ a } 65 \text{ mm}$ para radiês.

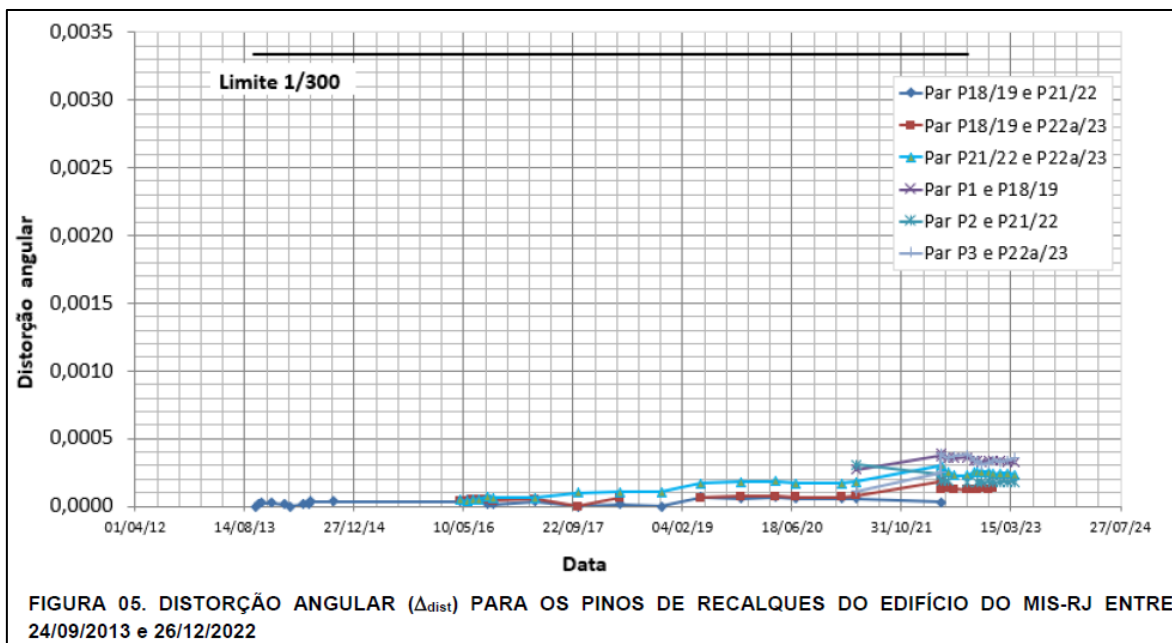
Além disso, Terzaghi e Peck (1967) recomendam valores admissíveis para o recalque diferencial e recalque total para as sapatas em areia de, respectivamente, $\delta_a = 25 \text{ mm}$ e $\rho_a = 25 \text{ mm}$. Neste sentido, é possível observar que os valores de recalques absolutos e diferenciais das fundações do MIS se encontram abaixo dos limites preconizados na literatura.

4.2.3. Quanto à distorção angular

Ao analisar o Documento de referência GEO-1398-23-002-RT-00 - **ANEXO 1A**, observou-se que inicialmente foi apresentada uma breve definição de distorção angular, que também pode ser denominado como recalque diferencial específico. Tal conceito define que a distorção angular, configura-se como a relação entre o recalque diferencial correspondente a dois pontos e a distância entre eles.

Observou-se também que foi apresentado o critério de avaliação de distorção angular perante a danos na estrutura segundo proposta de Bjerrum (1963). Para efeito de avaliação dos pinos de recalques monitorados no MIS foi considerada uma distorção angular limite de 1/300, quando se iniciam as formações das primeiras fissuras em paredes divisórias. A **Figura 6** apresentada a seguir destaca os valores de distorções angulares, fornecidos pelos diferentes pares de pinos de recalques da nova sede do MIS, para o intervalo de leituras entre 24/09/2013 e 30/30/2023, com valores pouco expressivos e bem inferiores ao limite de 1/300.

Figura 6: Distorção angular



Fonte: Documento - GEO-1398-23-002-RT-00 – pág. 10.

4.2.4. Quanto ao parecer técnico de instrumentação

Conforme parecer da GEOINFRA, os deslocamentos fornecidos pelos pinos de recalques possibilitaram o controle dos deslocamentos verticais com eficiência. Os resultados mostraram um bom funcionamento dos instrumentos e confirmam a tendência de comportamento observada nos últimos documentos em termos de distorções angulares máximas, com valores de cerca de 0,0033 ($\approx 1/3110$), para o edifício MIS, entre os pilares P18/19 e P1. Portanto, notou-se que estes valores são inferiores ao valor limite de 1/300, proposto por Bjerrum (1963).

Ainda de acordo com tal parecer, foi destacado que os recalques totais máximos também se mantiveram com valores da ordem de 15 mm, sendo este valor bem inferior (cerca de 60%) aos valores sugeridos por Terzaghi e Peck (1948) de 25 mm de recalque máximo para fundações isoladas em solos predominantemente granulares.

Ademais, de modo a se confirmar o padrão de comportamento satisfatório da edificação, com a tendência de estabilização das leituras recentes de recalques e NA, a GEOINFRA recomendou em seu último relatório (Documento nº GEO-1398-23-001-RT - **ANEXO 1A**, emitido em janeiro de 2023) que fossem realizadas ao menos 3 (três) novas leituras espaçadas de 2 (dois) meses, totalizando um período de monitoramento de 6 (seis) meses (até junho 2023).

Por fim, segundo tal relatório, o mesmo afirmou que do último documento emitido pela GEOINFRA, foram realizadas 3 (três) leituras sequentes mensais. Neste contexto, de modo a se confirmar o entendimento global do comportamento da nova sede do MIS, recomendou que seja ainda feita, o monitoramento das leituras de deslocamentos dos pinos de recalques e marcos superficiais, além de medições do NA, no mês de outubro de 2023 (após 30/09/2023), para que sejam avaliados os deslocamentos após 6 (seis) meses da última leitura disponibilizada (30/03/2023) e cerca de 1 (um) ano após o início da “nova estabilização” das leituras (24/08/2022).

4.2.5. Conclusão acerca da análise documental de Recalque

No tocante aos recalques, ao longo da presente análise, observou-se que os valores de recalques absolutos e diferenciais das fundações da nova sede do MIS se encontram abaixo dos limites preconizados na literatura. Já a respeito da análise das distorções angulares, ficou constatado conforme **Figura 6**, que estas são inferiores ao valor limite de 1/300, proposto por Bjerrum (1963). Deste modo, corrobora-se com as indicações de novas medidas de monitoramento de recalque feitas pela GEOINFRA o padrão da tendência de estabilização das leituras de recalque.

4.3. Fissuras

Para análise das fissuras relatadas e formalizadas foram examinados os documentos relativos ao tema. Para tanto, foi necessário realizar inicialmente ponderações a respeito da dosagem do concreto, para posteriormente apresentar o histórico das fissurações documentadas.

4.3.1. Dosagem do concreto

Para a construção da nova sede do MIS, foi imprescindível obter um rígido controle tecnológico do concreto, diante de determinados fatores intrínsecos a sua construção, a saber: Alto valor de FCK (50MPa) demandado no projeto estrutural e consequentemente alto módulo de elasticidade exigido; alta agressividade ambiental; complexidade das formas; alta densidade de armaduras, que demandou a utilização de concreto autoadensável; e utilização de concreto aparente. Assim, nas documentações que abordam o tema, observou-se que a empresa PhD Engenharia ficou responsável pela consultoria relativa à tecnologia do concreto.

A consultoria técnica da PhD Engenharia teve início antes da execução das obras, através do acompanhamento dos responsáveis pelo contrato, que contrataram como concreteira a empresa Engemix. Nos documentos de referência, como no caso do e-mail “REQUISITOS BÁSICOS DO FORNECEDOR DE CONCRETO (155 MB) - **ANEXO 1A**”, notou-se que neste período foi muito discutida a utilização de aditivos e membranas impermeabilizantes. Conforme demonstrado no respectivo relatório, o Engenheiro Carlos Britez da PhD

Engenharia alertou para a dificuldade de se coordenar a utilização de concreto com aditivos impermeabilizantes apenas nos trechos de fachada, considerando que estes trechos não estariam separados por juntas e seriam concretados concomitantemente com trechos onde este aditivo não estaria sendo utilizado. Tal fato acarretaria em um risco oriundo da ausência de aditivo nos trechos, deixando-os mais suscetíveis às manifestações patológicas relacionadas à exposição a um meio de alta agressividade.

Para a determinação de um traço que atendesse todas as demandas projeto, tanto operacionais e mecânicas, quanto estéticas, foi elaborado um ensaio para se analisar três tipos de fôrmas diferentes. Embora este ensaio tenha sido realizado no laboratório da Engemix em São Paulo, o mesmo não foi realizado como prescrito pela PhD Engenharia. Foi identificado que as fôrmas não foram confeccionadas nas medidas corretas e o desmoldante utilizado não foi o indicado.

Além dos problemas relacionados às fôrmas dos protótipos, também ocorreram inconformidades referentes ao concreto. A quantidade de material disponibilizada pela concreteira não foi suficiente para moldar todos os protótipos, por isso não foram feitas as quantidades indicadas de ensaios. Observou-se ainda que a areia utilizada não tinha a quantidade de finos indicada para concreto autoadensável, gerando a necessidade de utilizar mais cimento e conseqüentemente mais água. Foi apontado pelo Engenheiro Carlos Britez (PhD Engenharia) que tal fato aumentaria a probabilidade do surgimento de fissuras devido à retração. Por fim, chegou-se à um traço candidato indicado pela PhD Engenharia (FRM009-CEC-PE-REL-0002-000 - **ANEXO 1A**).

Assim, foram construídos na unidade do Caju (Rio de Janeiro), pertencente à concreteira Engemix, três protótipos de grandes dimensões para testar os sistemas de fôrma de três empresas diferentes, PERI, DOKA e ULMA. Entretanto, notou-se que os três protótipos apresentaram não-conformidades, destacando-se fissuração e formação superficial de bolhas.

Há de se ressaltar que um dos traços candidatos foi utilizado nas lajes provisórias de travamento da parede diafragma. Nestas lajes foram observadas fissuras paralelas transversais à maior dimensão da laje. A PhD Engenharia constatou que a provável causa das fissuras era uma combinação de calor de hidratação e retração de secagem (FRM009-CEC-PE-REL-0003-001- **ANEXO 1A**).

Por fim, não foi identificado em nenhum documento qual traço (ou traços) foram indicados de forma definitiva pela PhD, uma vez que o documento “FRM009-CEC-PE-REL-0004-000 - **ANEXO 1A**” contém apenas uma carta traço. Seria possível supor que o traço presente em tal documento seria caracterizado como definitivo, contudo, o título do respectivo documento é “traço candidato”. Portanto, de acordo com a análise documental realizada, observou-se que não foi informado oficialmente o traço definitivo utilizado na construção.

4.3.2. Histórico de fissuração

Ao analisar os documentos disponibilizados, relativos à estrutura, observou-se que o relato mais antigo relacionado à ocorrência de fissuras na estrutura de concreto armado, trata-se de um laudo técnico da PhD Engenharia de 2017 (CT-PHD-229-2017 - **ANEXO 1A**). O mesmo consiste nos apontamentos relativos à visita técnica feita pelo Eng. Carlos Britez (PhD Engenharia) em maio do mesmo ano. Consta no referido laudo o registro fotográfico de algumas das fissuras observadas (**Figura 7 e Figura 8**), apontadas como consequência de lixiviação e eflorescência, que surgiram como consequência da percolação de água pela estrutura.

Figura 7: Fissura em fundo de laje



Fonte: Relatório - CT-PhD-229-2017.

Figura 8: Fissuras e eflorescência em fundo de laje



Fonte: Relatório - CT-PhD-229-2017.

De acordo com o respectivo documento, foram descritas formas de tratar as manifestações patológicas. O laudo em questão ainda informa que a paralização da obra e a não conclusão da impermeabilização propiciavam a percolação de água na estrutura e por conseguinte o surgimento de lixiviação, eflorescência e fissuração. Também foi apontado no laudo que a ausência de pontos “amarronzados”, indica que não ocorria oxidação naquele momento. Assim, o referido laudo não apontou risco estrutural, mas categorizou as medidas corretivas apontadas como imediatas e enfatizou a urgência da conclusão da impermeabilização da edificação.

Em 2018 a FRM elaborou relatório fotográfico a respeito das trincas (MIS - TRINCAS REV.01 - **ANEXO 1A**) e enviou à PhD, onde a **Figura 9** e a **Figura 10** são reproduções de imagens pertencentes ao respectivo relatório. Tal fato, motivou uma nova visita do Eng. Carlos Britez (PhD Engenharia) à obra da nova sede do MIS.

Figura 9: Identificação de fissura em viga-parede



Fonte: Relatório - MIS - trincas rev.01.

Figura 10: Identificação de fissuras diagonais em viga-parede



Fonte: Relatório - MIS - trincas rev.01.

A partir da reposta enviada por *e-mail* (2018_06_03_EMAIL PHD - **ANEXO 1C**), declarou-se não haver risco estrutural atribuído ao quadro fissuratório observado. Segundo tal documento, a abertura das fissuras não ultrapassava 0,3mm e não haviam indícios de grandes flechas, deslocamentos, deslocamentos ou esmagamentos. Pela tipologia das fissuras, indicou-se como causa provável a retração hidráulica e a retração por secagem. Ainda de acordo com o referido *e-mail*, foi relatado a realização de uma conversa com o Prof. Paulo Helene (PhD) e Eng^a. Suely Bueno, da JKMF (cálculo estrutural) a respeito das questões observadas na visita.

Em outubro de 2018 a empresa Precisa Engenharia & Diagnóstico elaborou, a pedido do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), um relatório (MIS-RELATÓRIO PRECISA - **ANEXO 1A**) sobre a situação da obra até aquele momento. Tal relatório foi disponibilizado, no entanto o respectivo documento apresenta uma marca d'água escrito “*draft*”, indicando que não se trata do documento definitivo. Observa-se que no referido relatório é apontada de forma sucinta a ocorrência de fissuras na estrutura de concreto.

Em resposta à um questionamento realizado pelo Estado do Rio de Janeiro a respeito do relatório elaborado pela Precisa, a FRM esclareceu, através da Gap.: 013/19 (GAP013-19 EMOP PROTOCOLOS ANDRE E CADU - **ANEXO 1C**), questões relativas à impermeabilização do subsolo e estabilidade da estrutura de concreto. Dentre as pontuações realizadas pela FRM, relatou-se que após a saída da Rio Verde da obra, restava ainda pendente a conclusão dos reparos para a completa estanqueidade do subsolo. Diante deste cenário, a FRM prosseguiu com a execução dos serviços com outras empresas contratadas que finalizaram os serviços. Mencionou-se também que a FRM monitorou constantemente as áreas tratadas das paredes diafragma e da laje subpressão e não foram encontrados novos vazamentos decorrentes de falhas na impermeabilização.

Ainda de acordo com tal documento, a FRM afirmou monitorar constantemente a estabilidade da estrutura do prédio do MIS por meio da medição dos pinos de recalque instalados na estrutura. Pontuou-se também que, preocupada com a ausência de impermeabilização nas escadas externas, a FRM executou a impermeabilização provisória destes elementos, de modo a evitar a percolação da água das chuvas através das lajes e escadas externas. Após o relatório da Precisa, três novos laudos foram elaborados: um novo laudo da PhD; um laudo da JKMF; e a pedido da procuradoria do Estado do Rio de Janeiro, um laudo de uma empresa que não tivesse ligação com a obra do Novo MIS.

O relatório da PhD Engenharia (19.11.18CT-PHD-303-2019 - **ANEXO 1A**) foi baseado na visita realizada pelo Eng. Carlos Britez (PhD Engenharia) em setembro de 2019. Em tal visita foi constatado que o serviço de impermeabilização do pavimento de cobertura havia sido executado, conforme solicitado no relatório de 2017. A **Figura 11** e a **Figura 12** pertencem ao respectivo do relatório, e fazem a comparação de um mesmo trecho entre as visitas de 2017 e 2019.

Figura 11: Identificação de fissuras com abertura de 0,1mm



Fonte: Relatório - 19.11.18CT-PhD-303-2019.

Figura 12: Identificação das fissuras em fundo de laje



Fonte: Relatório - 19.11.18CT-PhD-303-2019.

Ainda de acordo com tal relatório a situação pode ser considerado melhor em 2017, uma vez que não se observa percolação de água nas fissuras, não houve evolução das eflorescências, bem como não se nota sinais de oxidação das armaduras. No que tange às fissuras encontradas especificamente nas paredes de concreto, segundo relatório da PhD Engenharia (19.11.18CT-PHD-303-2019 - **ANEXO 1A**):

“Nos paredes laterais também se notou algumas fissurações verticais provavelmente ocasionadas por retração da época da obra, sendo a maioria da ordem de 0,1mm e nenhuma superior a 0,3mm. Trata-se de uma estrutura de grande porte em concreto aparente recebe forte radiação solar e possui elementos maciços grandes com 20m e 25m de comprimento e 6m de altura e espessura da ordem de 25cm.”

Consta ainda no respectivo documento mencionado, que as fissuras são de conhecimento do projetista estrutural e é atestado que não caracterizam problemas estruturais. Ademais, é apresentado algumas providências para o tratamento das manifestações patológicas e finaliza com as seguintes considerações: as manifestações patológicas ocorreram devido à paralização da obra e a inconclusão das proteções previstas em projeto, notadamente a impermeabilização do pavimento de cobertura; as ações corretivas deveriam ocorrer imediatamente a fim de evitar que o problema se tornasse mais complexo e oneroso; enfatizou que deveriam ser reaplicados hidrofugantes superficiais ou inibidores de corrosão; os tratamentos de manchas deveriam ser testados em protótipos antes de serem utilizados na estrutura.

A Eng. Suely Bueno, Gerente de Projetos da JKMF, realizou uma visita às obras da nova sede do MIS em outubro de 2019. Em e-mail (SB294-19[3] - **ANEXO 1C**) enviado à FRM a respectiva profissional relata que já havia estado anteriormente na obra e emitido parecer comunicando que as manifestações patológicas não tinham relação com o funcionamento estrutural do edifício. No entanto, tal parecer mencionado não foi encontrado na documentação analisada do presente trabalho. Assim como a PhD, a referida gerente de projetos aponta a retração como a provável causa e relata a melhora das condições de proteção da estrutura em relação à visita anterior. Além de informar a necessidade do tratamento das fissuras tendo em vista a durabilidade da estrutura e conclui não haver nenhuma preocupação quanto ao desempenho e estabilidade da estrutura.

Motivado por uma solicitação da procuradoria do Estado do Rio de Janeiro (2019_11_14_EMAIL PARA FISCALIZAÇÃO - **ANEXO 1C**), foi contratado pela FRM um parecer técnico independente, realizado pela ENGETI (ED-ES.RT-1601.19-01-001-03 - **ANEXO 1A**). O mesmo foi elaborado através de visita realizada à obra em setembro de 2019 pelo Eng. Rafael Timmerman. Assim como a PhD Engenharia e a JKMF, conclui-se que as manifestações patológicas não tinham relação com deficiências estruturais, mas que deveriam ser tratadas com vista à durabilidade. Tal parecer enfatiza que:

“Devemos ressaltar que a edificação está em perfeitas condições de segurança estrutural, com sua capacidade portante íntegra e sem qualquer comprometimento de sua estabilidade estrutural”.

Por fim, ressalta-se que os Documentos que contribuíram para a realização da análise do presente item relativo à Fissura, constam no **APÊNDICE A**.

4.3.3. Conclusão acerca da análise documental de Fissuras

Ao avaliar a documentação apresentada pela FRM, foi observado que o padrão de fissuração mais frequente encontrado na estrutura, já estava presente nos ensaios realizados nos protótipos pré-construção e nas lajes provisórias utilizadas como travamento da parede diafragma junto ao prédio vizinho. No entanto, não houve êxito em impedir que estas mesmas manifestações patológicas ocorressem na estrutura.

Observou-se que o padrão de fissuração mais frequente na estrutura é o de fissuras paralelas entre si e ortogonais à maior dimensão do elemento estrutural. Salienta-se ainda que tal padrão ocorre em diversas lajes de fachada. Como apontado pelos relatórios da PhD, JKMF e ENGETI (como demonstrado no item 2.3), a provável causa deste padrão de fissuração é a retração térmica e hidráulica do concreto. Além das fissuras apontadas nos relatórios, foi observado um padrão de fissuração indicativo de deformação excessiva em extremidade de balanço. Ademais, também foram identificados pontos com diversos estágios de oxidação de armadura, e como consequência alguns trechos com deslocamentos de recobrimento.

Por fim, conclui-se que de maneira geral, nos documentos mencionados, afirma-se que as fissuras em questão não comprometem a estabilidade da estrutura do MIS, contudo devem receber tratamento adequado, para maior durabilidade da respectiva construção.

4.4. Infiltrações

A partir da análise da documentação disponibilizada, é possível definir cronologicamente as etapas de comunicação e investigação referente aos problemas de infiltrações nas lajes de teto e subpressão da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS). Salienta-se que toda a documentação analisada consta no **APÊNDICE A** e são mencionados ao longo da referida análise. Em especial, há dois arquivos que compilam as sequências de *e-mails* trocados, entre os envolvidos a respeito do tema em questão que merecem destaque, a saber: Procedimento parede de reforço 1ª parte e Procedimento parede de reforço 2ª parte, ambos relacionados no **ANEXO 1A**. Tais documentos relatam as mensagens trocadas nos períodos de 20/01/2012 a 12/03/12 e 15/03/12 a 22/03/12, respectivamente.

Na análise documental realizada observou-se que a primeira menção a ocorrências de infiltrações se deu através do *e-mail* enviado pelo Eng. Carlos Britez (PhD Engenharia) para o sr. Diógenes Estrela e o sr. Igor Valadares em 20 de janeiro de 2012 - **ANEXO 1C**. No

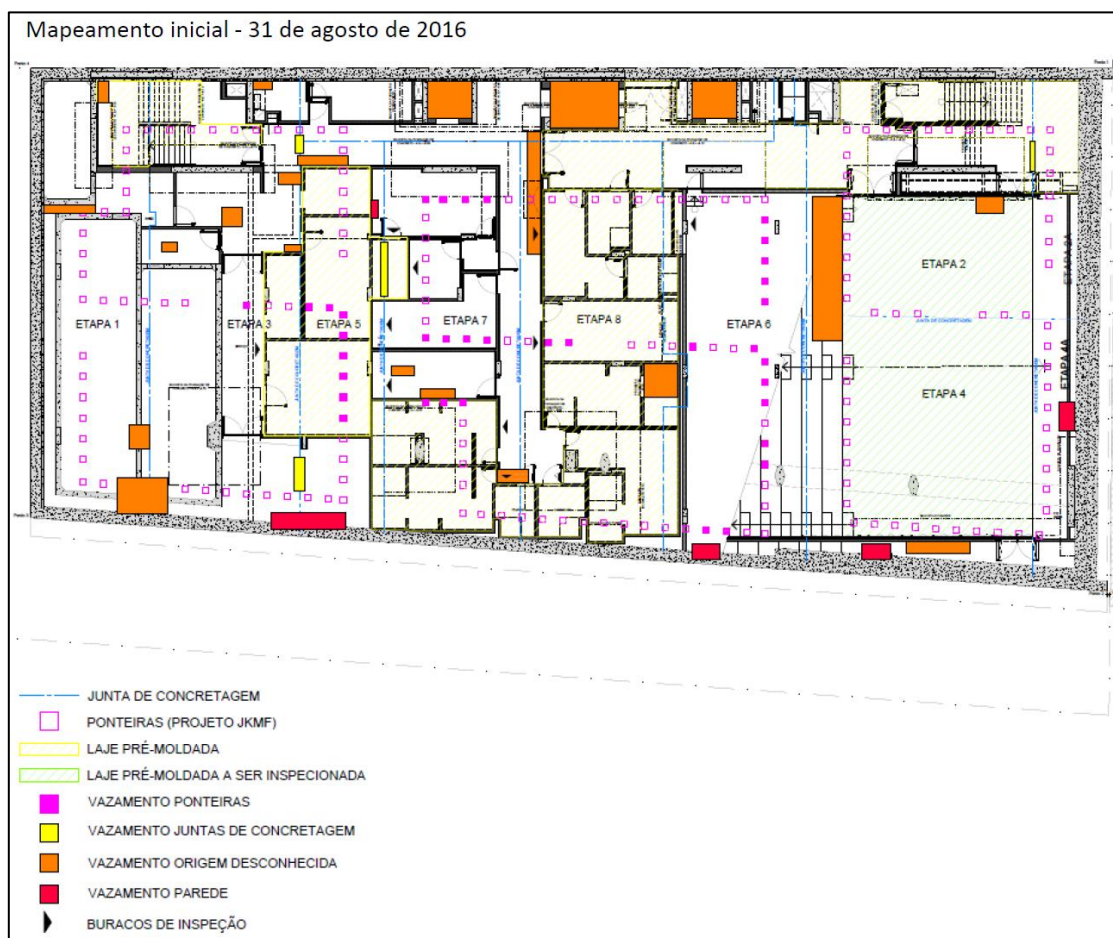
respectivo documento, o profissional em questão, recomenda o tratamento de juntas e lamelas de concretagem das paredes de reforço com espessuras iguais a 50cm (paredes diafragma).

Já no *e-mail* datado de 12 de março de 2012 (**ANEXO 1C**), e também compilado pelo documento Procedimento parede de reforço 1ª parte, foi solicitada orientação por parte da Enga. Suely Bueno ao sr. Carlos Britez (PhD Engenharia) sobre a eventual desforma prematura dos pilares e procedimentos de cura do concreto. Tal medida, teve por intuito evitar fissuração, que tenderia a promover a ocorrência de infiltrações no elemento. Em resposta, foi enfatizada a importância do tema e que nos protótipos não foram observadas fissuras de retração após sete dias de concretagem, além da elevada resistência mecânica à compressão, acima de 40MPa.

Na sequência, os *e-mails* tratam dos procedimentos e discussões sobre os procedimentos de tratamentos propostos para juntas de concretagem e lamelas, além de apresentar detalhamento de projetos, chegando, por fim em 22 de março de 2012, no alinhamento dos procedimentos. Destaca-se que tal alinhamento foi apresentado no documento intitulado como Procedimento parede de reforço 2ª parte.

Posteriormente, a partir da paralização da obra e consequente pendências dos serviços a serem realizados, instaura-se um cenário instável e sensível perante ao risco de surgimento de patologias na estrutura do MIS. Assim, em 2016 foi elaborado pela FRM o documento GAP Relatório da Obra Março 2016 (**ANEXO 1A**), e posteriormente encaminhado para Sra. Doris Rosendal, Secretária de Cultura do Estado do Rio de Janeiro, alertando sobre as condições da obra após o abandono da mesma e impacto das chuvas de 29/02, 12/03 e 16/03/2016. Tal documento, assinado pela Gerente geral de patrimônio e cultura da FRM, contém fotografias e esquemas sobre infiltrações e patologias da edificação realizados em 31 de agosto de 2016 (**Figura 13**).

Figura 13: Mapeamento dos pontos de infiltração e umidade no subsolo



Fonte: Relatório - MIS - Subsolo - Relatório Geral Execução Impermeabilização FRM - Parte 1.

Observa-se ainda que algumas fotografias contidas no referido documento, evidenciam o nível de água no subsolo após as chuvas. Além disso, foi desenvolvido um relatório pela FRM (MIS - Subsolo - Relatório Geral Execução Impermeabilização FRM - Parte 1 - **ANEXO 1A**), no qual refletia a vistoria dos serviços realizados no MIS durante os meses de janeiro a agosto de 2016, referente aos problemas de impermeabilização e os tratamentos indicados pelas empresas Pires Giovanetti e Site Tec. A partir do respectivo documento foi desenvolvido um novo relatório, datado em 30/09/2022, intitulado como MIS_RELATÓRIO IMPERMEABILIZAÇÃO RESPOSTA TCE_2022-0930 - **ANEXO 1A**.

Tal documento, expôs as ações do tratamento do 2º subsolo da obra MIS, apontando que os pontos tratados pelo sistema de injeção permanecem estanques e indicando a vedação imediata do edifício, de forma definitiva ou provisória, a fim de evitar a entrada de águas pluviais na edificação. Contudo, há de se salientar que o referido relatório não está assinado

por profissional, apesar de ter sido elaborado em papel timbrado com logotipos do MIS e da FRM.

Posteriormente, em 20 de dezembro de 2018, a FRM enviou um ofício (Gap101-18 Protocolo - **ANEXO 1C**) para a senhora Juliana Bettini Vicente do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), tecendo comentários sobre o laudo emitido pela empresa Precisa Engenharia e Consultoria a respeito da ocorrência de infiltrações na estrutura. O respectivo documento pontua que as lajes do subsolo estão estanques e que as infiltrações observadas nos pavimentos superiores são em decorrência da falta de impermeabilização das áreas, conforme trecho do respectivo ofício transcrito abaixo:

“Com relação as infiltrações apontadas no documento, esclarecemos que o subsolo se encontra estanque. A impermeabilização do subsolo era escopo da 2ª etapa das obras, sob responsabilidade da FRM e também foi executada pela construtora Rio Verde. Ao ser encerrado o contrato da V Etapa com o Governo, a Rio Verde saiu da obra sem finalizar tais ações pendentes da 2ª etapa. Para a resolução deste problema, a FRM contratou um novo fornecedor que realizou todas as ações necessárias para a contenção dos vazamentos no subsolo. Há fotos no relatório que registram algumas manchas de escoamento nas paredes. Contudo, trata-se do escoamento da resina que foi utilizada para a vedação dos pontos de vazamento e não de infiltração.”

Já no que tange a infiltração nos pavimentos superiores, o documento citado destaca que tal patologia foi consequência da ausência da impermeabilização nas escadas externas por alguns anos. Naturalmente, sem a devida proteção, a água da chuva infiltrou no concreto, gerando a formação de estalactites de carbonato de cálcio. Como solução, provisória a FRM realizou a impermeabilização provisória das lajes e escadas externas. O referido documento pontuou também que na retomada da obra será necessário remover tais elementos e realizar a respectiva impermeabilização definitiva. Por fim, o referido ofício recomenda que o tratamento realizado na 2ª etapa da obra deve ser refeito e a estrutura deve ser analisada sobre eventuais efeitos que sinalizem comprometimento estrutural.

4.4.1. Conclusão acerca da análise documental de Infiltrações

De modo geral, no tocante a infiltração foi possível observar que ainda existem pontos de atenção. Como explicitado anteriormente, foram identificadas discussões de alinhamento de procedimentos de tratamento de juntas e impermeabilizações, onde afirmou-se, posteriormente, que o prédio estava estanque, porém ainda foram observados pontos em que água percola pela estrutura em função de ausência de realização de serviços que estariam previstos para etapas posteriores, além da paralisação temporária da obra. Neste sentido, pontua-se que seja feito, em caráter emergencial e definitivo, a identificação desses pontos de fragilidade na impermeabilização e que sejam realizados reparos, com a finalidade de sanar tais problemas e com isso estagnar a suscetibilidade de percolação e entrada de água na estrutura do MIS.

5. CONCLUSÃO

Diante da análise da documentação referente a fundação da construção da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS) foi possível identificar as medidas adotadas em projeto, os percalços encontrados, as soluções empregadas, além do histórico das ocorrências documentadas. Neste sentido, observou-se que as soluções adotadas em função das adversidades encontradas, se apresentaram em conformidade com as boas técnicas de engenharia.

Ao longo da presente análise, observou-se que os valores de recalques absolutos e diferenciais das fundações do MIS, bem como distorções angulares, se encontram abaixo dos limites preconizados na literatura. Além disso, a partir das novas indicações de medidas de monitoramento de recalque, entende-se que a estrutura apresenta um padrão da tendência de estabilização das leituras pertinentes ao tema.

Já no tocante as fissuras relatadas, conclui-se que de acordo com as documentações, tais patologias não comprometem a estabilidade da estrutura do MIS, contudo devem receber tratamento adequado, para maior durabilidade da respectiva construção. Salienta-se também a necessidade de realização de monitoramento das fissuras, para verificação se estas estão ativas, além de ensaios de profundidade de carbonatação para avaliar se o concreto ainda apresenta condição satisfatória a proteção das armaduras contra oxidação.

Com relação as infiltrações, de acordo com a análise documental realizada, podem-se destacar que ainda existem pontos de atenção. Pontua-se, portanto que seja realizado, em caráter emergencial e definitivo, a identificação de tais pontos de fragilidade na impermeabilização e que sejam efetuados os respectivos reparos.

Portanto, apesar das manifestações patológicas identificadas, considera-se que a estrutura do MIS não apresenta risco estrutural no momento. No entanto, perante a durabilidade da estrutura, entende-se que todas as manifestações patológicas devem receber o tratamento adequado, inclusive para evitar o aumento da complexidade da solução e por conseguinte o seu custo.

Por fim, há de se ressaltar que a próxima etapa do presente volume, prevê o levantamento das manifestações patológicas presentes na estrutura e não relatadas nos documentos de referência. Assim, a partir do volume I, em sua totalidade, espera-se apresentar o respectivo material técnico com catalogação completa das patologias estruturais presentes na construção da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TEIXEIRA, A. H.; GODOY, N. S. “Análise, projeto e execução de fundações rasas”, in: HACHICH, W. et al. (ed) Fundações: teoria e prática. São Paulo: Pini, Cap. 7, p. 227-264, 1996.

BURLAND, J. B.; BROMS, B. B.; MELLO, V. F. B. Behavior of foundations and structures. In: INT. CONF. ON SOIL MECH. AND FOUND. ENGNG., 9., Tóquio. Anais..., Icosomef: Tóquio, 1977. v. 2, p. 495-546.

SKEMPTON, A. W. “The bearing capacity of clays”. Building Research Congress, v.1, p. 180-189, 1951.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. Soil mechanics in engineering practice. New Your: John Wiley and Sons, 1967.

BJERRUM, L. Interaction between structure and soil. In: EUROPEAN CSMFE, 1963, Wiesbaden. Proceedings... p. 135-137.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. Soil mechanics in engineering practice. New Your: John Wiley and Sons, 1948.

APÊNDICE A – RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS RECEBIDOS

APÊNDICE A - RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS RECEBIDOS - Google Drive

APÊNDICE B - MAPA DE PATOLOGIAS

APÊNDICE B - MAPA DE PATOLOGIAS - Google Drive

APÊNDICE C – ORÇAMENTO

APÊNDICE C - ORÇAMENTO - Google Drive

ANEXO 1A - DOCUMENTOS TÉCNICOS

ANEXO 1A - DOCUMENTOS TÉCNICOS - Google Drive

ANEXO 1B - PROJETOS EXECUTIVOS

ANEXO 1B - PROJETOS EXECUTIVOS - Google Drive

ANEXO 1C – CORRESPONDÊNCIA

ANEXO 1C - CORRESPONDÊNCIA - Google Drive



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO



Projeto
InfraCidades



MIS
MUSEU
DA IMAGEM
E DO SOM

Volume I

Parte II

2023

SUMÁRIO

1.	METODOLOGIA DE TRABALHO	1
2.	TRATAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	3
2.1.	Armadura Exposta	3
2.1.1.	Escarificação do concreto	4
2.1.2.	Remoção da oxidação da armadura.....	5
2.1.3.	Aplicação de inibidor de corrosão.....	5
2.1.4.	Recomposição do concreto removido	5
2.2.	Resto de Forma	6
2.3.	Degradação do concreto.....	7
2.3.1.	Remoção completa do trecho degradado	8
2.3.2.	Recomposição do concreto removido	9
2.4.	Deslocamento do concreto	9
2.4.1.	Remoção do deslocamento.....	11
2.4.2.	Recomposição do concreto removido	12
2.5.	Arremate de furo	12
2.5.1.	Preparo da superfície.....	14
2.5.2.	Recomposição do cobrimento	14
2.6.	Fissura (tratamento superficial)	14
2.7.	Fissura (injeção com epoxi)	18
2.7.1.	Abertura da fissura.....	19
2.7.2.	Execução de furos ao longo da fissura	20
2.7.3.	Fixação dos tubos de injeção	20
2.7.4.	Injeção de resina	20
2.7.5.	Arremate dos furos.....	21
3.	MONITORAMENTO.....	21
3.1.	Monitoramento de recalques.....	21
3.2.	Monitoramento de flechas.....	22
3.3.	Monitoramento de fissuras.....	22
4.	ENSAIO	25
4.1.	Profundidade de carbonatação	25
5.	VÍCIO CONSTRUTIVO	25
5.1.	Alvenaria não prevista em projeto	25
6.	CONCLUSÃO	27
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
	APÊNDICE A	
	APÊNDICE B	
	APÊNDICE C	
	ANEXO 2A	
	ANEXO 2B	

ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Armadura exposta no Térreo.....	3
Figura 2: Armadura exposta no 1º Subsolo	4
Figura 3:Exposição do trecho oxidado da armadura	4
Figura 4:Remoção da oxidação da armadura.....	5
Figura 5:Recomposição do concreto removido	6
Figura 6:Trecho de concreto degradado no 3º Pavimento Inferior	7
Figura 7:Trecho de concreto degradado no 3º Pavimento Inferior	8
Figura 8:Remoção do concreto degradado	8
Figura 9:Recomposição do concreto removido	9
Figura 10: Deslocamento no pavimento de Cobertura.....	10
Figura 11:Deslocamento associado à corrosão no Térreo.....	10
Figura 12:Remoção do deslocamento e do trecho de concreto fraturado do entorno	11
Figura 13:Recomposição do concreto removido	12
Figura 14: Furo deixando armaduras sem cobrimento no Entrepiso Técnico (nível +16,00).....	13
Figura 15:Furo a ser fechado no 4º Pavimento	13
Figura 16:Recomposição do cobrimento original.....	14
Figura 17:Fissuras no 4º Pavimento	15
Figura 18:Fissuras em viga do 6º Pavimento.....	15
Figura 19: Fissuras no reservatório do Subsolo.....	18
Figura 20:Fissuras no reservatório do Subsolo.....	19
Figura 21:Abertura em “V”	19
Figura 22:Posionamento dos furos ao longo da fissura	20
Figura 23:Injeção da resina epóxi.....	21
Figura 24:Fissuras paralelas regularmente espaçadas	22
Figura 25:Fissuras indicativa de deformação excessiva	23
Figura 26:Fissura no reservatório do subsolo.....	23
Figura 27:Fissura acompanhada com lâmina de vidro	24
Figura 28:Localização da alvenaria fissurada.....	26
Figura 29:Indicação do tipo de vedação	26

TABELAS

Tabela 1: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de armadura exposta	6
Tabela 2: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de degradação do concreto.....	9
Tabela 3: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de deslocamento do concreto	12
Tabela 4: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de deslocamento do concreto	14
Tabela 5: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de tratamento superficial de fissura	16
Tabela 6: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de injeção de fissuras	21

1. METODOLOGIA DE TRABALHO

Em razão das subseqüentes paralizações e retomadas, ao longo dos anos, que envolvem a execução da obra da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS), bem como toda a complexidade intrínseca à sua construção, a identificação das condições estruturais atuais, torna-se preponderante a continuidade da obra em questão.

Neste sentido, a presente metodologia teve por intuito analisar o estado estrutural da nova sede do Museu da Imagem e do Som (MIS), de modo a permitir a continuidade da execução da respectiva obra, de acordo com os padrões de segurança vigente. Para tanto foi necessário identificar as patologias existentes, bem como indicar as soluções pertinentes. Assim, em um primeiro momento foi realizado um trabalho de campo preliminar para levantamento das manifestações patológicas existentes no MIS. A partir das visitas in loco realizadas no período de 10/05/2023 e 25/05/2023, foi possível traçar as atividades, necessárias ao atendimento da presente análise, desenvolvidas em três etapas, a saber:

- Etapa I: Atividades preliminares

Haja vista que a temática de análise do presente volume, remonte sobre a estrutura do MIS, considerou-se necessário caracterizar a estrutura a ser estudada. Tal atividade foi apresentada no presente Volume I, Parte I e realizada a partir do “01_RELATÓRIO GERENCIAL CONSOLIDADO de julho de 2013 a junho de 2014 – **ANEXO 2A**”, de modo a propiciar a exata compreensão das próximas etapas desenvolvidas.

- Etapa II: Análise da documentação

A respectiva etapa, teve por intuito analisar as patologias reconhecidas e documentadas pela Fundação Roberto Marinho (FRM), apresentadas no presente Volume I, Parte I. Para tal, foi solicitada a FRM todas as documentações pertinentes a tal temática. Em posse dos respectivos documentos, de modo a balizar o entendimento de toda a equipe e propiciar a organização necessária para desenvolvimento do presente trabalho, foi realizada a catalogação de 869 documentos recebidos referentes à estrutura, contenções e fundações, dando origem assim ao **APÊNDICE A**.

A partir dos documentos relacionados foi possível apresentar a linha do tempo referente aos principais marcos que envolvem a estrutura do MIS, e assim permitir a contextualização pertinente ao melhor entendimento das análises em questão. Por fim, de maneira planejada, e conforme a catalogação e categorização apresentada no **APÊNDICE A**, a realização das análises documentais efetuadas foram apresentadas separadamente no tocante a fundação, ao recalque, as fissuras e as infiltrações.

- **Etapa III: Patologias não documentadas**

Após verificação das anomalias estruturais documentadas pela FRM, foi realizada a análise das patologias identificadas nas visitas técnicas e que não constam em nenhum dos documentos disponibilizados, apresentadas no **Volume I, Parte II**.

Neste contexto, o apontamento das manifestações patológicas dos pavimentos foi baseado no mapeamento realizado através das vistorias já realizadas em campo. Tais vistorias foram realizadas com a adoção da inspeção visual não-destrutiva por engenheiros com experiência em avaliações estruturais, com produção de planilhamento de danos e registro fotográfico, utilizando-se o fissurômetro quando necessário. Para as patologias identificadas foram indicados os respectivos tratamentos, além de eventuais indicações de monitoramento e ensaio, descritos a seguir:

1.1. Tratamento das manifestações patológicas

A indicação dos procedimentos de acompanhamento e tratamento dos danos, foi realizada com base na boa técnica, em normas e na literatura técnica especializada. Foi feito um agrupamento por tipos de manifestação patológica e para cada tipo foi indicado o devido tratamento a ser feito. Cada manifestação indicada no mapeamento foi correlacionada a um ou mais tipos de tratamento, conforme cada caso. No fim de cada subitem foi inserida uma tabela indicando em qual Mapa de Patologias (**APÊNDICE B**) aquela manifestação patológica pode ser encontrada, além da quantificação e unidade de medida adotada.

1.2. Indicação dos monitoramentos

A indicação dos monitoramentos foi realizada com o intuito de dar sustentação às análises baseadas em inspeção visual não-destrutiva. A predileção foi pela indicação de ensaios normatizados pela ABNT, normas internacionais e literatura técnica especializada (nesta ordem).

1.3. Indicação do ensaio

Ao longo da referida análise foi realizada a indicação de ensaios, para a avaliação da durabilidade da estrutura, uma vez que tal avaliação não pode ser realizada apenas através de uma inspeção visual não-destrutiva. Para tanto, tais ensaios devem ser realizados de acordo com a norma pertinente.

1.4. Planilha orçamentária

Por fim, as patologias apontadas no presente relatório foram inseridas nas planilhas orçamentárias, disponibilizadas em forma de **APÊNDICE C**.

2. TRATAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

2.1. Armadura Exposta

Existem diversos pontos da estrutura onde as armaduras estão expostas (**Figura 1** e **Figura 2**). Como foi realizada uma inspeção visual não-destrutiva, uma definição conclusiva da causa desta exposição não pode ser obtida. As principais causas possíveis seriam: corrosão da armadura e consequente deslocamento do cobrimento; lascamento do concreto por impacto acidental e; abertura ou furação mal executada do elemento estrutural.

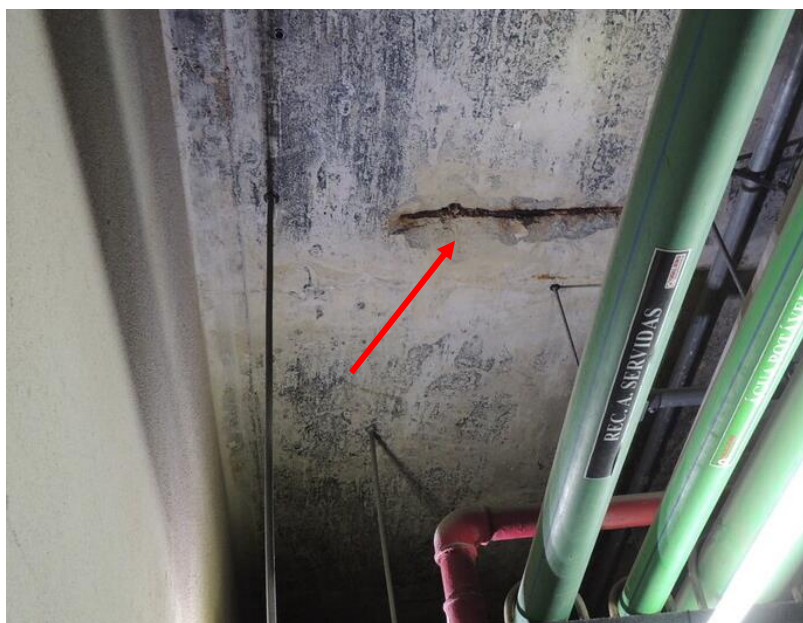
Independentemente da causa, o tratamento indicado é o mesmo, por que em todos os casos a armadura necessita de tratamento e o concreto deve ser removido em toda extensão em que a armadura estiver apresentando corrosão. Importante ressaltar aqui, que este é um procedimento genérico e que deve ser aplicado à trechos pequenos e não deve ser aplicado em pilares.

Figura 1: Armadura exposta no Térreo



Fonte: O autor, 2023.

Figura 2: Armadura exposta no 1º Subsolo



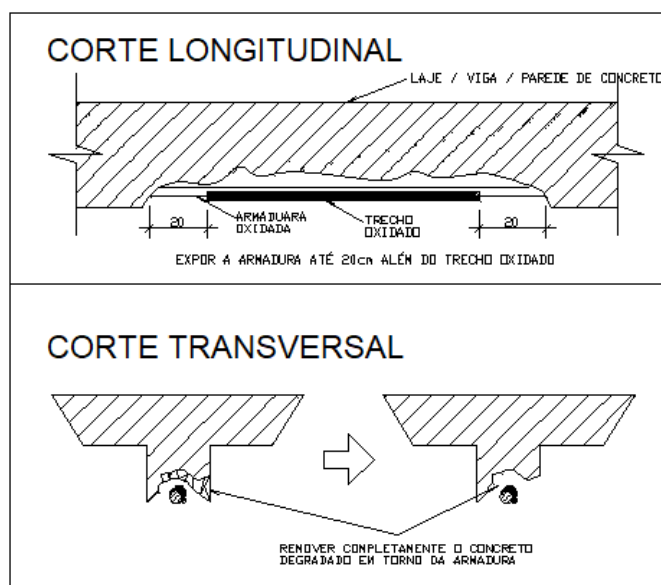
Fonte: O autor, 2023.

A seguir serão descritos os procedimentos padrões necessários para o tratamento da respectiva patologia, de acordo com as boas práticas da engenharia e conforme os aspectos legais e normativos.

2.1.1. Escarificação do concreto

Remover o concreto em torno da armadura exposta até o ponto onde a armadura não apresente oxidação (**Figura 3**).

Figura 3: Exposição do trecho oxidado da armadura



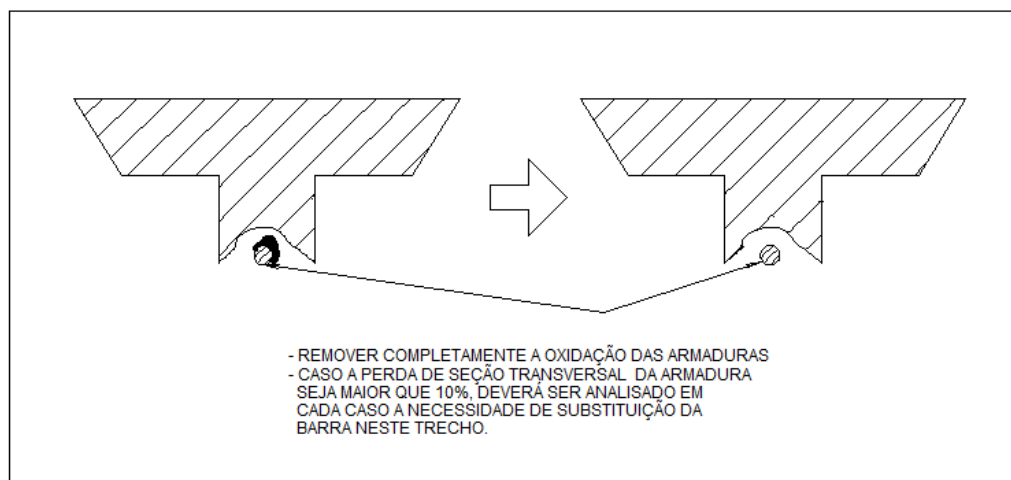
Fonte: O autor, 2023.

A escarificação do concreto deve ser feita de forma manual, utilizando ponteiro, talhadeira e marreta. Deve ser feita de fora para dentro, evitando lascas e arestas. Todo material degradado deve ser retirado, restando uma superfície rugosa e coesa (HELENE, 1988).

2.1.2. Remoção da oxidação da armadura

Remover completamente a oxidação das armaduras em todo trecho exposto (**Figura 4**), bem como remover os produtos de corrosão utilizando lixa-ferro ou escova de aço (HELENE, 1988).

Figura 4: Remoção da oxidação da armadura



Fonte: O Autor, 2023.

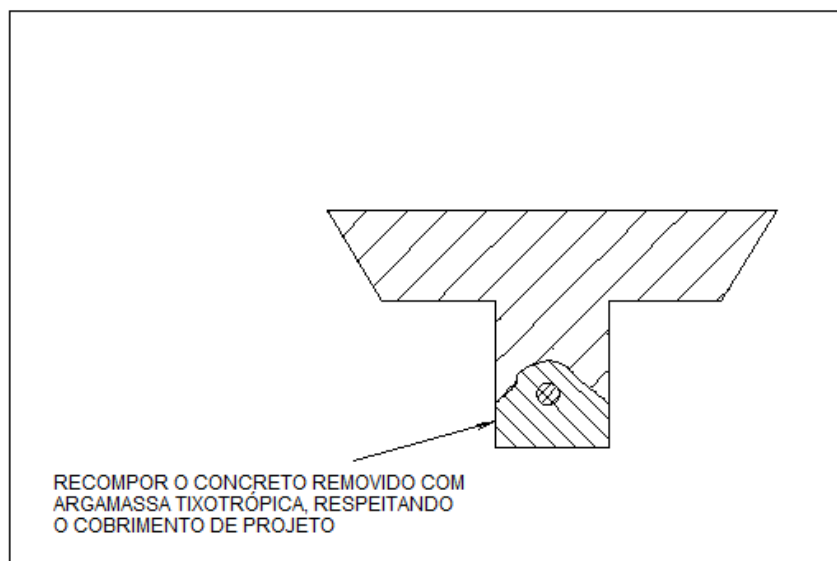
2.1.3. Aplicação de inibidor de corrosão

Aplicar inibidor de corrosão em toda extensão exposta durante o tratamento, seguindo todas as orientações do fabricante.

2.1.4. Recomposição do concreto removido

Recompôr a camada removida de concreto através do uso de argamassa tixotrópica de alta resistência (**Figura 5**), utilizando ponte de aderência. Todas as recomendações do fabricante devem ser seguidas. Em trechos de concreto aparente, a estética ficará comprometida.

Figura 5: Recomposição do concreto removido



Fonte: O autor, 2023.

Tabela 1: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de armadura exposta

Arquivo Cad (APÊNDICE B)	Medida	Unid. Medida
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	0,49	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	0,09	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	0,25	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	0,01	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	0,20	m ²

Fonte: O autor, 2023.

2.2. Resto de Forma

Nas primeiras vistorias, em alguns pontos foram observados restos de forma de madeira aderidos ao concreto, o que pode acarretar o aparecimento de pragas, como cupins, por exemplo. Além disso, a deterioração da madeira aderida ao concreto tende a alterar o pH do concreto, o que pode gerar deterioração e formar uma pilha de corrosão.

No entanto, nas últimas vistorias foi observado que os restos de forma haviam sido removidos. Há de se salientar que a permanência do item em questão no presente relatório, tem por intuito manter um histórico das manifestações patológicas encontradas na estrutura.

2.3. Degradação do concreto

A degradação aqui tratada se refere basicamente à pontos onde ocorreu a desagregação do concreto (“bicheira”) ou fragilização do concreto devido à infiltração, deixando o concreto quebradiço (**Figura 6** e **Figura 7**). O tratamento indicado é o mesmo nos dois casos, o que difere é a necessidade da recomposição da estanqueidade do elemento estrutural no caso da infiltração. No entanto, este problema é tratado no relatório de impermeabilização.

Da mesma forma que o tratamento das armaduras expostas, a solução aqui proposta refere-se a manifestações pontuais. Caso, após o início da intervenção, identifique-se que a extensão do dano estava oculta e, é de grandes dimensões, recomenda-se a realização de uma nova análise estrutural, bem como a utilização de escoramento devidamente dimensionado para continuar o tratamento.

Figura 6: Trecho de concreto degradado no 3º Pavimento Inferior



Fonte: O autor, 2023.

Figura 7: Trecho de concreto degradado no 3º Pavimento Inferior



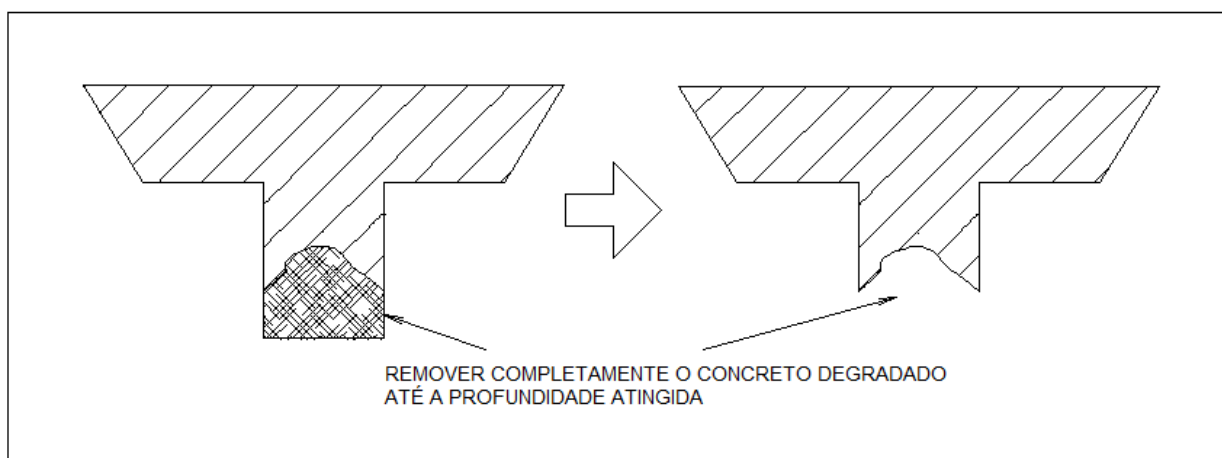
Fonte: O autor, 2023.

A seguir serão descritos os procedimentos padrões necessários para o tratamento da respectiva patologia, de acordo com as boas práticas da engenharia e conforme os aspectos legais e normativos.

2.3.1. Remoção completa do trecho degradado

Utilizando ponteiro, talhadeira e marreta (HELENE, 1988), remover completamente o trecho de concreto degradado (**Figura 8**).

Figura 8: Remoção do concreto degradado

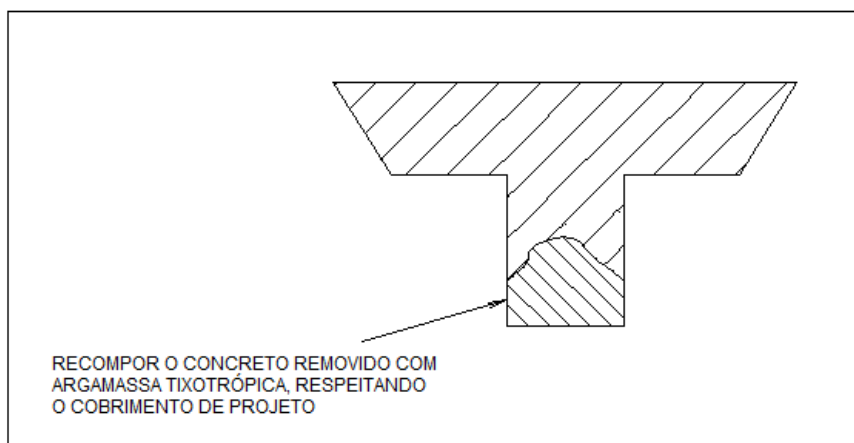


Fonte: O autor, 2023.

2.3.2. Recomposição do concreto removido

Recompor a camada removida de concreto através do uso de argamassa tixotrópica de alta resistência (**Figura 9**), utilizando ponte de aderência. Todas as recomendações do fabricante devem ser seguidas. Em trechos de concreto aparente, a estética ficará comprometida.

Figura 9: Recomposição do concreto removido



Fonte: O autor, 2023.

Tabela 2: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de degradação do concreto

Arquivo Cad (APÊNDICE B)	Medida	Unid. Medida
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-3PI-EST-11	0,80	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-3PI-EST-11	1,20	m ²

Fonte: O autor, 2023.

2.4. Deslocamento do concreto

Foram observados pontos onde pequenas placas de concreto estavam se desprendendo do elemento estrutural, promovendo risco de acidentes. Também foram observados “estufamentos”, que fissuraram o concreto e também promoveram a formação de placas (**Figura 10**). Na maioria dos casos, este fenômeno parece estar associado à oxidação da armadura, que se expande e fissura o concreto, deslocando partes do cobrimento (**Figura 11**). Mas também, existem pontos onde este deslocamento parece ter sido originado por problemas de desforma ou choque acidental. Como a inspeção feita foi visual não-destrutiva, não se pôde concluir com certeza as causas. No entanto, o tratamento padrão adequado para esta manifestação patológica é o mesmo para qualquer das causas citadas.

Figura 10: Deslocamento no pavimento de Cobertura



Fonte: O autor, 2023.

Figura 11: Deslocamento associado à corrosão no Térreo



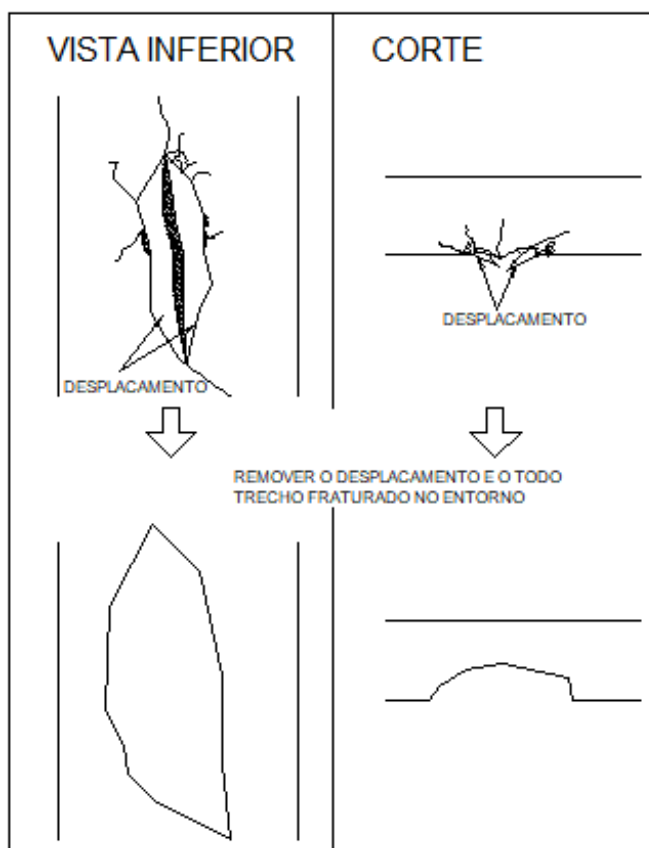
Fonte: O autor, 2023.

A seguir serão descritos os procedimentos padrões necessários para o tratamento da respectiva patologia, de acordo com as boas práticas da engenharia e conforme os aspectos legais e normativos.

2.4.1. Remoção do deslocamento

Devem ser retiradas todas as “placas” de concreto que estiverem se soltando do elemento estrutural, assim como todo o trecho de concreto fraturado junto ao deslocamento (**Figura 12**). Deve restar somente o concreto são. Para este serviço indica-se a utilização de talhadeira, ponteiro e marreta (HELENE, 1988).

Figura 12: Remoção do deslocamento e do trecho de concreto fraturado do entorno

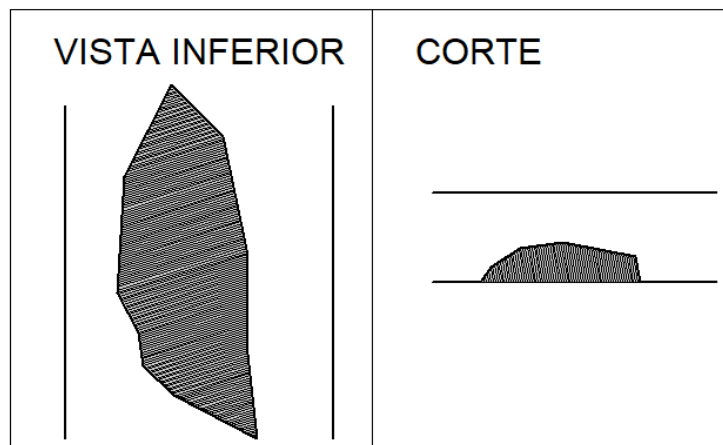


Fonte: O autor, 2023.

2.4.2. Recomposição do concreto removido

Recompor a camada removida de concreto através do uso de argamassa tixotrópica de alta resistência (**Figura 13**), utilizando ponte de aderência. Todas as recomendações do fabricante devem ser seguidas. Em trechos de concreto aparente, a estética ficará comprometida.

Figura 13: Recomposição do concreto removido



Fonte: O autor, 2023.

Tabela 3: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de deslocamento do concreto

Arquivo Cad (APÊNDICE B)	Medida	Unid. Medida
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	0,60	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-COB-EST-18	25,80	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-COB-EST-18	43,00	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-COB-EST-18	24,25	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-FUN-EST-02	0,04	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	16,00	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	40,00	m ²

Fonte: O autor, 2023.

2.5. Arremate de furo

Foram observados na inspeção, furos sem arremate atravessando lajes (**Figura 14** e **Figura 15**). Em muitos destes furos havia armaduras expostas. O arremate destes furos se faz necessário, tendo em vista a durabilidade da estrutura.

Figura 14: Furo deixando armaduras sem cobrimento no Entrepiso Técnico (nível +16,00)



Fonte: O autor, 2023.

Figura 15: Furo a ser fechado no 4º Pavimento



Fonte: O autor, 2023.

A seguir serão descritos os procedimentos padrões necessários para o tratamento da respectiva patologia, de acordo com as boas práticas da engenharia e conforme os aspectos legais e normativos.

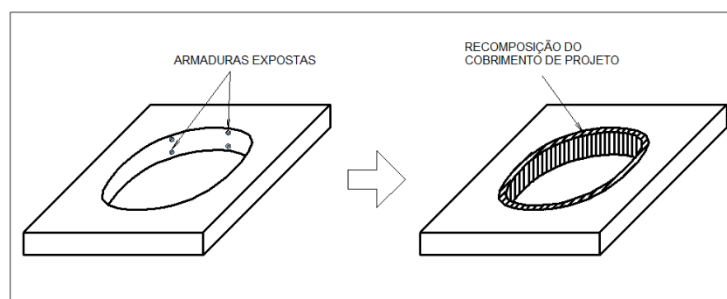
2.5.1. Preparo da superfície

As bordas do furo devem ser limpas através de escovamento manual e saturadas com água (HELENE, 1988).

2.5.2. Recomposição do cobrimento

Utilizando argamassa tixotrópica, deve-se recompor o cobrimento original de projeto nas bordas dos furos (**Figura 16**).

Figura 16: Recomposição do cobrimento original



Fonte: O autor, 2023.

Tabela 4: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de deslocamento do concreto

Arquivo Cad (APÊNDICE B)	Medida	Unid. Medida
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	0,01	m ²
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-E16-EST-10	0,24	m ²

Fonte: O autor, 2023.

2.6. Fissura (tratamento superficial)

A maior parte das fissuras encontradas no MIS são superficiais (**Figura 17** e **Figura 18**) e com abertura inferior à 0,3mm (à época das vistorias). Estas são fissuras que não acarretam uma fragilização imediata da estrutura, mas afetam negativamente a durabilidade da estrutura. Por elas, podem passar substâncias nocivas às armaduras, iniciando um processo de corrosão.

A correção se dá através da colmatação das fissuras, que pode ser obtida através da aplicação de algum tipo de impermeabilizante acrílico. Recomenda-se que este seja flexível para se adaptar as deformações as quais a estrutura está sujeita.

A quantificação realizada no Mapa de Patologias (**APÊNDICE B**) foi realizada por metro linear. Assim, para chegar ao quantitativo em metro quadrado, deve-se multiplicar o comprimento das fissuras por 30cm.

Figura 17: Fissuras no 4º Pavimento



Fonte: O autor, 2023.

Figura 18: Fissuras em viga do 6º Pavimento



Fonte: O autor, 2023.

Tabela 5: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de tratamento superficial de fissura

Arquivo Cad (APÊNDICE B)	Medida	Unid. Medida
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1PI-EST-07	2,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1PI-EST-07	0,90	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1PI-EST-07	4,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1PS-EST-08	2,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1PS-EST-08	4,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1PS-EST-08	5,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	1,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	1,30	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	2,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	0,75	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-1SB-EST-03	0,60	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	0,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	2,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	1,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	12,13	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-2PV-EST-09	33,88	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-3PI-EST-11	0,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-3PS-EST-12	0,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	0,70	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	0,60	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	2,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-4PV-EST-13	0,80	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-5PI-EST-15	0,80	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-5PI-EST-15	2,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-5PI-EST-15	0,60	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-5PS-EST-16	2,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-5PS-EST-16	0,60	m

Arquivo Cad (APÊNDICE B)	Medida	Unid. Medida
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-6PV-EST-17	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-6PV-EST-17	0,80	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-6PV-EST-17	1,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-6PV-EST-17	5,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-6PV-EST-17	0,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-6PV-EST-17	1,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-6PV-EST-17	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-6PV-EST-17	4,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-COB-EST-18	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-COB-EST-18	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-E26-EST-14	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-E26-EST-14	4,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-E26-EST-14	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR16e18	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR16e18	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR16e18	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR16e18	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR16e18	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR20e22	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR20e22	1,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR20e22	0,60	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR20e22	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR20e22	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR20e22	27,68	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR24	9,10	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP1-EST-19-PAR24	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP2-EST-20-PAR25e26	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP2-EST-20-PAR28	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP2-EST-20-PAR28	2,30	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP2-EST-20-PAR28	2,30	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP2-EST-20-PAR28	3,06	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP2-EST-20-PAR31e35	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP2-EST-20-PAR31e35	0,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-EP2-EST-20-PAR31e35	1,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-MEZ-EST-06	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-MEZ-EST-06	4,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-MEZ-EST-06	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-MEZ-EST-06	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-MEZ-EST-06	8,54	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-MTS-EST-04	0,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-MTS-EST-04	1,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-MTS-EST-04	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	1,50	m

Relatório Estrutural - Levantamento das patologias não documentadas do MIS (Parte II)

Volume I – Revisão 0

Este documento contém informações confidenciais, sendo o mesmo de propriedade integral da PUC-RJ. Este documento não pode ser reproduzido nem retransmitido a terceiros por quaisquer meios, nem pode ser utilizado para outros fins, sem a expressa autorização.

Arquivo Cad (APÊNDICE B)	Medida	Unid. Medida
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	4,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	1,50	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	1,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	1,10	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	3,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	5,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	2,00	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-TER-EST-05	4,00	m

Fonte: O autor, 2023.

2.7. Fissura (injeção com epoxi)

Como já dito anteriormente, a maioria das fissuras observadas nas vistorias eram de espessura inferior à 0,3mm, requerendo apenas tratamento superficial. No entanto, nos reservatórios localizados no subsolo, foram observadas fissuras de espessura superior à 0,3mm, justamente em uma estrutura onde a estanqueidade é imprescindível (**Figura 19** e **Figura 20**). Nessa estrutura, mesmo nas fissuras com espessura inferior à 0,3mm devem ser feitas injeções com resina epóxi para garantir a estanqueidade do reservatório.

Os procedimentos descritos aqui são genéricos, demandas específicas devem surgir de acordo com o produto a ser utilizado. Reitera-se que todas as orientações do fabricante devem ser atendidas.

Figura 19: Fissuras no reservatório do Subsolo



Fonte: O autor, 2023.

Figura 20: Fissuras no reservatório do Subsolo



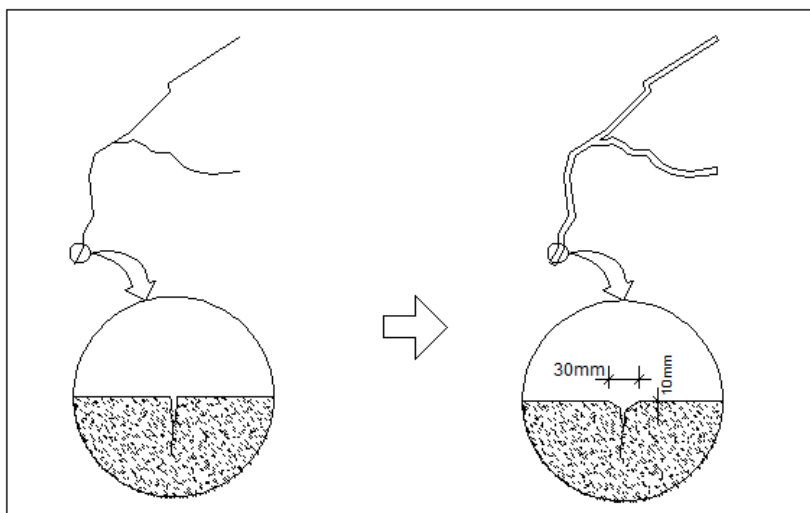
Fonte: O autor, 2023.

A seguir serão descritos os procedimentos padrões necessários para o tratamento das respectivas fissuras, de acordo com as boas práticas da engenharia e conforme os aspectos legais e normativos.

2.7.1. Abertura da fissura

Abrir um sulco em “V” ao longo da fissura com espessura em torno de 30mm e 10mm de profundidade (THOMAZ, 1988), conforme mostrado na **Figura 21**.

Figura 21: Abertura em “V”

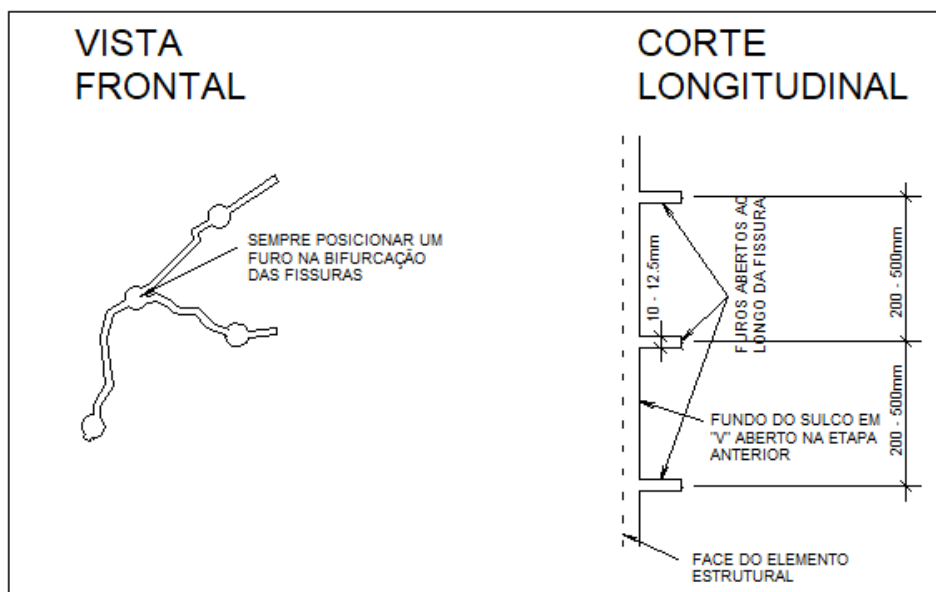


Fonte: O autor, 2023.

2.7.2. Execução de furos ao longo da fissura

Utilizando furadeira, executar furos de 10mm ou 12,5mm de diâmetro com 50mm de profundidade, espaçados entre 200mm e 500mm, ao longo do eixo da fissura (THOMAZ, 1988; GRANATO, 2002). A seguir a **Figura 22** apresenta a posição dos furos de maneira esquemática.

Figura 22: Posicionamento dos furos ao longo da fissura



Fonte: O autor, 2023.

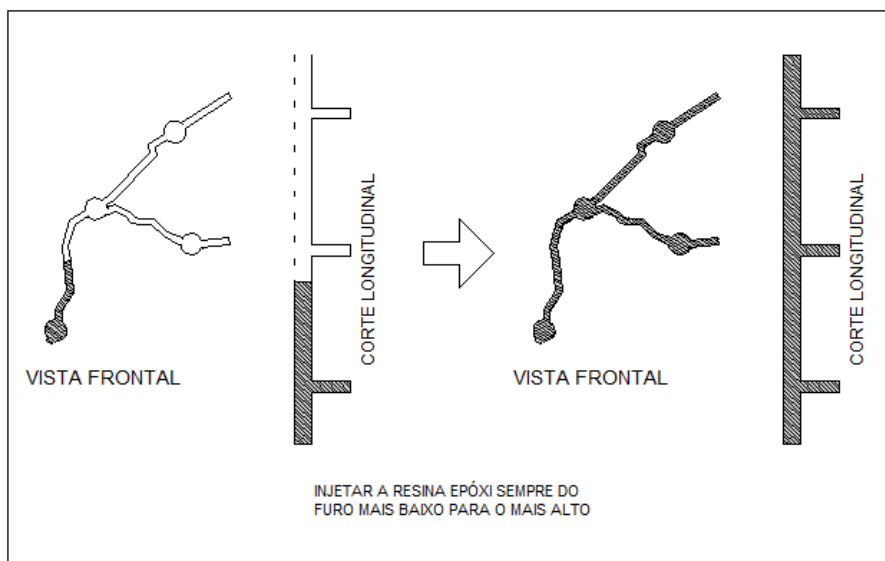
2.7.3. Fixação dos tubos de injeção

Após a limpeza do sulco e dos furos (utilizando jato de ar), devem ser fixados os tubos de injeção. A interconexão entre os furos deve ser testada através da utilização de jato de ar, com auxílio do compressor (THOMAZ, 1988).

2.7.4. Injeção de resina

A injeção dos tubos deve se iniciar pelo furo mais inferior e seguir de forma ascendente. Injeta-se por um furo até que a resina extravase pelo furo seguinte, daí então a injeção deve ser continuada a partir deste furo até que o próximo extravase (THOMAZ, 1988). Este procedimento deve ser seguido até que a fissura esteja completamente preenchida (**Figura 26**).

Figura 23: Injeção da resina epóxi



Fonte: O autor, 2023.

2.7.5. Arremate dos furos

Após 48 horas da conclusão da etapa de injeção (THOMAZ, 1988), os tubos de injeção devem ser removidos e os furos devem ser arrematados.

Tabela 6: Quantitativos e arquivo de localização dos casos de injeção de fissuras

Arquivo Cad (APÊNDICE B)	Medida	Unid. Medida
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-FUN-EST-02	2,65	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-FUN-EST-02	0,40	m
IC-ENG-MIS-MDN-XXX-FUN-EST-02	2,00	m

Fonte: O autor, 2023.

3. MONITORAMENTO

3.1. Monitoramento de recalques

A **Parte I** do presente volume apresenta uma descrição detalhada do monitoramento de recalques que foi executado ao longo de 11 anos na estrutura do MIS. Neste documento foi corroborada uma indicação constante no relatório “GEO-1398-23-001-RT-00 – **ANEXO 2A**”, de autoria da empresa GEOINFRA, de continuidade do monitoramento de recalque em pelo menos mais 3 (três) leituras, espaçadas de 2 meses.

A continuidade deste monitoramento deve ser realizada por empresa com experiência comprovada neste tipo de serviço. Os trabalhos devem ser realizados por mão de obra

capacitada, acompanhada por profissional habilitado, seguindo as normas da ABNT concernentes ao assunto ou normas internacionais na falta destas.

3.2. Monitoramento de flechas

A estrutura do prédio do MIS apresenta uma grande complexidade geométrica, o que se reflete no comportamento estrutural da edificação. Portanto, é importante que as deformações apresentadas sejam quantificadas, para serem confrontadas com os limites estabelecidos em norma. Deformações excessivas podem indicar um mau funcionamento da estrutura, e a necessidade de algum tipo de intervenção para que isto seja corrigido.

Indica-se a medição das flechas das vigas e lajes como forma de quantificar as deformações ocorridas. Esta medição deve ser realizada por empresa com experiência comprovada neste tipo de serviço. Os trabalhos devem ser realizados por mão de obra capacitada, acompanhada por profissional habilitado, seguindo as normas da ABNT concernentes ao assunto ou normas internacionais na falta destas.

3.3. Monitoramento de fissuras

Diversas fissuras foram encontradas na estrutura do MIS. De uma forma geral, as fissuras são superficiais e com abertura abaixo de 0,3mm. A maior parte delas apresentando padrões condizentes com fissuras decorrentes do fenômeno de retração do concreto (Figura 24). Estas fissuras não configuram redução significativa da capacidade resistente, mas, se não forem tratadas, diminuem a durabilidade da estrutura.

Figura 24: Fissuras paralelas regularmente espaçadas



Fonte: O autor, 2023.

Outro tipo de fissura muito recorrente no MIS é a apresentada na **Figura 25**, cujo padrão indica uma deformação excessiva do elemento estrutural. Estas fissuras são encontradas principalmente das vigas-parede junto às extremidades das lajes em balanço da Fachada Leste. A localização destas fissuras, junto com o formato característico, corrobora para hipótese de deformação excessiva como causa das fissuras. Outro local onde este tipo de fissura foi encontrado foi o reservatório de água localizado no subsolo (**Figura 26**).

Figura 25: Fissuras indicativa de deformação excessiva



Fonte: O autor, 2023.

Figura 26: Fissura no reservatório do subsolo



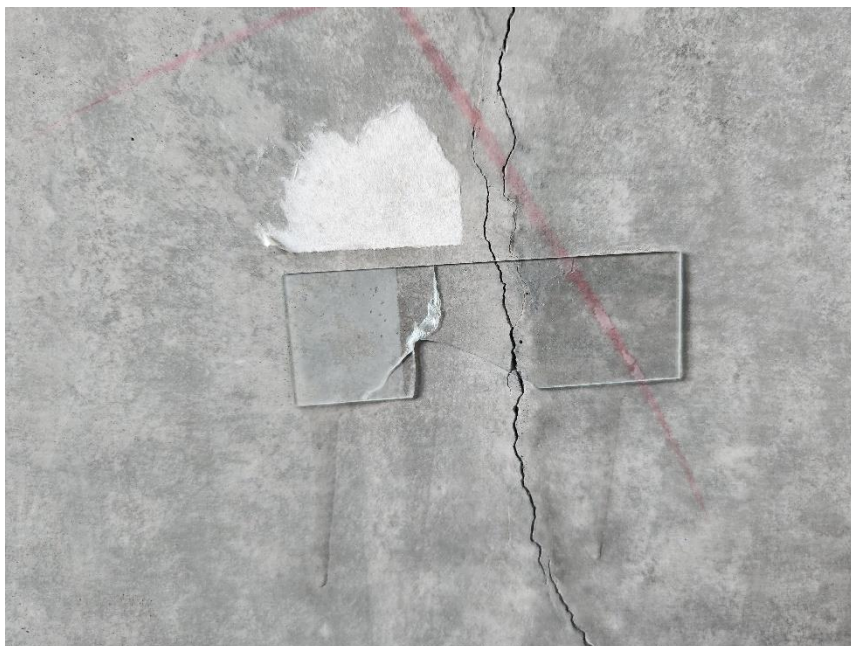
Fonte: O Autor, 2023.

Algumas destas fissuras apresentavam indicações de acompanhamento, como marcações com lápis e lâminas de vidro (**Figura 27**). No entanto, não foram encontrados relatos de acompanhamento do desenvolvimento destas fissuras em nenhum relatório analisado.

Indica-se que seja feito o acompanhamento deste tipo de fissura em todos os pavimentos, sendo monitoradas pelo menos uma fissura em cada viga-parede, tanto junto à Fachada Sul quanto junto à Fachada Norte. Pelo menos duas fissuras devem ser monitoradas no reservatório do subsolo.

As leituras devem ser feitas quinzenalmente, até a conclusão da obra. Recomenda-se que sejam utilizados extensômetros. Os trabalhos devem ser realizados por mão de obra capacitada, acompanhada por profissional habilitado, seguindo as normas da ABNT concernentes ao assunto ou normas internacionais na falta destas.

Figura 27: Fissura acompanhada com lâmina de vidro



Fonte: O autor, 2023.

4. ENSAIO

4.1. Profundidade de carbonatação

Além da proteção mecânica, o concreto também promove uma proteção química às armaduras. O elevado pH do concreto “saudável”, em torno de 12, portanto altamente alcalino, forma uma camada passivadora em torno delas, inibindo a formação de uma pilha de corrosão.

Com o passar do tempo, o CO₂ presente na atmosfera penetra nos poros do concreto e reage com componentes da pasta de cimento hidratada, resultando em água e ácido carbônico. Esta reação reduz o pH do concreto.

A redução do pH se dá de forma gradativa, da superfície da peça até as armaduras. Quando a frente de carbonatação atinge a armadura, põe fim à camada passivadora. Este fenômeno é conhecido como despassivação da armadura e promove formação de uma pilha de corrosão. A presença de água nos poros do concreto é necessária para que isto aconteça, por isso ambientes mais úmidos ou em presença de infiltração são mais suscetíveis a esta manifestação patológica.

A estrutura do MIS apresenta algumas condições que reforçam a preocupação com a ação da carbonatação na estrutura: alta concentração de CO₂; umidade alta do ambiente; infiltrações que ocorreram devido a falta de impermeabilização.

Indica-se que sejam feitos ensaios de profundidade de carbonatação em todos os pavimentos do MIS, pelo menos 10 por pavimento. Recomenda-se que seja utilizado o ensaio prescrito pela DIN EN 14630:2006.

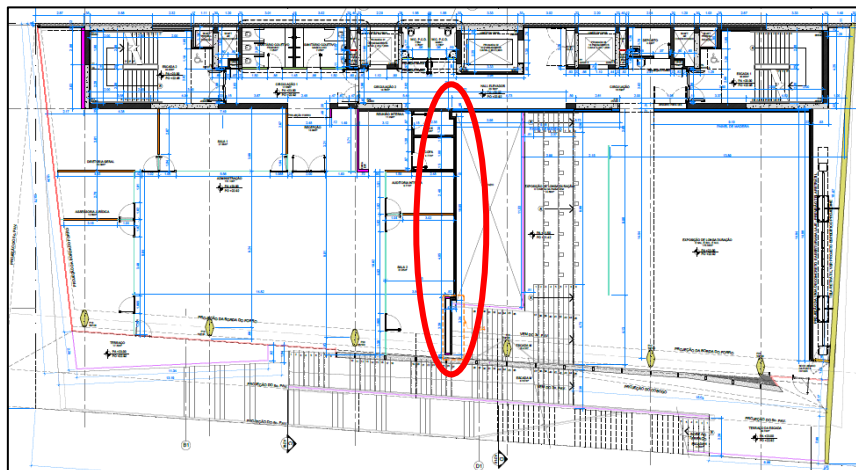
5. VÍCIO CONSTRUTIVO

5.1. Alvenaria não prevista em projeto

Uma das alvenarias do 4º pavimento (**Figura 28**), apresentou um quadro significativo de fissuração, apresentando inclusive descolamento da laje do pavimento superior, evidenciando um quadro de provável esforço excessivo na extremidade do balanço, provocando uma flexão não prevista. Em 16/08/2023, durante a vistoria técnica da obra, a Eng.^a Suely Bueno, responsável pelo projeto estrutural do MIS, relatou que naquele trecho não foi considerada a carga de alvenaria no cálculo estrutural, com as dimensões da existente e indicou como solução do problema a remoção da alvenaria atual e a consequente substituição por um fechamento em *dry-wall*. Ainda no mesmo dia, foi realizada uma reunião

com os representantes da JKMF, SEIC, FRM, PUC e o escritório Índio da Costa onde a questão acima mencionada, foi novamente pontuada (ANEXO 2B).

Figura 28: Localização da alvenaria fissurada



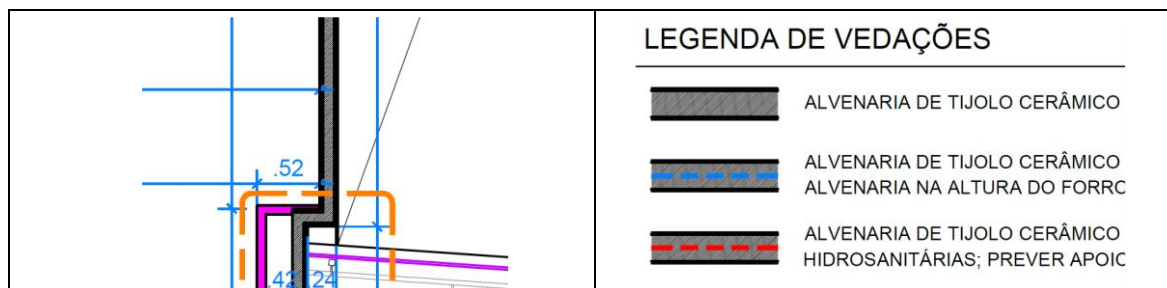
Fonte: Adaptado de “PE_ARQPV_004_R14”

A alvenaria utilizada foi de bloco de concreto de 19cm com 2cm de emboço por face, o que acarreta em um carregamento de 340kgf/m², segundo a ABNT NBR6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Já uma divisória de *dry-wall* gera uma carga de 50kgf/m², segundo a mesma norma.

No projeto de arquitetura referente a este pavimento (PE_ARQPV_004_R14 – ANEXO 2A), existe a indicação de parede em alvenaria de tijolo cerâmico com 15cm de espessura acabada (Figura 29). A última revisão deste projeto se refere à uma redução da espessura desta parede devido à deformação da laje.

Nos documentos analisados não foi encontrada nenhuma menção a este problema. Também não foram disponibilizados os projetos em suas revisões anteriores, por isso não pôde ser checado se esta parede foi considerada como *dry-wall* em algum momento. Na tabela de revisões do projeto analisado, também não foi encontrada nenhuma informação neste sentido.

Figura 29: Indicação do tipo de vedação



Fonte: Adaptado de “PE_ARQPV_004_R14”.

6. CONCLUSÃO

Ao longo do presente relatório foram indicados os tratamentos para cada tipo de manifestação patológica catalogada na estrutura do MIS. Cada tipo de dano foi identificado e documentado nos Mapas de Patologias (**APÊNDICE B**) e indicados nas planilhas orçamentárias (**APÊNDICE C**,). Há de ressaltar que tal abordagem teve por intuito proporcionar uma visão abrangente e uma individualizada de cada problema que pode afetar a estrutura.

Ademais, para cada manifestação patológica, foi estabelecida uma correlação direta com o tratamento adequado. Isso significa que, ao consultar os Mapas de Patologias, pode-se identificar não apenas o problema em questão, mas também as medidas que devem ser tomadas para corrigi-lo de maneira eficaz.

Além dos tratamentos, a presente parte também aborda os monitoramentos necessários para acompanhar o comportamento dos recalques, deslocamentos (flechas) e o desenvolvimento das fissuras ao longo do tempo. Esse acompanhamento é necessário para acompanhar a evolução destas manifestações patológicas, além de identificar alterações na estrutura que possam requerer intervenção ou reparo adicional.

Outro aspecto importante abordado no respectivo documento é o ensaio de profundidade de carbonatação, com o objetivo de avaliar o pH do concreto. O pH do concreto está diretamente relacionado à sua resistência à corrosão, e entender seu estado é fundamental para determinar quais medidas de proteção ou reparo podem ser necessárias para preservá-la ao longo do tempo.

Em resumo, o presente documento oferece uma abordagem abrangente relativas aos danos diagnosticados na estrutura do MIS, bem como os procedimentos necessários para tratamento e acompanhamento dos mesmos, tendo em vista a segurança e a eficiência da estrutura ao longo de sua vida útil.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HELENE, Paulo R. L. Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1988.

THOMAZ, Ercio. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 1988

GRANATO, José Eduardo. Patologia das construções. 2002.

DIN EN 14630:2006 - Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Test methods - Determination of carbonation depth in hardened concrete by the phenolphthalein method.

ABNT NBR6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.

APÊNDICE A – RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS RECEBIDOS

APÊNDICE A - RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS RECEBIDOS - Google Drive

APÊNDICE B - MAPA DE PATOLOGIAS

APÊNDICE B - MAPA DE PATOLOGIAS - Google Drive

APÊNDICE C – ORÇAMENTO

APÊNDICE C - ORÇAMENTO - Google Drive

ANEXO 2A - DOCUMENTOS TÉCNICOS

[ANEXO 2A - DOCUMENTOS TÉCNICOS - Google Drive](#)

ANEXO 2B - PROJETOS EXECUTIVOS

ANEXO 2B - PROJETOS EXECUTIVOS - Google Drive

ANEXO 2C – CORRESPONDÊNCIA

ANEXO 2C - CORRESPONDÊNCIA - Google Drive