Prefeitura de Porto Alegre	**RELATÓRIO TÉCNICO**	Código **RT-332-003-001**	Rev. **D**
		Emissão 12/09/2022	Folha 1 de 121

Emitente	Contrato nº. 21.0.000016678-0	
	Emitente ECR Engenharia Ltda.	
Projeto **Inspeção Especial de Obra de Arte Especial**	Resp. Técnico Fabio Giannini CREA: 5060356495	Data 12/09/2022
Objeto **Relatório I - Patologia** **Ponte – Ipiranga x Santana**	Resp.	
	Coord. Técnico	Data

Documentos de Referência

- ABNT NBR 9452:2019 – Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;

Documentos Resultantes

- RT-332-003-002 – Relatório II – Terapia e Projeto de Reparos;
- DE-332-003-001 – Cadastramento Geométrico.

Assinatura do responsável técnico:

FABIO GIANNINI:09314639800

Assinado de forma digital por FABIO GIANNINI:09314639800
Dados: 2023.01.19 14:41:53 -03'00'

Rev.	Resp. Téc./ Emitente	Aprovação	Rev	Resp. Téc./ Emitente	Aprovação
A	Fabio Giannini/ ECR				
B	Fabio Giannini/ ECR				
C	Fabio Giannini/ ECR				
D	Fabio Giannini/ ECR				

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 4
2. LOCALIZAÇÃO 5
3. EQUIPE TÉCNICA 6
4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 6
5. DESCRIÇÃO DA OBRA 7
5.1 Descritivo da Obra de Arte Especial 7
5.2 Croqui de nomenclaturas utilizadas 9
5.3 Tabelas com os principais dados da estrutura 10
5.4 Características físicas das faixas de tráfego sob e sobre a OAE 12
5.5 Condições ambientais e micro ambientais 12
5.6 Cadastro Geométrico 13
5.7 Diferenças entre o Cadastro e o Projeto Original 13
5.8 Histórico da Obra 13
6. INSPEÇÃO 14
6.1 Locais Inspecionados 14
6.2 Equipamentos Utilizados 14
6.3 Inspeção Visual e Levantamento de Anomalias 14
6.4 Tabela de Quantidades das Anomalias Constatadas 19
6.5 Tabela de anomalias 20
6.6 Tabela de localização das fissuras 25
7. ENSAIOS 28
7.1 Introdução 28
7.2 Croquis de Locação dos Ensaios 29
7.3 Determinação de Profundidade de Carbonatação 32
7.4 Detecção magnética – Pacometria 38
7.5 Avaliação da Homogeneidade do Concreto – Ultrassom 43
7.6 Dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão 45
7.7 Extração de testemunhos de concreto 49
7.8 Resistência à compressão de testemunhos extraídos de concreto 56
7.9 Resistividade do concreto 57
7.10 Potencial de corrosão 60
ANEXO A – REGISTRO FOTOGRÁFICO 62
ANEXO B – CROQUIS DE ANOMALIA 88

ANEXO C – CADASTRAMENTO GEOMÉTRICO 103

ANEXO D – RESULTADOS DE ENSAIOS LABORATORIAIS 106

1. INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta o **Relatório I – Patologia** da **Ponte – Ipiranga x Santana** no bairro Menino de Deus, município de Porto Alegre – RS, em atendimento ao processo SEI 21.0.000016678-0**.**

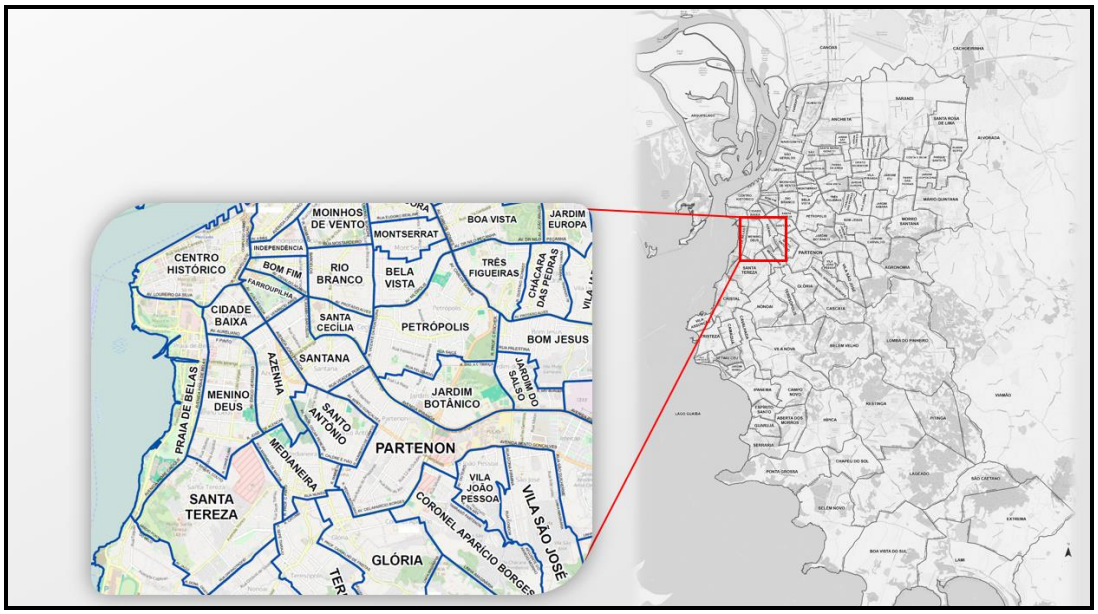
O contrato mencionado abrange a inspeção especial **(Relatório I - Patologia)** e definição dos trabalhos de restauração necessários **(Relatório II – Terapia)** para fornecer condições ideais de capacidade portante, funcionalidade e durabilidade da estrutura da OAE.

As Obras de Arte Especiais (OAEs) tem a função de organizar e dar fluidez ao trânsito nas grandes cidades e são estruturas que necessitam ser submetidas a vistorias periódicas. A inspeção especial realizada na obra em questão é imprescindível para assegurar as condições de utilização e são avaliadas nos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.

Tais avaliações estão prescritas na norma ABNT NBR 9452:2019 – Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto - Procedimento, que apresenta um conjunto de diretrizes e especificações para a realização das atividades de inspeção.

2. LOCALIZAÇÃO

A **Ponte – Ipiranga x Santana** está situada na interligação da Avenida Ipiranga com a Rua Santana, no bairro Santana, no município de Porto Alegre – RS, conforme ilustrado nos mapas a seguir:



Mapa de localização da **Ponte – Ipiranga x Santana** na cidade de Porto Alegre - RS



Imagem aérea de localização da **Ponte – Ipiranga x Santana**, na cidade de Porto Alegre - RS.
Fonte: Google Earth.

3. EQUIPE TÉCNICA

Para realização do escopo de trabalho, exclusivo desta OAE, nossa equipe será composta pelos seguintes profissionais:

- Roberto Soares de Novaes Filho – Engenheiro Civil;
- Fabio Giannini – Engenheiro Civil;
- Pedro Henrique Tamburi da Silva – Engenheiro Civil.

4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Não foram disponibilizados os projetos originais, relatórios de inspeções anteriores, ou quaisquer outros documentos que pudessem subsidiar a inspeção e análises realizadas nestes relatórios.

Para tanto, nos apoiamos nas normas técnicas vigentes, conforme apresentamos a seguir:

• Normas técnicas ABNT

- NBR 9452:2019 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento;

- NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;

- NBR 7680:2015 – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto – Parte 1: Resistência à Compressão Axial;

- NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;

- ABNT NBR 7584:2012 Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio;

- ABNT NBR 7117-1:2020 Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos Parte 1: Medição da resistividade e modelagem geoelétrica;

- NBR 8802:2019 “Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica”;

• Normas internacionais

- NORMA INTERNACIONAL - BS 1881 204:1988 e ACI 228.R2-21:2004;

- ASTM C876-09 Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.

5. DESCRIÇÃO DA OBRA

5.1 Descritivo da Obra de Arte Especial

A **Ponte – Ipiranga x Santana** está situada na interligação da Avenida Ipiranga com a Rua Santana, no bairro Santana, no município de Porto Alegre – RS.

Trata-se de uma obra de arte especial com características de trem tipo TB-24, com alinhamento retilíneo e normal ao obstáculo. Transversalmente ela apresenta largura total de 32,30m, compreendida por 05 (cinco) faixas de rolamento, sendo 03 (três) faixas no sentido Norte e 02 (duas) no sentido Sul, além de faixas zebradas em ambas as extremidades do pavimento, totalizando 23,30m de largura útil, além de passeios e guarda-corpos tipo granito e concreto armado em ambas as laterais da OAE, em toda a sua extensão.

A Ponte possui extensão total de 31,60m composta por 01 (um) vão isostático e 02 (dois) balanços longitudinais. Seu arranjo estrutural é do tipo grelha composto por 03 (três) vigas longarinas de enrijecimento e 04 (quatro) vigas longarinas de altura variável, totalizando 07 (sete) vigas longarinas existentes na OAE, sendo todas em concreto armado. Tais longarinas estão contraventadas por 04 (quatro) vigas transversinas. Do lado Leste da obra, há a existência de fechamento lateral e borda da laje no lado Oeste, além de lajes e lajes em balanço em concreto armado.

Não foi possível a visualização e inspeção dos aparelhos de apoio por estarem encobertos pelos taludes em concreto existentes em ambos os encontros, o que impossibilita sua caracterização. Porém, a OAE não apresenta indícios de mal funcionamento de tais aparelhos.

Não foi possível a visualização e caracterização das regiões da mesoestrutura por estarem encobertas pelos muros de contenção existentes nos encontros.

A infraestrutura apresenta-se aterrada não sendo possível a sua caracterização e inspeção.

Os encontros são constituídos por aterro compactado (terrapleno) apoiados nas estruturas de encontro (cortinas e muros de ala). Não foi possível a visualização dos muros de ala por estarem encobertos pelas paredes de fechamento em pedra argamassada existentes nas laterais da OAE.

Os taludes sob a projeção da OAE são revestidos por concreto em ambos os encontros.

O pavimento sobre a obra é do tipo flexível, apresentando sinalização horizontal composta por pintura de faixas e tachas refletivas monodirecionais. Os passeios de concreto em ambas as laterais da OAE possuem revestimento em ladrilho hidráulico, em toda a sua extensão.

Os guarda-corpos existentes são constituídos por concreto armado e por pedras tipo granito, além da existência de blocos em alvenaria revestidos por argamassa em suas extremidades.

A OAE apresenta 02 (duas) juntas de encontro posicionadas em ambas as extremidades do tabuleiro. Há a existência de juntas longitudinais na região de alargamento da obra.

A drenagem da pista é realizada pela própria inclinação da OAE, que direciona as águas da chuva para as bocas de lobo existentes em ambos os encontros.

A iluminação é realizada por postes posicionados nos acessos da obra.

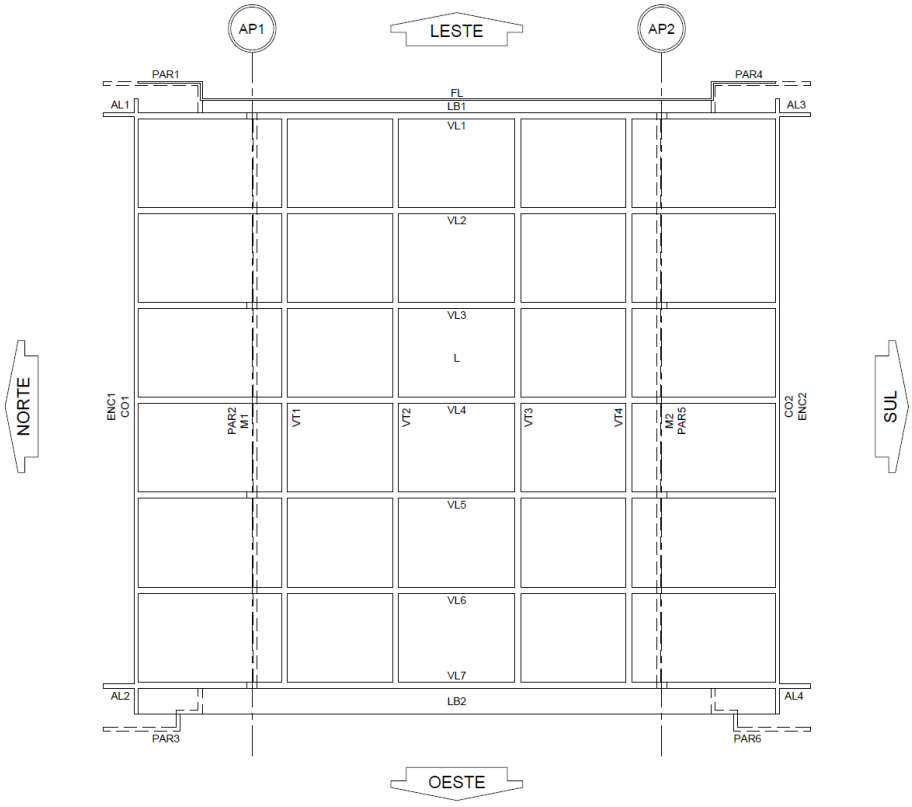
Observou-se a existência de tubulação de utilidades posicionada na parte inferior da OAE e que passa sob as vigas transversinas, além de tubulação de infraestrutura elétrica fixada na lateral Oeste.

Os demais detalhes estão representados nos croquis e tabelas apresentadas neste relatório, assim como nas fotos de caracterização (**Foto 001** a **Foto 021**) do **ANEXO A – REGISTRO FOTOGRÁFICO** e nos desenhos do **ANEXO C – CADASTRAMENTO GEOMÉTRICO**.

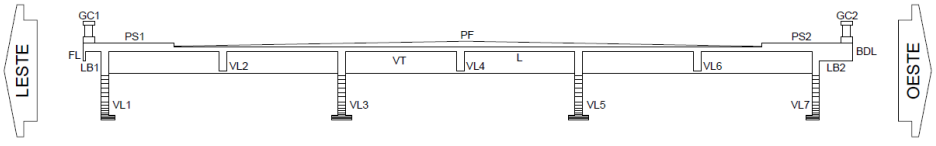
5.2 Croqui de nomenclaturas utilizadas

IPIRANGA X SANTANA

CROQUIS DE NOMENCLATURA



SEÇÃO TRANSVERSAL



CONVENÇÕES

AA	APARELHO DE APOIO	CC	CANTEIRO CENTRAL	JD	JUNTA DE DILATAÇÃO	PAR	PAREDE DE FECHAMENTO	VL	VIGA LONGARINA
AB	ABÓBADA	CO	CORTINA	JE	JUNTA DE ENCONTRO	PC	PISO DE CONCRETO	VLR	VIGA LONGARINA DE RAMPA
AL	MURO DE ALA	DG	DENTE GERBER	LB	LAJE EM BALANÇO	PF	PAVIMENTO FLEXÍVEL	VLT	VIGA LONGARINA DE TRAVESSIA
ALE	ALMA EXTERNA	DM	DEFENSA METÁLICA	LI	LAJE INFERIOR	PL	PLACA DE FECHAMENTO	VT	VIGA TRANSVERSINA
ALI	ALMA INTERNA	ET	ESTACA	LS	LAJE SUPERIOR	PR	PAVIMENTO RÍGIDO	VTR	VIGA TRAVESSA
AP	APOIO	EB	EMBOQUE	LT	LAJE DE TRANSIÇÃO	PS	PASSEIO	VTRAV	VIGA DE TRAVAMENTO
BDL	BORDA DE LAJE	ENC	ENCONTRO	M	MURO DE CONTENÇÃO	SAP	SAPATA		
BL	BALANÇO LONGITUDINAL	FL	FECHAMENTO LATERAL	MT	MONTANTE	T	TALUDE		
BLC	BLOCO DE FUNDAÇÃO	GC	GUARDA-CORPOS	P	PILAR	TRE	TRELIÇA		
BR	BARREIRA RÍGIDA	GR	GUARDA-RODAS	PA	PAREDE	TUB	TUBULÃO		

5.3 Tabelas com os principais dados da estrutura

Abaixo serão apresentadas as tabelas contendo os principais dados da estrutura:

CARACTERÍSTICAS DA OAE GERAL	
Nome	**Ponte – Ipiranga x Santana**
Via sobre OAE	Rua Santana
Data de Construção	Sem informação
Projeto	Sem informação
Construtora	Sem informação
Latitude	30°02'44.2"S
Longitude	51°12'34.8"W
Traçado	Retilíneo
Comprimento	31,60m
Largura	32,30m
Área	1020,68m²
Número de vãos	01 (um)
Número de apoios	02 (dois)
Juntas de dilatação	02 (duas) juntas de encontro
Pingadeiras	Inexistentes
Dispositivos de segurança	Guarda-rodas

CARACTERÍSTICAS DA OAE: SUPERESTRUTURA	
Vão	1
Tipologia (Long.)	1
Tipologia (Transv.)	3
Trem tipo	TB-24
Comprimento (m)	31,60m
Largura (m)	32,30m
Material (laje.)	1
Material (trans.)	1
Material (long.)	1

CARACTERÍSTICAS DA OAE: MESO E INFRAESTRUTURA		
Apoio	AP1	AP2
Altura (m)	S.I.	S.I.
Aparelhos de apoio	S.I.	S.I.
Materiais	S.I.	S.I.
Fundação	S.I.	S.I.

Observações:

*Códigos da NBR 9452:2019:
- Tabela A.2 – Tipologia da estrutura;
- Tabela A.5 – Materiais.

Legenda:

S.I. – Sem informação.

5.4 Características físicas das faixas de tráfego sob e sobre a OAE

A **Ponte – Ipiranga x Santana** está situada na Avenida Ipiranga com a Avenida Santana, no bairro Santana, no município de Porto Alegre – RS.

Sobre a obra de arte especial existem 05 (cinco) faixas de rodagem ao longo de toda a sua extensão, sendo três no sentido Norte e duas no sentido Sul, além de faixas zebradas em ambas as extremidades do pavimento. A velocidade limitada neste trecho é de 40 km/h, em que circulam grande fluxo veículos leves (carros de passeios e motos), bem como veículos pesados (caminhões e ônibus de transporte público). Sob sua estrutura, encontra-se o Arroio Dilúvio.

5.5 Condições ambientais e micro ambientais

A obra está situada em ambiente urbano, na região centro-sul do município de Porto Alegre, e, além de ações mecânicas e físicas, encontra-se suscetível à ações químicas ambientais que podem comprometer sua durabilidade e, consequentemente, sua vida útil, por processos de deterioração, tais como: lixiviação, que atua sobre a pasta de cimento carreando os compostos hidratados por ação de água, formando eflorescências esbranquiçadas ou formação de estalactites com enfraquecimento da região afetada; a RAA reação álcali-agregado que, por ação da umidade, provoca expansão por reações entre os álcalis do cimento e agregados reativos; a carbonatação que é a ação do gás carbônico que penetra nos poros ou fissuras do concreto atingindo as armaduras provocando a oxidação, corrosão, estufamento e/ou desplacamento (disgregação) da camada de cobertura.

Por estar instalada em um ambiente urbano, a obra se enquadra na CAA II conforme a classificação da Tabela 6.1 da norma ABNT NBR 6118-2014 a seguir.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana [a, b]	Pequeno
III	Forte	Marinha [a]	Grande
		Industrial [a, b]	
IV	Muito forte	Industrial [a, c]	Elevado
		Respingos de maré	

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

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

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

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA) da Norma ABNT NBR 6118-2014 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimento

5.6 Cadastro Geométrico

A partir dos dados obtidos foram originados os documentos contidos no **ANEXO C – CADASTRAMENTO GEOMÉTRICO**.

5.7 Diferenças entre o Cadastro e o Projeto Original

A Ponte não dispõe de projetos ou registro histórico sobre sua execução, logo, não foi possível relacionar e constatar as diferenças entre o projeto e a geometria atual da estrutura.

5.8 Histórico da Obra

A **Ponte – Ipiranga x Santana** está situada na interligação da Avenida Ipiranga com a Rua Santana, no bairro Santana, nos arredores do centro Histórico de Porto Alegre – RS. Seu início de planejamento se deu devido à evolução viária da cidade no decorrer dos anos. A obra não possui registros históricos de sua execução, tampouco projetos de sua concepção.

6. INSPEÇÃO

6.1 Locais Inspecionados

A inspeção ocorreu nos dias 01 e 02 de março e 15 de abril de 2022 e contemplou os elementos da superestrutura, mesoestrutura, elementos funcionais e complementares.

6.2 Equipamentos Utilizados

Na sequência, apresentamos a tabela de equipamentos utilizados pela equipe técnica nas inspeções.

Descrição
Trena metálica e à laser
Lanterna
Pranchetas e folhas A4
Máquina fotográfica de alta resolução
Escada telescópica
Aeronave não tripulada - Drone
Fissurômetro
Paquímetro

6.3 Inspeção Visual e Levantamento de Anomalias

Objetivando a detecção, caracterização e registro de anomalias, e em conformidade à Norma **ABNT NBR 9452:2019 – Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto - Procedimento**, procedeu-se a inspeção técnica visual da OAE e seus complementos.

A inspeção foi realizada por técnicos devidamente equipados com os EPIs necessários e utilizando os equipamentos acima relacionados para o cadastramento das anomalias descritas a seguir, que também se encontram devidamente identificadas e localizadas nas fotos do **ANEXO A – REGISTRO FOTOGRÁFICO** e mapeadas nos croquis do **ANEXO B – CROQUIS DE ANOMALIA.**

6.3.1 Superestrutura

6.3.1.1 Laje L e lajes em balanço LB1 e LB2

- Concreto disgregado com armadura exposta e corroída na laje L e laje em balanço LB2, região do vão, face inferior. **(Foto 022 e Foto 023)**.

- Armadura exposta e corroída na laje L, região do vão e balanços longitudinais BL1 e BL2, face Inferior **(Foto 024 e Foto 025).**

- Lascamento por ação do fogo com e sem armadura exposta e corroída na laje L e laje em balanço LB1, região dos balanços longitudinais BL1 e BL2, face Inferior **(Foto 026).**

- Mancha de fuligem na laje L e laje em balanço LB, região do vão e balanços longitudinais BL1 e BL2, face Inferior **(Foto 027).**

6.3.1.2 Fechamento lateral FL e borda da laje BDL

- Concreto disgregado com e sem armadura exposta e corroída no fechamento lateral FL e borda da laje BDL, região do vão e balanço longitudinal BL1, face Leste, Oeste e Inferior **(Foto 028 e Foto 029).**

- Lascamento por ação do fogo com armadura exposta e corroída no fechamento lateral FL, região do balanço longitudinal BL2, face Leste **(Foto 030).**

6.3.1.3 Vigas longarinas

- Concreto disgregado com armadura exposta e corroída nas vigas longarinas VL1, VL3 e VL7, região do vão, face Leste, Oeste e Inferior **(Foto 031).**

- Armadura exposta e corroída nas vigas longarinas VL1, VL3 e VL7, região do balanço longitudinal BL1 e no vão, face Leste e Oeste **(Foto 032)**.

- Destacamento de argamassa nas vigas longarinas VL1 e VL7, região do vão, face Leste e Oeste **(Foto 033).**

- Mancha de fuligem nas vigas longarinas VL1 a VL5, região dos balanços longitudinais BL1 e BL2, face Leste, Oeste e Inferior **(Foto 034).**

6.3.1.4 Vigas transversinas

- Em bom estado.

6.3.2 Aparelhos de Apoio

- Sem acesso. **(Foto 006).**

6.3.3 Mesoestrutura

- Sem acesso.

6.3.4 Infraestrutura

- Não foram encontradas manifestações patológicas nestes elementos, uma vez que não foi possível realizar a inspeção dos mesmo por estarem aterrados/submersos e sem acesso. Todavia, não foram encontrados indícios de danos em sua funcionalidade

6.3.5 Encontros

6.3.5.1 Cortinas

- Lascamento por ação do fogo na cortina CO1, face Sul **(Foto 035).**

- Manchas de fuligem nas cortinas CO1 e CO2, face Norte e Sul **(Foto 036).**

- Armadura exposta e corroída nas cortinas CO1 e CO2, face Norte e Sul **(Foto 036).**

6.3.5.2 Paredes de fechamento

- Fuligem generalizada nas paredes de fechamento PAR1, PAR3, PAR4 e PAR6 face Leste e Oeste **(Foto 007).**

- Defeito no revestimento das paredes de fechamento em pedra argamassada PAR1 e PAR4, face Leste **(Foto 007 e Foto 037).**

6.3.5.3 Muros de contenção

- Concreto disgregado nos muros de contenção M1 e M2, face Sul e face Norte **(Foto 038).**

- Crescimento de vegetação no muro de contenção M2, face Norte **(Foto 039).**

6.3.5.4 Taludes

- Revestidos por concreto, em bom estado.

6.3.6 Elementos complementares

6.3.6.1 Pavimento flexível

- Fissuras de abertura maior que 1,5mm e posicionamentos diversos no pavimento, região do vão e aproximação dos encontros ENC1 e ENC2 **(Foto 040).**

6.3.6.2 Passeios

- Deterioração no piso de concreto do passeio PS1, região do encontro ENC1 **(Foto 041).**

- Afundamento dos passeios PS1 e PS2 na região dos encontros ENC1 e ENC2. Nota-se desgaste generalizado. **(Foto 042).**

6.3.6.3 Guarda-corpos

- Fissuras de abertura maior que 1,5mm na região dos blocos de alvenaria nos guarda-corpos GC1 e GC2, face Leste e Oeste **(Foto 043).**

- Fissuras com abertura de até 0,3mm na região do bloco em granito do guarda-corpos GC1, face Superior **(Foto 044).**

- Juntas de concretagem deficientes nos guardas-corpos GC1 e GC2, face Superior **(Foto 044).**

- Alvenaria deteriorada nos blocos existentes dos guarda-corpos GC1 e GC2, face Superior **(Foto 045).**

- Concreto disgregado com armadura exposta e corroída nos guarda-corpos GC1 e GC2, face Leste e Oeste **(Foto 0046).**

- Fissuras aleatórias nos blocos em alvenaria revestidos com argamassa dos guarda-corpos GC1 e GC2, face Leste e Oeste **(Foto 047).**

- Manchas de fuligem nos guarda-corpos GC1 e GC2, face Leste e Oeste **(Foto 048).**

- Pilarete em granito danificado em pontos localizados nos guarda-corpos GC1 e GC2, face Leste e Oeste **(Foto 049).**

6.3.6.4 Drenagem

- Realizada pela própria inclinação da OAE.

6.3.7 Juntas de encontro

- Fissuras no alinhamento das juntas de encontro JE1 e JE2 **(Foto 016 e Foto 017).**

6.3.7.1 Iluminação

- Em bom estado **(Foto 020).**

6.3.7.2 Sinalização

- Sinalização vertical em bom estado **(Foto 012).**

- Sinalização horizontal desgastada **(Foto 013).**

6.3.7.3 Gabarito

- Não se aplica por se tratar de OAE sobre arroio.

- Observou-se assoreamento no arroio sob a OAE **(Foto 006).**

6.4 Tabela de Quantidades das Anomalias Constatadas

TABELA RESUMO			
TIPO	**DESCRIÇÃO**	**UNIDADE**	**TOTAL**
FIS_PF	Fissura no pavimento flexível	m	**238,75**
FIS	Fissuras	m	**7,3**
AEC	Armadura exposta e corroída	m²	**70,0225**
CD+AEC_R	Concreto disgregado com armadura exposta corroída raso	m²	**8,24**
FUL	Fuligem	m²	**834,27**
DF+AEC	Lascamento por ação do fogo com armadura exposta e corroída	m²	**1,84**
DF	Lascamento por ação do fogo	m²	**5,25**
DES_A	Destacamento da argamassa	m²	**1,52**
DR	Defeito no revestimento	m²	**4,86**
CD_R	Concreto disgregado raso	m²	**0,12**
VEG	Crescimento de vegetação	m²	**1**
AF	Afundamento	m²	**8**
DET_P	Deterioração do passeio	m²	**0,24**
DAL	Alvenaria deteriorada	m²	**0,24**
FIS_A	Fissura aleatória	m²	**10,6525**
JC_D	Junta de concretagem deficiente	m	**2,7**

6.5 Tabela de anomalias

ARMADURA EXPOSTA E CORROÍDA								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	AEC	L	INFERIOR	1	100	100	4	1
2	AEC	L	INFERIOR	1	30	10	0,8	0,03
3	AEC	L	INFERIOR	1	15	15	0,6	0,0225
4	AEC	L	INFERIOR	1	10	10	0,4	0,01
5	AEC	L	INFERIOR	1	50	10	1,2	0,05
6	AEC	L	INFERIOR	1	10	10	0,4	0,01
7	AEC	L	INFERIOR	1	50	10	1,2	0,05
1	AEC	L	INFERIOR	BL1	570	440	20,2	25,08
2	AEC	L	INFERIOR	BL1	570	440	20,2	25,08
1	AEC	L	INFERIOR	BL2	100	440	10,8	4,4
2	AEC	L	INFERIOR	BL2	100	440	10,8	4,4
1	AEC	VL3	LESTE	1	10	20	0,6	0,02
2	AEC	VL3	LESTE	1	10	10	0,4	0,01
1	AEC	VL1	OESTE	BL1	570	150	14,4	8,55
1	AEC	VL7	LESTE	1	120	10	2,6	0,12
1	AEC	CO1	SUL	ENC1	80	100	3,6	0,8
1	AEC	CO2	NORTE	ENC2	30	130	3,2	0,39

AFUNDAMENTO								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	AF	PS1	SUPERIOR	BL1	200	100	6	2
1	AF	PS2	SUPERIOR	BL1	200	100	6	2
2	AF	PS1	SUPERIOR	BL2	200	100	6	2
2	AF	PS2	SUPERIOR	BL2	200	100	6	2

CONCRETO DISGREGADO RASO								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	CD_R	M1	SUL	ENC1	15	10	0,5	0,015
2	CD_R	M1	SUL	ENC1	15	10	0,5	0,015
3	CD_R	M1	SUL	ENC1	30	10	0,8	0,03
1	CD_R	M2	NORTE	ENC2	15	40	1,1	0,06

CONCRETO DISGREGADO COM ARMADURA EXPOSTA E CORROÍDA RASO								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	CD+AEC_R	L	INFERIOR	1	20	20	0,8	0,04
2	CD+AEC_R	L	INFERIOR	1	30	20	1	0,06
3	CD+AEC_R	L	INFERIOR	1	20	20	0,8	0,04
4	CD+AEC_R	L	INFERIOR	1	20	20	0,8	0,04
5	CD+AEC_R	L	INFERIOR	1	50	30	1,6	0,15
6	CD+AEC_R	L	INFERIOR	1	100	30	2,6	0,3
7	CD+AEC_R	L	INFERIOR	1	70	30	2	0,21
8	CD+AEC_R	L	INFERIOR	1	100	20	2,4	0,2
1	CD+AEC_R	LB2	INFERIOR	1	100	20	2,4	0,2
2	CD+AEC_R	LB2	INFERIOR	1	350	30	7,6	1,05
3	CD+AEC_R	LB2	INFERIOR	1	80	20	2	0,16
4	CD+AEC_R	BDL	OESTE	1	100	30	2,6	0,3
1	CD+AEC_R	FL	INFERIOR	1	3160	10	63,4	3,16
2	CD+AEC_R	FL	LESTE	1	50	20	1,4	0,1
1	CD+AEC_R	VL1	OESTE	1	120	80	4	0,96
2	CD+AEC_R	VL1	INFERIOR	1	80	30	2,2	0,24
3	CD+AEC_R	VL1	INFERIOR	1	10	30	0,8	0,03
4	CD+AEC_R	VL1	LESTE	1	20	10	0,6	0,02
1	CD+AEC_R	VL3	LESTE	1	30	20	1	0,06
1	CD+AEC_R	BDL	OESTE	BL1	20	10	0,6	0,02
2	CD+AEC_R	BDL	OESTE	BL1	20	10	0,6	0,02
3	CD+AEC_R	BDL	OESTE	BL1	30	10	0,8	0,03
3	CD+AEC_R	VL7	INFERIOR	1	10	30	0,8	0,03
4	CD+AEC_R	VL7	INFERIOR	1	100	30	2,6	0,3
5	CD+AEC_R	VL7	LESTE	1	10	20	0,6	0,02
1	CD+AEC_R	VL7	OESTE	BL1	50	50	2	0,25
2	CD+AEC_R	VL7	OESTE	BL1	10	10	0,4	0,01
1	CD+AEC_R	GC1	OESTE	BL1	10	10	0,4	0,01
2	CD+AEC_R	GC1	OESTE	BL1	10	10	0,4	0,01
3	CD+AEC_R	GC1	OESTE	BL1	10	10	0,4	0,01
1	CD+AEC_R	GC2	LESTE	1	10	45	1,1	0,045
2	CD+AEC_R	GC2	LESTE	1	10	20	0,6	0,02
3	CD+AEC_R	GC2	LESTE	1	145	10	3,1	0,145

ALVENARIA DETERIORADA								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	DAL	GC1	OESTE	BL1	15	100	2,3	0,15
2	DAL	GC1	SUPERIOR	BL2	10	70	1,6	0,07
1	DAL	GC2	SUPERIOR	BL2	10	20	0,6	0,02

DETERIORAÇÃO DO PASSEIO								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	DET_P	PS1	SUPERIOR	BL1	60	40	2	0,24

DEFEITO NO REVESTIMENTO								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	DR	PAR1	LESTE	BL1	300	150	9	4,5
2	DR	PAR4	LESTE	ENC2	90	40	2,6	0,36

FISSURAS ALEATÓRIAS								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	FIS_A	GC1	OESTE	BL2	200	100	6	2
2	FIS_A	GC1	LESTE	BL2	200	100	6	2
2	FIS_A	GC2	SUPERIOR	1	145	45	3,8	0,65
3	FIS_A	GC2	LESTE	BL1	200	100	6	2
1	FIS_A	GC2	OESTE	BL2	200	100	6	2
4	FIS_A	GC2	LESTE	BL2	200	100	6	2

DESTACAMENTO DA ARGAMASSA								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
2	DES_A	VL1	LESTE	1	20	20	0,8	0,04
1	DES_A	VL1	LESTE	BL1	100	100	4	1
1	DES_A	VL7	OESTE	BL2	80	60	2,8	0,48

FULIGEM								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	FUL	L	INFERIOR	1	3040	1980	100,4	601,92
1	FUL	L	INFERIOR	BL1	570	440	20,2	25,08
2	FUL	L	INFERIOR	BL1	570	440	20,2	25,08
1	FUL	L	INFERIOR	BL2	570	440	20,2	25,08
2	FUL	L	INFERIOR	BL2	570	440	20,2	25,08
3	FUL	L	INFERIOR	BL2	235	440	13,5	10,34
4	FUL	L	INFERIOR	BL2	235	440	13,5	10,34
5	FUL	L	INFERIOR	BL2	235	440	13,5	10,34
6	FUL	L	INFERIOR	BL2	235	440	13,5	10,34
1	FUL	VL2	OESTE	BL1	570	75	12,9	4,275
2	FUL	VL2	INFERIOR	BL1	570	30	12	1,71
1	FUL	VL1	OESTE	BL2	570	80	13	4,56
3	FUL	VL2	LESTE	BL2	570	75	12,9	4,275
1	FUL	VL3	OESTE	BL2	570	90	13,2	5,13
2	FUL	VL3	LESTE	BL2	570	90	13,2	5,13
3	FUL	VL4	LESTE	BL1	570	75	12,9	4,275
1	FUL	VL5	LESTE	BL1	570	150	14,4	8,55
1	FUL	VL4	OESTE	BL2	570	75	12,9	4,275
2	FUL	VL4	INFERIOR	BL2	570	30	12	1,71
2	FUL	VL5	LESTE	BL2	570	90	13,2	5,13
1	FUL	CO1	SUL	ENC1	910	100	20,2	9,1
1	FUL	CO2	NORTE	ENC2	70	95	3,3	0,665
2	FUL	CO2	NORTE	ENC2	910	80	19,8	7,28
3	FUL	CO2	NORTE	ENC2	910	80	19,8	7,28
1	FUL	PAR1	LESTE	ENC1	345	150	9,9	5,175
1	FUL	PAR3	OESTE	ENC1	345	150	9,9	5,175
1	FUL	PAR4	LESTE	ENC2	345	150	9,9	5,175
1	FUL	PAR6	OESTE	ENC2	70	150	4,4	1,05
1	FUL	GC1	LESTE	BL2	100	15	2,3	0,15
1	FUL	GC2	OESTE	BL1	200	15	4,3	0,3
2	FUL	GC2	OESTE	BL1	200	15	4,3	0,3

JUNTA DE CONCRETAGEM DEFICIENTE					
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**COMPRIMENTO (m)**
1	JC_D	GC1	SUPERIOR	BL1	0,45
2	JC_D	GC1	SUPERIOR	BL1	0,45
1	JC_D	GC2	SUPERIOR	BL1	0,45
2	JC_D	GC2	SUPERIOR	BL1	0,45
3	JC_D	GC2	SUPERIOR	BL2	0,45
4	JC_D	GC2	SUPERIOR	BL2	0,45

CRESCIMENTO DE VEGETAÇÃO								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	VEG	M2	NORTE	ENC2	100	100	4	1

LASCAMENTO POR AÇÃO DO FOGO								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	DF	LB1	INFERIOR	BL2	300	135	8,7	4,05
1	DF	CO1	SUL	ENC1	120	100	4,4	1,2

LASCAMENTO POR AÇÃO DO FOGO COM ARMADURA EXPOSTA E CORROÍDA								
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**BASE (cm)**	**ALTURA (cm)**	**PERÍMETRO (m)**	**ÁREA (m²)**
1	DF+AEC	L	INFERIOR	BL1	100	100	4	1
1	DF+AEC	FL	LESTE	BL2	120	70	3,8	0,84

6.6 Tabela de localização das fissuras

FISSURA NO PAVIMENTO FLEXÍVEL						
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**ABERTURA (MM)**	**COMPRIMENTO (cm)**
1	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	80
2	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	10
3	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	50
4	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	100
5	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	10
6	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	200
7	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	70
8	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	30
9	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	70
10	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	150
11	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	70
12	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	300
13	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	180
14	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	100
15	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	100
16	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	200
17	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	400
18	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	100
19	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	150
20	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	180
21	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	400
22	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	700
23	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	180
24	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	50
25	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	200
26	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	120
27	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	400
28	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	60
29	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	150
30	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	60
31	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	300
32	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	60
33	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	500
34	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	100
35	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	120
36	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL1	1,5	200
37	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	200
38	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	300
39	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	1000
40	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	200

FISSURA NO PAVIMENTO FLEXÍVEL						
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**ABERTURA (MM)**	**COMPRIMENTO (cm)**
41	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	150
42	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	15
43	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	50
44	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	50
45	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	30
46	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	70
47	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	100
48	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	100
49	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	100
50	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	150
51	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	200
52	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	400
53	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	400
54	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	200
55	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	150
56	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	70
57	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	200
58	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	300
59	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	200
60	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	300
61	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	700
62	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	200
63	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	300
64	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	100
65	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	100
66	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	300
67	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	300
68	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	300
69	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	100
70	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	200
71	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	600
72	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	700
73	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	600
74	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	120
75	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	100
76	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	400
77	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	150
78	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	100
79	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	600
80	FIS_PF	PF	SUPERIOR	1	1,5	500
81	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	200
82	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	150

FISSURA NO PAVIMENTO FLEXÍVEL						
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**ABERTURA (MM)**	**COMPRIMENTO (cm)**
83	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	200
84	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	400
85	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	70
86	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	100
87	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	100
88	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	400
89	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	500
90	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	170
91	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	600
92	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	300
93	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	30
94	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	500
95	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	100
96	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	200
97	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	1500
98	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	600
99	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	100
100	FIS_PF	PF	SUPERIOR	BL2	1,5	100

FISSURAS						
Nº	**TIPO**	**ELEMENTO ESTRUTURAL**	**FACE**	**VÃO**	**ABERTURA (MM)**	**COMPRIMENTO (cm)**
101	FIS	GC1	OESTE	BL1	0,4	105
102	FIS	GC1	OESTE	BL2	0,5	100
103	FIS	GC1	SUPERIOR	BL1	0,5	70
104	FIS	GC1	SUPERIOR	BL1	0,3	45
105	FIS	GC1	SUPERIOR	BL1	0,3	45
106	FIS	GC1	LESTE	BL1	0,4	105
107	FIS	GC1	LESTE	BL2	0,5	100
108	FIS	GC2	OESTE	BL1	1,5	100
109	FIS	GC2	SUPERIOR	BL2	0,3	60

7. ENSAIOS

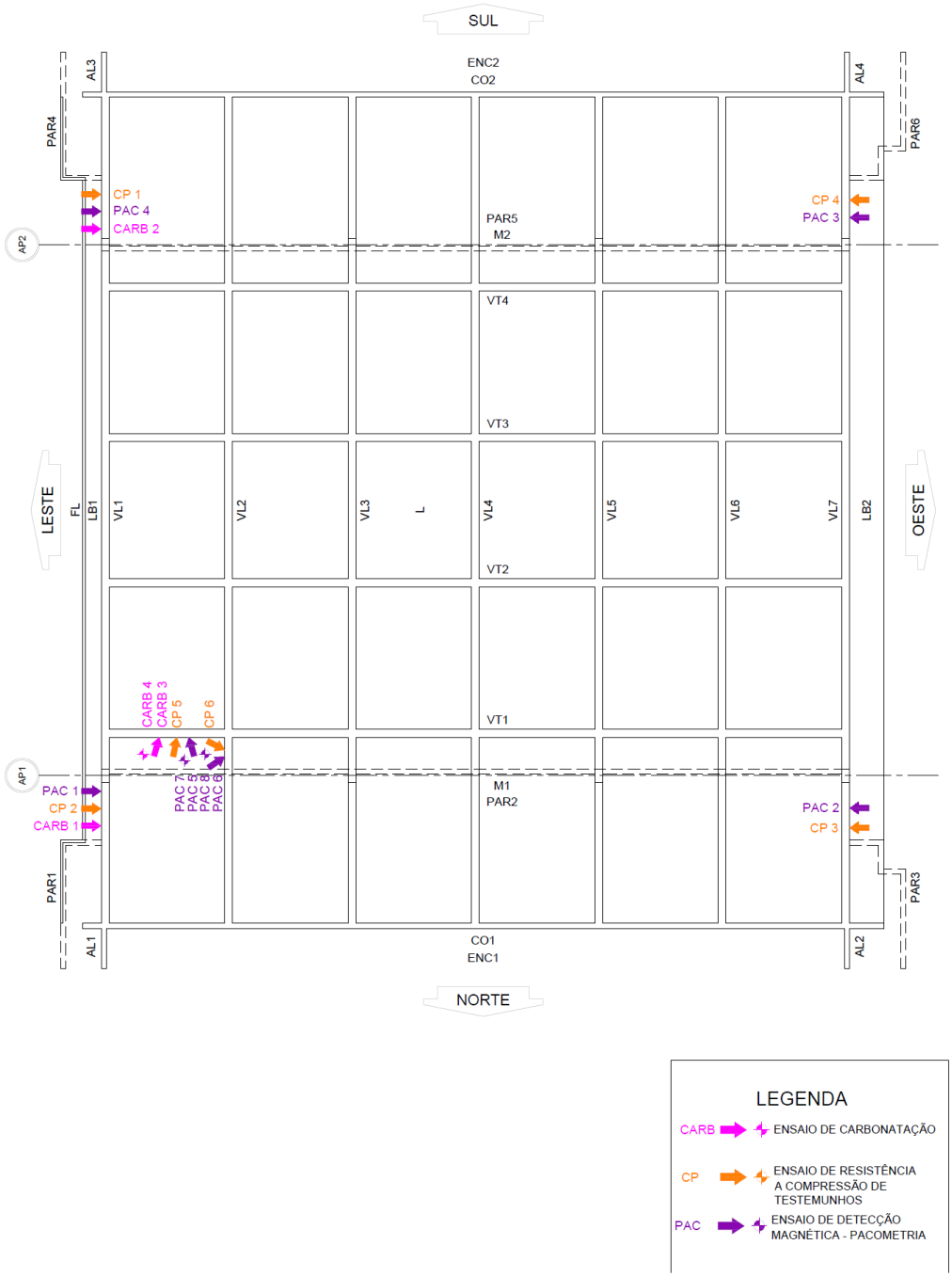
7.1 Introdução

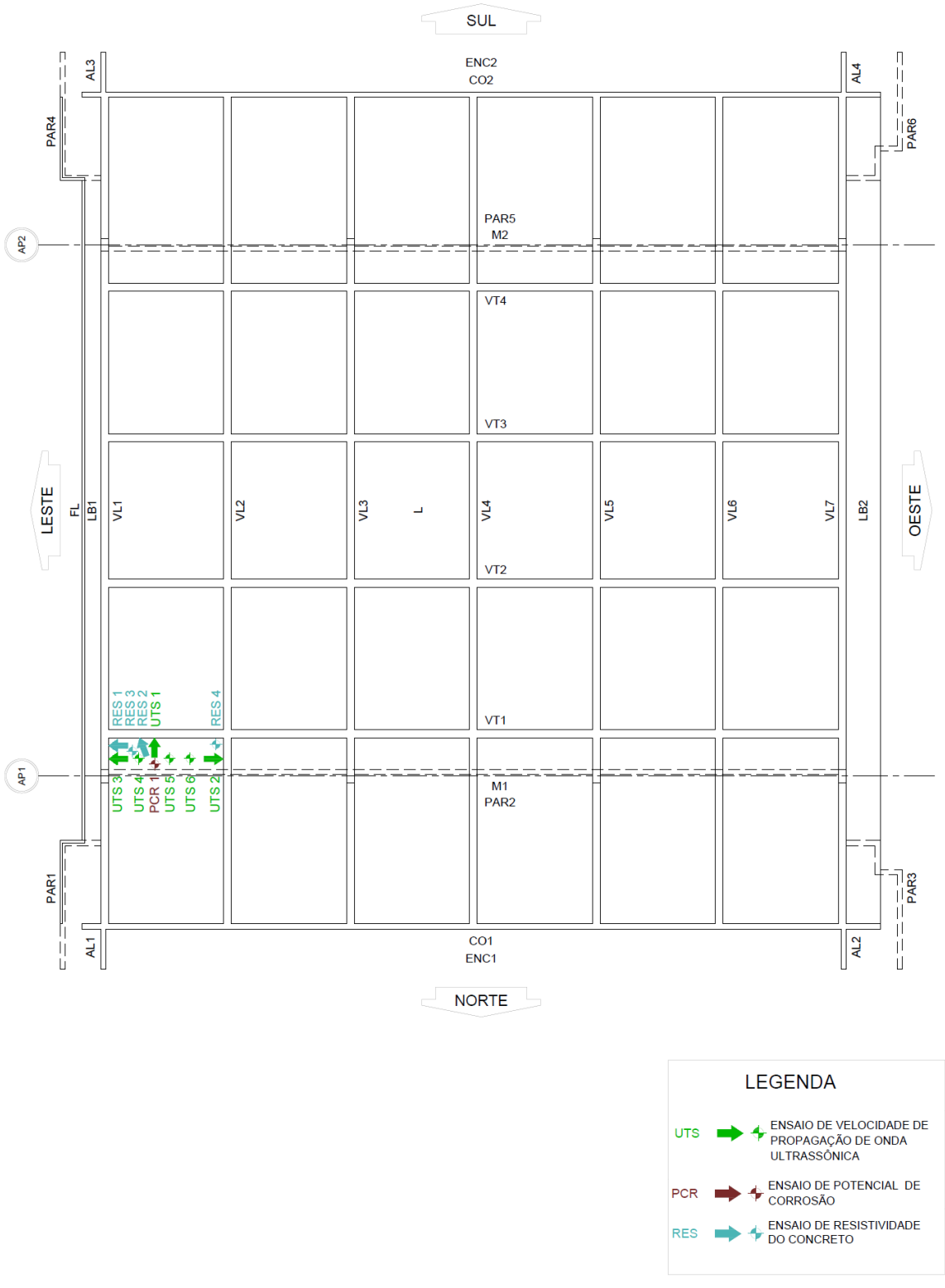
Visando a confirmação das hipóteses primárias de diagnóstico das manifestações patológicas identificadas durante a inspeção visual e a agressividade do meio que a ponte está localizada, foram realizados ensaios de âmbito estrutural e de durabilidade na OAE, consistindo em:

- Determinação da profundidade de carbonatação;
- Detecção magnética – pacometria;
- Velocidade de propagação de onda ultrassônica;
- Resistência à compressão de testemunhos de concreto;
- Resistividade do concreto;
- Potencial de corrosão;
- Dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão.

7.2 Croquis de Locação dos Ensaios

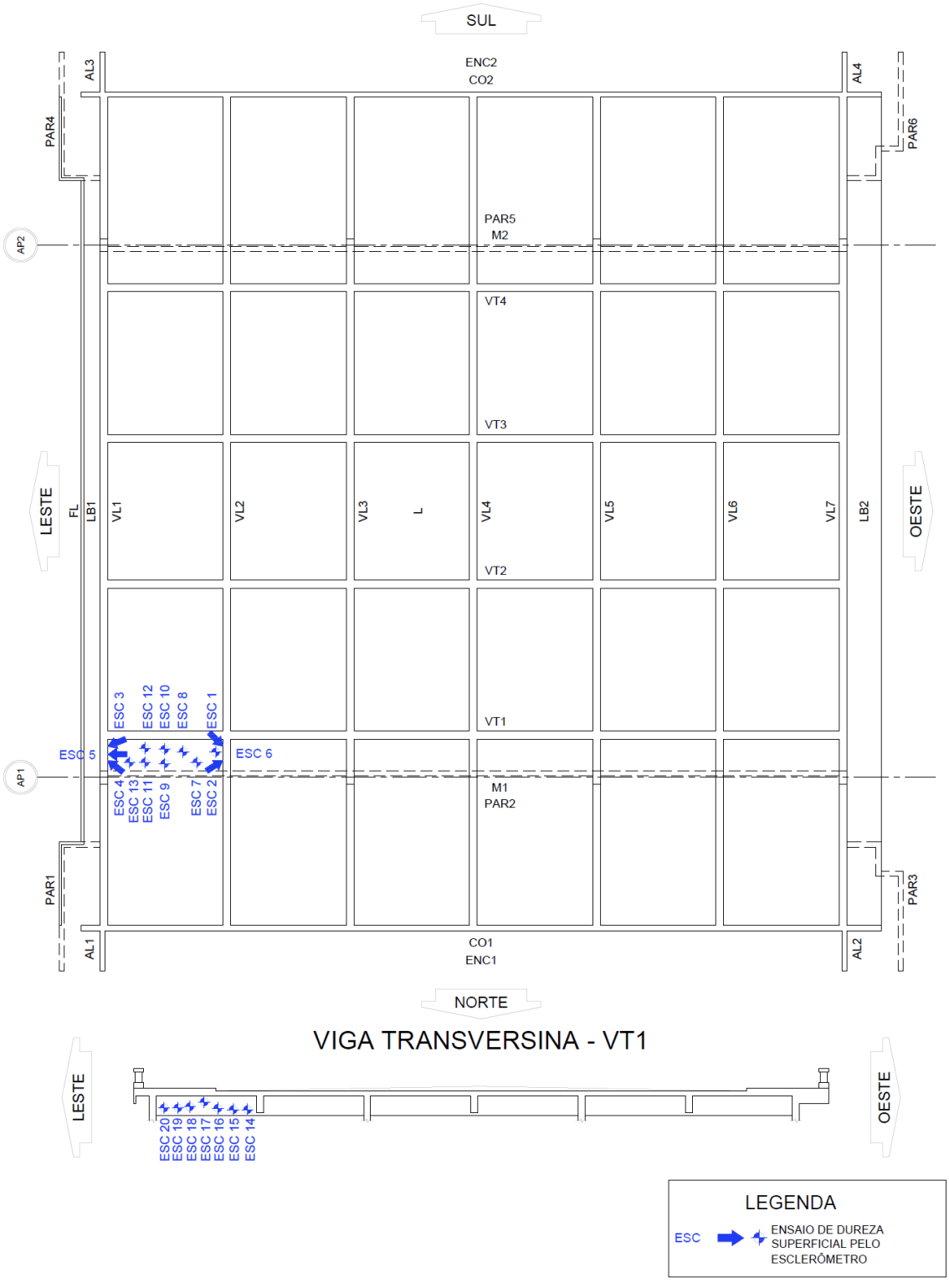
Para a realização de todos os ensaios e investigações descritos no item anterior, foram definidos os pontos que tem a locação apresentada no croqui da obra a seguir.





LEGENDA

- UTS — ENSAIO DE VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA
- PCR — ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO
- RES — ENSAIO DE RESISTIVIDADE DO CONCRETO


SUL
ENC2
CO2
AL3
AL4
PAR4
PAR6
PAR5
M2
AP2
VT4
VT3
LESTE
FL
LB1
VL1
VL2
VL3
L
VL4
VL5
VL6
VL7
LB2
OESTE
VT2
ESC 3
ESC 12
ESC 10
ESC 8
ESC 1
VT1
ESC 5
ESC 6
AP1
ESC 4
ESC 13
ESC 11
ESC 9
ESC 7
ESC 2
M1
PAR2
PAR1
PAR3
AL1
AL2
CO1
ENC1
NORTE
VIGA TRANSVERSINA - VT1
LESTE
ESC 20
ESC 19
ESC 18
ESC 17
ESC 16
ESC 15
ESC 14
OESTE
LEGENDA
ESC
ENSAIO DE DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO

7.3 Determinação de Profundidade de Carbonatação

O concreto, por possuir natureza alcalina, propicia uma boa proteção às armaduras. Logo após a produção, o seu pH alcalino (entre 12,6 e 13,5) não favorece o desencadeamento de reações de corrosão nas armaduras. Nestas condições, diz-se que as armaduras se encontram passivadas.

Contudo, o ar atmosférico é composto por diversos gases, tais como: nitrogênio, oxigênio, gás carbônico e outros em menor proporção. Quando ocorre a penetração de dióxido de carbono (CO2) e dissolução na umidade naturalmente contida na estrutura, forma-se o ácido carbônico (H2CO3), que posteriormente reage com os alguns componentes da pasta de cimento hidratada, o que resulta em água e carbonato de cálcio (CaCO3), sendo o hidróxido de cálcio (Ca (OH)2) o composto que reage rapidamente com o (H2CO3).

A velocidade de carbonatação depende principalmente da temperatura e umidade relativa do ar, porosidade, incidência de fissuras ou lixiviação no concreto, tipo de meio ambiente/teor de CO2 do ar, entre outros, podendo ou não estarem associados. A carbonatação não afeta o concreto, porém consome os álcalis da pasta e ocasiona queda acentuada em seu pH, o que proporciona um ambiente propicio para o processo corrosivo.

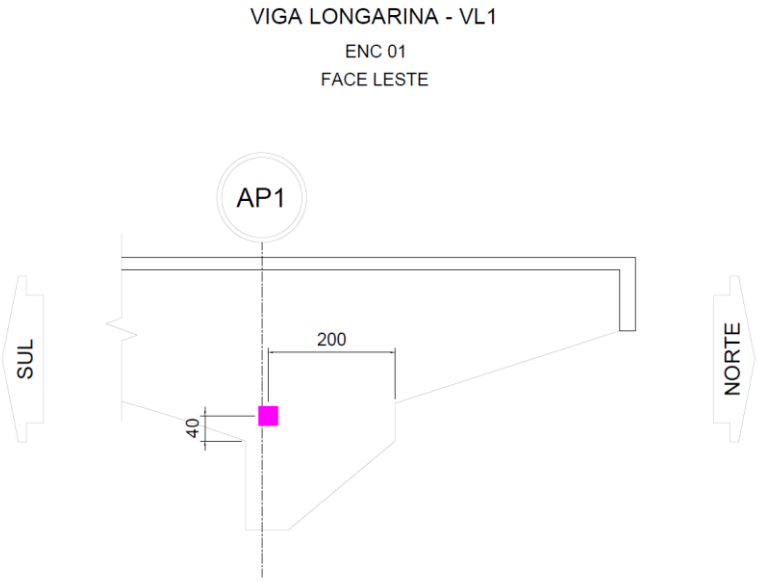
Para determinação da profundidade de carbonatação, foi utilizado o método de medição por meio de indicador químico de pH em pontos da superestrutura da obra, que serão detalhados a seguir.

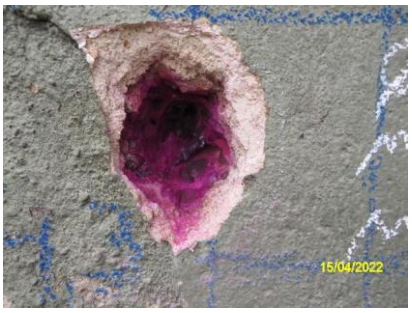
7.3.1 Equipamentos Utilizados

- Martelete 10 kg;
- Pincel;
- Solução de fenolftaleína;
- Paquímetro;
- Argamassa polimérica industrializada para reparo.

7.3.2 Croqui de Localização dos Pontos de Ensaios

Ponto 1

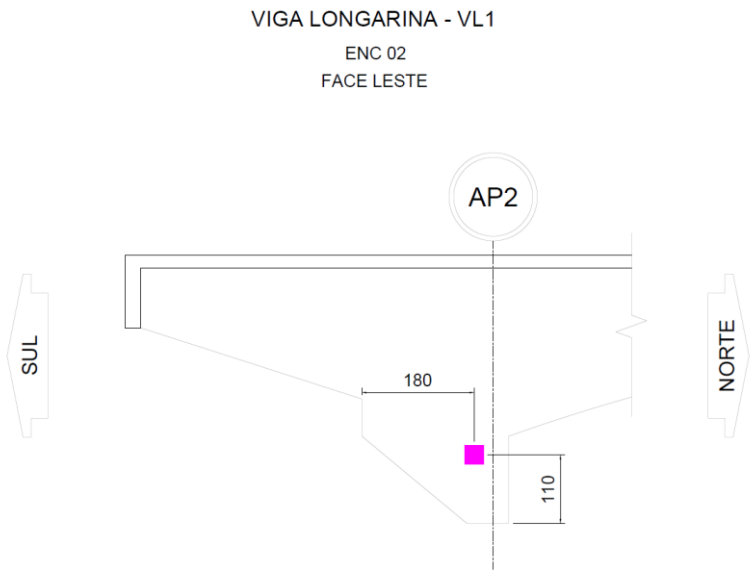






Ponto 1: Croqui de posicionamento em vista e fotos da abertura e recomposição do local do ensaio.

Ponto 2

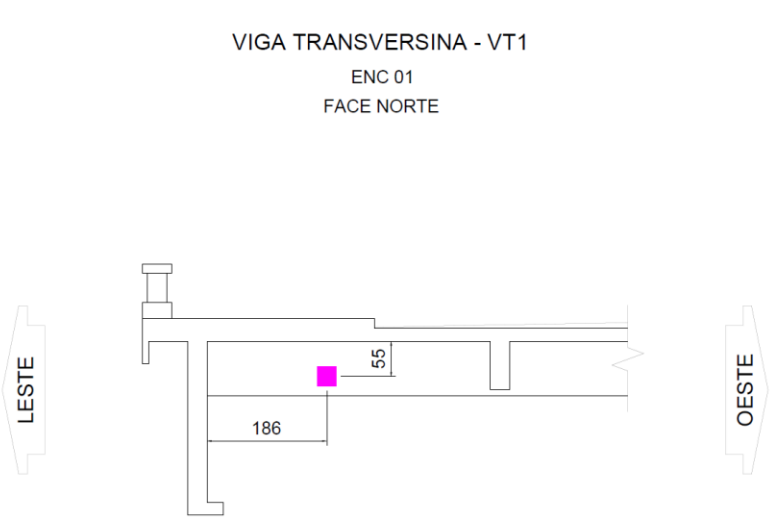






Ponto 2: Croqui de posicionamento em vista e fotos da abertura e recomposição do local do ensaio.

Ponto 3

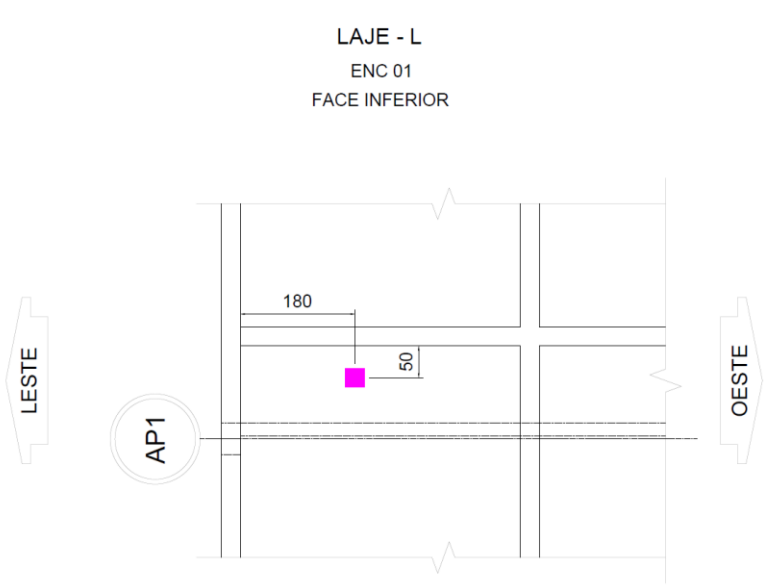






Ponto 3: Croqui de posicionamento em vista e fotos da abertura e recomposição do local do ensaio.

Ponto 4







Ponto 4: Croqui de posicionamento em vista e fotos da abertura e medição no local do ensaio.

7.3.3 Normas e Referências Bibliográficas

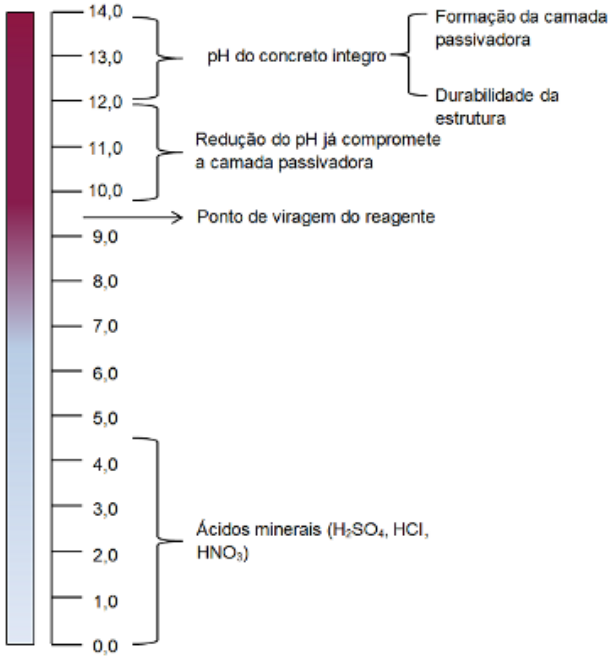
MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. Estudo da carbonatação em concretos e argamassas - Revista engenharia. Ciência Tecnologia, v. 4, n. 4, p. 3–12, 2001.

7.3.4 Procedimentos

Foi realizada a verificação da espessura carbonatada do concreto de forma amostral em 04 (quatro) pontos na superestrutura, mediante abertura de pequenos nichos na superfície da peça estrutural. O procedimento constitui-se na fratura da superfície de cobrimento da armadura, deixando-a exposta.

Na sequência, realiza-se a aspersão de solução de fenolftaleína na concentração de 1%. Este indicador químico é incolor em pH inferior a 8,3; para valores de pH superiores a 9,5 torna-se vermelho-carmim; para valores de pH entre 8,3 e 9,5 apresenta uma coloração variável de rosa a vermelho-carmim.

A mudança de coloração da superfície em que a solução foi aplicada indica a faixa de pH (potencial hidrogeniônico) do concreto, definindo se está ou não carbonatado.



Coloração das faixas de pH no concreto

Concretos que apresentam profundidade de carbonatação superior à camada de cobrimento da armadura estão mais suscetíveis ao início do processo de corrosão, desde que os teores de oxigênio e umidade sejam ideais para que o processo se inicie.

De acordo com a NBR 6118:2014, o concreto de cobrimento deve atender uma espessura e qualidade especificas para garantir a proteção e passivação das armaduras, considerando o grau de agressividade do ambiente que, no caso em estudo, foi classificado como classe II.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV [c]
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje [b]	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo [d]	30		40	50
Concreto protendido [a]	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

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

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

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

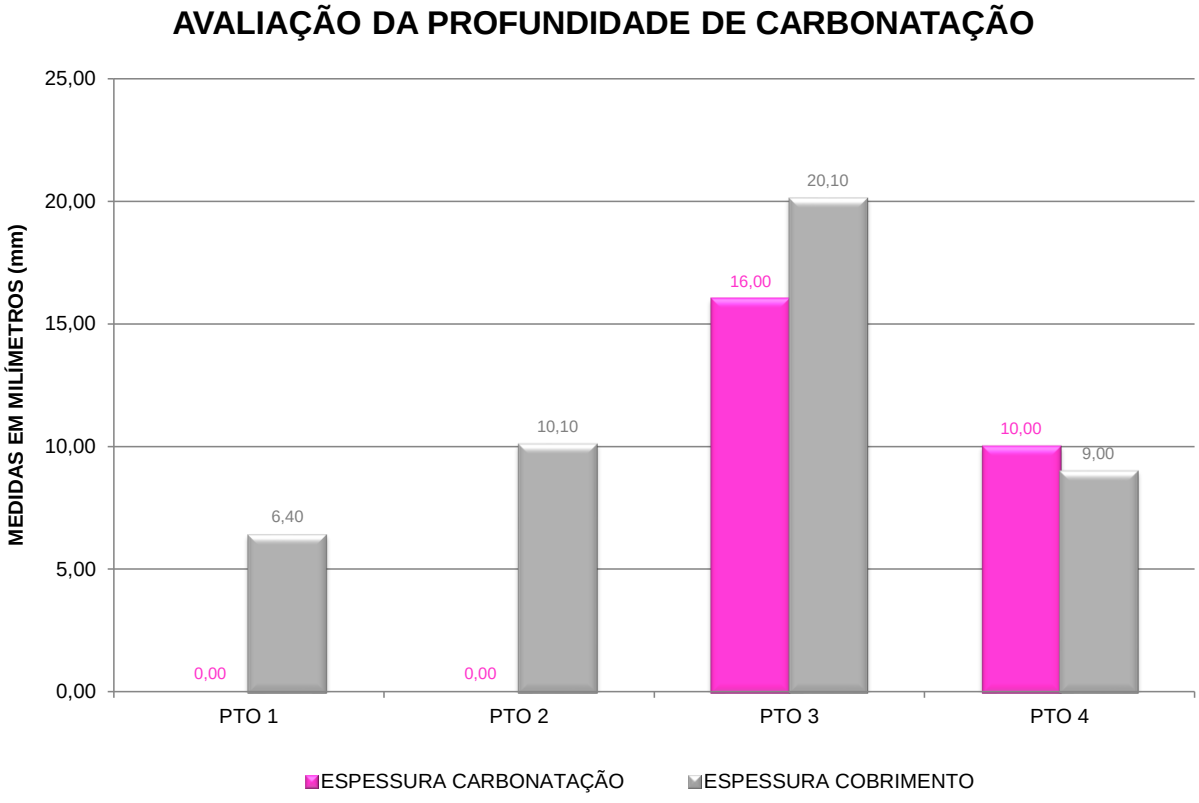
[d] No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe da agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Δc = 10mm da Norma ABNT NBR 6118-2014 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimento

7.3.5 Resultados

Os resultados obtidos dos ensaios de carbonatação serão apresentados a seguir:

PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO					
Nº ENSAIO	ELEMENTO	LOCALIZAÇÃO	FACE	COBRIMENTO (mm)	ESPESSURA CARBONATADA MÁXIMA (mm)
PTO 1	Viga longarina VL1	2,00m do ENC1 e 0,40m da face Inferior	Leste	6,40	0,00
PTO 2	Viga longarina VL1	1,80m do ENC2 e 1,10m da face Inferior	Leste	10,10	0,00
PTO 3	Viga transversina VT1	1,80m da extremidade Leste e 0,55m da laje	Norte	20,10	16,00
PTO 4	Laje Inferior - LI	1,80m da VL1 e 0,55m da VT1	Inferior	9,00	10,00



7.3.6 Análise dos resultados

O processo de carbonatação da estrutura pode ser influenciado por diversos fatores, como condições climáticas do ambiente, tipo e consumo de cimento da dosagem do concreto, agregados, adensamento, método de cura, porosidade do concreto, entre outros. Tais fatores, individuais e/ou associados, podem acelerar ou retardar significativamente seu avanço da frente de carbonatação na camada de cobrimento e consequentemente às armaduras, desencadeamento o processo de corrosão.

Os resultados apresentados dos ensaios 1, 2 e 3 mostraram que não foram encontradas espessuras de carbonatação, ou seja, o concreto se encontra íntegro e passivado. Isto não quer dizer que as armaduras jamais ficarão expostas à agentes agressivos, pelo fato de que o processo de carbonatação é evolutivo ao longo do tempo, sendo influenciado pelas condições de umidade, impregnação de compostos ambientais e outros fatores climáticos.

O ensaio realizado no ponto 4 (Laje inferior), a espessura de carbonatação atingiu o valor de 10,00mm. Com tal espessura, foi constatada que a armadura da peça foi atingida; portanto, as barras de aço do elemento se encontram despassivadas e suscetíveis à corrosão. Nesta fase, entende-se que a aplicação de uma camada protetora impermeável no concreto seja suficiente para inibir a continuidade do processo de corrosão das armaduras.

7.4 Detecção magnética – Pacometria

O ensaio de pacometria tem como principal função, auxiliar na análise da estrutura, o que consiste em localizar a posição e o espaçamento das barras e a determinação do cobrimento. O princípio da medição do recobrimento por pacometria consiste em medir as perturbações provocadas pela presença de um objeto metálico colocado em um campo eletromagnético emitido por um sistema de bobinas. O aparelho analisa os sinais induzidos por este campo e calcula o recobrimento dos aços situados no aprumo do sensor.

7.4.1 Equipamentos Utilizados

- Scanner de parede da marca Bosch, modelo D-tect 150 Professional.

7.4.2 Procedimentos

Devem ser demarcadas as limitações da área que será ensaiada, o pacômetros atua por indução magnética por conta disso armaduras com cobrimento maior que 100 mm podem não ser detectadas. Regiões com muita densidade de armadura podem distorcer a medição impossibilitando a identificação das barras individualmente. O aparelho deve ser posicionado e

movimentado na horizontal e vertical para encontrar as armaduras para realizar a medição das barras de aço e do cobrimento do elemento estrutural

7.4.3 Croqui de localização dos pontos de ensaio

Ponto 1

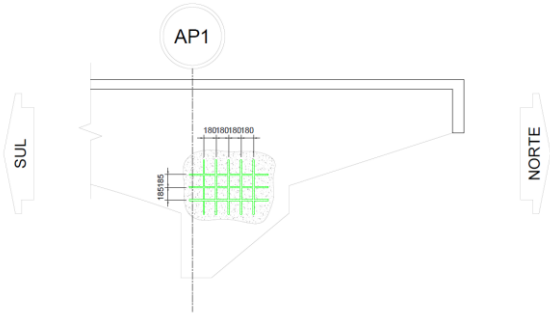
ELEMENTO		ESTRIBOS(mm)	ARMADURA PRINCIPAL(mm)
VL1 – ENC1	Cobrimento Médio	45	50
	Espaçamento médio entre as barras	180	185

LOCALIZAÇÃO

VIGA LONGARINA - VL1

ENC 01

FACE LESTE



Ponto 2

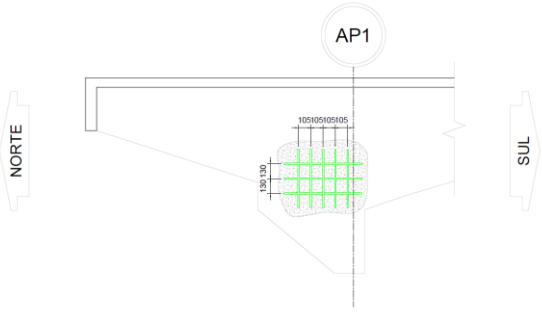
ELEMENTO		ESTRIBOS(mm)	ARMADURA PRINCIPAL(mm)
VL7 – ENC1	Cobrimento Médio	75	30
	Espaçamento médio entre as barras	105	130

LOCALIZAÇÃO

VIGA LONGARINA - VL7

ENC 01

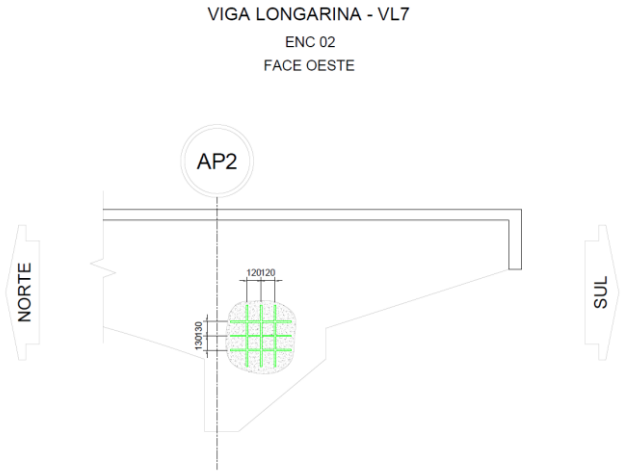
FACE OESTE



Ponto 3

ELEMENTO		ESTRIBOS(mm)	ARMADURA PRINCIPAL(mm)
VL7 – ENC2	Cobrimento Médio	70	50
	Espaçamento médio entre as barras	120	130

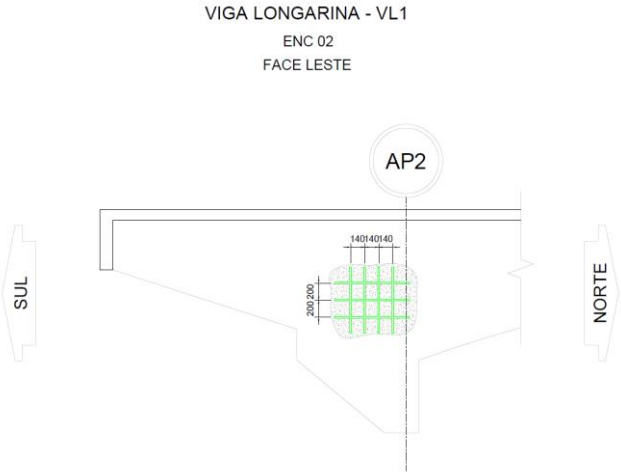
LOCALIZAÇÃO



Ponto 4

ELEMENTO		ESTRIBOS(mm)	ARMADURA PRINCIPAL(mm)
VL1 – ENC2	Cobrimento Médio	25	30
	Espaçamento médio entre as barras	140	200

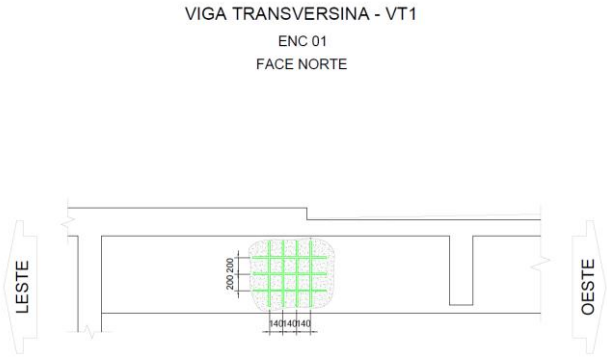
LOCALIZAÇÃO



Ponto 5

ELEMENTO		ESTRIBOS(mm)	ARMADURA PRINCIPAL(mm)
VT1 – FACE NORTE	Cobrimento Médio	5	40
	Espaçamento médio entre as barras	140	200

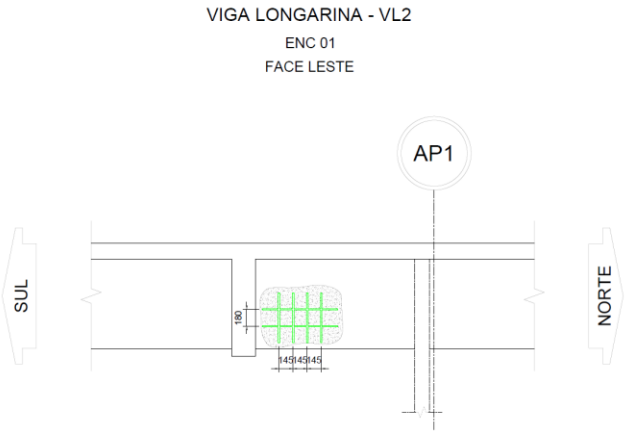
LOCALIZAÇÃO



Ponto 6

ELEMENTO		ESTRIBOS(mm)	ARMADURA PRINCIPAL(mm)
VL2 – ENC1	Cobrimento Médio	5	5
	Espaçamento médio entre as barras	145	180

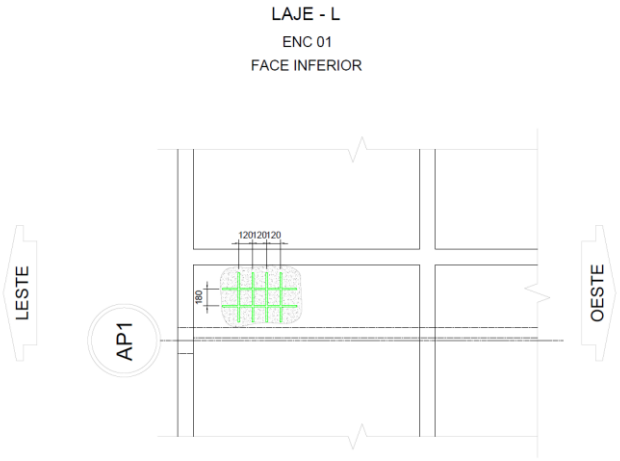
LOCALIZAÇÃO



Ponto 7

ELEMENTO		ESTRIBOS(mm)	ARMADURA PRINCIPAL(mm)
LAJE - L	Cobrimento Médio	21	12
	Espaçamento médio entre as barras	120	180

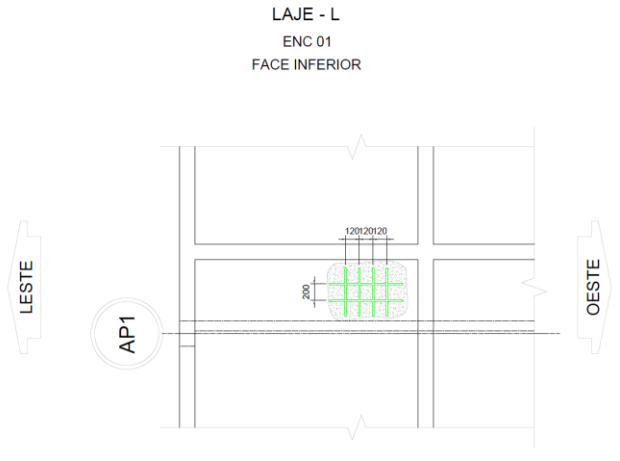
LOCALIZAÇÃO



Ponto 8

ELEMENTO		ESTRIBOS(mm)	ARMADURA PRINCIPAL(mm)
LAJE -L	Cobrimento Médio	22	17
	Espaçamento médio entre as barras	120	200

LOCALIZAÇÃO



7.4.4 Normas e referências bibliográficas

Não há métodos normatizados brasileiros, para isso foram adaptadas normas internacionais como: BS 1881 204:1988 e ACI 228.R2-21:2004

7.5 Avaliação da Homogeneidade do Concreto – Ultrassom

7.5.1 Equipamentos Utilizados

Para a realização do ensaio foi utilizado equipamento da Proceq, com o posicionamento dos transdutores de forma direta sobre a superfície a ser ensaiada (transdutores posicionados em faces opostas dos testemunhos).

7.5.2 Procedimentos

Este ensaio consiste em utilizar um equipamento dotado de dois transdutores, um emissor e outro receptor, que emitem pulsos ultrassônicos através do concreto. Estas ondas atravessam as regiões mais densas do concreto contornando os espaços vazios e suas descontinuidades, permitindo medir a velocidade de propagação da onda.

Conforme o Anexo D da NBR 8802:2019, dentre as possíveis aplicações para este ensaio estão: a possibilidade de monitorar a variação das propriedades do concreto ao longo do tempo e avaliar a resistência à compressão do concreto, mediante o estabelecimento de uma curva de correlação obtida a partir de ensaios de resistência à compressão e este método, com o mesmo concreto.

As fotos a seguir ilustram o equipamento e o ensaio sendo realizado.



Equipamento de Ultrassom – Proceq.



Realização de ensaio de ultrassom na face Inferior da laje.

7.5.3 Localização dos pontos de ensaio

Os pontos ensaiados estão apresentados no item **7.3 Determinação de Profundidade de Carbonatação.**

7.5.4 Normas e referências bibliográficas

Os ensaios foram realizados seguindo-se o prescrito na NBR 8802:2019 “Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica”.

7.5.5 Análise dos resultados

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de ultrassom realizados em 14 pontos distribuídos na totalidade da OAE:

Para a análise dos resultados obtidos, foi adotado o critério de avaliação sugerido por “LESLIE” e “CHEESMANN”, conforme apresentado abaixo:

CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO SUGERIDO POR "LESLIE" E "CHEESMANN"	
VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO (m/s)	CONDIÇÕES DO CONCRETO
SUPERIOR a 4.500	EXCELENTE
De 3.500 a 4.500	BOM
De 3.000 a 3.500	REGULAR (DUVIDOSO)
De 2.000 a 3.000	GERALMENTE RUIM
INFERIOR a 2.000	RUIM

NBR 8802 - DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA			
ENSAIOS	**IDENTIFICAÇÃO DO ELEMENTO ENSAIADO**	**VELOCIDADE (m/s)**	**CONDIÇÃO DO CONCRETO**
1	VIGA TRANSVERSINA - VT1	3.058	REGULAR
2	VIGA LONGARINA VL2 - ENC1	3.115	REGULAR
3	VIGA LONGARINA VL1 - ENC1	3.240	REGULAR
4	LAJE - L	3.119	REGULAR
5	LAJE - L	3.009	REGULAR
6	LAJE - L	3.021	REGULAR

Com base nos resultados obtidos, constata-se que a condição do concreto se encontra aceitável, indicando que o concreto utilizado tem qualidade regular, e ainda não apresenta indícios de irregularidades, estando dentro de níveis aceitáveis.

7.6 Dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

Por se tratar de um ensaio de medidas superficiais que utiliza uma correlação entre as mesmas e a resistência à compressão, estes resultados servem para avaliar a homogeneidade do material e como referência numa possível intervenção. Neste sentido, os resultados obtidos da esclerometria devem ser comparados aos laudos de resistência à compressão dos exemplares extraídos e demais ensaios complementares.

7.6.1 Equipamentos Utilizados

Esclerômetro de reflexão da marca Schmidt, modelo do aparelho: N -47310; certificado de calibração nº 60296/21.



Esclerômetro – Proceq.



Realização de ensaio de esclerometria na face Inferior da laje.

7.6.2 Procedimentos

Para a execução do ensaio a superfície deve estar limpa, seca e o mais plana possível, resultados obtidos em superfícies irregulares não fornecem resultados homogêneos, superfícies que apresentem umidade e/ou carbonatação devem ser evitadas.

Em cada área de ensaio deve ser executados 16 impactos, não se deve executar o ensaio no mesmo ponto, se isto ocorrer, o segundo valor obtido deve ser desconsiderado, recomenda-se que seja desenhado um gabarito indicativo mantendo espaçamento médio de 3 cm.

7.6.3 Localização dos pontos de ensaio

Os pontos ensaiados estão apresentados no item Erro! Fonte de referência não encontrada. Erro! Fonte de referência não encontrada..

7.6.4 Normas e referências bibliográficas

ABNT NBR 7584:2012 Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio

7.6.5 Análise dos resultados

NBR 7584 - AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLEROMETRO DE REFLEXÃO										
Ponto	**VL1 ENC1**	**VL1 ENC1**	**VL1 ENC1**	**VL2 ENC1**	**VL2 ENC1**	**LAJE ENC1**	**LAJE ENC1**	**LAJE ENC1**	**LAJE ENC1**	**LAJE ENC1**
IE-1	56	58	58	54	40	58	60	54	60	60
IE-2	49	54	55	52	49	50	55	61	57	61
IE-3	49	59	60	51	50	62	50	53	55	54
IE-4	57	60	55	50	52	54	56	62	55	58
IE-5	48	60	54	42	42	52	56	52	60	59
IE-6	52	54	58	50	52	62	54	57	62	52
IE-7	53	59	55	46	50	64	54	57	60	51
IE-8	42	60	53	50	51	54	54	60	60	52
IE-9	54	57	55	45	44	52	54	60	55	59
IE-10	46	54	57	54	52	60	50	55	60	55
IE-11	52	58	52	54	47	60	39	60	62	56
IE-12	53	55	53	51	49	55	55	57	56	55
IE-13	54	55	55	45	40	57	55	52	54	57
IE-14	54	53	57	54	49	60	42	55	54	54
IE-15	57	57	52	51	50	61	50	60	60	60
IE-16	52	59	55	57	49	54	51	57	61	55
Índice esclerométrico médio (IE)	**52**	**57**	**55**	**50**	**48**	**57**	**52**	**57**	**58**	**56**
Posição do Aparelho	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	90º	90º
Coeficiente de correção (k)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Índice esclerométrico médio efetivo	51	56	55	50	47	57	52	56	58	56
Resistência á compressão estimada (Mpa)	60,40	69,90	68,00	58,50	53,00	71,90	62,30	69,90	68,00	63,60

NBR 7584 - AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLEROMETRO DE REFLEXÃO										
Ponto	**LAJE ENC1**	**LAJE ENC1**	**LAJE ENC1**	**VT1 ENC1**	**VT1 ENC1**	**VT1 ENC1**	**VT1 ENC1**	**VT1 ENC1**	**VT1 ENC1**	**VT1 ENC1**
IE-1	55	60	50	54	50	50	50	47	48	55
IE-2	58	59	59	50	51	42	38	58	41	58
IE-3	59	55	49	54	54	48	55	55	58	59
IE-4	51	50	53	52	51	46	52	56	53	51
IE-5	59	57	54	50	50	54	44	54	50	59
IE-6	55	51	58	52	30	46	50	53	54	55
IE-7	52	60	54	54	51	48	50	54	50	52
IE-8	59	45	53	60	46	44	51	50	53	59
IE-9	56	51	53	46	48	52	52	53	47	56
IE-10	55	56	60	54	42	50	48	41	53	55
IE-11	53	56	55	54	44	44	51	54	56	53
IE-12	57	54	53	50	44	46	55	56	49	57
IE-13	60	62	51	60	49	51	45	55	52	60
IE-14	49	56	51	51	49	49	44	57	59	49
IE-15	52	57	57	48	44	42	52	57	56	52
IE-16	54	53	55	48	41	50	39	54	48	54
Índice esclerométrico médio (IE)	**55**	**55**	**54**	**52**	**47**	**48**	**49**	**53**	**52**	**55**
Posição do Aparelho	90º	90º	90º	90º	90º	90º	90º	90º	90º	90º
Coeficiente de correção (k)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Índice esclerométrico médio efetivo	55	55	54	52	46	47	48	53	51	55
Resistência á compressão estimada (Mpa)	61,50	61,50	59,40	55,30	43,60	45,50	47,40	57,40	53,30	61,50

- Índices destacados em vermelho desconsiderados do cálculo por diferirem em mais de 10% do valor médio.

Os valores apresentados acima, qualificam o concreto utilizado na obra como sendo de boa qualidade e boa resistência. Os valores de resistência serão apresentados com maior precisão no item **7.8 Resistência à compressão de testemunhos extraídos de concreto**

7.7 Extração de testemunhos de concreto

A extração de testemunhos de concreto se aplica à caracterização do concreto do ponto de vista da resistência à compressão. Foram extraídos 06 (seis) testemunhos cilíndricos de 75 mm de diâmetro e profundidade aproximada de 10 cm, com os pontos indicados na planta de locação apresentada no **item 7.2.** Erro! Fonte de referência não encontrada..

7.7.1 Equipamentos Utilizados

- Extratora provido de cálice e coroa diamantada;
- Argamassa polimérica industrializada para reparo.

7.7.2 Procedimentos

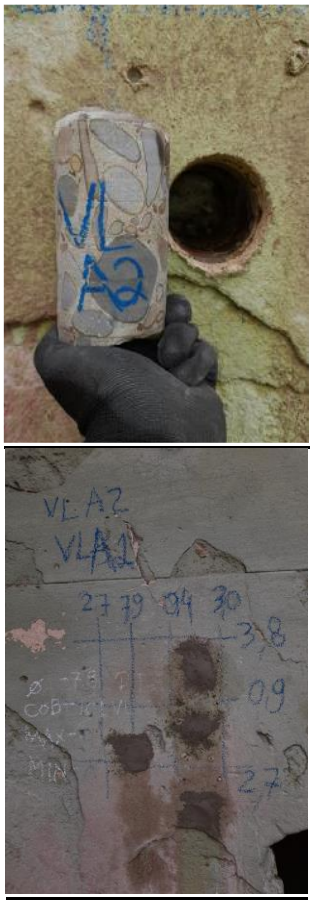
Para extração dos testemunhos cilíndricos de concreto, deve ser empregado um conjunto de extratora provido de cálice e coroa diamantada, ou outro material abrasivo equivalente, que possibilite realizar o corte dos testemunhos com as dimensões de 75 mm, sem danificar excessivamente a estrutura. O equipamento deve possibilitar refrigeração à água do local do corte do concreto e minimizar vibrações, importante ressaltar que a extração não pode prejudicar o desempenho estrutural e a durabilidade da construção.

A reconstituição do local da extração deve no mínimo restabelecer as condições iniciais da estrutura. Para tanto, o local da extração deve ser preenchido com argamassa compatível com o especificado para o elemento estrutural e devem ser tomados os cuidados necessários para que o procedimento de reparo seja eficiente.

7.7.3 Croqui de localização dos pontos de ensaio

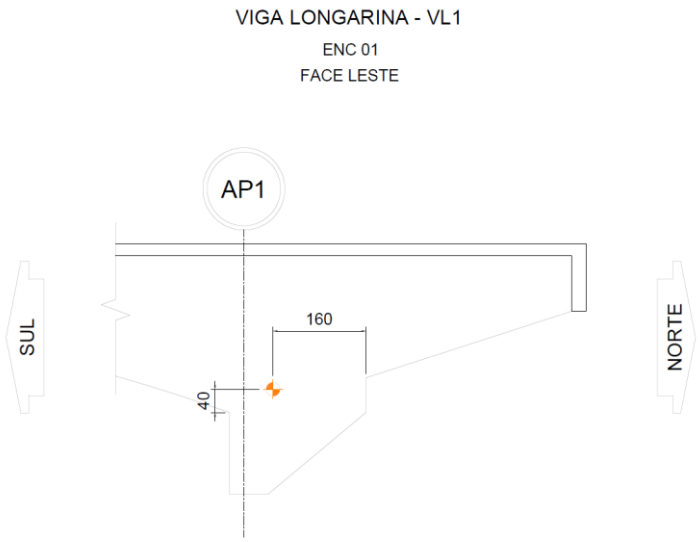
Ponto 1





Ponto 1: Croqui do posicionamento em vista e fotos da extração realizada e recomposição do furo.

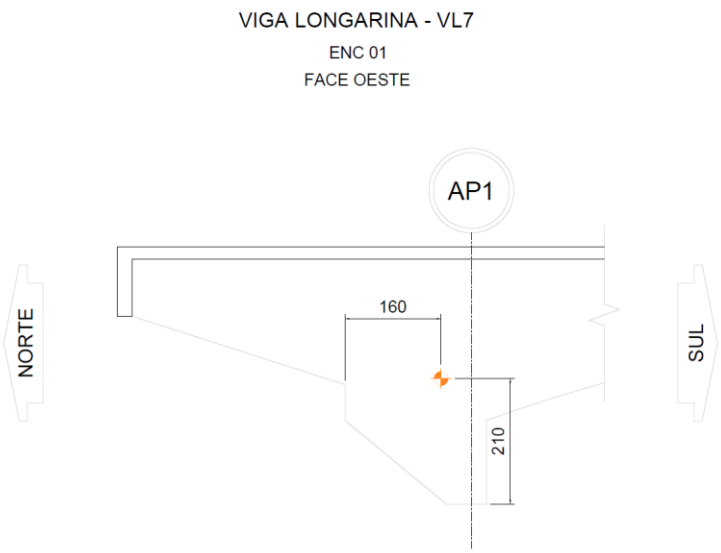
Ponto 2





Ponto 2: Croqui do posicionamento em vista e fotos da extração realizada e recomposição do furo.

Ponto 3

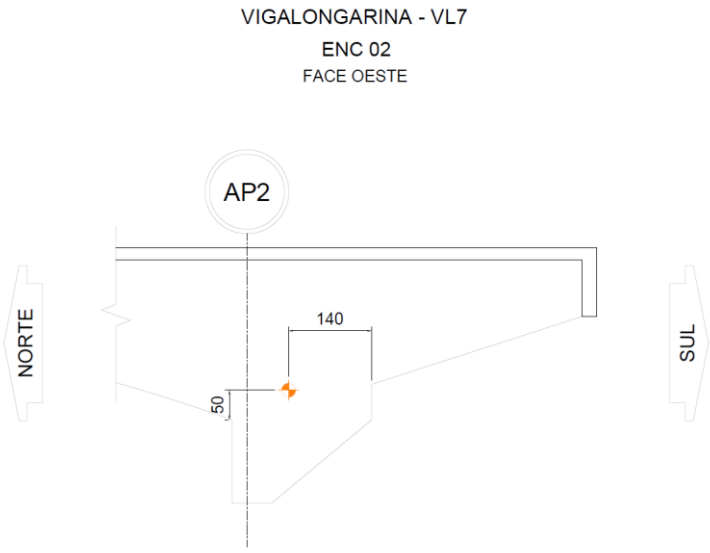






Ponto 3: Croqui do posicionamento em vista e fotos da extração realizada e recomposição do furo.

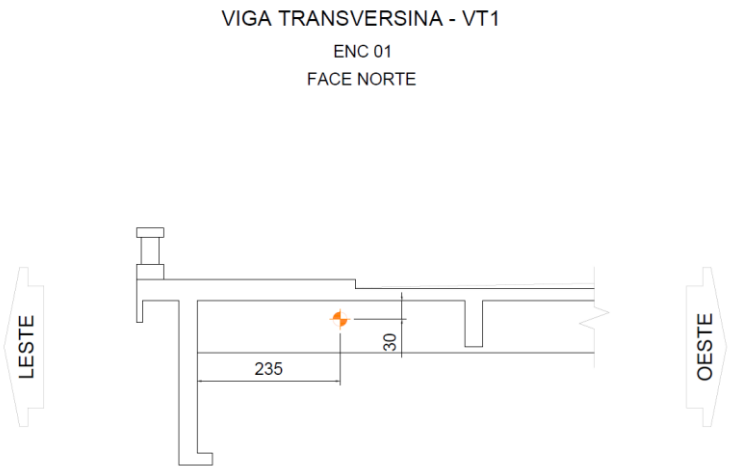
Ponto 4





Ponto 4: Croqui do posicionamento em vista e fotos da extração realizada e recomposição do furo.

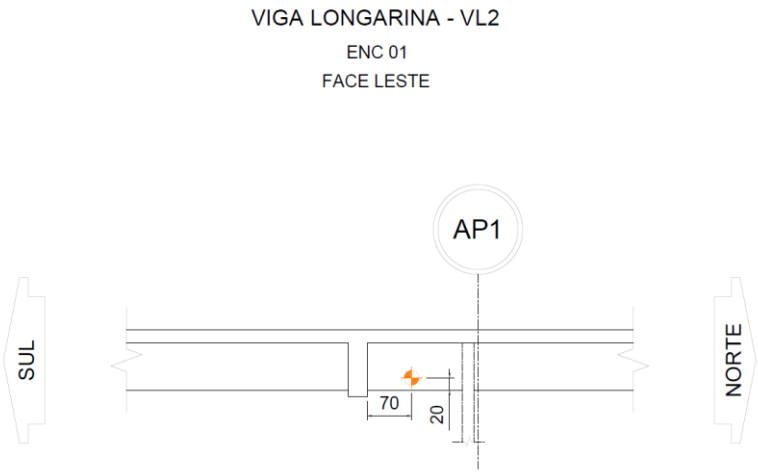
Ponto 5





Ponto 5: Croqui do posicionamento em vista e fotos da extração realizada e recomposição do furo.

Ponto 6





Ponto 6: Croqui do posicionamento em vista e fotos da extração realizada e recomposição do furo.

7.7.4 Normas e referências bibliográficas

Para a extração de testemunhos de concreto, foi seguido o prescrito pela norma NBR 7680:2015 – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto – Parte 1: Resistência à Compressão Axial.

7.8 Resistência à compressão de testemunhos extraídos de concreto

Com o intuito de se avaliar a resistência à compressão axial do concreto utilizado na execução da obra de arte, foi realizada a extração de testemunhos cilíndricos com diâmetro de 75mm, conforme o item **7.4 Extração e preparação de testemunhos para ensaios de laboratório** deste relatório.

7.8.1 Equipamentos Utilizados

- Máquina de ensaio;
- Pratos de compressão;
- Paquímetro.

A máquina de ensaio para laboratórios de ensaio deve ser classe 1 ou melhor. Para laboratórios instalados em obras ou centrais de concreto, admite-se a utilização de máquina de ensaio classe

7.8.2 Procedimentos

Para a realização da extração dos testemunhos, foram consideradas as orientações da NBR 7680:2015. Os testemunhos extraídos foram transportados para o laboratório da CONCRETUS PESQUISA E TECNOLOGIA DE MATERIAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, retificados e submetidos aos ensaios de ruptura para a determinação da resistência à compressão axial.

7.8.3 Croqui de localização dos pontos de ensaio

Os croquis de localização dos pontos de ensaios necessários para a realização do ensaio estão apresentados no item **7.4.2 Croqui de localização dos pontos de ensaio.**

7.8.4 Normas e referências bibliográficas

Os ensaios foram realizados seguindo-se o prescrito na norma ABNT NBR 7680:2015 – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistencia à compressão axial e ABNT NBR 5739:2018 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

7.8.5 Resultados

A seguir, são apresentados os resultados obtidos nos ensaios de verificação da resistência à compressão axial de concretos extraídos da estrutura, cujo relatório de ensaio na íntegra pode ser visualizado no **ANEXO D – RESULTADOS DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

NBR 7680 - EXTRAÇÃO, PREPARO, ENSAIO e ANÁLISE DE TESTEMUNHOS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO										
ENS.	LOCALIZAÇÃO	DIÂMETRO (mm)	ALTURA (mm)	k1	k2	k3	k4	COEF.	TENSÃO INICIAL (MPa)	TENSÃO CORRIGIDA (Mpa)
1	Viga longarina VL1 - ENC2	75	106,3	-0,05	0,09	0,05	-0,04	1,05	32,8	34,4
2	Viga longarina VL1 - ENC1	75	90,7	-0,08	0,09	0,05	-0,04	1,02	44,5	45,4
3	Viga longarina VL7 - ENC1	75	108,5	-0,04	0,09	0,05	-0,04	1,06	49,7	52,7
4	Viga longarina VL7 - ENC2	75	97,5	-0,07	0,09	0,05	-0,04	1,03	36,9	38,0
5	Viga transversina VT1 - ENC1	75	98,8	-0,06	0,09	0,05	-0,04	1,04	35,8	37,2
6	Viga longarina VL2 - ENC1	75	99,7	-0,06	0,09	0,05	-0,04	1,04	39,0	40,6

7.8.6 Análise dos resultados

Os resultados apresentados acima mostram valores de resistência satisfatórios, tendo em vista que se levarmos em consideração a idade da Ponte, na época em que foi construída, a exigência de resistência do concreto era bem menor. Outro fator que comprova a resistência satisfatória deste ensaio, são os resultados obtidos na verificação da dureza através do esclerômetro de reflexão.

7.9 Resistividade do concreto

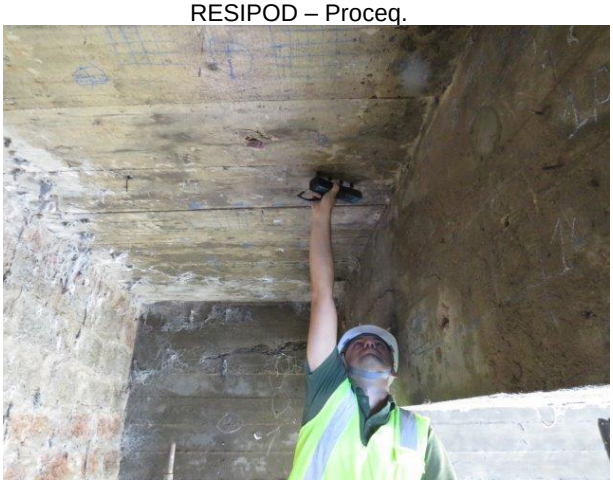
A resistividade do concreto é medida pelo método dos 4 eletrodos ou método de Wenner, em analogia à NBR 7117. O equipamento utilizado para este fim é uma sonda Wenner de 4 pontos projetada para medir a resistividade elétrica do concreto em um ensaio totalmente não destrutivo. A resistividade elétrica do concreto verifica a corrente entre a área anódica (oxidação do metal) e área catódica (redução do oxigênio) de corrosão da armadura. A intensidade dessa corrosão é maior quando a resistividade elétrica está baixa e há disponibilidade de oxigênio dissolvido na solução aquosa junto à armadura.

7.9.1 Equipamentos Utilizados

Equipamento para medição da resistividade superficial do concreto, modelo Resipod, da marca Proceq.



Equipamento para medição da resistividade eletric
RESIPOD – Proceq.



Realização de ensaio de resistividade elétrica, na laje inferior

7.9.1 Procedimentos

Para a execução do ensaio foi utilizado o medidor de resistividade elétrica, pelo método de Wenner.

Devem ser marcado pontos que servirão como referência para realização do ensaio, de modo que os pinos nas extremidades do bastão não fiquem próximos a borda do elemento, evitando que a corrente ultrapasse a extremidade da peça e interfira nos resultados obtidos.

Para a realização do ensaio a superfície da peça deve ser umedecida a fim de permitir com maior facilidade a condução da corrente elétrica ao longo do concreto e determinar a resistividades elétrica no ponto determinado.

Resistividade do concreto (kΩ.cm)	Risco de corrosão
>100	Desprezivel
100-50	Baixo
50-10	Moderado
<10	Alto

7.9.2 Croqui de localização dos pontos de ensaio

Os croquis de localização dos pontos de ensaios necessários para a realização do ensaio estão apresentados no item **7.3**Erro! Fonte de referência não encontrada. **Croqui de localização dos pontos de ensaio.**

7.9.3 Normas e referências bibliográficas

ABNT NBR 7117-1:2020 Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos Parte 1: Medição da resistividade e modelagem geoelétrica.

European concerted action COST 509 – CORROSION AND PROTECTION OF METALS IN CONTACT WITH CONCRETE.

7.9.4 Análise dos resultados

COST 509 - CORROSION AND PROTECTION OF METALS IN CONTACT WITH CONCRETE			
ENSAIO	IDENTIFICAÇÃO DO ELEMENTO ENSAIADO	RESISTIVIDADE (KΩ.cm)	CONDIÇÃO DO CONCRETO
1	VIGA LONGARINA VL1 - ENC 1	352	DESPREZÍVEL
2	VIGA TRANSVERSINA VT1	294	DESPREZÍVEL
3	LAJE INFERIOR - ENC 1	84	BAIXO
4	LAJE INFERIOR - ENC 1	72	BAIXO

Os pontos ensaios na região da laje inferior apresentaram valores entre 72 e 352 kΩ.cm. Baseando-se na tabela de referência apresentada, a região ensaiada não apresenta indícios de desenvolvimento de corrosão das armaduras. Porém, isso não isenta outros pontos de apresentarem anomalias associadas a este processo.

7.10 Potencial de corrosão

O método de medida de potencial de corrosão é utilizado como uma ferramenta eletroquímica de auxílio ao monitoramento da corrosão das armaduras de estruturas de concreto armado. Como critério de avaliação dos resultados, é comum que sejam adotados os intervalos de potencial de corrosão e sua correlação com a probabilidade de corrosão. Com este critério é possível estabelecer um panorama da situação termodinâmica de corrosão na estrutura.

Potencial de corrosão (mV)		Probabilidade de corrosão
	Mais positivo que -200	Inferior a 10%
	Entre -200 e -350	incerto
	Mais negativo que -350	Superior a 90%

7.10.1 Equipamentos Utilizados

Multímetro Fluke True RMS com a utilização de eletrodo de cobre – sulfato de cobre.

7.10.2 Procedimentos

Para a realização do ensaio de potencial de corrosão conecte uma das pontas do cabo na armadura e ligue eletricamente ao terminal positivo do voltímetro, a outra extremidade deve ser conectada ao eletrodo de referência e ligado ao terminal negativo do voltímetro, fechando o circuito e permitindo a leitura dos valores.

A superfície ensaiada deve ser umedecida para obtenção de um resultado mais preciso no momento da leitura, podendo ser molhada através de pulverização de água ou utilizando esponjas, ambos métodos devem ser utilizados uma solução de contato elétrico para molhar a estrutura.

7.10.3 Croqui de localização dos pontos de ensaio

Os croquis de localização dos pontos de ensaios necessários para a realização do ensaio estão apresentados no item Erro! Fonte de referência não encontrada. **Croqui de localização dos pontos de ensaio.**

7.10.4 Normas e referências bibliográficas

ASTM C876-09 Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.

7.10.5 Análise dos resultados

Localização:			LAJE INFERIOR - ENC1					
Ponto:	1							
Potencial de Corrosão (mV)								
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
1	-104	-84	-54	-158	-90	-72	-138	-106
2	-117	-75	-143	-90	-157	-81	-174	-155
3	-103	-62	-127	-144	-174	-128	-168	-164
RESUMO	**MAIOR**	**MÉDIA**	**MENOR**	**DP**				**CV%**
	-54	-120	-174	37,9				-32%
Probabilidade de Corrosão < 10% (mais positivo que -200)							24	100%
Probabilidade de Corrosão Incerta (entre -200 e -350)							0	0%
Probabilidade de Corrosão > 90% (mais negativo que -350)							0	0%

O ensaio de potencial de corrosão mostrou um resultado positivamente significativo, visto que os resultados de um modo geral apresentaram dados que estão dentro da zona aceitável no que se diz respeito a capacidade de corrosão das armaduras (abaixo de 10%).

ANEXO A – REGISTRO FOTOGRÁFICO



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 001 – Vista superior.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 002 – Vista lateral Leste.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 003 – Vista lateral Oeste.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 004 – Vista inferior.



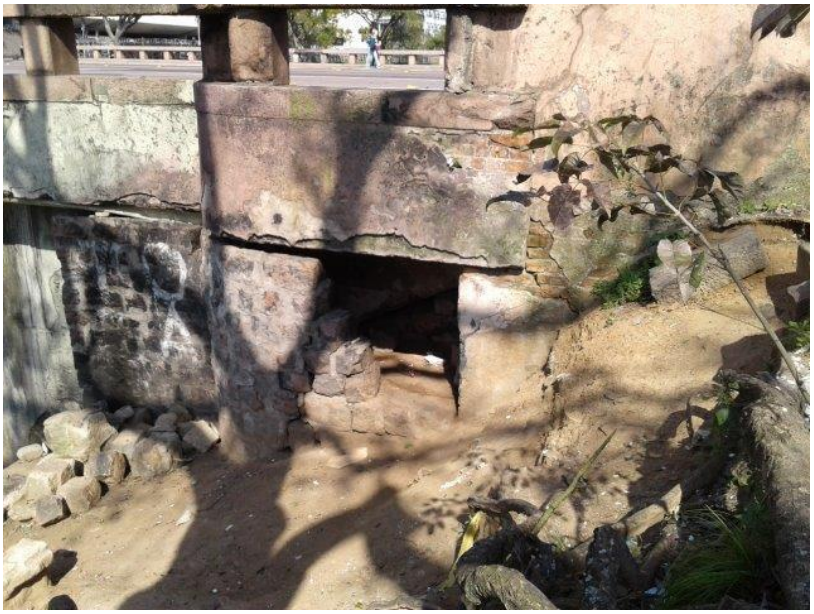
Ponte – Ipiranga x Santana

Foto 005 – Vista geral do encontro ENC1. Os aparelhos de apoio e mesoestrutura encontram-se encobertos pelo talude existente atrás da parede de fechamento.



Ponte – Ipiranga x Santana

Foto 006 – Vista geral do encontro ENC2 Os aparelhos de apoio e mesoestrutura encontram-se encobertos pelo talude existente atrás da parede de fechamento. Observou-Se assoreamento do arroio sob a OAE.



Ponte – Ipiranga x Santana

Foto 007 – Vista da parede de fechamenro PAR1, face Leste. Nota-se defeito no revestimento e manchas de fuligem – (Foto enviada posteriormente à inspeção realizada).



Ponte – Ipiranga x Santana

Foto 008 – Vista da parede de fechamento PAR3, face Oeste.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 009 – Vista da parede de fechamenro PAR4, face Leste.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 010 – Vista da parede de fechamenro PAR6, face Oeste.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 011 – Vista do pavimento asfáltico.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 012 – Vista da sinalização vertical em bom estado



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 013 – Vista da sinalização horizontal desgastada.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 014 – Vista do passeio PS1.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 015 – Vista do passeio PS2.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 016 – Vista da junta de encontro JE1. Notam-se fissuras em seu alinhamento.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 017 – Vista da junta de encontro JE2. Notam-se fissuras em seu alinhamento.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 018 – Vista do guarda-corpos GC1, face Oeste.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 019 – Vista do guarda-corpos GC2, face Leste.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 020 – Vista da iluminação.



Ponte – Ipiranga x Santana
Foto 021 – Vista do tráfego sobre a OAE.



Foto 022 – Concreto disgregado com armadura exposta e corroída na laje L, região do vão, face Inferior.



Foto 023 – Concreto disgregado com armadura exposta e corroída na laje em balanço LB2, região do vão, face Inferior.



Foto 024 – Armadura exposta e corroída na laje L, região do vão, face Infeior.



Foto 025 – Armaduras expostas e corroídas na laje L, região do balanço longitudinal BL1, face Inferior.



Foto 026 – Lascamento por ação do fogo com armadura exposta e corroída na laje L, região do balanço longitudinal BL1, face Inferior.

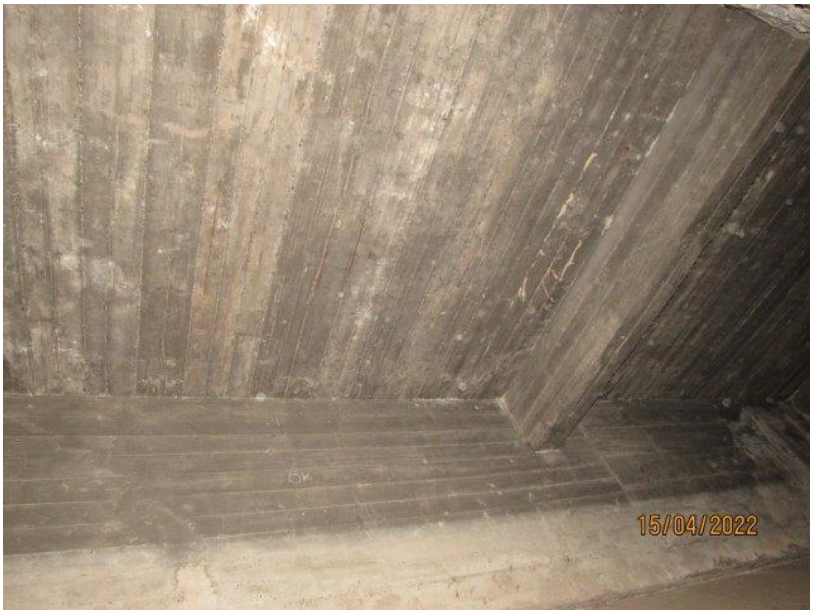


Foto 027 – Mancha de fuligem na laje L, região do balanço longitudinal BL2, face Inferior.



Foto 028 – Concreto disgregado com armadura exposta e corroída no fechamento lateral FL, região do vão, face Inferior.



Foto 029 – Concreto disgregado com armadura exposta e corroída na borda da laje BDL, região do vão, face Oeste.



Foto 030 – Lascamento por ação do fogo com armadura exposta e corroída no fechamento lateral FL, região do balanço longitudinal BL2, face Leste.



Foto 031 – Concreto disgregado com armadura exposta e corroída na viga longarina VL1, região do vão, face Oeste.



Foto 032 – Armaduras expostas e corroídas na viga longarina VL1, região do balanço longitudinal BL1, face Oeste.



Foto 033 – Destacamento de argamassa na viga longarina VL7, região do vão, face Oeste.

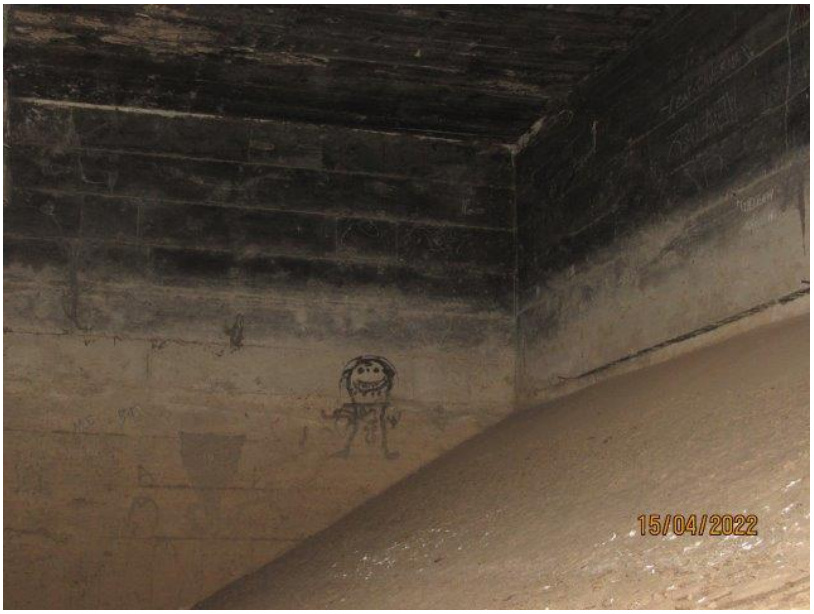


Foto 034 – Mancha de fuligem na viga longarina VL5, região do balanço longitudinal BL1, face Leste.

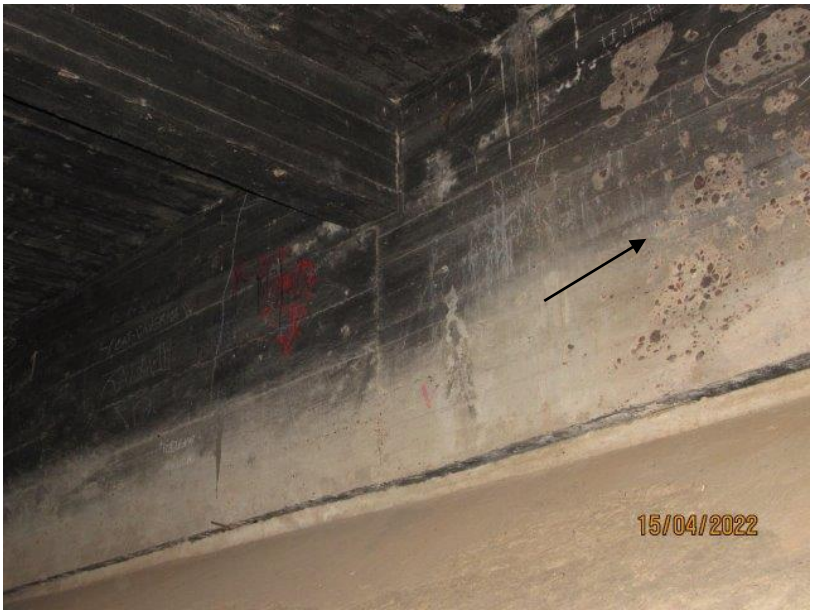


Foto 035 – Lascamento por ação do fogo na cortina CO1, face Sul. Nota-se manchas de fuligem.



Foto 036 – Armaduras expostas e corroídas na cortina CO1, face Sul. Nota-se manchas de fuligem.

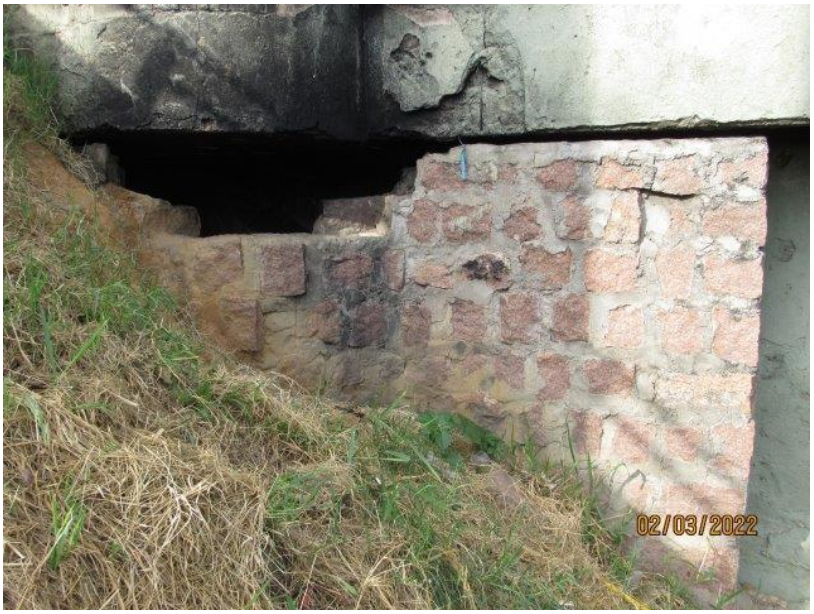


Foto 037 – Defeito no revestimento da parede de fechamento em pedra argamassada PAR4, face Leste.



Foto 038 – Concreto disgregado no muro de contenção M1, face Sul.



Foto 039 – Crescimento de vegetação no muro de contenção M2, face Norte.



Foto 040 – Fissuras de abertura maior que 1,5mm e posicionamentos diversos no pavimento, região do vão.



Foto 041 – Deterioração no piso de concreto do passeio PS1, região do encontro ENC1.



Foto 042 – Afundamento do passeio PS2, região do encontro ENC2. Nota-se desgaste generalizado.



Foto 043 – Fissura de abertura maior que 1,5mm no bloco em alvenaria do guarda-corpos GC2, face Oeste.



Foto 044 –Fissuras com abertura de 0,3mm no guarda-corpos GC1, face Superior. Notam-se juntas de concretagem deficientes.

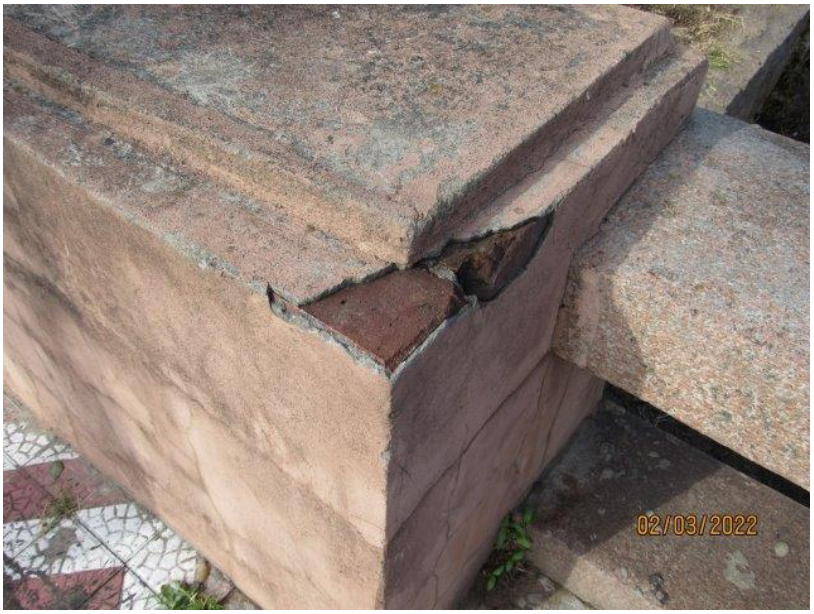


Foto 045 – Alvenaria deteriorada no bloco existente do guarda-corpos GC2, face Superior.



Foto 0046 – Concreto disgregado com armadura exposta e corroída no guarda-corpos GC2, face Leste.



Foto 047 – Fissuras aleatórias no bloco em alvenaria do guarda-corpos GC2, face Oeste.



Foto 048 – Mancha de fuligem no guarda-corpos GC2 e parede de fechamento PAR3, face Oeste.

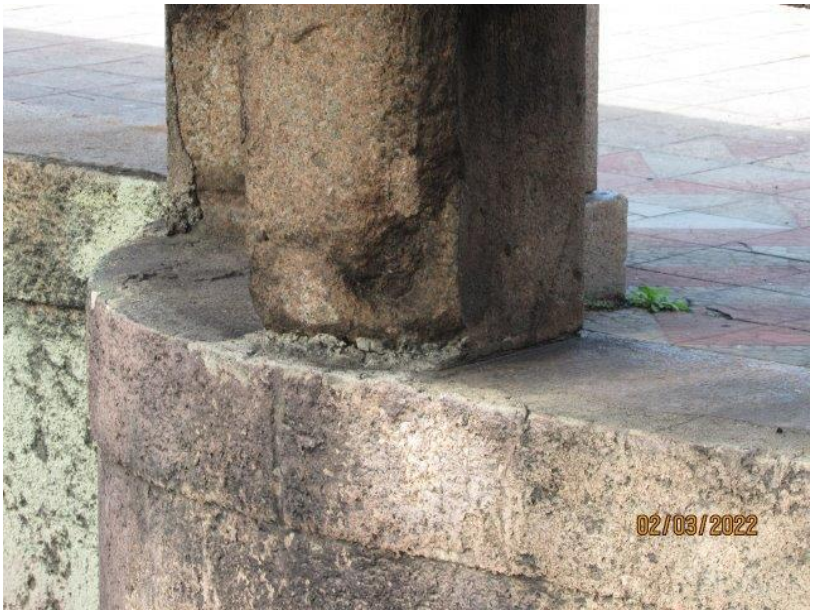


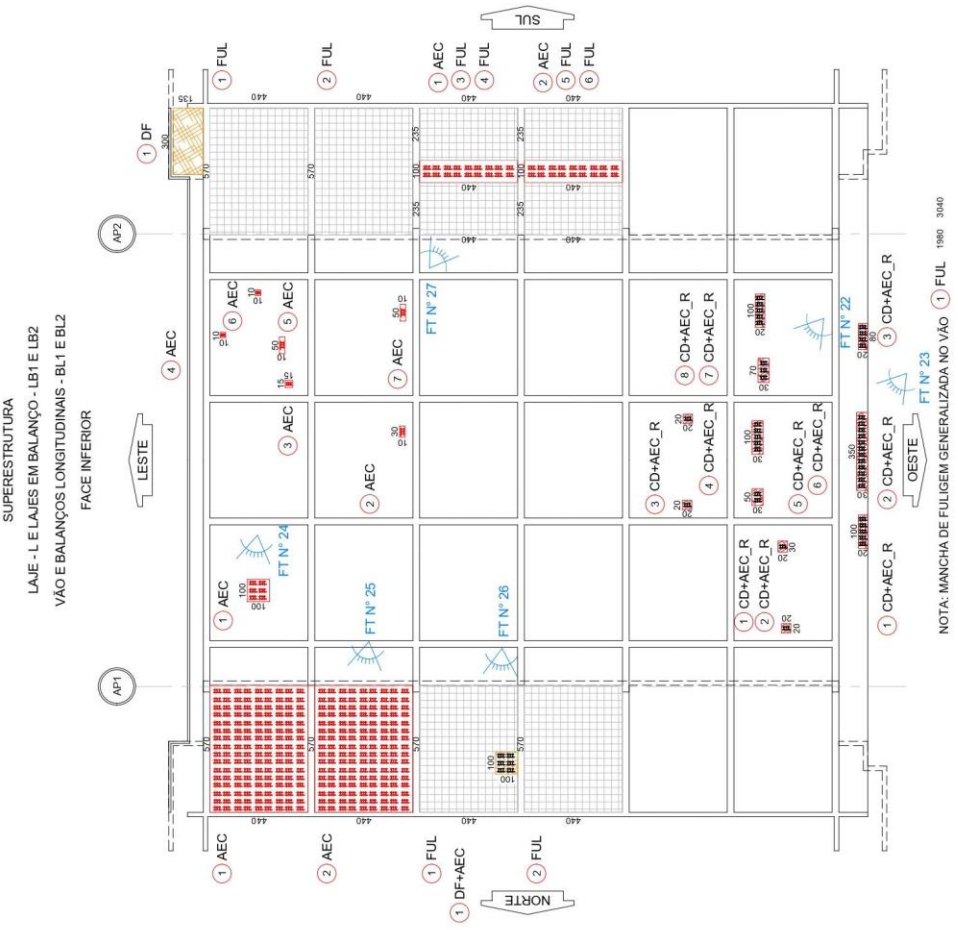
Foto 049 – Pilarete em granito do guarda-corpos GC1 com dano em ponto localizado, face Leste.

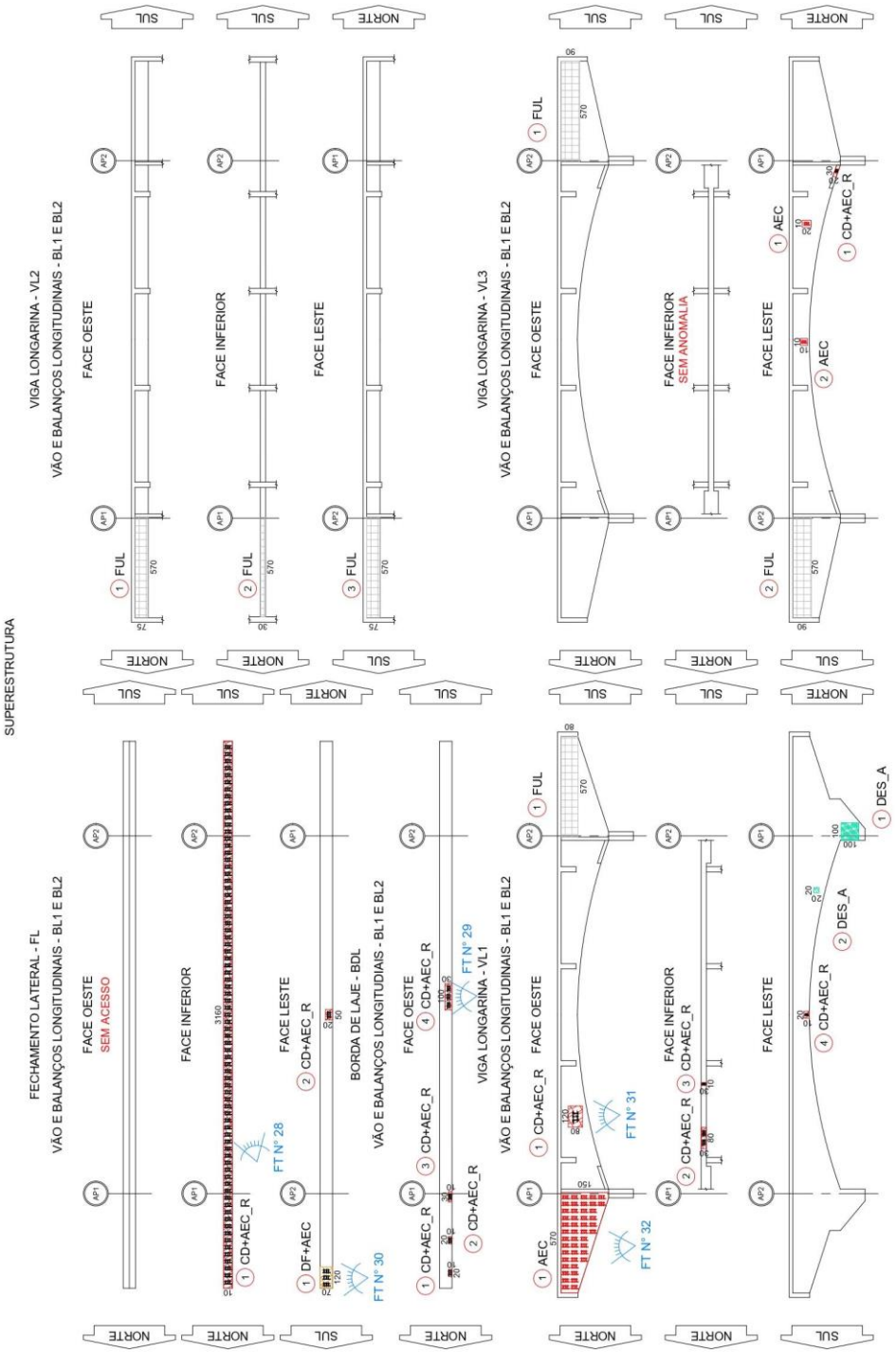
ANEXO B – CROQUIS DE ANOMALIA

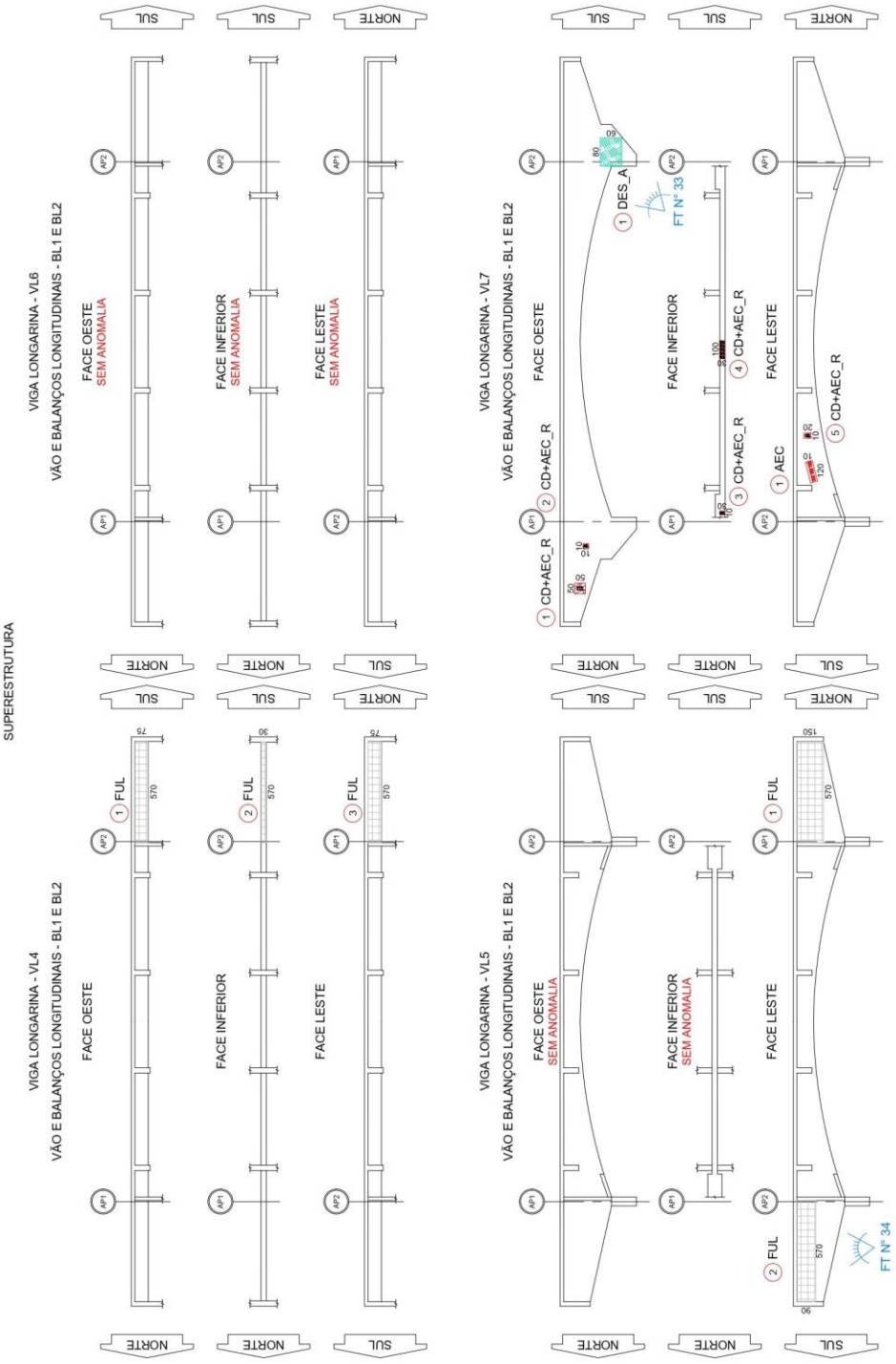
Abaixo serão apresentados os croquis das anomalias cadastradas na OAE, descritas no item **6.3 – Inspeção Visual e Levantamento de Anomalias.**

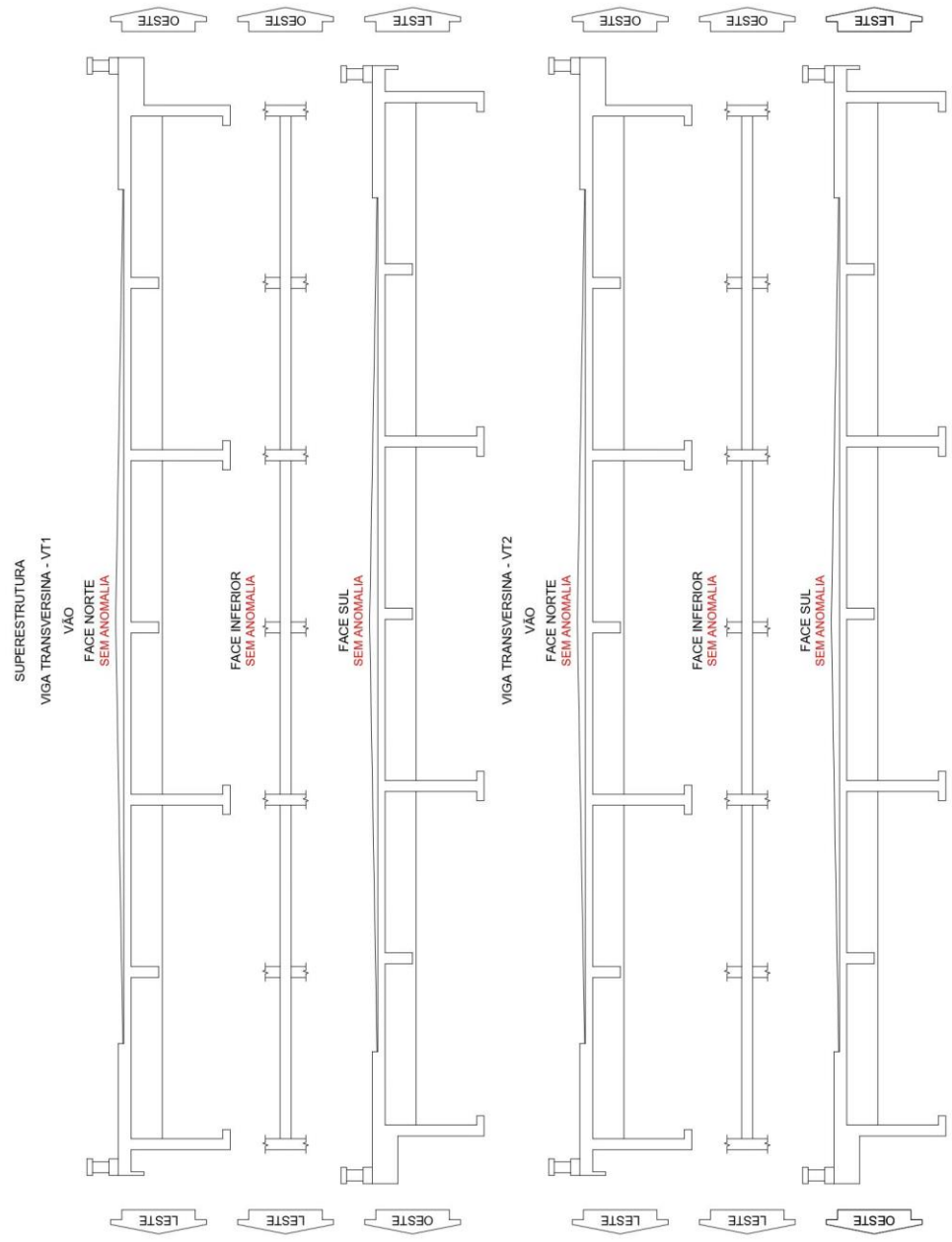
LEGENDAS

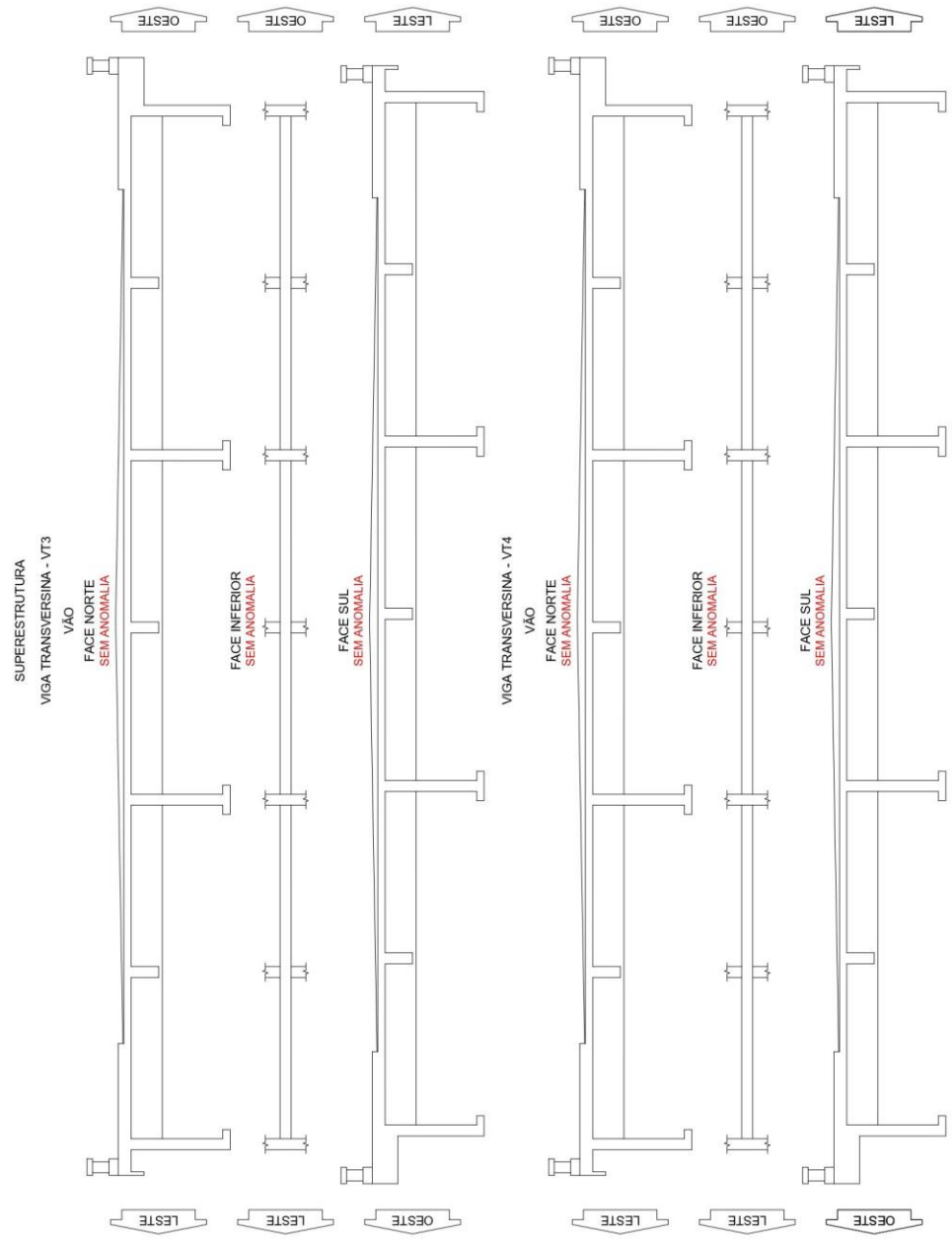
 FIS	FISSURA
 FIS_A	FISSURA ALEATÓRIA
 JC_D	JUNTA DE CONCRETAGEM DEFICIENTE
 CD_R	CONCRETO DISGREGADO RASO
 CD+AEC_R	CONCRETO DISGREGADO COM ARMADURA EXPOSTA E CORROÍDA RASO
 DF	LASCAMENTO POR AÇÃO DO FOGO
 DF+AEC	LASCAMENTO POR AÇÃO DO FOGO COM ARMADURA EXPOSTA E CORROÍDA
 DAL	ALVENARIA DETERIORADA
 AEC	ARMADURA EXPOSTA E CORROÍDA
 DR	DEFEITO NO REVESTIMENTO
 FUL	FULIGEM
 DES_A	DESTACAMENTO DA ARGAMASSA
 VEG	CRESCIMENTO DE VEGETAÇÃO
DET_P	DETERIORAÇÃO DO PASSEIO
 FIS_PF	FISSURA NO PAVIMENTO FLEXÍVEL
 AF	AFUNDAMENTO
	INDICAÇÃO DE FOTOS

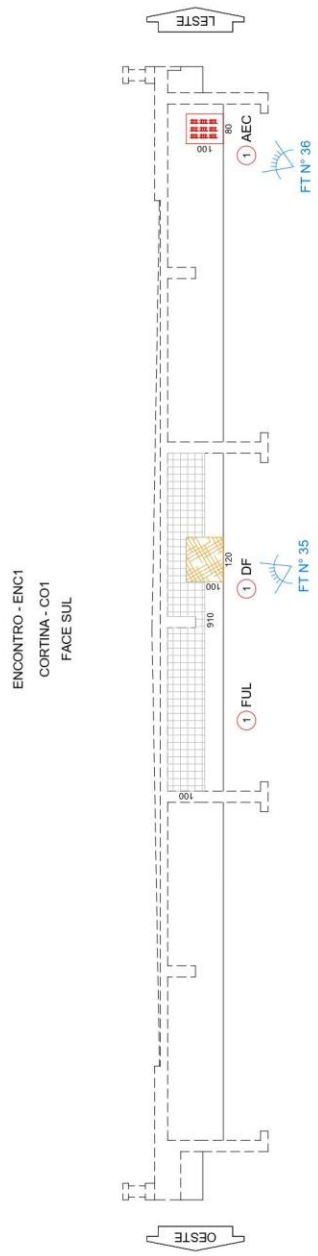

SUL
NORTE
LESTE
OESTE
AP1
AP2
SUPERESTRUTURA
LAJE - L E LAJES EM BALANÇO - LB1 E LB2
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE INFERIOR
FT Nº 22
FT Nº 23
FT Nº 24
FT Nº 25
FT Nº 26
FT Nº 27
NOTA: MANCHA DE FULIGEM GENERALIZADA NO VÃO

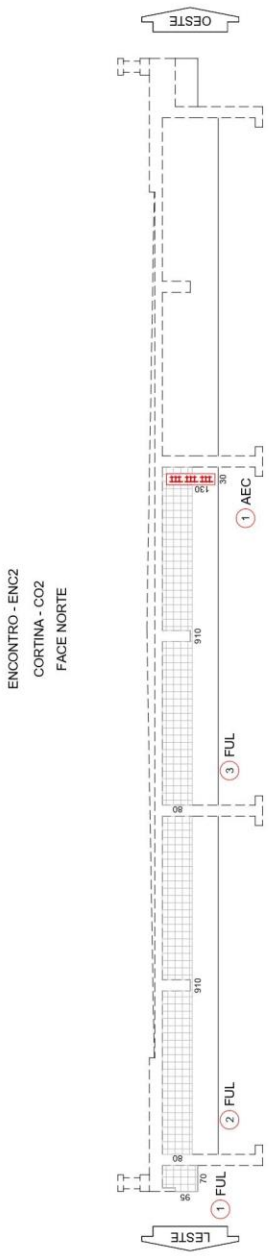

SUPERESTRUTURA
VIGA LONGARINA - VL2
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE OESTE
FACE INFERIOR
FACE LESTE
VIGA LONGARINA - VL3
FACE INFERIOR SEM ANOMALIA
FECHAMENTO LATERAL - FL
FACE OESTE SEM ACESSO
BORDA DE LAJE - BDL
VIGA LONGARINA - VL1
FT N° 28
FT N° 29
FT N° 30
FT N° 31
FT N° 32
SUL
NORTE

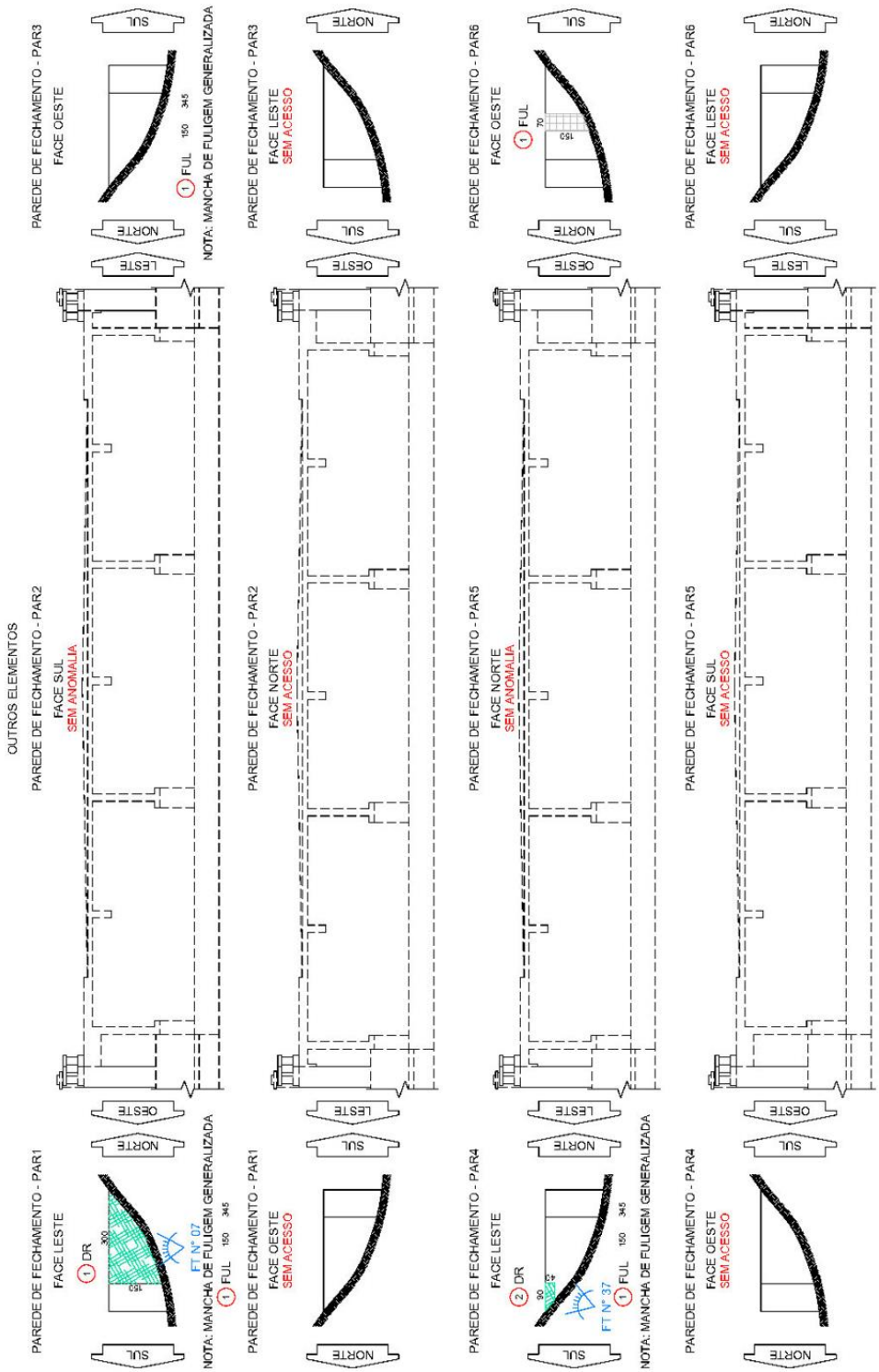

SUPERESTRUTURA
VIGA LONGARINA - VL6
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE OESTE
SEM ANOMALIA
FACE INFERIOR
SEM ANOMALIA
FACE LESTE
SEM ANOMALIA
VIGA LONGARINA - VL7
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE OESTE
FACE INFERIOR
FACE LESTE
1 DES_A
FT Nº 33
2 CD+AEC_R
1 CD+AEC_R
3 CD+AEC_R
4 CD+AEC_R
1 AEC
5 CD+AEC_R
VIGA LONGARINA - VL4
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE OESTE
FACE INFERIOR
FACE LESTE
1 FUL
2 FUL
3 FUL
VIGA LONGARINA - VL5
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE OESTE
SEM ANOMALIA
FACE INFERIOR
SEM ANOMALIA
FACE LESTE
1 FUL
2 FUL
FT Nº 34
SUL
NORTE
AP1
AP2

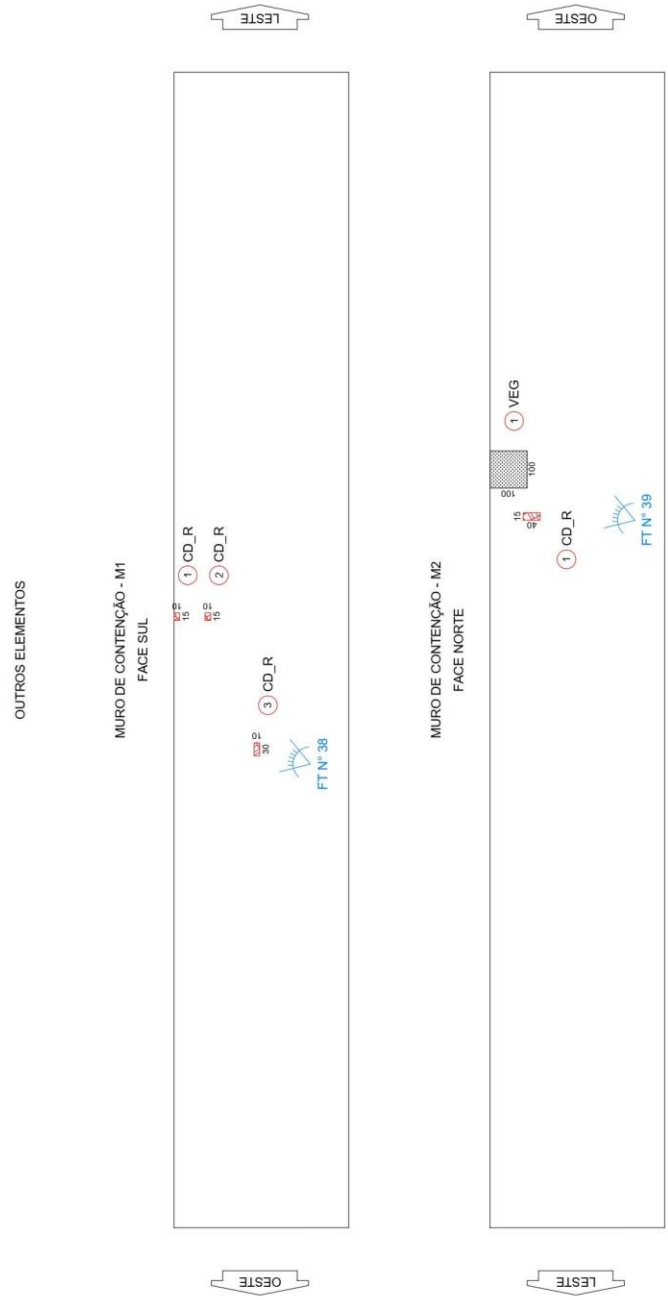

OESTE
OESTE
LESTE
SUPERESTRUTURA
VIGA TRANSVERSINA - VT1
VÃO
FACE NORTE
SEM ANOMALIA
FACE INFERIOR
SEM ANOMALIA
FACE SUL
SEM ANOMALIA
LESTE
LESTE
OESTE
OESTE
OESTE
LESTE
VIGA TRANSVERSINA - VT2
VÃO
FACE NORTE
SEM ANOMALIA
FACE INFERIOR
SEM ANOMALIA
FACE SUL
SEM ANOMALIA
LESTE
LESTE
OESTE

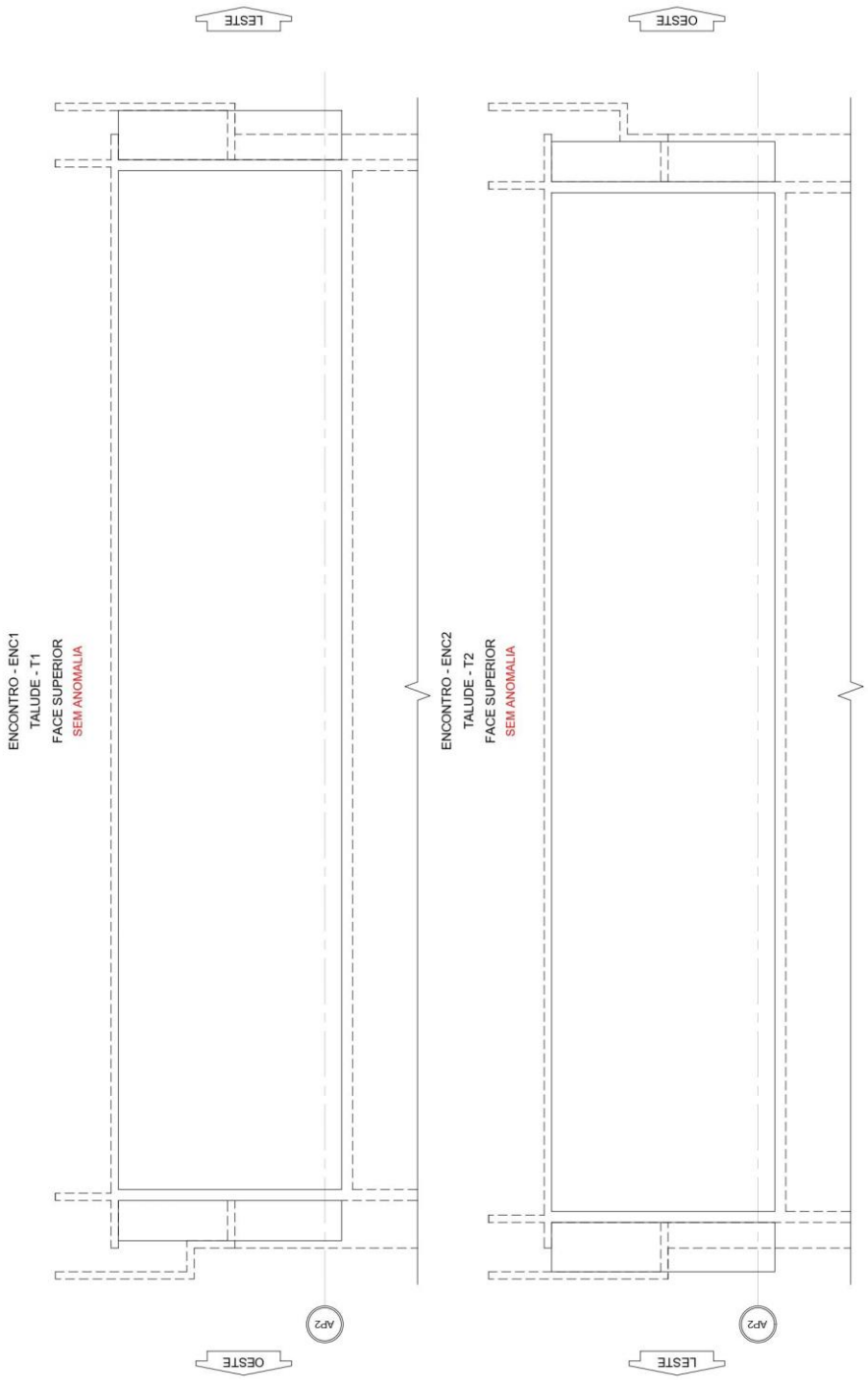

OESTE
OESTE
LESTE
SUPERESTRUTURA
VIGA TRANSVERSINA - VT3
VÃO
FACE NORTE
SEM ANOMALIA
FACE INFERIOR
SEM ANOMALIA
FACE SUL
SEM ANOMALIA
LESTE
LESTE
OESTE
OESTE
OESTE
LESTE
VIGA TRANSVERSINA - VT4
VÃO
FACE NORTE
SEM ANOMALIA
FACE INFERIOR
SEM ANOMALIA
FACE SUL
SEM ANOMALIA
LESTE
LESTE
OESTE

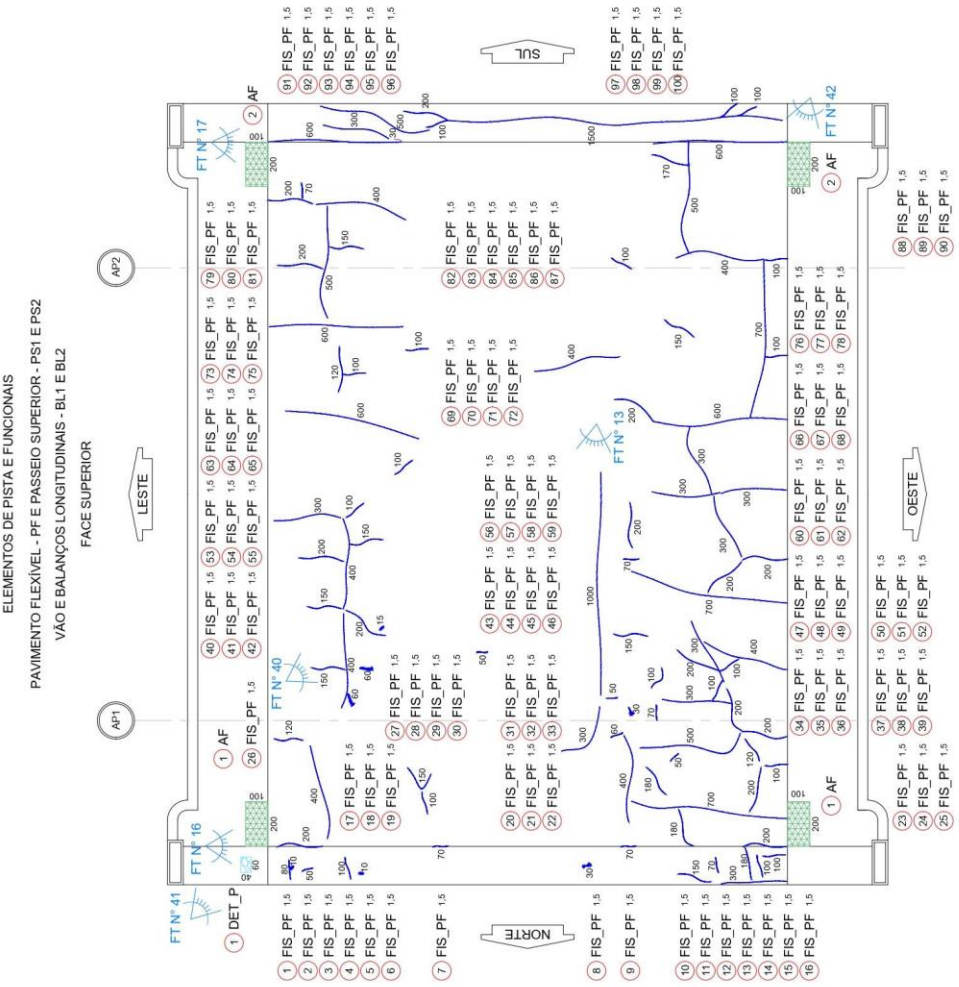

LESTE
AEC
FT Nº 36
DF
FT Nº 35
FUL
OESTE
ENCONTRO - ENC1
CORTINA - CO1
FACE SUL

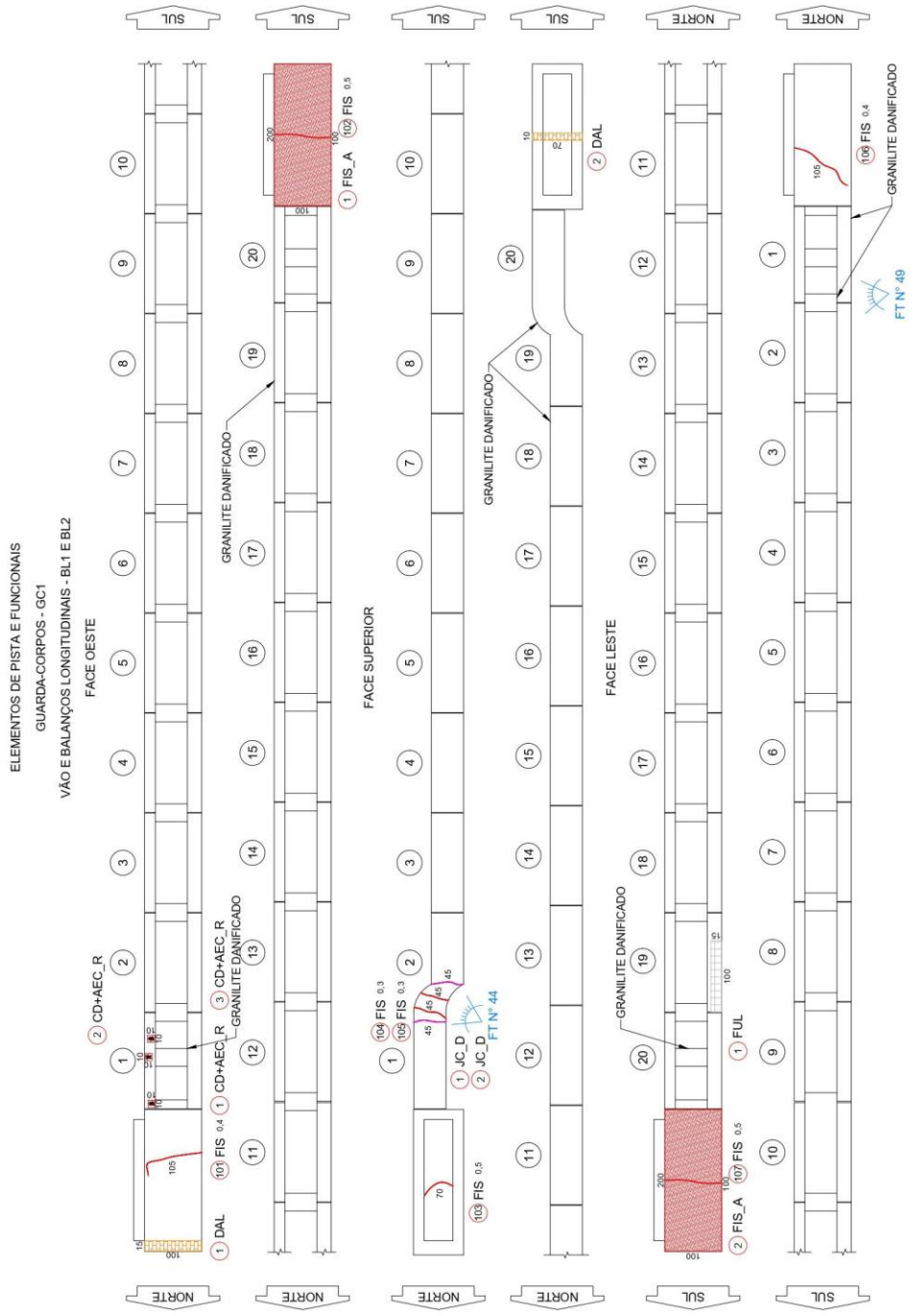

OESTE
AEC
FUL
FUL
FUL
LESTE
ENCONTRO - ENC2
CORTINA - CO2
FACE NORTE

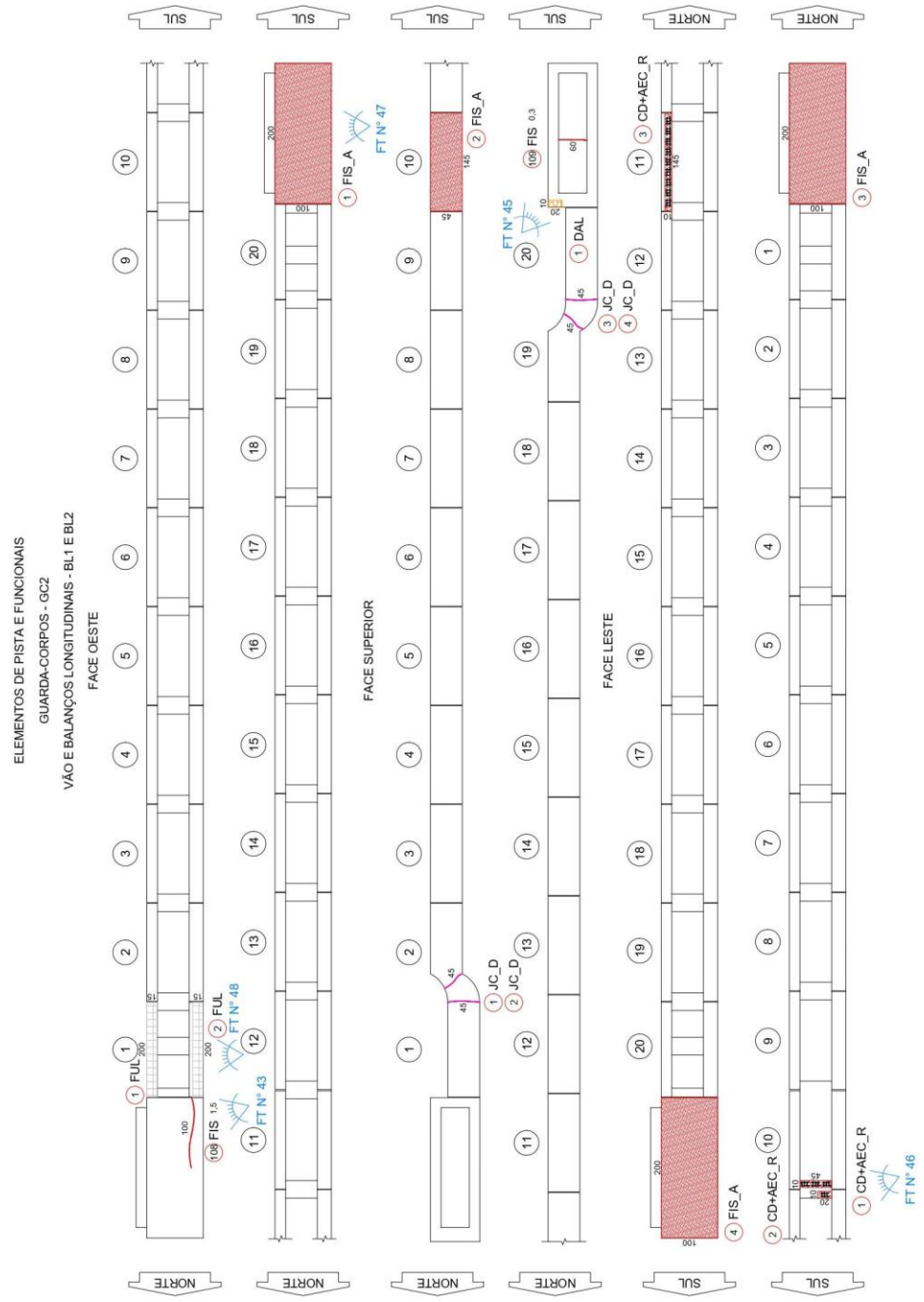

PAREDE DE FECHAMENTO - PAR3
FACE OESTE
1 FUL
NOTA: MANCHA DE FULIGEM GENERALIZADA
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR3
FACE LESTE
SEM ACESSO
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR6
FACE OESTE
1 FUL
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR6
FACE LESTE
SEM ACESSO
OUTROS ELEMENTOS
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR2
FACE SUL
SEM ANOMALIA
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR2
FACE NORTE
SEM ACESSO
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR5
FACE NORTE
SEM ANOMALIA
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR5
FACE SUL
SEM ACESSO
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR1
FACE LESTE
1 DR
FT Nº 07
1 FUL
NOTA: MANCHA DE FULIGEM GENERALIZADA
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR1
FACE OESTE
SEM ACESSO
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR4
FACE LESTE
2 DR
FT Nº 37
1 FUL
NOTA: MANCHA DE FULIGEM GENERALIZADA
PAREDE DE FECHAMENTO - PAR4
FACE OESTE
SEM ACESSO
SUL
NORTE
LESTE
OESTE


LESTE
OESTE
OUTROS ELEMENTOS
MURO DE CONTENÇÃO - M1
FACE SUL
1 CD_R
2 CD_R
3 CD_R
FT Nº 38
MURO DE CONTENÇÃO - M2
FACE NORTE
1 VEG
1 CD_R
FT Nº 39
OESTE
LESTE


LESTE
ENCONTRO - ENC1
TALUDE - T1
FACE SUPERIOR
SEM ANOMALIA
AP2
OESTE
OESTE
ENCONTRO - ENC2
TALUDE - T2
FACE SUPERIOR
SEM ANOMALIA
AP2
LESTE


ELEMENTOS DE PISTA E FUNCIONAIS
PAVIMENTO FLEXÍVEL - PF E PASSEIO SUPERIOR - PS1 E PS2
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE SUPERIOR
SUL
NORTE
LESTE
OESTE
AF1
AF2
FT Nº 16
FT Nº 17
FT Nº 40
FT Nº 41
FT Nº 42
FT Nº 13


ELEMENTOS DE PISTA E FUNCIONAIS
GUARDA-CORPOS - GC1
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE OESTE
FACE SUPERIOR
FACE LESTE
SUL
NORTE
CD+AEC_R
CD+AEC_L
CD+AEC_R
GRANILITE DANIFICADO
FIS
DAL
FIS_A
JC_D
FUL
FT N° 44
FT N° 49

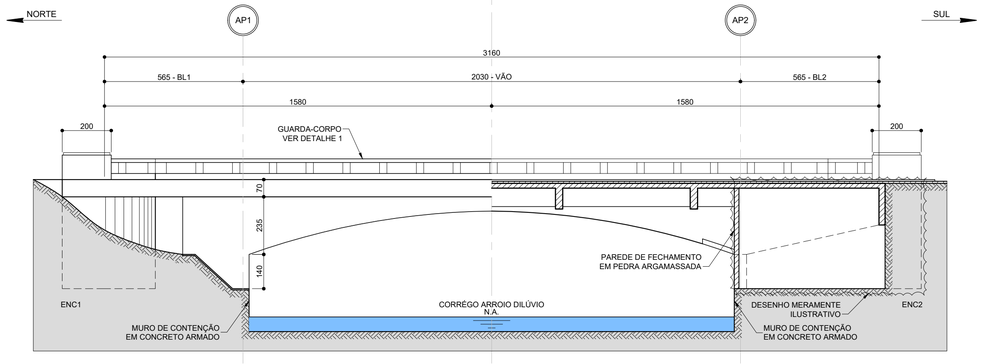

ELEMENTOS DE PISTA E FUNCIONAIS
GUARDA-CORPOS - GC2
VÃO E BALANÇOS LONGITUDINAIS - BL1 E BL2
FACE OESTE
FACE SUPERIOR
FACE LESTE
SUL
NORTE
FIS_A
FT Nº 47
FUL
FT Nº 48
FIS
FT Nº 43
JC_D
FIS_A
FIS
FT Nº 45
DAL
JC_D
JC_D
CD+AEC_R
FIS_A
FIS_A
CD+AEC_R
CD+AEC_R
FT Nº 46

ANEXO C – CADASTRAMENTO GEOMÉTRICO

O desenho **DE-332-003-001** apresentado a seguir, refere-se ao cadastramento geométrico com o detalhamento da estrutura da Ponte:

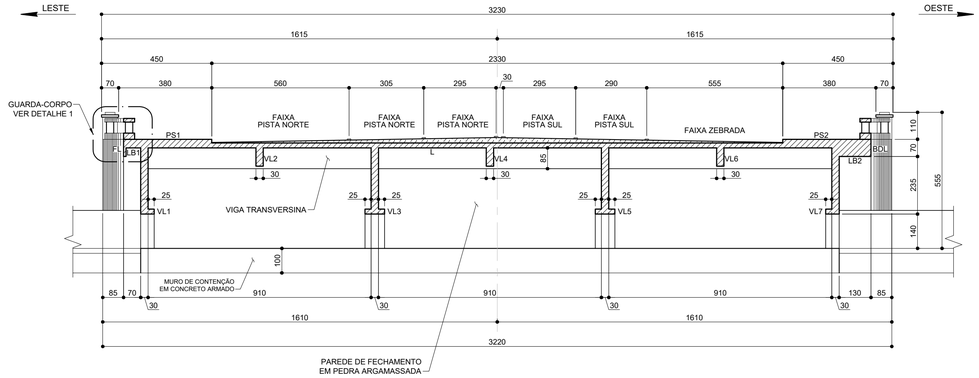
ESC.: 1:125

1/2 ELEVAÇÃO LONGITUDINAL | 1/2 CORTE LONGITUDINAL



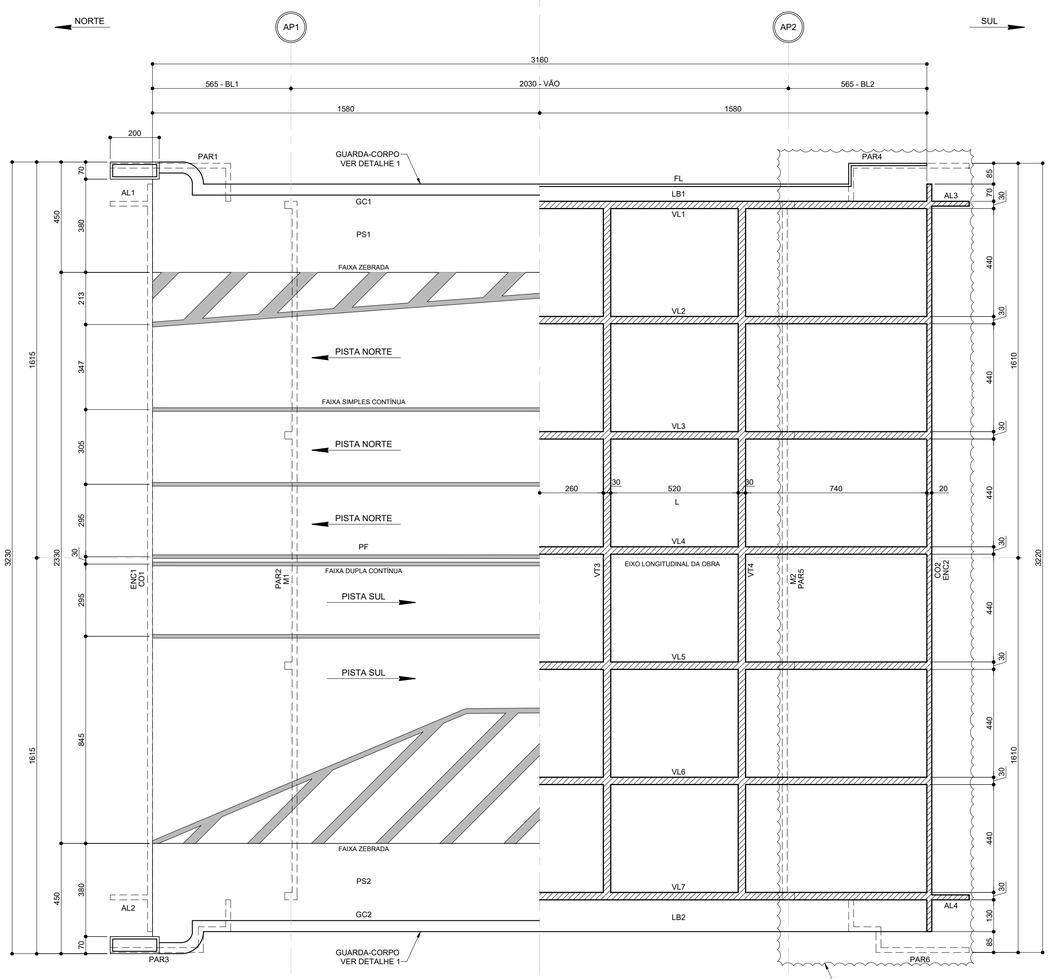
SEÇÃO TRANSVERSAL NO ENCONTRO ENC2

ESC. 1:125



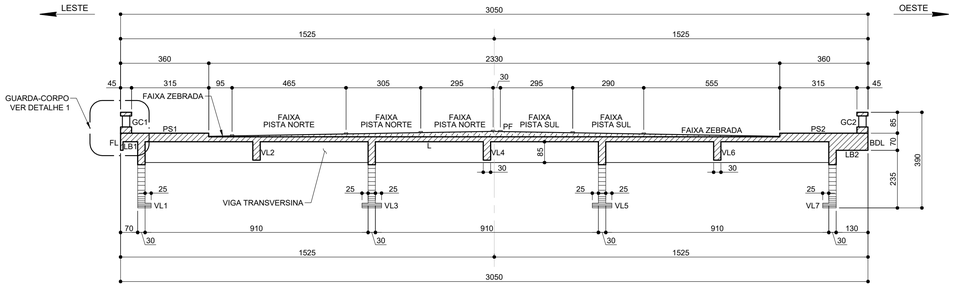
ESC.: 1:125

1/2 VISTA SUPERIOR | 1/2 PLANTA DA LAJE



SEÇÃO TRANSVERSAL NO VÃO

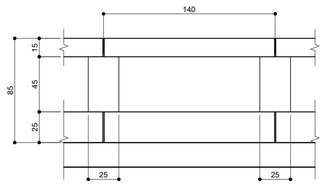
ESC. 1:125



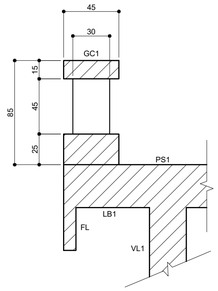
DETALHE 1
GUARDA-CORPOS DE GRANITO

ESC. 1:25

VISTA FRONTAL



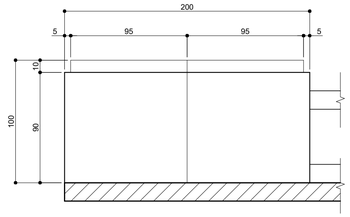
CORTE



DETALHE 2
EXTREMIDADE DOS GUARDA-CORPOS DE GRANITO

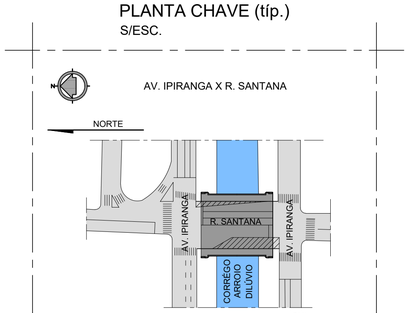
ESC. 1:25

VISTA FRONTAL



PLANTA CHAVE (típ.)

S/ESC.



CONVENÇÕES

AA	APARELHO DE APOIO
AB	ABÓBADA
AL	MURO DE ALA
ALE	ALMA EXTERNA
ALI	ALMA INTERNA
AP	APOIO
BDL	BORDA DE LAJE
BL	BALANÇO LONGITUDINAL
BLC	BLOCO DE FUNDAÇÃO
BR	BARREIRA RÍGIDA
CC	CANTEIRO CENTRAL
CO	CORTINA
DG	DENTE GERBER
DM	DEFENSA METÁLICA
ET	ESTACA
EB	EMBOQUE
ENC	ENCONTRO
FL	FECHAMENTO LATERAL
GC	GUARDA-CORPOS
GR	GUARDA-RODAS
JD	JUNTA DE DILATAÇÃO
JE	JUNTA DE ENCONTRO
LB	LAJE EM BALANÇO
LI	LAJE INFERIOR
LS	LAJE SUPERIOR
LT	LAJE DE TRANSIÇÃO
M	MURO DE CONTENÇÃO
MT	MONTANTE
P	PILAR
PA	PAREDE
PAR	PAREDE DE FECHAMENTO
PC	PISO DE CONCRETO
PF	PAVIMENTO FLEXÍVEL
PL	PLACA DE FECHAMENTO
PR	PAVIMENTO RÍGIDO
PS	PASSEIO
SAP	SAPATA
T	TALUDE
TRE	TRELIÇA
TUB	TUBULÃO
VL	VIGA LONGARINA
VLR	VIGA LONGARINA DE RAMPA
VLT	VIGA LONGARINA DE TRAVESSIA
VT	VIGA TRANSVERSINA
VTR	VIGA TRAVESSA
VTRAV	VIGA DE TRAVAMENTO

NOTAS:

1 – MEDIDAS EM CENTÍMETROS, EXCETO ONDE INDICADO.

2 – DESENHO DE ELEMENTOS ENTERRADOS, OCULTOS OU NÃO COTADOS É MERAMENTE ILUSTRATIVO.

REVISÃO	VISTO PROJETISTA	DATA	VISTO PMPA	DATA
B		06/09/2021		
A		20/04/2022		

DESENHO Nº

D E 3 3 2 0 0 3 0 0 1 B

OBRA

IPIRANGA X SANTANA

TÍTULO

CADASTRAMENTO GEOMÉTRICO

ESCALA S/ ESC.

ECR ENGENHARIA

DESENHO Nº
DE-332-003-001-B

RESPONSÁVEL TÉCNICO
FABIO GIANNINNI

Engº Fabio Giannini
D/RS/ - CREA nº 506655645

VISTO		DATA
PROJETO	WILLIAM KAO	06/09/2022
DESENHO	WILLIAM KAO	06/09/2022
VERIFICAÇÃO	FELIPE FERREIRA	06/09/2022
APROVAÇÃO	PEDRO TAMBURI	06/09/2022
LIBERAÇÃO	FABIO GIANNINNI	06/09/2022

Prefeitura de Porto Alegre

ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DA PMPA, NÃO PODENDO SER REPRODUZIDO E/OU REVELADO NO TODO OU EM PARTE SEM SUA AUTORIZAÇÃO.

APROVAÇÃO FINAL	DATA
VERIFICAÇÃO	
APROVAÇÃO	
LIBERAÇÃO	

ANEXO D – RESULTADOS DE ENSAIOS LABORATORIAIS

CONCRETUS®
ENGENHARIA DE RESULTADOS

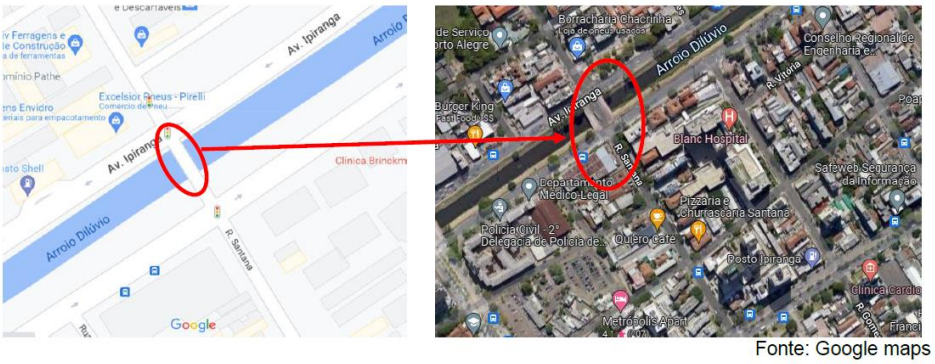
Porto Alegre, 27 de abril de 2022.

À
ECR ENGENHARIA
R. Marquês de Itu, 61, 7° Andar
São Paulo/SP
A/C: Pedro Tamburi
e-mail: p.tamburi@ecrengenharia.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO

Relatório: LT-2022/0348 rev.01

Estrutura verificada: Estrutura de concreto armado localiza na rua Santana, sobre o arroio Dilúvio em Porto Alegre /RS, identificada como **Ponte Ipiranga x Santana**.



Fonte: Google maps

Resultados de ensaio apresentados neste relatório:

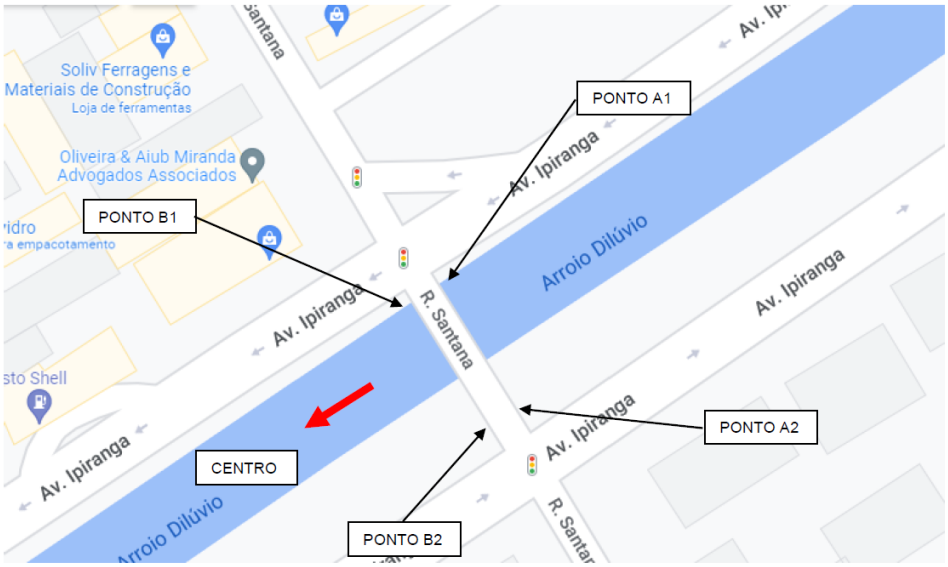
1. Detecção magnética – pacometria;
2. Velocidade de propagação de onda ultrassônica;
3. Dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão;
4. Resistência à compressão de testemunhos de concreto;
5. Resistividade do concreto;
6. Potencial de corrosão.

Período de realização dos ensaios: 24 e 28 de março de 2022.

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

Identificação dos pontos:



RESULTADOS

1. DETECÇÃO MAGNÉTICA - PACOMETRIA

Método empregado para verificação do cobrimento da armadura: Detecção magnética

A detecção magnética consiste na localização das armaduras e determinação do seu cobrimento.

O princípio da medição do recobrimento por pacometria consiste em medir as perturbações provocadas pela presença de um objeto metálico colocado em um campo eletromagnético emitido por um sistema de bobinas. O aparelho analisa os sinais induzidos por este campo e calcula o recobrimento dos aços situados no aprumo do sensor.

Devem ser destacadas as limitações do método: armaduras com cobrimento maior que 100 mm podem não ser detectadas e a precisão na leitura do cobrimento de +- 5 mm. Regiões com muita densidade de armadura podem distorcer a medição impossibilitando a identificação das barras individualmente, não é possível realizar a leitura em regiões até 5 cm das bordas das peças, e a superfície do concreto deve ser regular e sem excesso de rugosidade.

Equipamento utilizado: Scanner de parede da marca Bosch, modelo D-tect 150 Professional.

A identificação dos locais e os dados obtidos são apresentados a seguir:

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

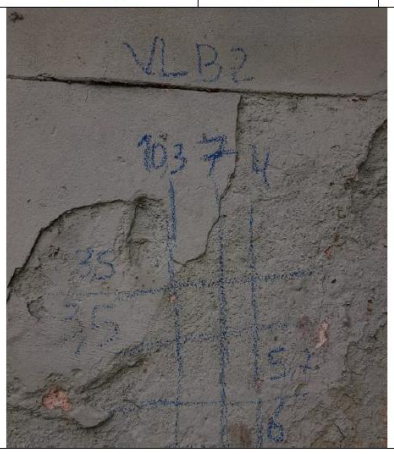
CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

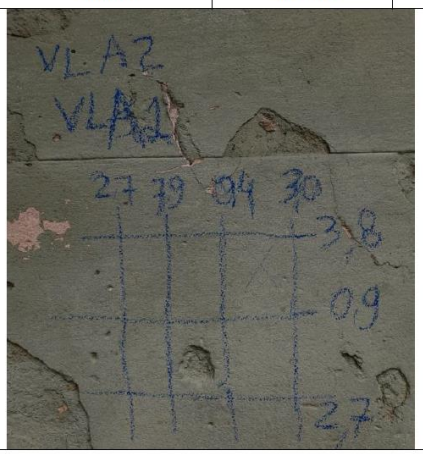
Identificação	Estribos		Armadura Principal	
	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras
	45 mm	180 mm	50 mm	185 mm
VL1 A1				

Identificação	Estribos		Armadura Principal	
	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras
	75 mm	105 mm	30 mm	130 mm
VL7 B1				

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

Identificação	Estribos		Armadura Principal	
	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras
	70 mm	120 mm	50 mm	130 mm
VL7 B2				

Identificação	Estribos		Armadura Principal	
	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras
	25 mm	140 mm	30 mm	200 mm
VL1 A2				

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

Identificação	Estribos		Armadura Principal	
	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras
	5 mm	140 mm	40 mm	200 mm
VT1 A1				

Identificação	Estribos		Armadura Principal	
	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras
	5 mm	145 mm	5 mm	180 mm
VL2 A1				

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

Identificação	Armadura Longitudinal		Armadura Transversal	
	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras
	21 mm	120 mm	12 mm	180 mm
LI A1				

Identificação	Armadura Longitudinal		Armadura Transversal	
	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras	Cobrimento médio	Espaçamento médio entre as barras
	22 mm	120 mm	17 mm	200 mm
LI A1	SEM FOTOGRAFIA			

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

2. VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA

Método empregado: ABNT NBR 8802:2019 Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.

Este ensaio consiste em utilizar um equipamento dotado de dois transdutores, um emissor e outro receptor, que emitem pulsos ultrassônicos através do concreto. Estas ondas atravessam as regiões mais densas do concreto, contornando os espaços vazios e as descontinuidades permitindo medir a velocidade de propagação da onda.

Conforme o Anexo D da NBR 8802:2019, dentre as possíveis aplicações para este ensaio estão: a possibilidade de monitorar a variação das propriedades do concreto ao longo do tempo e avaliar a resistência à compressão do concreto, mediante o estabelecimento de uma curva de correlação obtida a partir de ensaios de resistência à compressão e este método, com o mesmo concreto.

Equipamento utilizado: Instrumento de teste de velocidade do pulso ultrassônico (UPV) da marca Matest, modelo C369N, resolução de medição 0,1µs e transdutores de 55 kHz.

A identificação dos locais e os dados obtidos são apresentados a seguir:

Identificação	Distância entre os transdutores (cm)	Transmissão	Velocidade medida (m/s)
VT1 - A1	30,0	indireta	3.058
VL2 - A1	30,0	indireta	3.115
VL1 - A1	30,0	indireta	3.240
LI - A1	30,0	indireta	3.119
LI - A1	30,0	indireta	3.009
LI - A1	30,0	indireta	3.021

3. DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO

Método empregado: ABNT NBR 7584:2012 Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio.

Por se tratar de um ensaio de medidas superficiais que utiliza uma correlação entre as mesmas e a resistência à compressão, estes resultados servem para avaliar a homogeneidade do material e como referência numa possível intervenção. Neste sentido, os resultados obtidos da esclerometria devem ser comparados aos laudos de resistência à compressão dos exemplares extraídos e demais ensaios complementares.

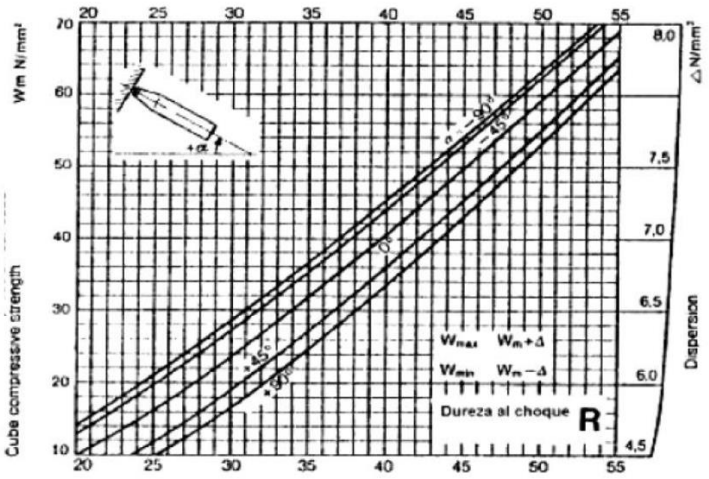
Equipamento utilizado: Esclerômetro de reflexão da marca Schmidt, modelo do aparelho: N - 47310; certificado de calibração nº 60296/21.

Nas tabelas a seguir são apresentados os índices esclerométricos médios efetivos e a resistência à compressão estimada, para cada ponto de ensaio. A resistência à compressão estimada é calculada a partir a curva indicada no esclerômetro utilizado, conforme apresentado a seguir:

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

Esclerômetro Schmidt Modelo N



Eq. 0°	$fck = 0{,}0067\ (IE\alpha)^2 + 1{,}1952\ (IE\alpha) - 18{,}000$	($R^2 = 0{,}9995$)
Eq. 90°	$fck = 0{,}0124\ (IE\alpha)^2 + 0{,}7381\ (IE\alpha) - 16{,}571$	($R^2 = 0{,}9979$)
Eq. -90°	$fck = 0{,}0143\ (IE\alpha)^2 + 0{,}6314\ (IE\alpha) - 3{,}1419$	($R^2 = 0{,}9985$)

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

Ponto	VL1 A1	VL1 A1	VL1 A1	VL2 A1	VL2 A1	LI A1	LI A1	LI A1	LI A1	LI A1
IE – 1	56	58	58	54	40*	58	60*	54	60	60
IE – 2	49	54	55	52	49	50*	55	61	57	61
IE – 3	49	59	60	51	50	62	50	53	55	54
IE – 4	57	60	55	50	52	54	56	62	55	58
IE – 5	48	60	54	42*	42*	52	56	52	60	59
IE – 6	52	54	58	50	52	62	54	57	62	52
IE – 7	53	59	55	46	50	64*	54	57	60	51
IE – 8	42*	60	53	50	51	54	54	60	60	52
IE – 9	54	57	55	45*	44	52	54	60	55	59
IE – 10	46*	54	57	54	52	60	50	55	60	55
IE – 11	52	58	52	54	47	60	39*	60	62	56
IE – 12	53	55	53	51	49	55	55	57	56	55
IE – 13	54	55	55	45*	40*	57	55	52	54	57
IE – 14	54	53	57	54	49	60	42*	55	54	54
IE – 15	57	57	52	51	50	61	50	60	60	60
IE – 16	52	59	55	57*	49	54	51	57	61	55
Índice esclerométrico médio (IE)	53	57	55	51	50	57	53	57	58	56
Posição do Aparelho	0°	0°	0°	0°	0°	90°	90°	90°	90°	90°
Coeficiente de correção (k)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Índice esclerométrico médio efetivo (IEα)	**52**	**56**	**55**	**50**	**49**	**57**	**53**	**56**	**58**	**56**
Resistência à compressão estimada (MPa)	**62,9**	**70,8**	**67,4**	**58,5**	**56,7**	**65,0**	**57,1**	**64,6**	**67,1**	**62,7**

*Índices desconsiderados do cálculo por diferirem em mais de 10% do valor da média.

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

Ponto	LI A1	LI A1	LI A1	VT1 A1	VT1 A1	VT1 A1	VT1 A1	VT1 A1	VT1 A1	VT1 A1
IE – 1	55	60	50	54	50	50	50	47*	48	55
IE – 2	58	59	59	50	51	42*	38*	58	41*	58
IE – 3	59	55	49	54	54*	48	55*	55	58*	59
IE – 4	51	50	53	52	51	46	52	56	53	51
IE – 5	59	57	54	50	50	54*	44	54	50	59
IE – 6	55	51	58	52	30*	46	50	53	54	55
IE – 7	52	60	54	54	51	48	50	54	50	52
IE – 8	59	45*	53	60*	46	44	51	50	53	59
IE – 9	56	51	53	46*	48	52	52	53	47	56
IE – 10	55	56	60*	54	42	50	48	41*	53	55
IE – 11	53	56	55	54	44	44	51	54	56	53
IE – 12	57	54	53	50	44	46	55*	56	49	57
IE – 13	60	62*	51	60*	49	51	45	55	52	60
IE – 14	49*	56	51	51	49	49	44	57	59*	49*
IE – 15	52	57	57	48	44	42*	52	57	56	52
IE – 16	54	53	55	48	41*	50	39*	54	48	54
Índice esclerométrico médio (IE)	55	56	55	54	52	48	48	49	55	51
Posição do Aparelho	90°	90°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
Coeficiente de correção (k)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Índice esclerométrico médio efetivo (IEα)	**54**	**55**	**55**	**53**	**51**	**47**	**48**	**49**	**54**	**51**
Resistência à compressão estimada (MPa)	**60,1**	**61,8**	**67,6**	**64,4**	**60,6**	**53,2**	**53,9**	**55,9**	**66,4**	**60,3**

*Índices desconsiderados do cálculo por diferirem em mais de 10% do valor da média.

4. RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE TESTEMUNHOS DE CONCRETO

Método empregado: ABNT NBR 7680-1:2015 Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Parte 1: Resistência à compressão axial.

A extração do testemunho consiste na remoção de uma porção do concreto da estrutura com o auxílio de uma serra copo diamantada com diâmetro aproximado de 75 mm para posterior ensaio de resistência à compressão axial.

Equipamentos utilizados:

- Máquina de corte da marca Hilti, modelo DD 120 do tipo perfurador diamantado concebido para perfuração a húmido em materiais minerais (com ou sem armação) utilizando coroas diamantadas;
- Máquina de ensaio de compressão elétrica digital; marca Solotest, modelo: EPC – 100 D, N° de série: 16451, escala calibrada: 0-100.000 kgf, certificado de calibração 0089/21;

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

- Paquímetro digital, marca Digimess, escala de calibração 0–150 mm, resolução 0,05 mm;
- Balança Eletrônica DIGI-TRON, capacidade máxima 10kg, resolução 0,001kg.

A identificação dos locais e os dados obtidos são apresentados a seguir:

Identificação	*Informações Adicionais*	*Dimensões médias*		*Massa específica aparente (kg/dm³)*	*Coeficientes de correção*				*Resistência à compressão (MPa)*	
		H (mm)	*D (mm)*		*k1*	*k2*	*k3*	*k4*	*fci, ext, inicial*	*fci, ext**
VL1 A2	-	106,3	74,5	2,36	-0,05	0,09	0,05	-0,04	32,8	**34,5**
VL1 A1	-	90,7	74,5	2,35	-0,08	0,09	0,05	-0,04	44,5	**45,4**
VL7 B1	-	108,5	74,5	2,34	-0,05	0,09	0,05	-0,04	49,7	**52,1**
VL7 B2	-	97,5	74,5	2,32	-0,06	0,09	0,05	-0,04	36,9	**38,3**
VT1 A1	-	98,8	74,5	2,38	-0,06	0,09	0,05	-0,04	35,8	**37,3**
VL2 A1	-	99,7	74,4	2,26	-0,06	0,09	0,05	-0,04	39,0	**40,5**

*Os resultados individuais de resistência obtidos na ruptura de cada testemunho extraído foram corrigidos considerando os coeficientes k_1 a k_4. A equação utilizada na correção é informada a seguir:

$$f_{ci,ext} = [1+(k_1+k_2+k_3+k_4)] \times f_{ci,ext,inicial}$$

COEFICIENTES DE CORREÇÃO EMPREGADOS

- Relação h/d (k_1)

Os valores de k_1 são determinados em função da relação altura (h) / diâmetro (d) dos testemunhos extraído, conforme item 5.2.2 da ABNT NBR 7680-1:2015 - Extração, preparo e análise de testemunho de concreto.

h/d	2,00	1,88	1,75	1,63	1,50	1,42	1,33	1,25	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00
k_1	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14

- Efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho (k_2)

Os valores de k_2 conforme item 5.2.3 da ABNT NBR 7680-1:2015.

Diâmetro do testemunho (d_t) mm	≤ 25	50	75	100	≥150
k_2	Não permitido	0,12	0,09	0,06	0,04

- Direção da extração em relação ao lançamento do concreto (k_3)

Conforme item 5.2.4 da NBR 7680-1:2015, para extrações realizadas no sentido ortogonal ao lançamento (pilares, cortinas e paredes moldados no local), k_3 = 0,05. Para extrações realizadas no sentido do lançamento (como lajes), k_3 = 0,00.

- Efeito da umidade do testemunho (k_4)

Quando o concreto da estrutura avaliada não estiver em contato com a água, os testemunhos devem ser mantidos seco ao ar, em ambiente de laboratório, por no mínimo 72 horas. Neste caso o coeficiente k_4 é de -0,04. Quando o concreto da estrutura avaliada estiver em contato com a água, os testemunhos devem ser acondicionados em tanque de cura ou câmera úmida, por no mínimo 72 horas. Neste caso o coeficiente k_4 é de 0,00.

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

5. RESISTIVIDADE DO CONCRETO

Método empregado: Analogia à ABNT NBR 7117-1:2020 Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos Parte 1: Medição da resistividade e modelagem geoelétrica.

A resistividade do concreto é medida pelo método dos 4 eletrodos ou método de Wenner, em analogia à NBR 7117. O equipamento utilizado para este fim é uma sonda Wenner de 4 pontos projetada para medir a resistividade elétrica do concreto em um ensaio totalmente não destrutivo.

A resistividade elétrica do concreto verifica a corrente entre a área anódica (oxidação do metal) e área catódica (redução do oxigênio) de corrosão da armadura. A intensidade dessa corrosão é maior quando a resistividade elétrica está baixa e há disponibilidade de oxigênio dissolvido na solução aquosa junto à armadura.

Equipamento utilizado: Equipamento para medição da resistividade superficial do concreto, modelo Resipod, da marca Proceq.

Na tabela a seguir são apresentados os resultados de resistividade do concreto. Os locais de medição foram os mesmos ou próximos aos da realização do ensaio de potencial de corrosão.

Identificação	Resistividade (kΩ.cm)
VL1 A1	352
VT1 A1	294
LI A1	84
LI A1	72

6. POTENCIAL DE CORROSÃO

Método empregado: ASTM C876-09 Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.

O método de medida de potencial de corrosão é utilizado como uma ferramenta eletroquímica de auxílio ao monitoramento da corrosão das armaduras de estruturas de concreto armado. Como critério de avaliação dos resultados, é comum que sejam adotados os intervalos de potencial de corrosão e sua correlação com a probabilidade de corrosão. Com este critério é possível estabelecer um panorama da situação termodinâmica de corrosão na estrutura.

Equipamento utilizado: Multímetro Fluke True RMS com a utilização de eletrodo de cobre – sulfato de cobre.

Potencial de corrosão (mV)		Probabilidade de corrosão
	Mais positivo que -200	Inferior a 10%
	Entre -200 e -350	incerto
	Mais negativo que -350	Superior a 90%

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

6.1 LAJE INFERIOR – A1

PAR2

	-104	-84	-54	-158	-90	-72	-138	-106
VL2	-117	-75	-143	-90	-157	-81	-174	-155 VL1
	-103	-62	-127	-144	-174	-128	-168	-164

VT1

OBSERVAÇÕES FINAIS

- OS RESULTADOS REFEREM-SE SOMENTE AO(S) ITEM(NS) ENSAIADO(S).
- OS RESULTADOS AQUI APRESENTADOS NÃO PODEM SER UTILIZADOS INDISCRIMINADAMENTE E SÃO VÁLIDOS SOMENTE NO ÂMBITO DESTE DOCUMENTO, SENDO VEDADA SUA REPRODUÇÃO PARCIAL. A GENERALIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA QUALQUER LOTE/UNIVERSO SERÁ DE RESPONSABILIDADE DO CLIENTE.
- REVISÃO – ADEQUAÇÃO DAS NOMENCLATURAS.

Cordialmente,

Eng. Civil Maycon J Consalter Viecili
Responsável Técnico – CREA/RS: 213737
Este laudo é assinado eletronicamente.
Emitido pelo Serasa. Válido até 08/12/2023.

Eng. Civil Josué Augusto Arndt
Responsável Técnico – CREA/RS: 143380
Este laudo é assinado eletronicamente.
Emitido pelo Serasa. Válido até 12/02/2024.

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

ANEXO – REGISTRO FOTOGRÁFICO

VL1 A2	VL1 A1	VL7 B1
		
VL7 B2	VT1 A1	VL2 A1
		

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –

CONCRETUS® ENGENHARIA DE RESULTADOS

Testemunhos preparados para ensaio


– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –