UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU – CAMPUS MOOCA
FACULDADE DE TECNOLOGIAS E CIÊNCIAS EXATAS

Eduardo Otavio Souza do Nascimento
Felipe Catezani dos Santos
Larice Botelho de Oliveira
Marcelo Martins Oliveira
Nathan Pellegatti
Rafaela de Jesus Silva

MONITORAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO EXECUTIVO DE PAREDES DIAFRAGMA

SÃO PAULO
2021

Eduardo Otavio Souza do Nascimento

Felipe Catezani dos Santos

Larice Botelho de Oliveira

Marcelo Martins Oliveira

Nathan Pellegatti

Rafaela de Jesus Silva

MONITORAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO EXECUTIVO DE PAREDES DIAFRAGMA

Monografia apresentada à Universidade São Judas Tadeu como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Pedro Silveira Gonçalves Neto

Área de concentração: Geotecnia e Fundações

SÃO PAULO

2021

FICHA DE APROVAÇÃO

Data: 26/11/2021

Horário: 18:00

Sala: Google Meet – sala virtual

Título: Monitoramento e Controle do Processo Executivo de Paredes Diafragma

Nome completo dos alunos	**RA**
Eduardo Otavio Souza do Nascimento	816121869
Felipe Catezani dos Santos	816122420
Larice Botelho de Oliveira	816114388
Marcelo Martins Oliveira	816114318
Nathan Pellegatti	816121785
Rafaela de Jesus Silva	816121818

Observações sobre o trabalho:

_____

_____

Professores da Banca examinadora	**Assinatura**
Pedro Silveira Gonçalves Neto (orientador)	
Dimas Alan Strauss Rambo	
Valdir Moraes Pereira	

Resultado: _____

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos dar forças e ânimo até aqui.

Agradecemos aos nossos pais e familiares por nos apoiarem nesta longa jornada.

Agradecemos a equipe da obra em estudo, em especial a Caroline e aos Engenheiros Fares e Emanuel, que nos deram todo suporte necessário e liberdade para acompanharmos os serviços executados na obra.

Agradecemos ao Flávio, funcionário da empresa que executou a parede diafragma, que sempre nos dava uma aula nas suas explicações durante as visitas técnicas.

Agradecemos ao nosso orientador, Pedro Neto, por chamar nossa atenção quando preciso, ele acreditou em nós mais que nós mesmos. Ao professor Dimas Rambo, obrigada por todas as dicas e honestidade durante todo esse ano, tentando sempre extrair o máximo de nós. Agradecimento especial a professora Larissa Flaifel, que suportou nossos surtos e nos deu dicas incríveis.

Aos bons e velhos amigos que mesmo distantes torceram para que finalizássemos a graduação.

A todos os mestres que tivemos ao longo da graduação por todo conhecimento passado.

Por fim, agradecemos a todos que participaram direta e indiretamente da elaboração deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho abordará o monitoramento e controle do processo executivo em estruturas de tirantes em paredes diafragma em um empreendimento localizado em São Paulo/SP, com o objetivo de identificar possíveis patologias e apresentar soluções para mitigá-las. Dessa forma, este trabalho procurou identificar as técnicas de controle de execução e medidas de mitigação de patologias passando pelos métodos de ensaio mais frequentes no ramo da construção civil, bem como as práticas de reparação e restauração que foram adotadas dos elementos apresentados nas visitas técnicas da obra em estudo, assim propondo métodos de controle de qualidade para controle das patologias, e observando na prática a aplicação dos métodos propostos. Para estudo, a pesquisa utilizada teve como propósito buscar falhas dos processos executivos que desencadeiam patologias realizando uma análise comparativa com o executado em obra. O método adotado para análise dos processos executivos da contenção da obra em estudo foi baseado nas coletas de dados das visitas técnicas realizadas, com as informações obtidas foi possível traçar um mapeamento dos riscos eminentes à execução e, designar os métodos mais eficazes de mitigação. As bases para essas análises foram extraídas das bibliografias estudadas que nortearam o rumo da pesquisa de campo.

Palavras-chave: parede diafragma; cortina atirantada; tirantes; patologia; contenções.

ABSTRACT

This paper will address the monitoring and control of the executive process in diaphragm wall tie structures in a development located in São Paulo/SP, in order to identify possible pathologies and present solutions to mitigate them. Thus, this work sought to identify the execution control techniques and pathology mitigation measures through the most frequent test methods in the construction industry, as well as the repair and restoration practices that were adopted for the elements presented during the technical visits of the works under study, thus proposing quality control methods for pathology control, and observing in practice the application of the proposed methods. For the study, the research used had the objective of looking for flaws in the executive processes that trigger the pathologies, making a comparative analysis with the one executed on site. The method adopted for the analysis of the executive processes of the containment of the work under study was based on the collection of data from the technical visits carried out, with the information obtained it was possible to draw a map of the eminent risks for the execution and designate the most effective methods of mitigation. The bases for these analyses were extracted from the studied bibliographies that guided the course of the field investigation.

Keywords: diaphragm wall; curtain wall; ties; pathology; contentions.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7
2 JUSTIFICATIVA 10
3 OBJETIVOS 12
3.1 OBJETIVO GERAL 12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
4 METODOLOGIA 13
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 13
4.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA 13
4.2.1 Procedimento de distinção e interpretação dos dados 15
4.2.1.1 Identificação do problema 15
4.2.1.2 Pesquisa bibliográfica 15
4.2.1.3 Estudo inicial e compreensão dos métodos executivos 16
4.2.1.4 Associação dos processos executivos com as patologias 16
4.2.1.5 Estudo da ocorrência das patologias e medidas de mitigação 16
4.3 ACOMPANHAMENTO DA OBRA (ESTUDO DE CASO) 17
4.3.1 Análise dos dados coletados 17
5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18
5.1 PAREDE DIAFRAGMA 18
5.1.1 Ensaios de estimativa de parâmetros do solo 19
5.1.2 Etapas de execução da parede diafragma 20
5.1.2.1 Mureta Guia 21
5.1.2.2 Escavação 22
5.1.2.3 Chapa junta e Chapa espelho 23
5.1.2.4 Armadura 24
5.1.2.5 Concretagem 25
5.2 TIRANTES 26
5.2.1 Funcionamento 29
5.2.2 Método Executivo 29
5.2.3 Preparação do tirante 30
5.2.4 Perfuração 32
5.2.5 Instalação e injeção 33

5.2.6 Protensão 33
5.2.7 Ensaios 33
5.2.7.1 Ensaio de Qualificação 34
5.2.7.2 Ensaio de Recebimento 35
5.2.7.3 Ensaio de Arrancamento 37
5.3 DIMENSIONAMENTO POR SOFTWARE 38
5.3.1 Slide v6 38
5.3.2 Geo5 40
5.3.3 Plaxis 41
5.4 PATOLOGIAS 42
5.4.1 Classificação das patologias em contenções de concreto armado 48
5.4.2 Medidas de mitigação 49
5.4.2.1 Análise de Risco 50
5.4.2.2 Metodologia de proteção e aumento da vida útil do concreto armado 53
5.4.2.3 Tratamento de trincas e fissuras 54
6 ESTUDO DE CASO 56
6.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA 56
6.2 OCORRÊNCIAS 65
7 RESULTADOS E ANÁLISES 71
7.1 ANÁLISE DE RISCO DA OBRA EM ESTUDO 71
7.2 MEDIDAS MITIGADORAS APLICADAS À OBRA EM ESTUDO 76
7.2.1 Métodos de proteção e durabilidade do concreto 77
7.3 ENSAIOS REALIZADOS 79
7.3.1 Ensaio de resistência a compressão do concreto 79
7.3.2 Ensaio de densidade do polímero 80
7.3.3 Ensaios dos tirantes 81
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 86

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano no país desencadeou um processo de metropolização e consequente centralização das cidades, tornando os centros mais atrativos devido às ofertas de trabalho e lazer. Como resultado, o percentual de pessoas nas cidades aumentou e, com elas, a quantidade de veículos, limitando os espaços e colocando a necessidade da exploração dos níveis abaixo do solo. Para atender essa demanda, a Engenharia Civil adotou a utilização de contenções que permitem a escavação de grandes profundidades de maciços de solo. Popularmente conhecidas, as paredes diafragma são uma das alternativas mais utilizadas para obras de contenção profunda (ROLNIK; FRÚGOLI JR., 2001).

Segundo Antunes (2016, p. 9),

> [...] as paredes diafragma são cortinas de concreto armado, executadas no próprio solo ou peças pré-moldadas, que auxiliam na execução de técnicas de fundações mais complexas, construções no nível do mar ou abaixo do lençol freático, em geral, áreas com baixa resistência do solo.

Paredes diafragma são estruturas com, normalmente, 20 a 30cm de espessura, no entanto, esse dimensionamento depende das cargas dos tirantes, podendo, assim, variar a espessura em casos excepcionais (HACHICH, 1998). Formada por uma parede de concreto armado, opera em conjunto com os tirantes para garantir que não ocorram rupturas e nem movimentações de forma indesejada na estrutura, evitando possíveis deslocamentos do solo (RATTICHIERI, 2015). Na definição de Reffatti (2002, p. 21), “tirantes são elementos lineares introduzidos no maciço e ancorados em profundidade por meio de um trecho alargado, denominado bulbo [...]”. O solo trabalha de forma ativa, tendendo a se movimentar no sentido contrário à parede, que atua de maneira passiva para conter o empuxo. Os tirantes aumentam a capacidade resistiva da parede e são definidos em função da força de protensão, capacidade de vencer o empuxo do solo que exerce pressão contra a contenção (BONAFÉ, 2021).

Embora contenções de parede diafragma sejam um sistema funcional e muito utilizado para estabilização do solo, estão suscetíveis a patologias devido à deficiência dos critérios de qualidade e falhas de execução da injeção dos tirantes. Na visão de Hashizume (2006, p. 93), os tirantes exercem protagonismo na ocorrência de patologias, “[...] devido à tensão do tirante, sua corrosão tende a ser maior (*stress*

corrosion), portanto cuidados especiais devem ser tomados no tratamento contra a corrosão”.

A NBR 6118 (ABNT, 2004) estabelece um cobrimento mínimo de acordo com a classe de agressividade da região, o que torna a armadura do elemento estrutural mais protegida. Um estudo prévio do solo também traz à tona os cuidados que precisam ser tomados na projeção e execução dos tirantes. De acordo com Porto (2015, p. 7), os comportamentos dos pontos de interface entre componentes potencializam o início e a progressão da corrosão, tornando-se especialmente críticos.

> [...] iniciação de fissuração em um tirante é consequência das fragilidades do sistema de proteção em zonas de interface entre componentes. Assim, os pontos mais afetados estão localizados nas zonas de acoplamento das armaduras sob a interface, entre os distintos componentes do sistema de proteção.

Segundo Antunes e Amaral (2016), possíveis sintomas de patologia na parede diafragma são provocados pela falha na cobertura da saliência e no enchimento de concreto da junta, assim sendo, a estrutura deve ser limpa e recoberta com concreto, aliado à impermeabilização cristalina. Grande parte das patologias nas cortinas são ocasionadas pela retirada antecipada da placa espelho antes do período de cura do concreto.

As principais patologias observadas em obras que ocorrem nas cortinas atirantadas e tirantes — especificamente nos painéis —, juntas horizontais construtivas e juntas de dilatação, são infiltrações ou base exposta e surgência d’água, fissuras e lascas, eflorescências, lixiviação, presença excessiva de líquens ou carbonatação, e falhas executivas nas juntas das lamelas (GUIMARÃES, 2015). Essas anomalias estão diretamente associadas aos tirantes, alertando para a importância de um rígido controle tecnológico de execução, uma vez que não é possível identificar visualmente as manifestações patológicas dessas estruturas.

Nesse contexto, foram realizadas análises sobre paredes diafragma atirantadas, usando como fonte de estudo a estrutura de contenção de uma obra localizada na Zona Sul de São Paulo. Nessa região há predominância de solo argiloso mole, que possui alta compressibilidade e baixa resistência ao cisalhamento, desse modo, a contenção de parede diafragma atirantada foi utilizada como solução para estabilizar o maciço de solo.

O presente estudo abordou as técnicas executivas de paredes diafragma atirantadas, bem como o dimensionamento geotécnico e estrutural de uma cortina, dando ênfase ao trabalho de execução dos tirantes. O intuito foi realizar o acompanhamento da execução e do controle de qualidade do sistema, evidenciando possíveis fatores causadores de anomalias construtivas e comparando à revisão bibliográfica apresentada.

2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento dos centros urbanos tem reduzido as áreas destinadas à construção, aumentando a demanda por construções no subsolo, o que resulta na necessidade de técnicas de construção que resistam a elevados carregamentos (VASCONCELOS, 2016). A estrutura de contenção é "[...] destinada a contrapor-se a empuxos ou tensões geradas em maciço cuja condição de equilíbrio foi alterada por algum tipo de escavação, corte ou aterro" (MILITITSKY *et al*., 2019, p. 497). Dentre os métodos existentes de contenção, o mais utilizado é a parede diafragma, por garantir a preservação da vizinhança das obras (MONTEIRO, 2009, p. 15).

É recorrente o surgimento de patologias nesse sistema, uma vez que o solo é um material anisotrópico, ou seja, as propriedades físicas variam com a direção que estão sendo analisadas (SANTOS, 2015). Baptista e Campos (2016) relacionam a ocorrência de patologias à execução dos tirantes, visto que eles são injetados no solo, ocasionando diversas reações e movimentações.

Dentre os estudos relacionados a patologias em contenções, grande parte associa a ocorrência de anomalias a falhas executivas do sistema, no entanto, as falhas voltadas às ancoragens têm ganhado destaque devido à recorrente ocorrência de patologias nesses elementos. Nesse sentido, Porto (2015) apresenta resultados de ensaios básicos realizados em tirantes injetados em uma cortina, em que é possível observar falhas de execução como as principais promotoras das anomalias.

Constatou-se nos tirantes ensaiados pelo autor a ocorrência de descontinuidade de nata de cimento no bulbo de ancoragem, uma seção com distribuição inadequada de armadura, descentralização da armadura no interior do bulbo e cobrimento nominal insuficiente (PORTO, 2015, p. 50). Essas falhas podem levar a diversas patologias, como problemas de infiltração na cortina, perda da capacidade resistiva do tirante, e até mesmo o rompimento.

Mikos *et al*. (2017a, p. 1) discutem os principais agentes deflagradores de manifestações patológicas em contenções, afirmando que

> as principais manifestações patológicas encontradas nesses tipos de estruturas são decorrentes da má execução [...] e, o colapso de uma estrutura de contenção pode gerar inúmeros danos econômicos, sociais e ambientais, e na pior situação, resultar na perda de vidas humanas.

Um elemento estrutural tem a tendência de avisar antes de sua falha acontecer, e nesse momento é preciso realizar visitas para inspeção e levantamento de diagnósticos (MIKOS *et al*., 2017b, p. 543). No entanto, na visão de Porto (2015, p. 128), a mitigação das patologias é possível ainda na concepção do projeto e com o controle durante todas as fases da obra.

> Uma outra característica das ancoragens é que as mesmas ficam contidas no maciço geotécnico. Em função disso, é praticamente impossível inspecioná-las após a finalização da obra. É por esse motivo, bem como outros citados anteriormente, que a qualidade dos serviços desenvolvidos pelas equipes de projeto, execução e controle são fundamentais para o sucesso do empreendimento de contenção [...].

3 OBJETIVOS

A elaboração do trabalho foi dividida em objetivos gerais e específicos.

3.1 OBJETIVO GERAL

A finalidade deste estudo foi realizar o acompanhamento da execução de uma parede diafragma atirantada, dando ênfase à execução da injeção dos tirantes em uma obra utilizada como estudo de caso, comparando sempre os métodos executivos com as bibliografias apresentadas.

Para alcançar os objetivos gerais da pesquisa, foram traçados objetivos específicos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delinear critérios executivos a partir da revisão bibliográfica.
- Propor métodos de controle de qualidade visando a mitigação das patologias.
- Aplicar as medidas de mitigação citadas na revisão bibliográfica no estudo de caso.
- Realizar análise de risco para identificar as ações preventivas e mitigadoras pertinentes a obra em estudo.

4 METODOLOGIA

A metodologia consistiu inicialmente de uma revisão bibliográfica, em que buscou-se descrever os processos de execução de uma parede diafragma atirantada, caracterizando os elementos que estão atrelados à sua metodologia de execução, identificando também os principais tipos de patologias que comumente são encontradas em estruturas de concreto.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O propósito do estudo foi identificar nas bibliografias as falhas dos processos executivos que desencadeiam patologias, realizando uma análise comparativa com o que foi executado em obra por meio de visitas técnicas a um empreendimento, caracterizando-se como uma revisão bibliográfica associada ao estudo de caso.

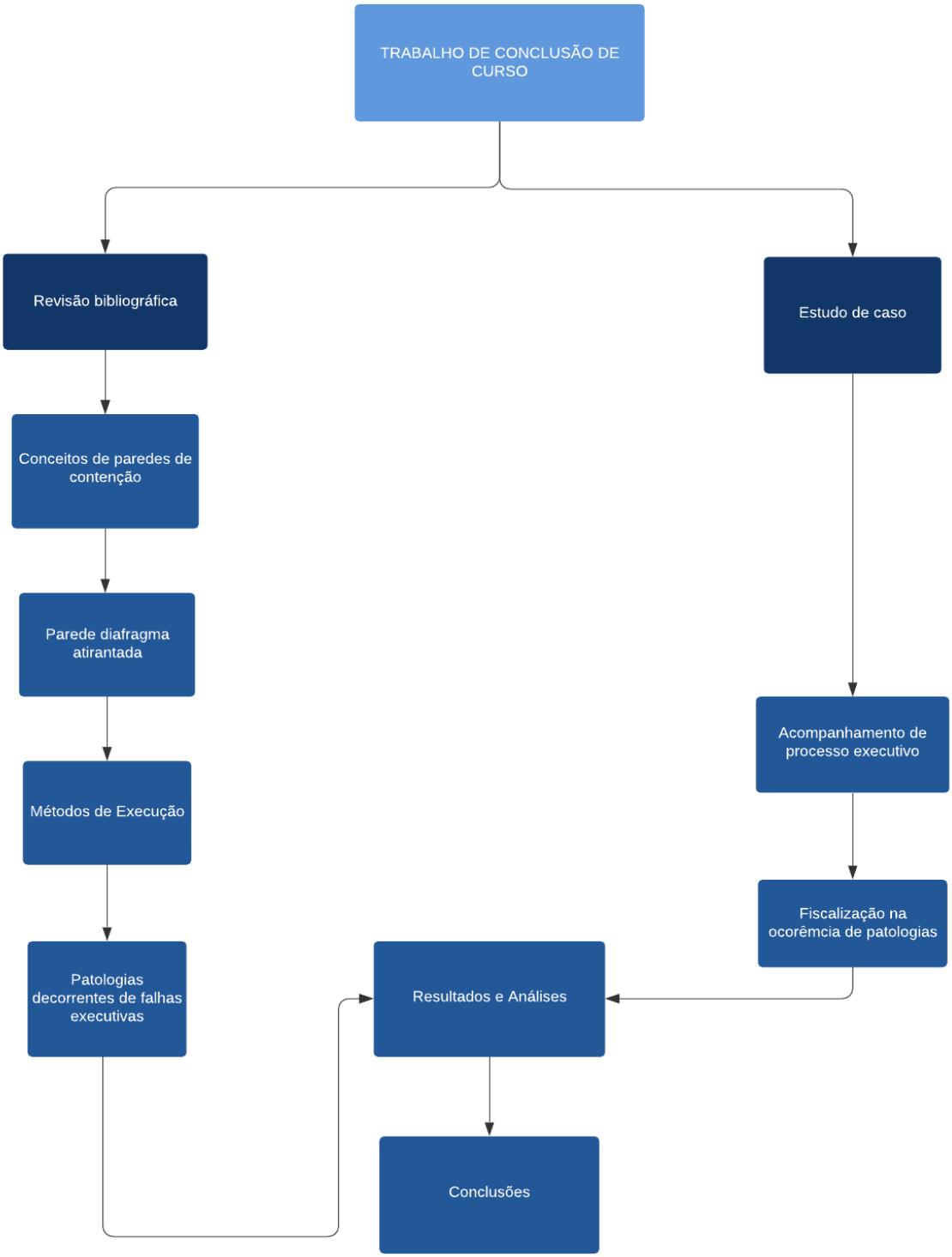
Por visar a interpretação de dados e atribuição de soluções, a pesquisa foi classificada como qualitativa (BAPTISTA; CAMPOS, 2016). Também pode ser vista como uma pesquisa teórica, pois ocorre a investigação de situações do processo executivo associado à ocorrência de patologias na bibliografia disponível, comparando aos dados coletados na edificação.

4.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa se baseou na busca dos conceitos que envolvem o tema, definições, métodos executivos, falhas ocasionadas pela má execução, patologias decorrentes dessas falhas e, todas as concepções concernentes ao estudo. Em contrapartida, foi realizada uma pesquisa de campo, através do estudo e análise de um caso real, na qual pode ser verificado a aplicação das definições bibliográficas na execução de fato, com situações concretas e, analisar o desempenho dos métodos executivos aplicados em campo.

Com a junção dos conceitos teóricos e a execução na prática foi possível unir os elementos analisados e validar se foram aplicados ou não os métodos executivos discutidos na bibliografia, além de ser possível propor procedimentos de mitigação de falhas executivas e, consequente mitigação de patologias.

Figura 1 — Fluxograma da metodologia do trabalho



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

As técnicas e as metodologias para organização e coleta de dados são fundamentais para a formulação do diagnóstico. O ideal é realizar registros fotográficos, relatórios escritos, croquis e identificações das plantas para, assim, poder estabelecer um raciocínio de estudo (LICHTENSTEIN, 1985). Neste trabalho, buscou-se unir todos os meios de estudo para uma melhor verificação da aplicação do método executivo de paredes diafragma atirantada.

4.2.1 Procedimento de distinção e interpretação dos dados

4.2.1.1 Identificação do problema

A ocorrência de defeitos nas estruturas necessita de atenção. Para isso, é necessário um acompanhamento durante a execução, para manter a qualidade de cada processo. Neste documento, foram levantados alguns pontos de destaque, utilizando como base as referências bibliográficas que informam sobre os acontecimentos, assim como o acompanhamento da obra em análise (LOTTERMANN, 2013).

- Quais os métodos de execução mais eficientes? Pergunta relevante para entender em quais processos é necessário um controle mais rígido.
- Quais os melhores procedimentos? Sejam eles de projeto ou de execução.
- Quais agentes, entre materiais, técnicas ou utilização, influenciam no surgimento de patologias na contenção citada?
- Quais os mecanismos de ocorrência dessas patologias? Para se entender como esses fenômenos surgem e evoluem.

4.2.1.2 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica levantou de forma meticulosa e ampla toda a bibliografia publicada em livros, teses, entre outros, servindo de apoio para o desenvolvimento deste trabalho, o acompanhamento do sistema construtivo de

parede diafragma presente na obra em observação e a análise da metodologia de execução adotada pela Construtora da obra em estudo.

4.2.1.3 Estudo inicial e compreensão dos métodos executivos

O presente estudou focou em analisar as patologias recorrentes no processo de execução dos tirantes em paredes diafragma atirantadas, com o objetivo de entender quais os principais fenômenos que podem degradar a estrutura, considerando que muitas dessas patologias acontecem na fase de execução dos tirantes. Dessa maneira, analisar o método executivo de uma parede diafragma atirantada é uma das etapas mais importantes para garantir a qualidade da estrutura perante as principais patologias que podem afetar a estrutura.

4.2.1.4 Associação dos processos executivos com as patologias

Nesta etapa foram feitos estudos das ocorrências encontradas na obra em consideração. A partir da revisão bibliográfica, foram realizadas análises de riscos identificando os fenômenos patológicos, com intuito de levantar hipóteses das causas a fim de estudar medidas de mitigação que sejam aplicadas no processo executivo e evite falhas operacionais.

4.2.1.5 Estudo da ocorrência das patologias e medidas de mitigação

As falhas encontradas no processo executivo revelam a carência do controle de execução da parede diafragma. Diante disto, os dados obtidos foram discutidos no decorrer deste trabalho com a finalidade de analisar os possíveis descuidos que ocorreram durante o processo executivo da parede, conforme os métodos citados na bibliografia desta pesquisa.

4.3 ACOMPANHAMENTO DA OBRA (ESTUDO DE CASO)

Diante da necessidade de verificar na prática os métodos desenvolvidos nas bibliografias, a proposta foi realizar o acompanhamento de uma obra que estivesse executando parede diafragma atirantada, até mesmo para auxiliar no entendimento de todas as fases executivas e detalhes que podem ocorrer na vivência de obra, e que muitas vezes não estão descritos nos livros. Visando também correlacionar a prática com a teoria, foi escolhido uma obra para realização dos estudos.

4.3.1 Análise dos dados coletados

Os dados obtidos foram discutidos no decorrer deste trabalho com a finalidade de analisar os possíveis descuidos que ocorreram durante o processo executivo da parede, conforme os métodos citados na bibliografia desta pesquisa, e propor uma metodologia voltada a investigação dos riscos que levam a inserção de métodos mitigadores de patologias durante a execução.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 PAREDE DIAFRAGMA

Parede diafragma consiste em um muro vertical formado por painéis alternados ou sucessivos capazes de conter os empuxos do solo (NESPOLI; NETO; TAKANO, 2014). Quando em conjunto com tirantes, possuem a capacidade de aumentar a resistência das cargas provenientes do solo, podendo variar, normalmente, a espessura entre 20 e 40cm, dependendo das cargas e espaçamento dos elementos de ancoragem (ANTUNES E AMARAL, 2016).

Com o avanço da tecnologia na Europa, foi possível testes na primeira parede diafragma. Mais tarde, na Itália, em meados de 1950, foram construídas, para as obras do metrô de Milão, as primeiras paredes diafragma de concreto armado. A parede diafragma surgiu com o intuito de impermeabilização, entretanto, por possuir um grande potencial para estabilização de solos, passou a ser utilizada na contenção de terrenos em escavações de obras que envolvam o subsolo, tornando-se uma das principais formas de contenção (PULLER, 1996 *apud* ORTIZ, 2011).

No Brasil, as paredes diafragma surgiram no final da década de 1960. Esse modelo de contenção foi adotado pelo metrô de São Paulo na construção das estações Saúde, São Joaquim, República e Anhangabaú, além de muitas outras, fazendo com que a parede diafragma se popularizasse. Hoje, sua utilização é vista em diversos segmentos de obra, tais como: canalização de rios, execução de túneis, paredes de trincheiras enterradas, construção de poços e silos subterrâneos, e construção de garagens subterrâneas (FRANKI, [2021]).

O uso desse método tornou-se frequente devido aos novos rumos da urbanização nas cidades, demandando a utilização de níveis abaixo do solo. Por ser um método seguro, econômico e de rápida execução, atende às necessidades atuais com eficiência e praticidade. Segundo Monteiro (2009, p. 15),

> Tendo em vista que as edificações vizinhas quase sempre são antigas e se encontravam em mau estado de conservação e preservação ou apoiadas em fundações diretas. Por este motivo, a parede diafragma tem sido muito utilizada dentre diversas soluções de contenção, visando à preservação da vizinhança das obras.

Este sistema apresenta baixos níveis de vibração durante sua construção em relação a outros métodos construtivos, preservando edificações vizinhas. Além disso, possui baixo impacto ambiental durante a obra, com ruídos moderados, adequando-se às grandes cidades, o que o torna vantajoso diante de outros métodos de contenção para execução nos centros urbanos[1].

5.1.1 Ensaios de estimativa de parâmetros do solo

De acordo com Ortiz (2011), para projetos geotécnicos é fundamental fazer o reconhecimento do subsolo para torná-los seguros e também econômicos. Os parâmetros do solo, os quais, possibilitam os cálculos de deslocamentos, esforços e verificações de segurança para detalhamento do projeto da parede diafragma são obtidos por meio da realização de ensaios de campo, tais como sondagens a percussão (SPT) ou ensaios de cone (CPT) e piezocone (CPTU).

O *Standard Penetration Test* (SPT), de acordo com Ortiz (2011), é popularmente utilizado como método de investigação para projetos de fundações e contenções por ser econômico, é normatizado pela ABNT, NBR 6484 (2020), e possui por vantagens, segundo Schnaid (2000), na visão de Ortiz (2011): (i) facilidade na utilização do equipamento; (ii) baixo custo; (iii) obtenção de um valor numérico de ensaio que pode ser relacionado com regras empíricas do projeto.

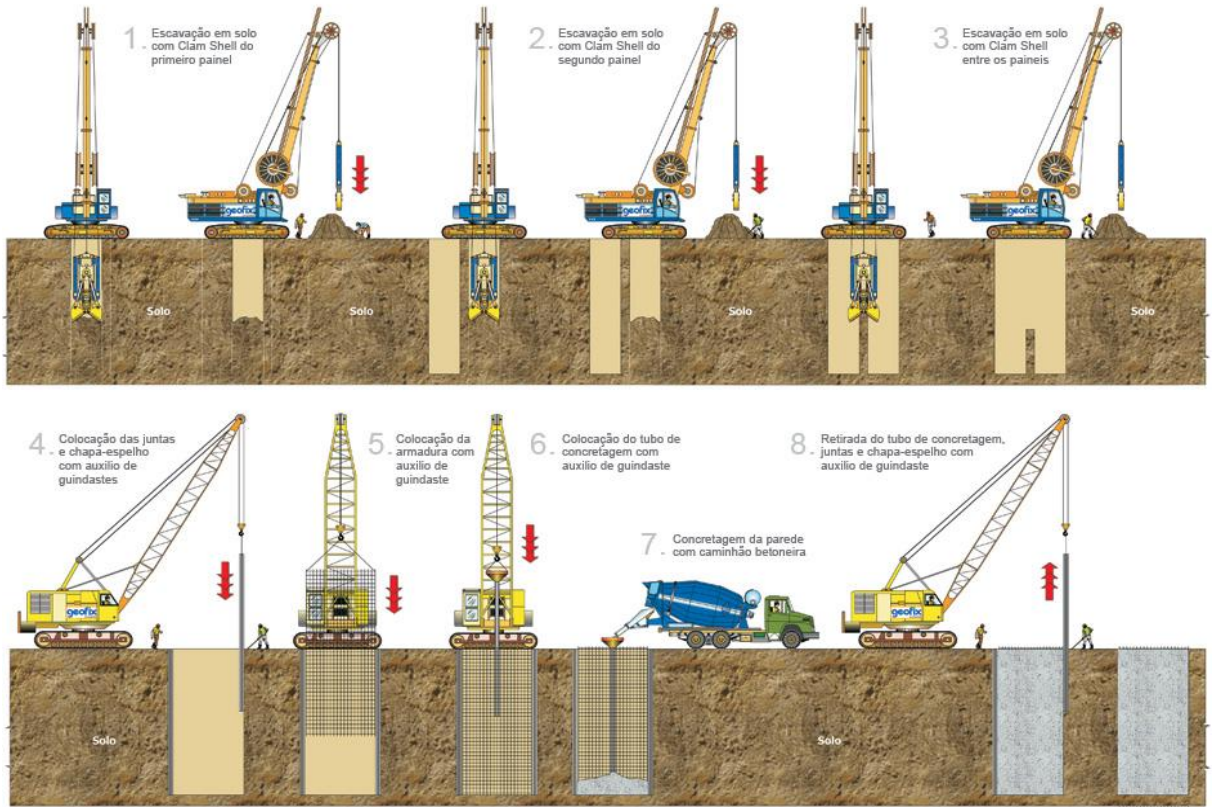
Como ferramentas de prospecção geotécnica, o *Cone Pentration Test* (CPT) e o *Pezocone Penetration Test* (CPTU) possuem a classificação internacional para realização de ensaios de geotecnia. Segundo Ortiz (2011), os resultados são capazes de determinar a estratigrafia de perfis de solo, as propriedades dos materiais prospectados, principalmente resíduos de argilas moles, e prevê o potencial de carga de fundações. Segundo Schnaid (2000), na visão de Ortiz (2011) os procedimentos de ensaios são padronizados devido à diferença dos equipamentos, que são classificados em: (i) Cone Mecânico; (ii) Cone Elétrico; (iii) *Piezocone*.

[1] Informações cedidas aos autores pela empresa que executou a contenção na obra.

5.1.2 Etapas de execução da parede diafragma

Para a execução da parede diafragma, é fundamental a utilização de mão de obra qualificada, devido à complexidade de construção desse sistema. Podem ser moldadas *in loco*, pré-fabricadas ou plásticas, e são compostas por lamelas, que possuem a continuidade e alinhamento assegurados pelo auxílio de chapas junta, e, logo após a concretagem, as chapas juntas instaladas na parede são retiradas. De acordo com Antunes e Amaral (2016), as etapas de construção da parede diafragma são divididas em execução de mureta guia, escavação, montagem e concretagem do painel e a escavação da contenção.

Figura 2 — Processo executivo da parede diafragma



Fonte: Geofix Fundações, [2021]

5.1.2.1 Mureta Guia

As muretas guia são paredes de concreto armado executadas ao longo de todo o perímetro da obra, e possuem a função de manter estável a parte superior dos painéis, evitando desmoronamentos devido à presença de lama, para que a ferramenta de escavação consiga atuar. Também são utilizadas como guia para manter o alinhamento das paredes, visto que estas são executadas em várias etapas (ANTUNES E AMARAL, 2016).

Quando o terreno vizinho está próximo da mureta guia, é necessário realizar a submuração (muro provisório) para melhorar a estabilidade da fundação vizinha. A mureta deve ser locada por topógrafos, sendo a espessura interna da parede acrescida em 3cm para paredes de 30, 40 e 50cm, ou acrescida de 5cm para paredes com mais de 50cm.

A mureta é executada e nivelada partindo do ponto crítico — nível mais baixo — de seu trajeto, e sugere-se que essa parede seja executada diretamente no solo, utilizando apenas formas internas e concretadas diretamente contra o terreno. Após a desforma, a mureta guia deve ser travada internamente, para evitar o seu fechamento devido à movimentação de equipamentos pesados no seu entorno (BN ENGENHARIA, 2017).

Figura 3 — Mureta guia

Fonte: Instituto de Engenharia, 2021

5.1.2.2 Escavação

Após todo o percurso ser definido pela mureta guia, pode ser iniciado o processo de escavação. Devido à instabilidade do solo, faz-se necessária a utilização de um material estabilizante, sendo a lama bentonítica o mais comum, que compõe-se de bentonita e água, e possui a propriedade tixotrópica, capaz de estabilizar e criar uma camada impermeabilizante durante toda a escavação (FALCONI *et al*., 2019).

Equipamentos modernos viabilizam o correto posicionamento da escavação, controlando a verticalidade da parede diafragma e minimizando possíveis falhas durante a execução, agilizando os processos executivos. São utilizados dois tipos de máquinas no processo de escavação, a hidrofresa e o *clamshell* (ALMEIDA, 2013).

- A hidrofresa utiliza o método de retirada de material misturado à lama bentonítica, necessitando de uma recuperação para a perda do material estabilizante, um dos fatores que a torna um maquinário pouco usual para obras profundas ou para terrenos difíceis.
- A Clamshell realiza o corte e o transporte do solo, é um equipamento que possui performance relevante na execução de paredes diafragma por ter um controle de velocidade maior e não contaminar a lama bentonítica.

Figura 4 — Hidrofresa

Fonte: Notícias Maquinaria, 2020

O processo de escavação da parede diafragma é realizado em partes, denominadas lamelas. Em razão da desestabilização e rupturas causadas no solo pelo maquinário, as lamelas são abertas de modo intercalado, a fim de evitar a destruição da que acabara de ser concretada (RATTICHIERI, 2015). Conforme o avanço da escavação, faz-se necessária a introdução de lama bentonítica na vala assim que forem atingidas alturas entre 1,0m e 1,5m, a lama tem que permanecer a um nível de 0,5m abaixo das muretas guia para evitar possíveis desmoronamentos (ALMEIDA, 2013).

5.1.2.3 Chapa junta e Chapa espelho

Antes de dar início à concretagem, é necessária a implantação de painéis metálicos que servem como moldes, chamados de chapa junta e chapa espelho, utilizados para melhorar o aspecto das lamelas. Contribuem, também, para dar a continuidade em toda a extensão da parede e auxiliam para que seja formada a vedação, são retirados quando o concreto inicia a sua pega (ALMEIDA, 2013).

A chapa junta tem o objetivo de formar o encaixe macho e fêmea entre as lamelas durante a execução, enquanto a chapa espelho tem como função evitar que o concreto lançado seja perdido devido a irregularidades no solo, efeito *overbreak*. As chapas junta e espelho são responsáveis pelo acabamento estético da parede diafragma (FRANKI, [2021]).

Figura 5 — Chapa junta

Fonte: Spada, 2017

Figura 6 — Chapa espelho

Fonte: Solo.Net, [2021]

5.1.2.4 Armadura

Em sua composição, a armadura tem barras longitudinais e estribos montados de acordo com o projeto executivo, tendo cuidado na disposição dos estribos para não comprometer o tubo tremonha, sendo içada e mergulhada com o auxílio da lama bentonítica na vala (FALCONI *et al*., 2019).

O espaçador é colocado na armadura para que deslize com facilidade nas chapas juntas ou espelhos, garantindo também o cobrimento mínimo de concreto para o qual a cortina foi projetada. No projeto de armação deve ser levado em consideração que a concretagem é realizada pelo método de submersão, assim o espaçamento entre as barras e o cobrimento mínimo deverá ser garantido para sua execução (FRANKI, [2021]).

Figura 7 — Gaiola de armação para parede diafragma de 30cm

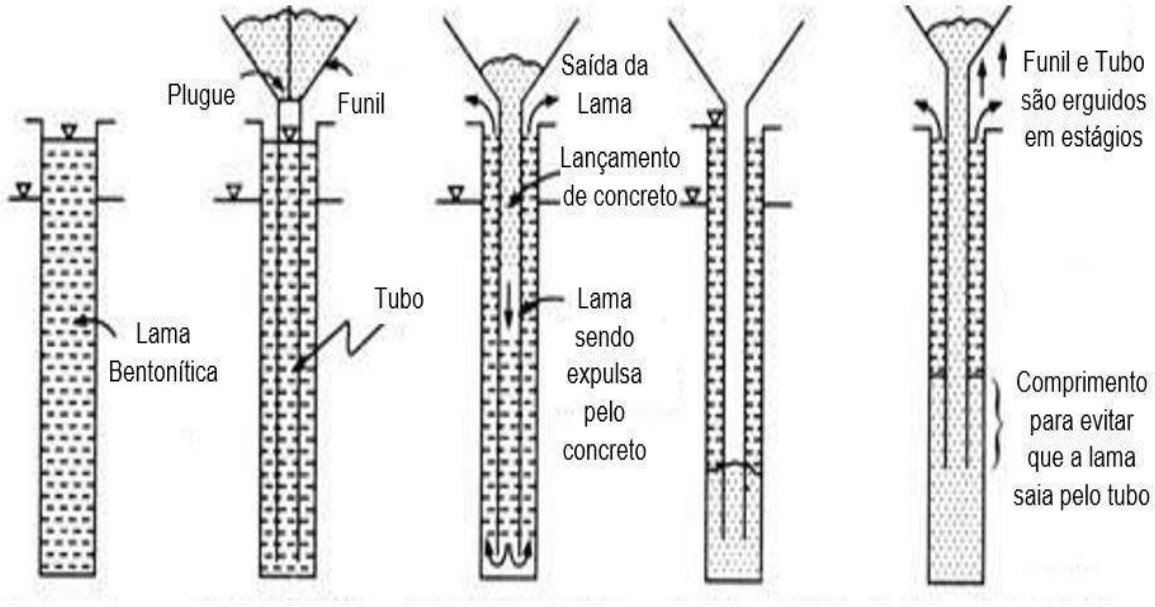
Fonte: SOLO.NET, [2021]

5.1.2.5 Concretagem

Para que o concreto atinja todos os pontos da escavação, se faz necessário que este possua alta trabalhabilidade e fluidez a fim de expulsar a lama bentonítica, esta não deve se misturar com o material cimentício durante a etapa. Seu fornecimento deve ser ininterrupto para evitar danos à continuidade do processo construtivo, tendo baixas tolerâncias para o intervalo de troca dos caminhões betoneira (ANTUNES E AMARAL, 2016).

A concretagem é feita pelo método de submersão, a técnica para o procedimento precisa ser especial para a remoção da lama bentonítica. Para isso, é necessário realizar a inserção do tubo *tremie* (tubo tremonha), constituído por tubos de rosca, até que seja atingido o comprimento necessário para chegar ao fundo da vala. O tubo é posicionado no centro da armadura e, consequentemente, da lamela, para que se atinja todos os pontos necessários para completá-la, este deverá ser içado para manter uma altura de dois metros a partir do nível da concretagem. Pelo fato da densidade do concreto e da lama bentonítica serem diferentes, esta é expulsa quando o concreto é lançado, voltando para os silos, uma vez que não pode ser descartada no solo (FRANKI, [2021]).

Figura 8 — Concretagem com Tubo Tremonha



Fonte: Adaptado de Larisch, 2016

Em alguns casos, podem surgir lacunas que não foram preenchidas durante a etapa intitulada *bicheira*, esta pode ter sido ocasionada pela falta de trabalhabilidade do concreto ou algum ponto inalcançável, e será tratada após a retirada do solo, o grauteamento se torna uma solução para a correção do elemento (BORDUN, 2014).

Após os procedimentos executados, uma viga de coroamento é colocada sobre as lamelas com a função de unificar todo o conjunto e dando apoio à estruturação para a laje térrea do edifício a ser construído, para o caso de construção na parte superior. É dispensada a utilização da viga de coroamento para cortinas que utilizam tirantes (FALCONI *et al*., 2009, p. 526).

5.2 TIRANTES

Segundo Dias e Yassuda (2019, p. 603), capazes de resistir a esforços de tração, tirantes são peças compostas por monobarras ou cordoalhas utilizadas para conter o maciço de solo, comumente utilizados quando a estrutura de contenção não consegue suportar as tensões existentes no solo, portanto, são utilizados tirantes para manter o travamento da estrutura.

> [...] Tirante é um elemento linear capaz de transmitir esforços de tração entre suas extremidades: a extremidade que fica fora do terreno é a cabeça e a extremidade que fica enterrada é conhecida por trecho ancorado, e designada por comprimento ou bulbo de ancoragem. O trecho que liga a cabeça ao bulbo é conhecido por trecho livre ou comprimento livre (LL).

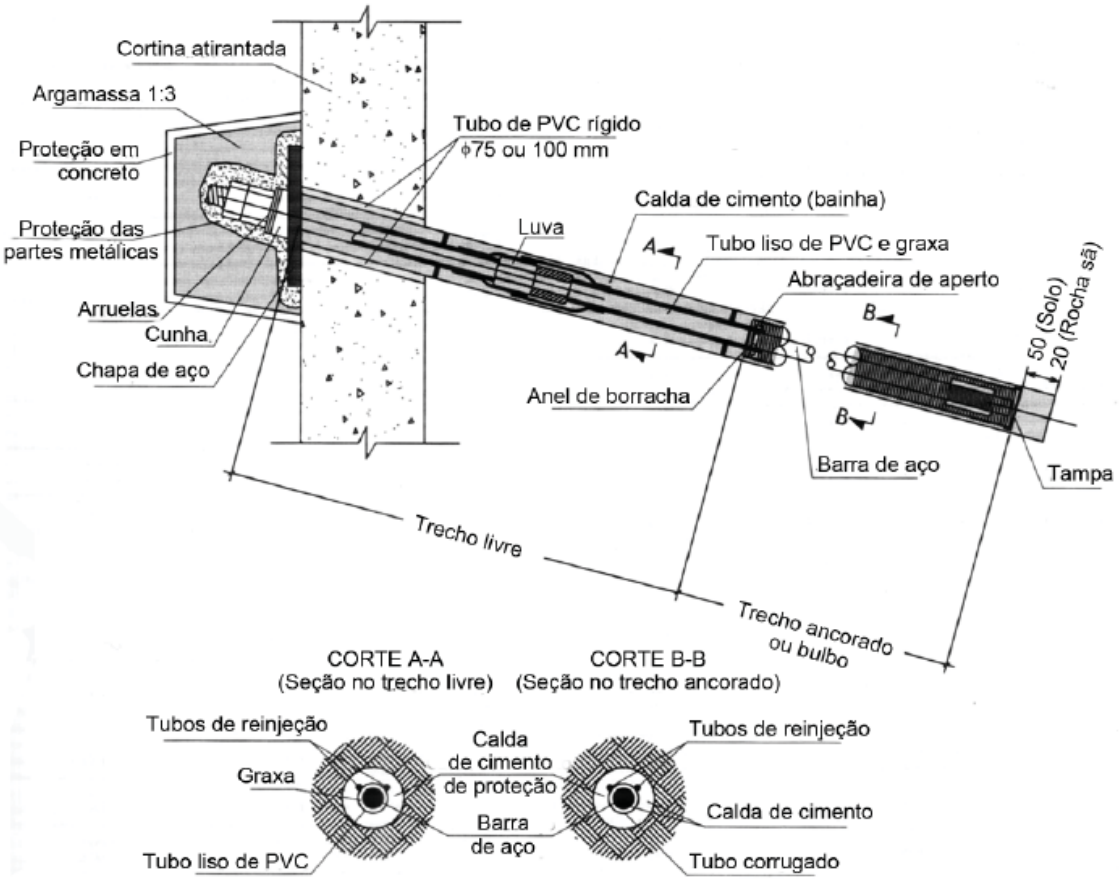
Pela definição da NBR 5629 (ABNT, 2006, p. 1), tirantes injetados são “peças montadas, em que um ou mais elementos resistem aos esforços de tração impostos”. O elemento de ancoragem possui algumas classificações conforme vida útil, são elas: provisório, quando utilizado por tempo limitado; permanente, utilizado por tempo superior a dois anos; reinjetável, permitindo realizar a adição de mais etapas de injeção; e não reinjetável, não permitindo mais fases de injeção após sua instalação (ABNT, 2006).

Ainda de acordo com a Norma Regulamentadora, a escolha do tipo de tirante é definida conforme as necessidades da obra, se necessária a utilização de tirantes provisórios com prazo superior a dois anos, cabe ao proprietário realizar o estudo para viabilizar sua utilização, mantendo a segurança da edificação.

Tirantes resistem bem aos esforços de tração, por conta do seu elemento estrutural, o aço. Devido ao desenvolvimento tecnológico, materiais como as fibras químicas têm surgido como alternativas à substituição do aço, apresentando altas capacidades de cargas e resistência à corrosão. Sendo assim, o seu uso é ainda pouco conhecido e limitado, fazendo com que, na prática da engenharia, o aço seja o elemento mais utilizado (DIAS E YASSUDA, 2019).

De acordo com Vasconcelos (2016), além da classificação das ancoragens segundo a NBR, os tirantes são divididos em cordoalha e monobarra. Tirantes cordoalha geralmente são utilizados quando a estrutura precisa suportar grande capacidade de carga, já as monobarras são comumente empregadas em contenções que não necessitam de grande suporte de carga, fazendo com que as barras de ancoragem não necessitem de grandes comprimentos.

Figura 9 — Tirante utilizado em obras geotécnicas de contenção com seção detalhada



Fonte: Qconcursos, [2021]

Figura 10 — Tirante monobarra

Fonte: DSI Underground Group, [2021]

Figura 11 — Tirante cordoalha

Fonte: Incotep, [2021]

5.2.1 Funcionamento

O funcionamento do tirante é relativamente simples, sua função é transmitir esforços de tração do meio externo para o terreno. Através do trecho livre, os esforços de tração inseridos na cabeça do tirante são transmitidos para o bulbo, que está enterrado no maciço de solo, essa transferência ocorre por meio do aço, elemento fundamental na resistência à tração (ALMEIDA, 2013).

Conforme solicitado pela NBR 5629 (ABNT, 2006), para garantir a durabilidade do tirante, o aço precisa ter proteção adequada contra a corrosão para cada elemento de tração. Além disso, para suportar os esforços de tração, ele deve garantir um fator de segurança ao escoamento para que a estrutura não falhe.

5.2.2 Método Executivo

A etapa de execução de tirantes é decisiva quando se trata da qualidade do sistema estrutural da parede diafragma. Nessa fase são encontradas diversas patologias que apontam origem na fase de execução, sendo possível identificar métodos incorretos de construção adotados na realização dos tirantes (MIKOS et al., 2017a).

As peças dos tirantes podem ser montadas tanto em oficinas quanto em obras, atentando para a proteção anticorrosiva do material, para não ocasionar o surgimento de manifestações patológicas, sendo as principais patologias desse tipo de estrutura

localizadas nos tirantes, as quais são consideradas de nível grave, já que o tirante está relacionado à capacidade de carga da estrutura (GUIMARÃES, 2015).

5.2.3 Preparação do tirante

Segundo Dias e Yassuda (2019), esta etapa designa todas as modificações que devem ser feitas nos tirantes, como corte das barras de aço ou emendas, quando for solicitado em projeto. Alguns aspectos necessitam de atenção especial durante a execução, emendas ao longo da barra devem ser evitadas, no entanto, quando inevitáveis, devem encontrar-se o mais próximo possível do bulbo. Outro ponto de atenção são as dimensões das placas de ancoragem, que quando pequenas podem surtir o efeito de punção na parede atirantada.

A NBR 5629 (ABNT, 2006) exige o uso da proteção anticorrosiva em barras de aço para que os requisitos definidos na norma possam ser atendidos, garantindo o bom desempenho do tirante durante sua vida útil. O tipo de proteção está classificado entre 1 e 3, conforme a Tabela 1, e depende do tipo de tirante (permanente ou provisório), além disso, o tipo de solo (agressivo ou não agressivo) também é determinante para a escolha do anticorrosivo.

Tabela 1 — Classificação dos tirantes

Classe – Aplicação	Proteção
Classe 1 * Tirantes permanentes em meio muito ou medianamente agressivo * Tirantes provisórios em meio muito agressivo	Exigido o emprego de duas barreiras físicas em todo o comprimento (*); * Trecho Ancorado: - revestimento com tubo plástico corrugado ou tubo metálico com espessura mínima de mm. - calda de cimento. * Trecho Livre: a) graxa + duto plástico individual por fio ou cordoalha + duto plástico envolvendo todo o conjunto + cimento entre os dutos; b) ou graxa + duto plástico envolvido por outro duto plástico + cimento no vazio entre os dois dutos + cimento entre o tubo de fora e o terreno.
Classe 2 * Tirantes permanentes em meio não agressivo * Tirantes provisórios em meio medianamente agressivo	* Trecho Ancorado: - utilização de centralizadores de forma a garantir um recobrimento mínimo de 2cm. * Trecho livre - idêntico à Classe 1.
Classe 3 * Tirantes provisórios em meio não agressivo	* Trecho Ancorado: - utilização de centralizadores. * Trecho livre - protensão por um duto plástico abrangendo individualmente cada barra, fio ou cordoalha, ou o duto plástico envolvendo o conjunto destes.

(*) Entendendo-se por barreira física de proteção anticorrosiva um dos seguintes componentes:

- películas protetoras sintéticas (tintas e resinas);
- fluidos à base de batume com teor de enxofre inferior a 0,5% em massa;
- tubo contínuo de polipropileno, polietileno, PVC ou similar;
- graxa, quando houver garantia de recobrimento, continuidade e permanência no local da aplicação e for específica para uso em cabo de aço;
- tratamento superficial de galvanização ou zincagem;
- nata ou argamassa à base de cimento: válida apenas para tirantes provisórios ou como primeira proteção de um sistema duplo, e quando utilizado cimento com teores máximos de:
  - cloro total: 0,05% de massa de cimento.
  - enxofre: 0,15% de massa de cimento.

Nota: além do que prescreve a norma, é recomendado o uso de um dispositivo que assegure a continuidade da proteção na transcrição do trecho livre para a cabeça do tirante. Esse dispositivo pode ser um tubo de PVC, engastado na estrutura de concreto, com cobrimento sobressaindo do concreto e penetrando no terreno, em cerca de 40cm, à semelhança da recomendação da norma francesa TA 77 (TA.1977).

Fonte: Adaptado de Dias e Yassuda, 2019

A ruptura do tirante se dá em apenas um local, assim, a aplicação da proteção deve ser regular em todos os pontos, pois basta apenas um ponto para que a proteção anticorrosiva perca o efeito. Portanto, alguns cuidados devem ser tomados durante a aplicação, como o banho em fluido decapante e desengordurante antes da primeira demão de anticorrosivo, a adição de mais camadas de proteção nas emendas e um local adequado para o serviço (DIAS E YASSUDA, 2019).

5.2.4 Perfuração

De acordo com a NBR 5629 (ABNT, 2006), o sistema de perfuração pode ser diverso, desde que o furo resultante seja cilíndrico, retilíneo e com características conforme especificadas em projeto — comprimento, inclinação e diâmetro. A perfuração é uma das etapas mais importantes da execução do tirante, e deve atender às premissas de projeto para que o furo permaneça estável na fase de injeção.

Ainda segundo a Norma Regulamentadora (ABNT, 2006), alguns fatores devem ser respeitados durante a execução do tirante: um deles, como mencionado no parágrafo anterior, é a estabilização do furo para que o solo permaneça aberto, assim é possível utilizar o fluido estabilizante, como lama bentonítica ou lama polimérica, desde que seja possível garantir a capacidade de carga do tirante. Além da estabilização do furo, o executor deve garantir que ao longo da perfuração o furo não deteriore a capacidade de resistência do terreno e nem prejudique as estruturas vizinhas.

Dias e Yassuda (2019) sugerem que seja ultrapassado pelo menos alguns decímetros da perfuração prevista em projeto, para que haja espaço suficiente de acomodação de dejetos que ainda estejam dentro do furo, que tenham sido empurrados durante a perfuração. É importante também que o diâmetro do furo seja compatível com o modelo de tirante a ser injetado, em geral é dado 1 a 2cm de folga em relação aos espaçadores.

5.2.5 Instalação e injeção

Segundo Dias e Yassuda (2019), alguns cuidados na fase de instalação devem ser tomados, como: (i) não ferir a proteção anticorrosiva; (ii) não deslocar acessórios; e (iii) posicionar a cabeça na altura correta.

A fase que promove o preenchimento do bulbo com o aglutinante, definido pela norma (ABNT, 2006), é chamada de injeção, pode ocorrer em um único ou em múltiplos estágios, e depende do estudo do projetista.

A NBR 5629 (ABNT, 2006) traz a afirmativa de que a injeção de única fase é realizada por um simples preenchimento do furo, antes da instalação do tirante. O furo deve estar limpo, para que seja feita a injeção do aglutinante, prosseguindo com a inserção da calda de cimento com assistência da mangueira de injeção.

Na execução de injeção de múltiplos estágios, o aglutinante é inserido no furo através do tubo auxiliar que contém válvulas especiais que permitem a reinjeção, garantindo que o aglutinante seja inserido em uma ou mais fases.

5.2.6 Protensão

Para Souza (2001 apud PORTO, 2015, p. 82), a etapa de protensão possui a finalidade de tracionar a ancoragem, fazendo com que ela anteceda os esforços solicitantes oriundos do empuxo, minimizando os deslocamentos na estrutura de contenção trabalhada. A protensão realiza o papel de prova de carga, pois as tensões nessa fase são maiores que as tensões situadas no elemento de contenção. Portanto, a estrutura deve ser ensaiada, antes de ser entregue totalmente.

5.2.7 Ensaios

Os tirantes devem ser submetidos a ensaios para que se obtenha a eficácia necessária, devendo estar de acordo com as especificações solicitadas em projeto. Seu desempenho está ligado à qualidade de execução, portanto, deve-se ter uma boa gestão de recursos e controle tecnológico de todas as atividades necessárias. A NBR 5629 (ABNT, 2018) aborda os ensaios necessários para determinar a qualidade dos tirantes, são eles: (i) ensaio de qualificação; (ii) ensaio de recebimento; e (iii) ensaio

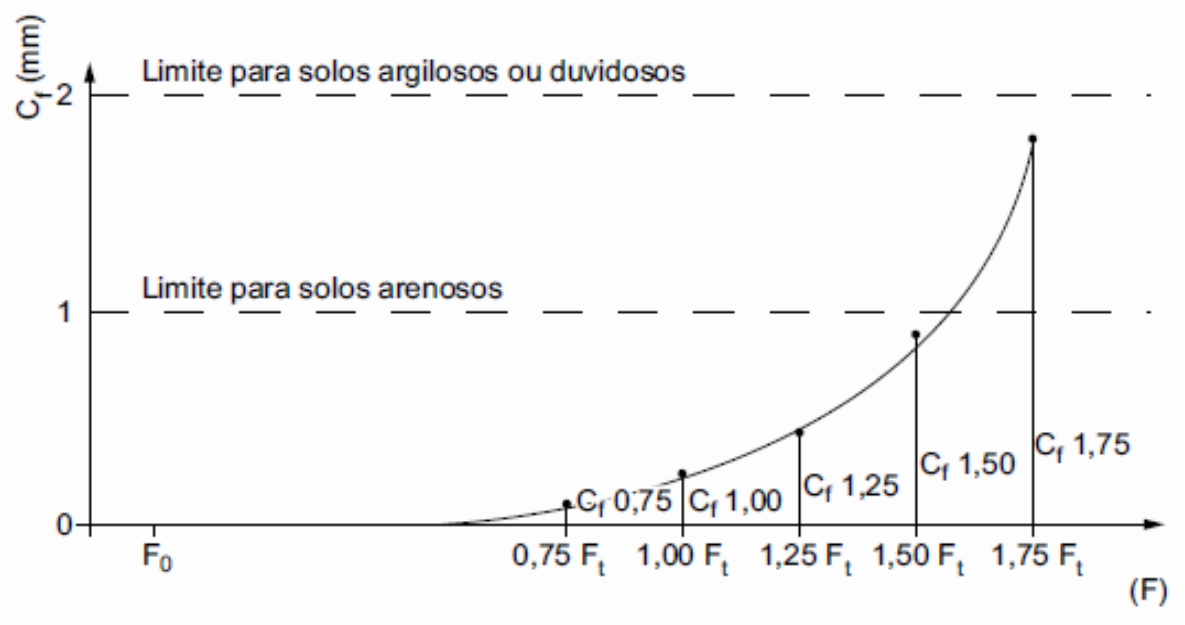
de arrancamento, os quais deverão ser executados após um tempo mínimo de cura do concreto.

Os procedimentos de ensaios devem ser executados em um total de 1% de toda obra, por tipo de terreno e por tipo de tirante, tendo o mínimo aceito de dois ensaios por obra, deve-se buscar a maior abrangência possível de dados para garantir a qualidade do serviço (ABNT, 2018).

5.2.7.1 Ensaio de Qualificação

O ensaio de qualificação é destinado à verificação da capacidade de carga e seus deslocamentos, junto com a avaliação do atrito no comprimento livre ao longo do tempo. São efetuados estágios de carregamento adicionando cargas de trabalho, para o caso de tirante permanente, e então é realizado o alívio de tensões até a carga inicial, para obtenção dos valores de deslocamento na cabeça do tirante, até que esteja estabilizado (DIAS E YASSUDA, 2019). Este ensaio é realizado com alguns ciclos de carga e descarga, a partir da carga inicial F0, passando pelos estágios de carregamento de 40%, 75%, 100%, 125%, 150% e 175% (para tirantes permanentes). As cargas aplicadas devem ser medidas através da correlação com a pressão e manômetro utilizado no ensaio.

Figura 12 — Ensaio de qualificação do tirante — Força vs Deslocamento



Fonte: ABNT, 2018

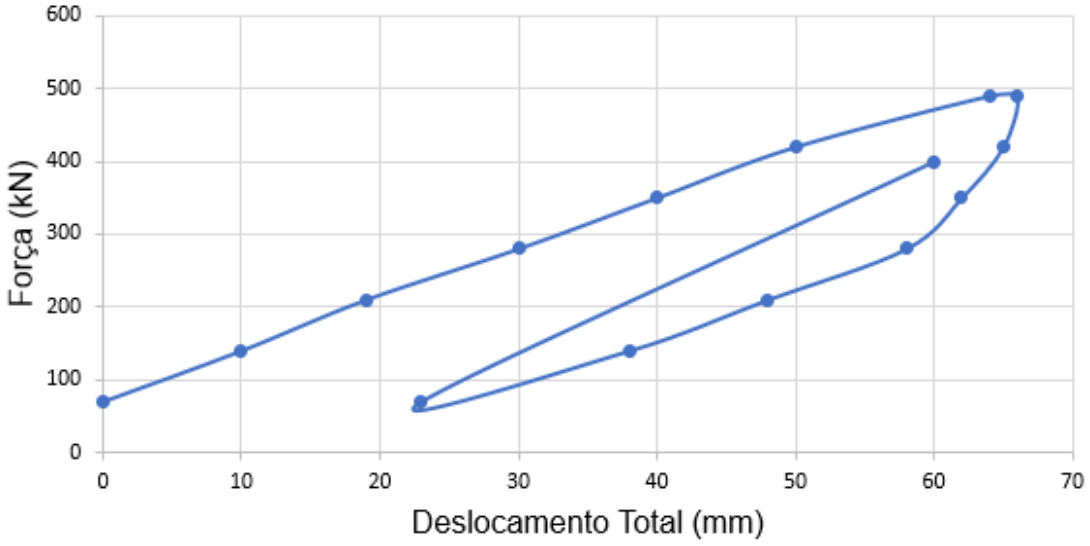
A análise das cargas aplicadas em relação ao deslocamento do tirante pode ser feita graficamente para obter os melhores parâmetros, sendo eles dados por uma deformação menor ou igual a 2mm em solos argilosos ou com características pouco conhecidas, e 1mm para solos arenosos. Essas deformações são referidas a uma carga de 1,75.F, sendo F a carga de projeto (ABNT, 2018).

O procedimento é repetido com o segundo estágio de carga a 75%, onde também são coletadas as medidas de deslocamento da cabeça do tirante, no entanto, a partir desse estágio o processo de descarga é iniciado até que a carga F0 seja atingida, o processo é repetido até o carregamento 175%, considerado o estágio máximo para tirantes permanentes. Importante ressaltar que cargas menores ou iguais a 75% da carga de trabalho no intervalo de 5 minutos e que atinjam deslocamentos menores que 0,1mm são considerados estabilizados, o mesmo ocorre para cargas superiores ou iguais a 100% da carga de trabalho.

5.2.7.2 Ensaio de Recebimento

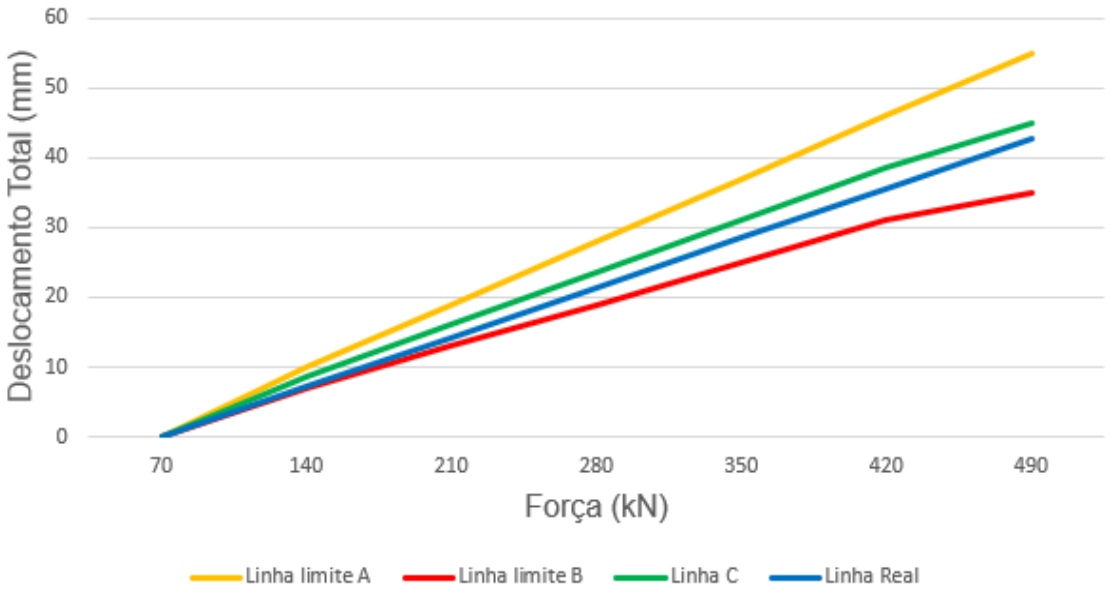
O método do ensaio de recebimento consiste na aplicação de carregamento gradual do tirante, sendo realizadas leituras da deformação plástica do comprimento livre. O ensaio tem início com 20% da carga de trabalho até chegar em 1,4 vezes desse carregamento, com intervalos constantes para medição do alongamento, e quando este apresentar uma permanência do comprimento, é feito o descarregamento até o valor inicial e, finalmente, o tirante é carregado até o valor de instalação projetado. O gráfico da Figura 13 fornece uma ideia sobre a aplicação de carga no tirante, sendo no gráfico da Figura 14 mostrada a representação dos valores máximos, mínimos e a carga de projeto para visualização do desempenho do tirante (GARZON, 2015).

Figura 13 — Ensaio de recebimento do tirante — Força vs Deslocamento



Fonte: Garzon, 2015

Figura 14 — Repartição dos deslocamentos elásticos e plásticos do tirante — Força vs Deslocamento total

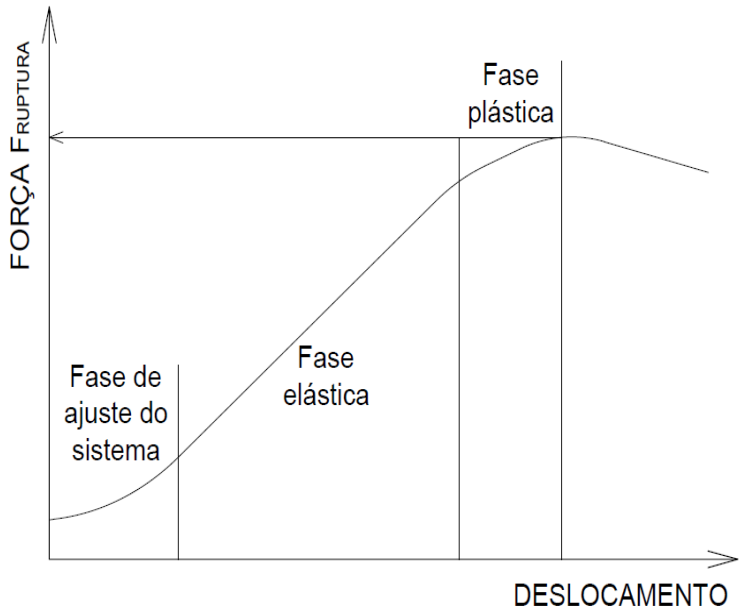


Fonte: Garzon, 2015

5.2.7.3 Ensaio de Arrancamento

O ensaio é feito para obter a resistência de aderência no bulbo de ancoragem do tirante, que sofre um arrancamento de sua armadura, que terá sua medição analisada na interface armadura/nata de cimento. Quando se chega na iminência do arrancamento, o processo de fissuração começa a evidenciar o aspecto destrutivo da ligação entre os dois materiais. Assim, a força última de ensaio não significa que seja a força de trabalho para o tirante, mas sim a uma força que corresponde a um deslocamento convencional do extremo da barra não carregada (PORTO, 2015).

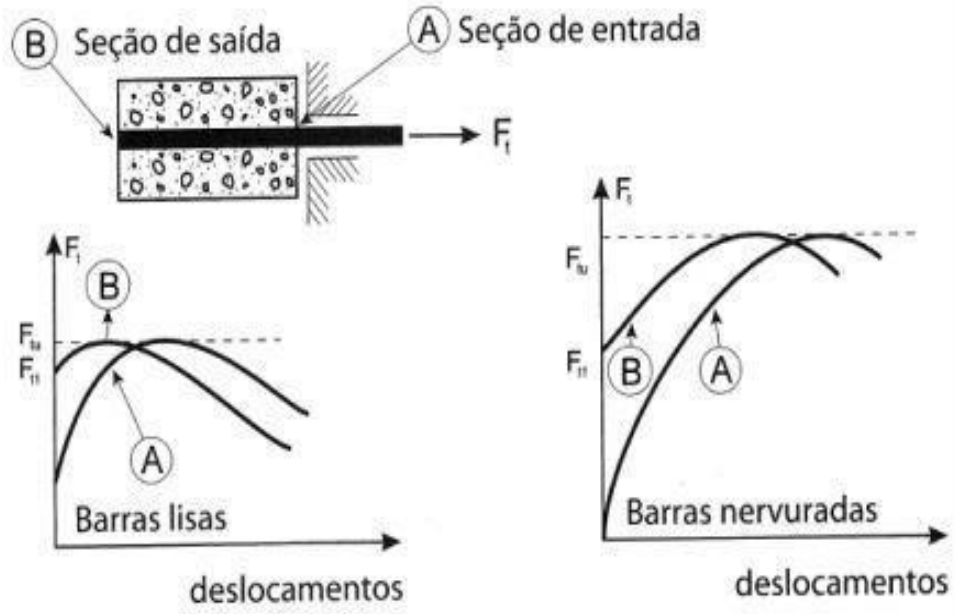
Figura 15 — Curva exemplificando as fases no ensaio de arranchamento



Fonte: Otto, 2006

Fusco (2013) estabelece que a validação do ensaio de arrancamento para obtenção da carga de ancoragem é contestada pelas divergências existentes das tensões durante o ensaio e o correspondente empregado na armadura de ancoramento na peça de concreto. A Figura 16 demonstra o comportamento de duas barras, uma lisa e outra nervurada: a primeira apresenta deslocamento desde o início do ensaio, enquanto na segunda só ocorre com o aumento da carga de arrancamento.

Figura 16 — Comportamento de barras lisas e nervuradas em ensaio de arranchamento



Fonte: Fusco, 2013

5.3 DIMENSIONAMENTO POR SOFTWARE

Com o avanço tecnológico, tornou-se cada vez mais comum a utilização de *softwares* de programação para auxílio do dimensionamento de contenções em geral, assim como suas verificações e estabilização de todo o sistema a ser projetado. Os programas facilitam os métodos utilizados pelos projetistas, mesmo que estes os subestimem pelas suas variáveis estatísticas (NASCIMENTO, 2012).

O objetivo dessa pesquisa não consiste em demonstrar os cálculos utilizados no dimensionamento de contenções, mas somente em trazer o conhecimento de que o uso desses *softwares* existe e é aplicado por projetistas. Para a obra em estudo, não foi possível identificar a utilização de *softwares* no desenvolvimento do cálculo das contenções, foram analisados somente os projetos já dimensionados, e a execução foi baseada nesses documentos.

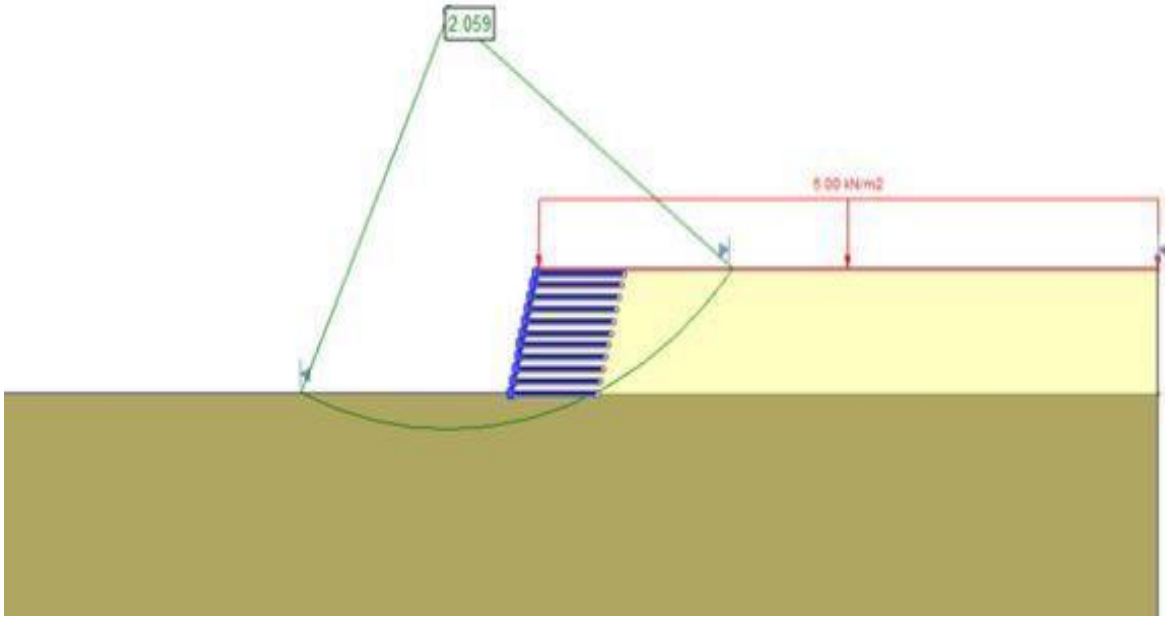
5.3.1 Slide v6

O software Slide é um programa desenvolvido pela Rocscience Inc. utilizado para analisar rupturas do tipo circular e também plano-circulares, que avalia o fator de segurança e a possibilidade de falhas; essas verificações são feitas por métodos de cortes verticais ou pelo método de equilíbrio de limite. A modelagem no software é

basicamente simples, podendo utilizar-se de diversos parâmetros para que sejam observados todos os fatores e assim se chegar a uma conclusão (ROCSCIENCE INC., [2021]).

O Slide mostra as capacidades do solo para que seja estabilizado com as características de uma contenção projetada para aquela situação, permitindo uma análise da superfície de ruptura ou superfície mínima global (SILVA, 2015).

Figura 17 — Geometria do talude com solo reforçado



Fonte: Filho, Souza e Elias, 2019

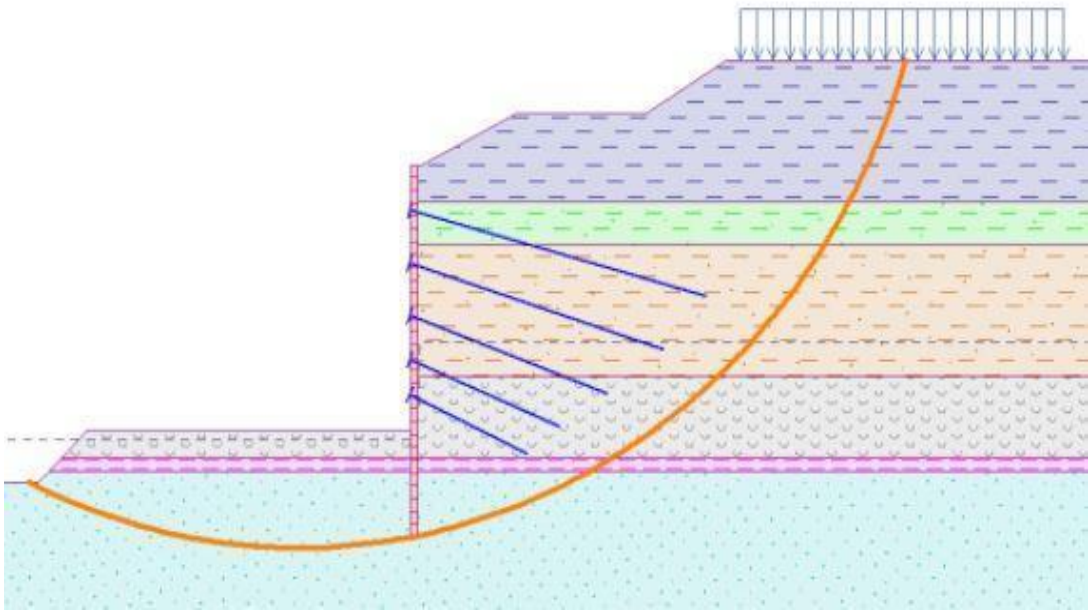
Os métodos de probabilidade aperfeiçoam as análises, podendo considerar como um complemento para as ferramentas do *software* que facilitam a avaliação, como o Método de Monte Carlo, que permite analisar uma única superfície de ruptura no meio das que foram geradas, que é escolhida pela sua maior probabilidade de obter resultados mais consistentes, enquanto as demais têm uma baixa representatividade para o estudo. O programa demonstra as análises por histogramas e gráficos para maior facilidade de compreensão (SILVA, 2015).

5.3.2 Geo5

O programa é composto por dois sistemas que facilitam a modelação da contenção a ser estudada, estes são o Projeto de Contenções e a Verificação de Contenções (FINESOFTWARE, [2021]).

- O Projeto de Contenções rapidamente projeta contenções ancoradas e não ancoradas que estabelecem, os parâmetros básicos de encaixes necessários, forças atuantes e forças de ancoragem para a situação que foi empregada no software.
- A Verificação de Contenção analisa a contenção projetada na primeira etapa, seu dimensionamento é verificado utilizando o método de análise elasto-plástico não-linear. Pode ser feita a modelação do produto e observar o comportamento em diferentes etapas da construção, e suas medidas de tensão e deformação, verificação interna da ancoragem e resistência.

Figura 18 — Verificação de estabilidade geral do programa de estabilidade de taludes



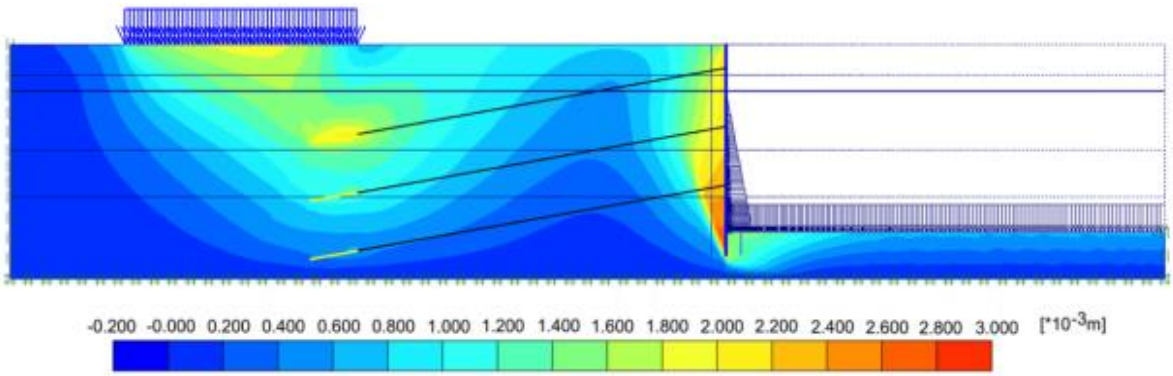
Fonte: FineSoftware, [2021]

5.3.3 Plaxis

Desenvolvido pela companhia *Plaxis BV*, o *PLAXIS*, realiza análises de deformações e estabilidade de projetos geotécnicos e mecânica de rochas, realizando simulações do comportamento do solo. A validação de seu ideal é feita com comparações de resultados de outros programas que utilizem o mesmo padrão, pois o seu código não é acessível por ser um programa comercial (RAFFATTI, 2002).

Com a utilização desse programa, pode-se criar a situação desejável adotando os métodos e teorias que deverão ser aplicados para efetuar os cálculos. A Figura 17 apresenta a teoria dos elementos finitos, o programa apresentou os resultados de deslocamento de uma parede diafragma, sofrendo esforços vizinhos. Com a realização desta simulação, obteve-se os valores de deslocamentos, mostrando que estava dentro dos parâmetros (FIGUEIREDO, 2018).

Figura 19 — Deslocamento de uma parede de diafragma atirantada



Fonte: Figueiredo, 2018

Os dados necessários para coleta e, consequentemente, uso do *software* são característicos da geometria e propriedades do material, por exemplo, condições de contorno e comportamento do solo. As análises de deformações no *software* são: (i) fase plástica; (ii) fase de adensamento; (iii) análise dinâmica; e (iv) Phi Reduction, em que se compara a resistência ao cisalhamento e as tensões cisalhantes; o resultado obtido é a resistência mobilizada para estabilizar o solo. Nessa fase, é possível obter resultados de deslocamentos e deformações nos nós pela malha deformada. Como resultado, os deslocamentos horizontais, verticais, axiais, radiais e cartesianos são

obtidos. Para efeito de cálculo, a tensão de tração é positiva no PLAXIS, diferente da geotecnia (BEZERRA, 2018).

5.4 PATOLOGIAS

O termo patologia vem do grego (*pathos*, doença; *logia*, ciência, estudo) e significa estudo da doença, sendo aplicado na construção civil como as danificações ocorridas em edificações. Essas patologias podem se manifestar de diversas formas, e podem ser encontradas em diversos aspectos, recebendo o nome de manifestações patológicas (ANDRADE, 1997).

Este estudo abrange os mecanismos, sintomas, origens e causas provenientes de erros executivos nas obras (CÁNOVAS, 1988). Nem sempre o diagnóstico é simples e visual, em sua grande maioria são necessárias verificações quanto ao projeto, execução, estudo de cargas e análises laboratoriais das patologias. É interessante detectar os problemas durante a execução a fim de evitar o surgimento das anomalias, no entanto, é comum essas falhas serem identificadas após o término da obra, visto que muitas empresas visam apenas prazos e custos (LOTTERMANN, 2013).

As patologias geralmente ocorrem na fase de execução da estrutura. Diversos são os fatores que causam o aparecimento de manifestações patológicas, especificamente devido à falha na execução, mão de obra não qualificada, falta de controle de qualidade de materiais e do processo, e a atenção aos detalhes da construção, podendo ser vistas imediatamente ou sob observação direta na estrutura (TAKATA, 2009).

No contexto das paredes diafragma, podem ser identificadas mediante o estudo das revisões bibliográficas patologias chamadas *construtivas*, que estão associadas às etapas de execução da obra, tendo procedência do emprego não qualificado de mão de obra, do uso de materiais inadequados — isto é, não certificados — e da ausência de metodologias e procedimentos executivos (MIOTTO, 2010; MONTEIRO *et al*., 2017). As patologias mais recorrentes são: infiltração, lixiviação, falha de execução de junta, carbonatação, fissuras e lascas, e eflorescências (GUIMARÃES, 2015; MIOTTO, 2010; ANTUNES; AMARAL, 2016).

a) Infiltração e lixiviação

Nas paredes diafragma com tirantes provisórios, ou seja, aqueles que são cortados após a execução da cortina por perderem sua função, a infiltração e lixiviação se agravam, pois se a injeção não for bem executada durante a desprotensão e retirada das placas de ferro que auxiliam na execução dos tirantes — geralmente quando as lajes dos subsolos já estão finalizadas —, há grandes possibilidades de sair muita água dos locais dos furos, principalmente se o terreno for próximo ao lençol freático (ANTUNES; AMARAL, 2016). Desse modo, é importante executar corretamente a injeção e tratar os furos, limpando, escarificando e tampando com concreto usinado, dando preferência ao uso de impermeabilizantes cristalizantes que possuam pega rápida[2]. A lixiviação excessiva do hidróxido de cálcio aumenta a porosidade do concreto, o tornando fraco e propenso a ataques químicos, segundo Neville e Brooks (2013).

Figura 20 — Patologia provocada por infiltração na cabeça do tirante

Fonte: Solotrat, [2021]

[2] Baseado nas aulas ministradas em 2020 pela professora Elza Nakakura na Universidade São Judas Tadeu.

Figura 21 — Lixiviação no concreto

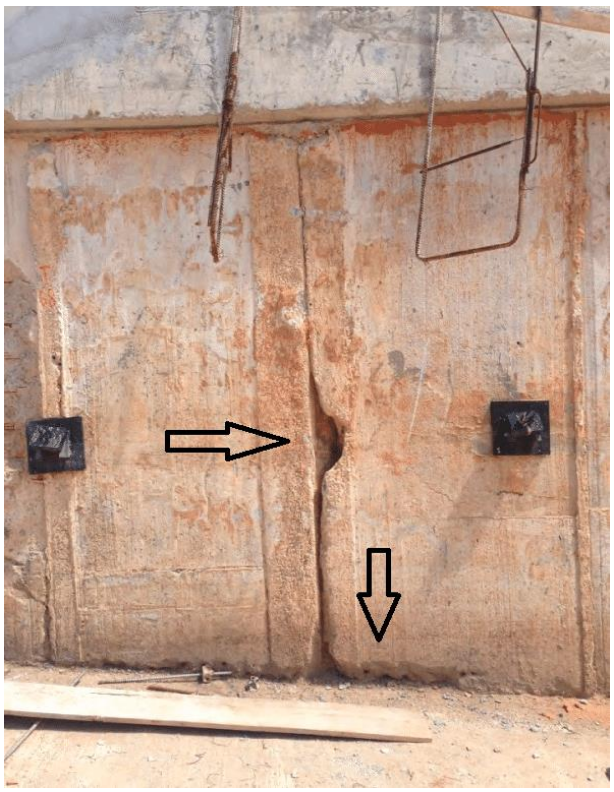
Fonte: Mapa da Obra, 2017a

b) Falhas de execução de juntas

A execução das lamelas da parede diafragma é realizada em etapas. Isso se deve ao fato de que as chapas possuem apenas seis metros de profundidade, trazendo a obrigatoriedade de mais de uma fase de concretagem, a fim de evitar falhas no alinhamento e excentricidade das paredes.

Essa situação é propiciada pela falta de trabalhabilidade do concreto; falta de vibração; e falhas de preenchimento, que nem sempre alcança a cota de fundo, podem gerar emendas entre as lamelas da parede, que vêm a ser uma fonte de entrada de água e ar, e um local para proliferação de microorganismos (GUIMARÃES, 2015).

Figura 22 — Falhas executivas nas juntas das lamelas



Fonte: Monteiro *et al*., 2017

c) Corrosão por carbonatação

O dióxido de carbono presente na atmosfera ao reagir com a umidade existente no interior dos poros do concreto de uma estrutura, propicia o fenômeno de carbonatação, segundo Amorim ([2021]), transformando o hidróxido de cálcio, com pH elevado, em carbonato de cálcio, o qual possui um pH mais neutro.

As falhas de cobrimento da armação são ocasionadas, geralmente, pela retirada da chapa espelho antes do tempo adequado. Um dos fenômenos mais recorrentes devido ao início da pega do concreto, é o processo de carbonatação, que pode ocorrer devido a exposição da armadura e levar a formação de depósitos brancos na superfície do concreto, que acontece na reação entre o hidróxido de cálcio com o gás carbônico (CO2) da atmosfera. (MAPA DA OBRA, 2017b). Essa reação deixa a armação vulnerável a ataques por óxidos.

Muitos dos problemas que ocorrem nas paredes diafragma estão situados ou relacionados aos tirantes. Mikos et al. (2017a) informam sobre problemas patológicos encontrados durante a execução da cortina atirantada, sendo alguns em relação aos

vazios no final da barra, encolhimento da seção transversal e falhas seguintes à cabeça da barra, geralmente causados pela descentralização, consistência da nata ou a falta de um tubo guia. As falhas apresentam perda de capacidade dos chumbadores, deformações e exposição para desgastes corrosivos (ANTUNES E AMARAL, 2016).

Figura 23 — Carbonatação na estrutura de concreto armado

Fonte: Reis, 2017

d) Fissuração

O concreto resiste muito bem a compressão, no entanto, o mesmo não pode ser afirmado quanto aos esforços de tração (ABNT, 2004), torando inevitável o processo de fissuração. No entanto, dependendo da recorrência, das dimensões e dos locais em que as fissuras ocorrem, representam um alerta. Para Thomaz (1989), a ocorrência de fissuras caracteriza três aspectos da estrutura: (i) o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura; (ii) o comprometimento do desempenho do elemento estrutural, dando possibilidades à ocorrência de outras anomalias; e (iii) o mal-estar que elas causam visualmente. Por meio das fissuras, agentes externos se infiltram na estrutura, propiciando o surgimento de demais manifestações patológicas (BORDUN, 2014).

Figura 24 — Fissuras no concreto

Fonte: Filho e Carmona, 2013

e) Eflorescências

O fenômeno conhecido como eflorescência, é resultante da interação entre o produto da lixiviação e o CO2 presente no ar, e resulta na precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Seu comportamento pode trazer modificações apenas estéticas, visto que altera a aparência do elemento em que está depositada, com o surgimento de manchas brancas no local, ou pode ser agressiva, sendo capaz de provocar uma degradação profunda da contenção, devido aos sais constituintes (SOUZA, 2008).

Figura 25 — Eflorescência no concreto

Fonte: Tresuno, [2021]

5.4.1 Classificação das patologias em contenções de concreto armado

As patologias podem ser classificadas quanto a sua origem, física ou química. Agrupadas dentro da categoria das físicas estão as que sofrem desgaste superficial ou perda de massa devido a processos de abrasão, erosão ou cavitação e; as que enfrentam fissuração por sofrerem exposição a mudanças de temperatura e umidade, carregamentos estruturais e pressões internas.

Os elementos estruturais de concreto que enfrentam patologias de origem física, podem ser tratados com uma limpeza simples com jatos de água e areia e, ter suas falhas preenchidas com concreto projetado de boa resistência à erosão, alta dureza, baixa relação água/cimento e resistência à compressão, aos 28 dias, de 40 MPa (LAPA, 2008), visto que falhas são superficiais.

As anomalias de origem química podem ser dividas em: (i) hidrólise, que envolve a quebra das partículas de água dos componentes da pasta de cimento, (ii) trocas iônicas, que podem ocorrer entre a pasta de cimento e os fluidos agressivos; e (iii) reações que podem causar produtos expansíveis como, mais comumente, a corrosão da armadura no concreto.

As interações químicas entre os agentes agressivos no ambiente externo com a pasta de cimento, podem desencadear reações que provocam a degradação do

concreto, podendo resultar de reação álcali agregado ou a reação da hidratação retardada do CaO e MgO cristalinos, sendo estes últimos, presentes no cimento Portland em quantidades excetivas, ou ainda podem originar a corrosão da armadura do concreto por meio da eletroquímica.[3]

5.4.2 Medidas de mitigação

Conforme Helene (1992), quando definido a origem dos problemas, é possível analisar corretamente as causas das dificuldades, para assim, gerar as consequências da intervenção mais adequada para o método de influência. Callandrelli Neto (PET ENGENHARIA CIVIL, 2013) afirma que "[...] a evolução das técnicas de execução tem buscado mitigar problemas, minimizar patologias e transpassar limites anteriormente impenetráveis pelos processos convencionais".

Para a identificação de patologias, é necessário realizar vistorias no local, com o objetivo de identificar possíveis agentes patológicos por meio de métodos visuais e ensaios destrutivos ou não. Na eventualidade na falha de dados comprobatórios para o diagnóstico de patologias, é necessário levantar elementos do contexto do problema conforme seu grau de presença e do método de execução da peça de concreto, e por fim podem ser realizados exames complementares (físicos, químicos e biológicos) *in loco* ou em laboratório (LAPA,2008).

As patologias ocorridas pela falta de controle de materiais, como o concreto nas contenções em concreto armado, se tornam um dos maiores promovedores das anomalias nas estruturas, devido aos vários elementos de sua composição interna (cimento, areia, brita, água, aditivos) e com o meio externo (ácidos, bases, sais, gases, micro-organismos, etc) (BONAFÉ, [2021]). Desse modo, deve-se utilizar os mesmos cuidados das estruturas convencionais, ou seja, é necessário dosar bem o concreto e utilizar o traço indicado em projeto, sempre se atentando às particularidades de cada um: fator água/cimento; aditivos; tipo de cimento utilizado no concreto e módulo de elasticidade, que induzem ao resultado qualitativo da estrutura[4]. Alguns cuidados são importantes, tais como: (i) limitar o teor de álcalis no concreto; (ii) utilizar materiais

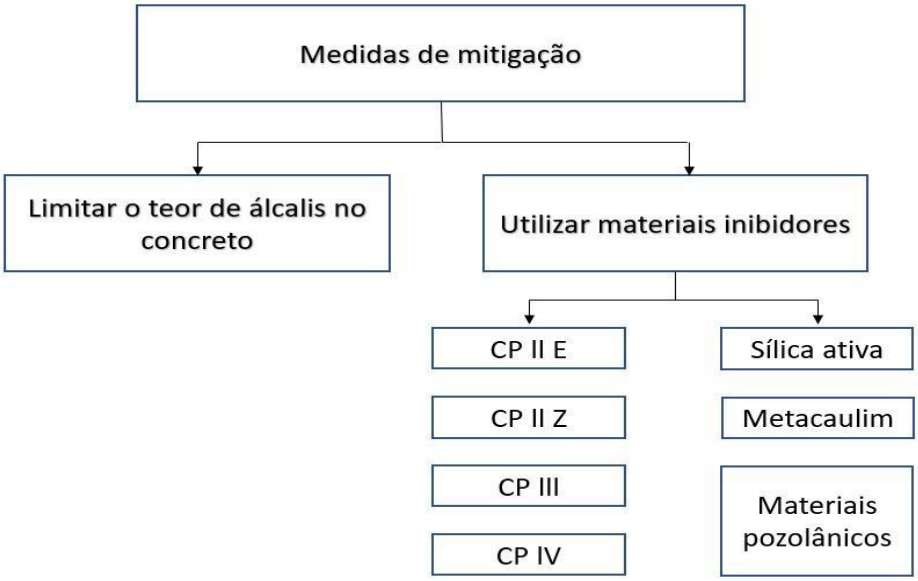
---

[3] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

[4] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

inibidores — materiais pozolânicos, metacaulim, etc; (iii) utilizar aditivos corretos; (iv) impermeabilizar a contenção.

Figura 26 — Fluxograma de Medidas de Mitigação



Fonte: Nakakura, 2020

5.4.2.1 Análise de Risco

As análises de risco para estabelecer as medidas de mitigação que podem ser tomadas na resolução das patologias são definidas pela análise de fatores que avaliam o risco de ocorrência da Reação Álcali Agregado (RAA), estado de exposição da estrutura ou do elemento de concreto ao ambiente (ambiente seco ou úmido), a dimensão da estrutura ou do elemento concreto (estrutura maciça ou não) e a estrutura temporária com menos de cinco anos de vida útil.

A análise é feita ao verificar a condição da estrutura pelo grau de reatividade do agregado, podendo ser classificado desde um grau de risco desprezível até muito alto, o que, conscientemente, indica a probabilidade de ocorrência de patologias[5]. A classificação das estruturas é determinada seguindo os parâmetros: (i) classe A, estruturas com menos de 5 anos de projeto; (ii) classe B, calçada, calhas, telhas e

[5] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

muros; (iii) classe C, pavimentos de concreto e fundações; e (iv) classe D, grandes obras.

Tabela 2 — Análise de Grau de Risco em estrutura de concreto

Grau de risco				
Dimensões e condições de exposição dos elementos estruturais	R0	R1	R2	R3
Não maciço em ambiente seco	Desprezível	Desprezível	Mínimo	Moderado
Maciço em ambiente seco	Desprezível	Mínimo	Moderado	Alto
Todas as estruturas geralmente externas expostas à umidade do ar, enterradas e imersas	Desprezível	Moderado	Alto	Muito alto
Todas as estruturas em contato com álcalis em condições de serviço	Desprezível	Alto	Muito alto	Muito alto

Fonte: Nakakura, 2020

Ao determinar o risco de ocorrência, é possível analisar a intensidade da ação preventiva, que é classificada, de acordo com com o que foi apontado na bibliografia utilizada como base[6], de MP 0 a MP 4, indicando a intervenção de uma ação mais branda até a mais intensa de acordo com a gravidade da incidência do risco. Com a ação classificada, dispõe-se de até três opções de medidas preventivas, como demonstrado na Tabela 4.

[6] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

Tabela 3 — Análise de Intensidade da Ação Preventiva

Intensidade da ação preventiva				
Risco de ocorrência	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Desprezível	MP 0	MP 0	MP 0	MP 0
Mínimo	MP 0	MP 0	MP 1	MP 2
Moderado	MP 0	MP 1	MP 2	MP 3
Alto	MP 0	MP 3	MP 4	MP 4
Muito Alto	MP 0	MP 4	MP4	MP4

Fonte: Nakakura, 2020

Tabela 4 — Medidas preventivas

Medidas preventivas			
Intensidade da medida preventiva	Opção 1	Opção 2	Opção 3
MP 0	Nenhuma ação é necessária		
MP 1	Limitar o teor de álcalis do concreto a valores menor que 24kg/m³ de Na2O equivalente	Utilizar cimentos Portland dos tipos CP II - E, CP II - Z, CP III ou CP IV	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau de intensidade 2
MP 2	Usar cimento CP III com no mínimo 60% de escória granulada de alto-forno	Utilizar cimento CP IV com no mínimo 30% de pozolana	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau 3 de intensidade
MP 3	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação da reatividade potencial pelo ensaio acelerado	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação da reatividade potencial pelo ensaio acelerado	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau de intensidade 4
MP 4	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação da reatividade potencial pelo ensaio acelerado	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação de reatividade potencial pelo ensaio de prismas de concreto há 2 anos	Trocar o agregado

Fonte: Nakakura, 2020

5.4.2.2 Metodologia de proteção e aumento da vida útil do concreto armado

Quando as condições de proteção da armadura são insuficientes, a corrosão de armadura do concreto armado pode ocorrer, esse fenômeno é decorrente da interação química entre um material com o ambiente, seja por reação química ou eletroquímica. Dessa forma, existem métodos e medidas mitigadoras que aumentam a durabilidade do concreto armado que devem ser aplicados durante a execução. São eles[7]: (i) limitar o teor de álcalis no concreto; (ii) utilizar materiais inibidores, como

[7] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

materiais pozolânicos, metacaulim, etc; (iii) utilizar aditivos corretos; (iv) impermeabilizar a contenção.

O traço ideal do concreto garante que o aço não reaja com algum material presente na mistura de forma indevida. Os inibidores de corrosão, citados nos itens acima, são produtos químicos que, quando presentes em um sistema de corrosão em concentração conveniente, diminuem a velocidade desta sem alterar significativamente a concentração de qualquer agente corrosivo, inibindo-a em meio alcalino ou em meio neutro, consequentemente protegendo a armadura dos agentes externos propiciadores da corrosão.

A utilização de aditivos no traço deve ter a capacidade de se difundir através do concreto até a armadura, e não deve prejudicar as propriedades químicas e físicas do concreto[8]. O uso correto de aditivos auxilia na durabilidade e resistência do concreto armado, e sua aplicação pode ser distinguida em dois tipos de estruturas: (a) estruturas novas, adicionados no traço do concreto durante a execução; e (b) estruturas existentes, adicionados na argamassa de reparo aplicada na superfície do concreto ou instalados em furos ou sulcos realizados em sua superfície.

O revestimento do concreto também pode ser considerado um método de mitigação de patologias pós execução, visto que evita e minimiza o ingresso de agentes que promovem a corrosão da armadura, como água, íons de cloreto, oxigênio e gás carbônico. Alguns tipos de revestimentos são as tintas orgânicas e as tintas à base de epóxi, acrílica, poliuretana, vinifica, tintas asfálticas, e betume e argamassa polimérica — uma mistura de cimento polimérico com resina impermeabilizante.

5.4.2.3 Tratamento de trincas e fissuras

As trincas e fissuras são indícios da ocorrência de anomalias, mecanismos de degradação (DEUTSCH, 2011). A trinca é uma fratura linear no concreto, podendo se desenvolver completamente e parcialmente ao longo do corpo da estrutura, e costuma ser classificada como capilar, média ou larga. Os órgãos regulamentadores e Normas Brasileiras têm aumentado a tolerância em relação às aberturas das trincas NB-1/1978, considerando 0,1mm para peças não protegidas em meio agressivo, 0,2mm

[8] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

para peças não protegidas em meio não agressivo e 0,3mm para peças protegidas. A NBR 6118 (ABNT, 2004, p. 79) considera que “a abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 sobre ações de conjuntos frequentes, não existe importância considerável”.

As fissuras e trincas são as principais entradas para transporte de líquidos e gases nocivos para dentro da estrutura, o tratamento se torna uma barreira, a fim de evitar a contaminação do concreto e armadura. A escolha da técnica e do material utilizado para tratamento deve levar em consideração a condição ativa ou passiva da fissura, visto que quando está ativa, alterando sua espessura, basta o preenchimento do vão com materiais elásticos e não resistentes, permitindo a movimentação da fissura, mas não a degradação do concreto (SILVA, 2006).

Para fissuras passivas, que não estão em movimento, é indicado o uso de materiais rígidos e resistentes, garantindo a proteção da estrutura. A técnica da injeção de fissuras no tratamento minimiza as falhas, garantindo um perfeito enchimento, e veda de forma monolítica a estrutura (SOUZA E RIPPER, 2001).

6 ESTUDO DE CASO

Foram analisados neste trabalho, os projetos de uma obra residencial com múltiplos pavimentos na Zona Sul de São Paulo, em busca de aplicar os métodos de mitigação de patologias desenvolvidos na revisão bibliográfica. Com os estudos dos projetos e o entendimento da obra, foi possível realizar o acompanhamento da execução dos serviços e averiguar a aplicabilidade dos métodos executivos e mitigadores.

6.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA

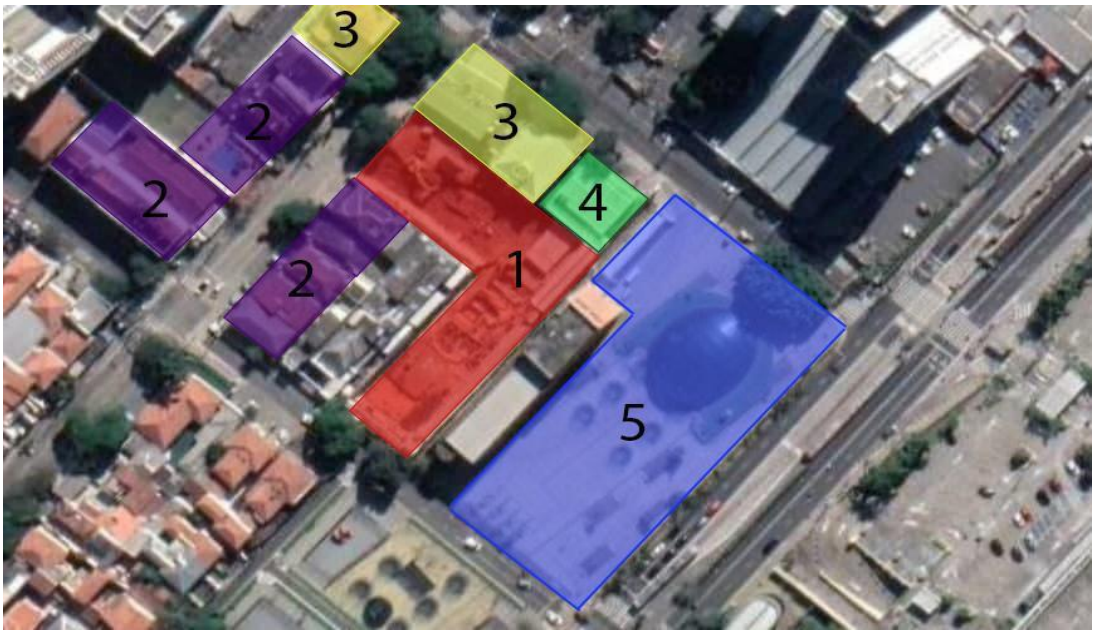
A obra em estudo localiza-se na região de Moema, em São Paulo, mais especificamente na Alameda dos Arapanés e na Avenida dos Eucaliptos, exatamente a 23° 36 '31.2” S e 46° 40' 08.1" W. O empreendimento, fica ao lado da estação de metrô Eucaliptos, da linha Lilás da rede metroviária da cidade, e possui 12.320,23m² de área computável e 3.080,06m² de área de terreno. É composto por dois edifícios: um residencial, com dezenove pavimentos e um subsolo, e um comercial, com dez pavimentos e dois subsolos.

Figura 27 — Localização geográfica do empreendimento

Fonte: Google Earth, [2021]

O local onde será executada a obra tem duas entradas em seus extremos, e possuem em seu entorno construções vizinhas. A área indicada na Figura 28 em vermelho (1) representa o empreendimento. A vizinhança é composta tanto por residências, quanto por comércios locais (lilás, 2), restaurantes (amarelo, 3), além de uma agência bancária (verde, 4) e a estação de metrô (azul claro, 5). Devido aos tirantes solicitados no projeto de contenções da obra serem provisórios, não é necessária autorização dos vizinhos.

Figura 28 — Imóveis lindeiros ao terreno



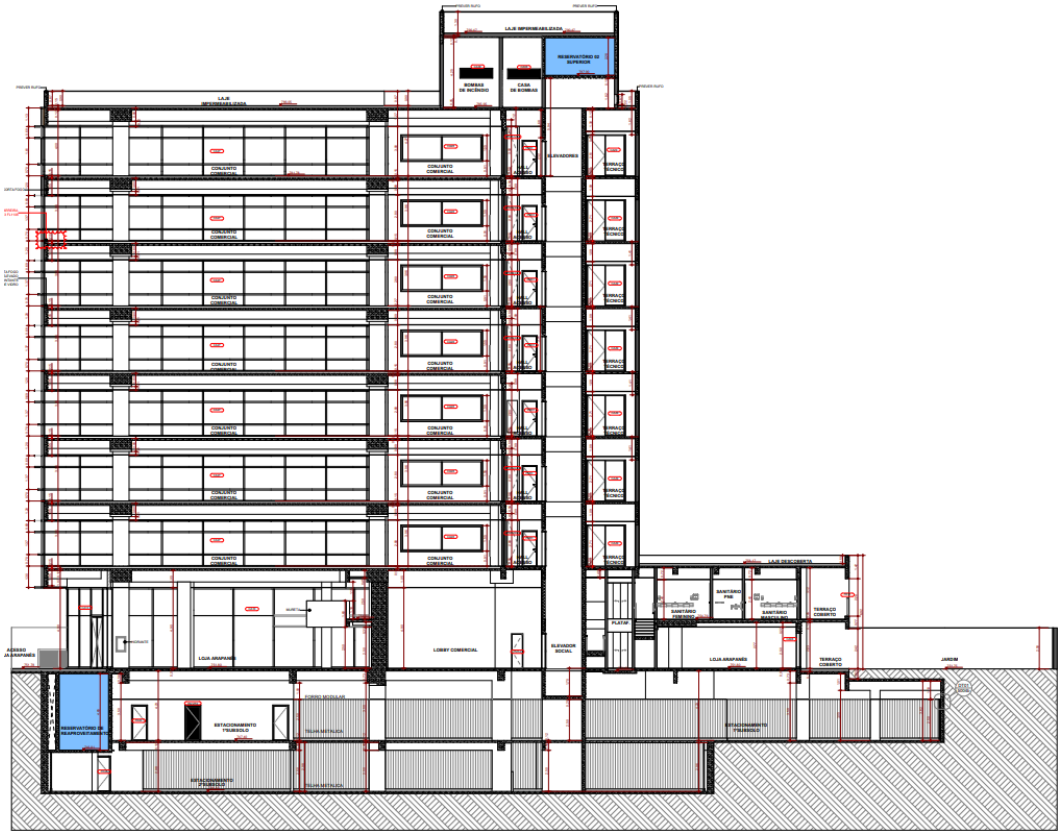
Fonte: Google Maps, [2021]

O empreendimento está em uma região de trajetória de aeronaves, não sendo permitido, assim, ultrapassar a altura de 45m, devido à restrição de altura das edificações em áreas no entorno de aeroportos ou em trajetórias de aeronaves imposta pela Portaria 957/2015, em vigor desde 15 de outubro de 2015 (SINDUSCON-SP, 2015). Essa limitação, conhecida popularmente no meio da construção civil como cota COMAR, por estar relacionada à legislação do Comando Aeronáutico, leva as construtoras a aproveitarem os espaços subterrâneos para garantir a total utilização dos empreendimentos.

Além da limitação da cota COMAR, ainda é levada em consideração a taxa de ocupação (TO) e o coeficiente de aproveitamento da área (CA), conforme descrito no PDE-SP (PMSP, 2014), assim é possível determinar quantos metros quadrados é

possível construir em determinada região. A obra em questão está localizada em uma zona de eixo e estruturação e transformação urbana (ZEU). O terreno possui 3.080,06m² de área total e, levando em consideração o coeficiente máximo de aproveitamento (4), é possível construir até 12.320,24m² de área total computável.

Figura 29 — Projeto esquemático da elevação do empreendimento, torre comercial

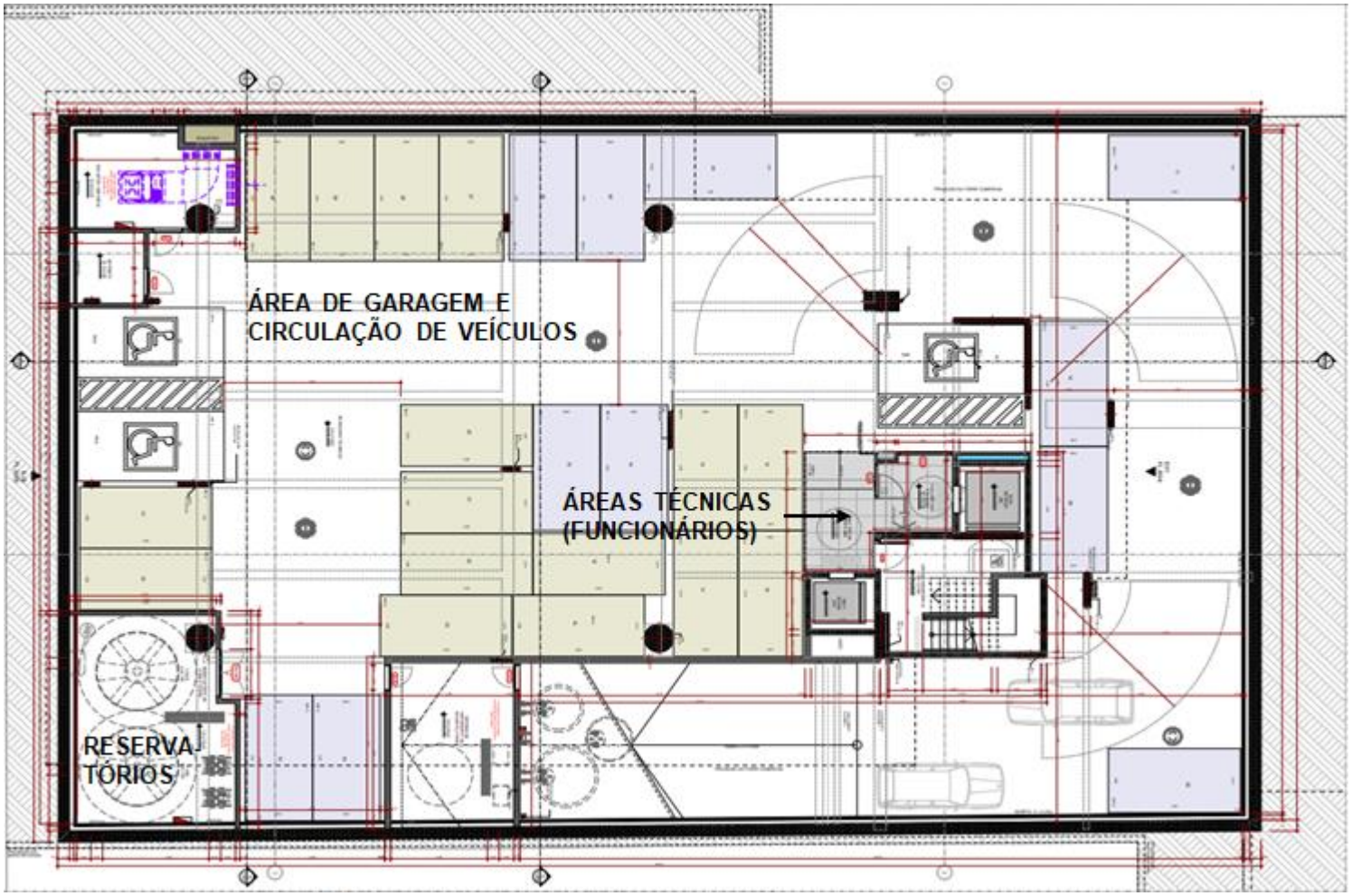


Fonte: Arquivo próprio, 2021[9]

Na obra, os subsolos são contidos por meio de paredes de concreto de espessura de 40cm na cota 738,0 metros, um pouco mais de 6 metros abaixo do nível da via, para absorver as cargas e o empuxo do solo. Essa área é utilizada para garagem e espaços técnicos, como reservatórios de águas pluviais, depósitos, áreas de exaustão, entre outros, como pode ser demonstrado nas figuras 28, 29 e 30.

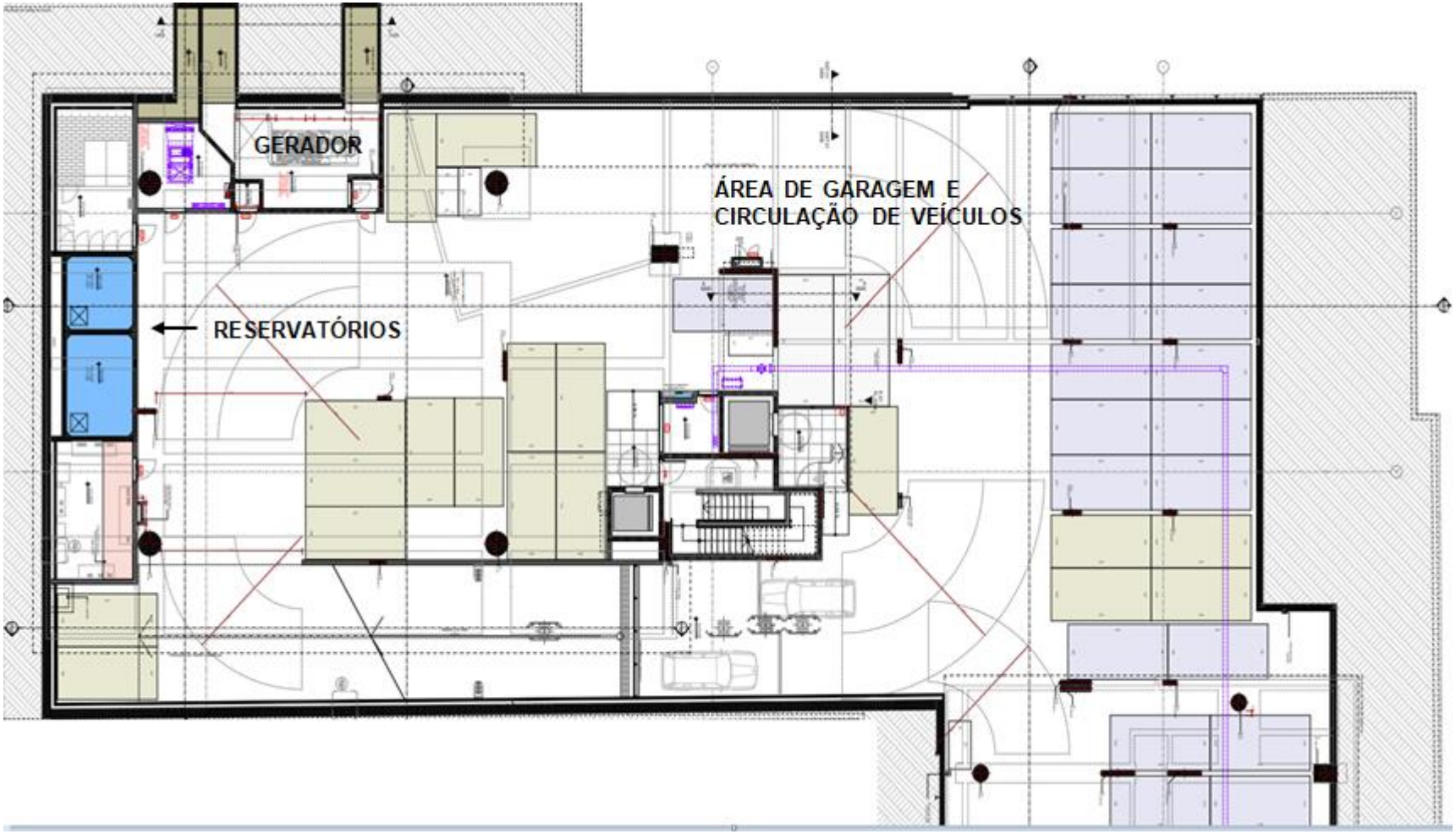
[9] Materiais cedidos pelos projetistas aos autores.

Figura 30 — Planta do 2º subsolo, torre comercial



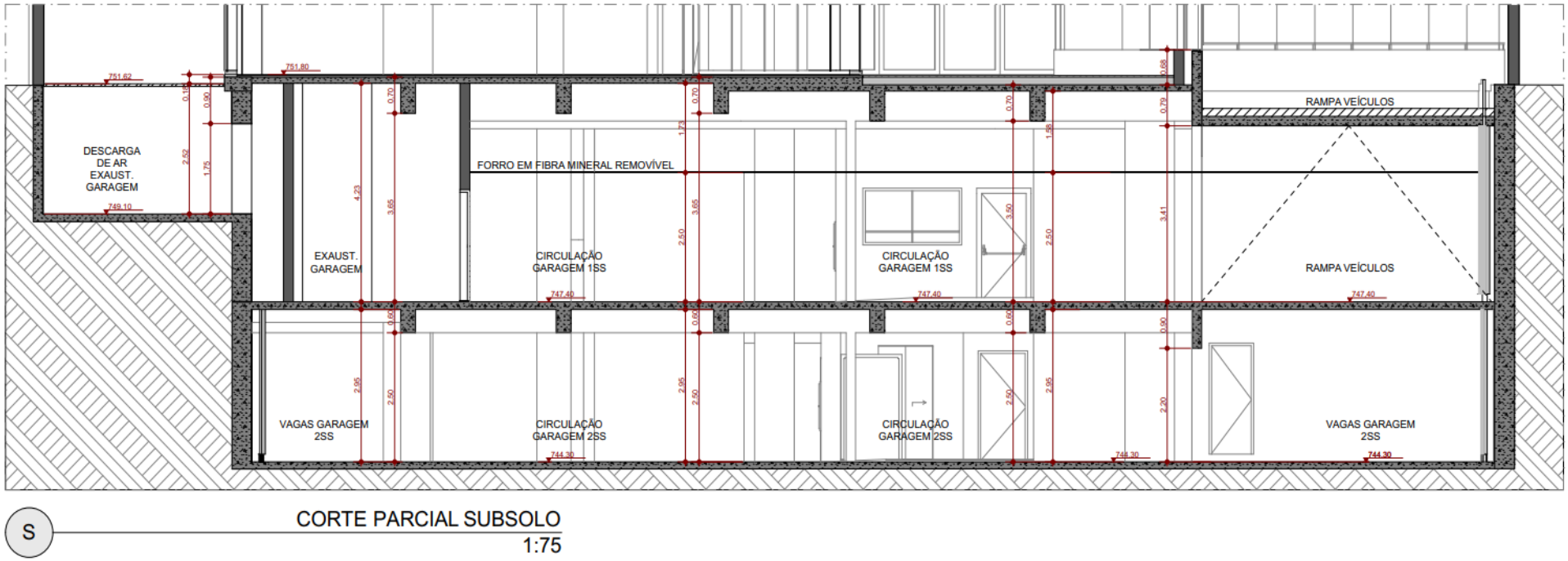
Fonte: Arquivo próprio, 2021

Figura 31 — Planta do 1º subsolo, torre comercial



Fonte: Arquivo próprio, 2021

Figura 32 — Projeto de corte da região dos subsolos, torre comercial

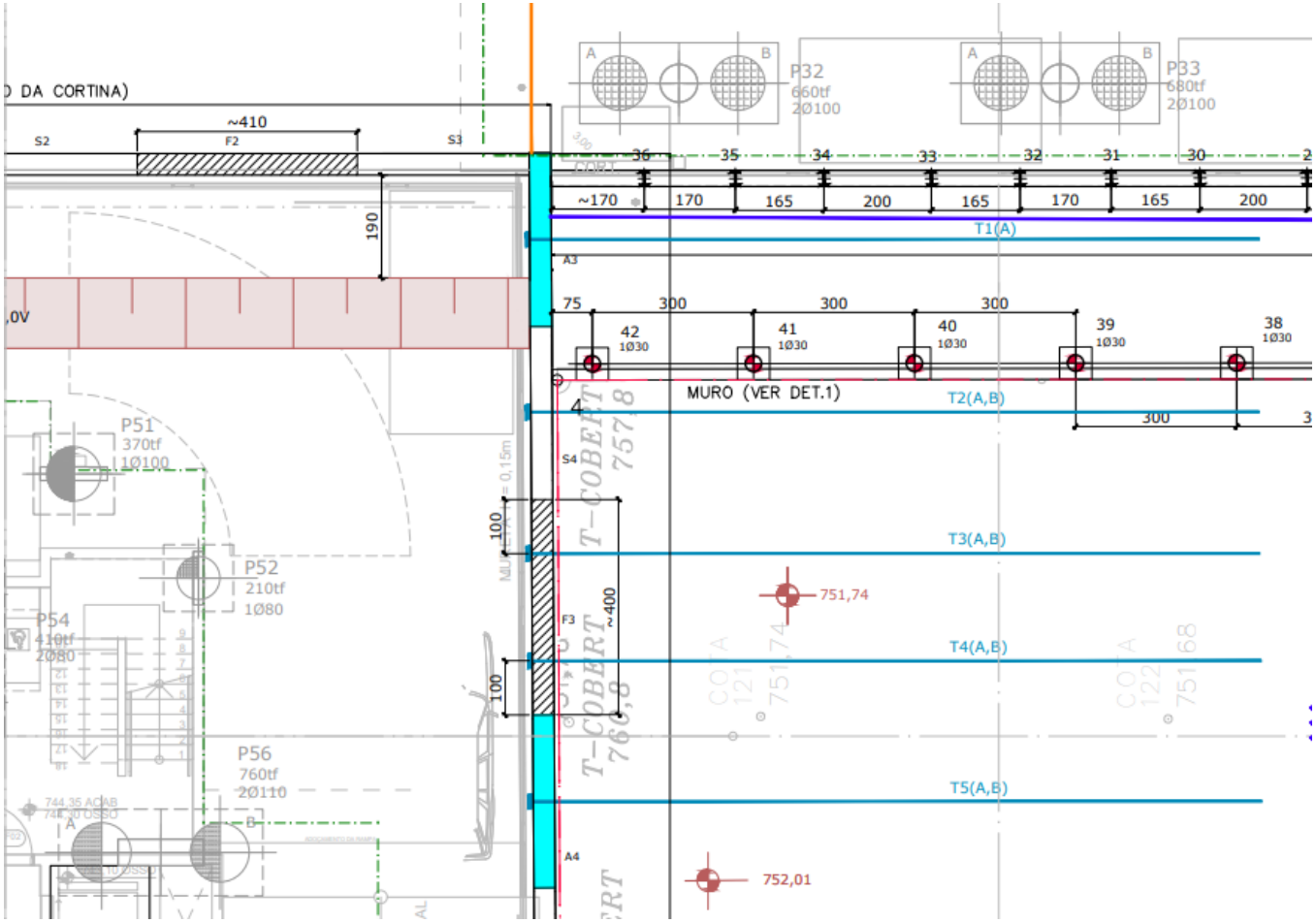


Fonte: Arquivo próprio, 2021

Foram realizadas ao todo seis visitas, buscando registrar as fases principais da obra. Na primeira visita, estavam sendo realizados os serviços iniciais de escavação para posteriores concretagens, avaliou-se o terreno e os projetos com o intuito de identificar os pontos críticos da execução. Na última visita, a empresa contratada para o serviço estava pretendendo a última linha de tirantes.

Para esse projeto, a contenção foi utilizada somente para o edifício comercial, por possuir dois pavimentos abaixo do nível da rua, provocando maiores intervenções no solo. A parede diafragma possui ao todo 1918,08m² de área, 40cm de espessura, e foram utilizados 62 tirantes provisórios, divididos nas seguintes fases executivas: (i) escavação do terreno para chegar à cota correta de execução; (ii) execução das muretas guias; (iii) escavação para abertura dos painéis com o apoio da *clam shell*; (iv) concretagem das lamelas; (v) execução dos tirantes.

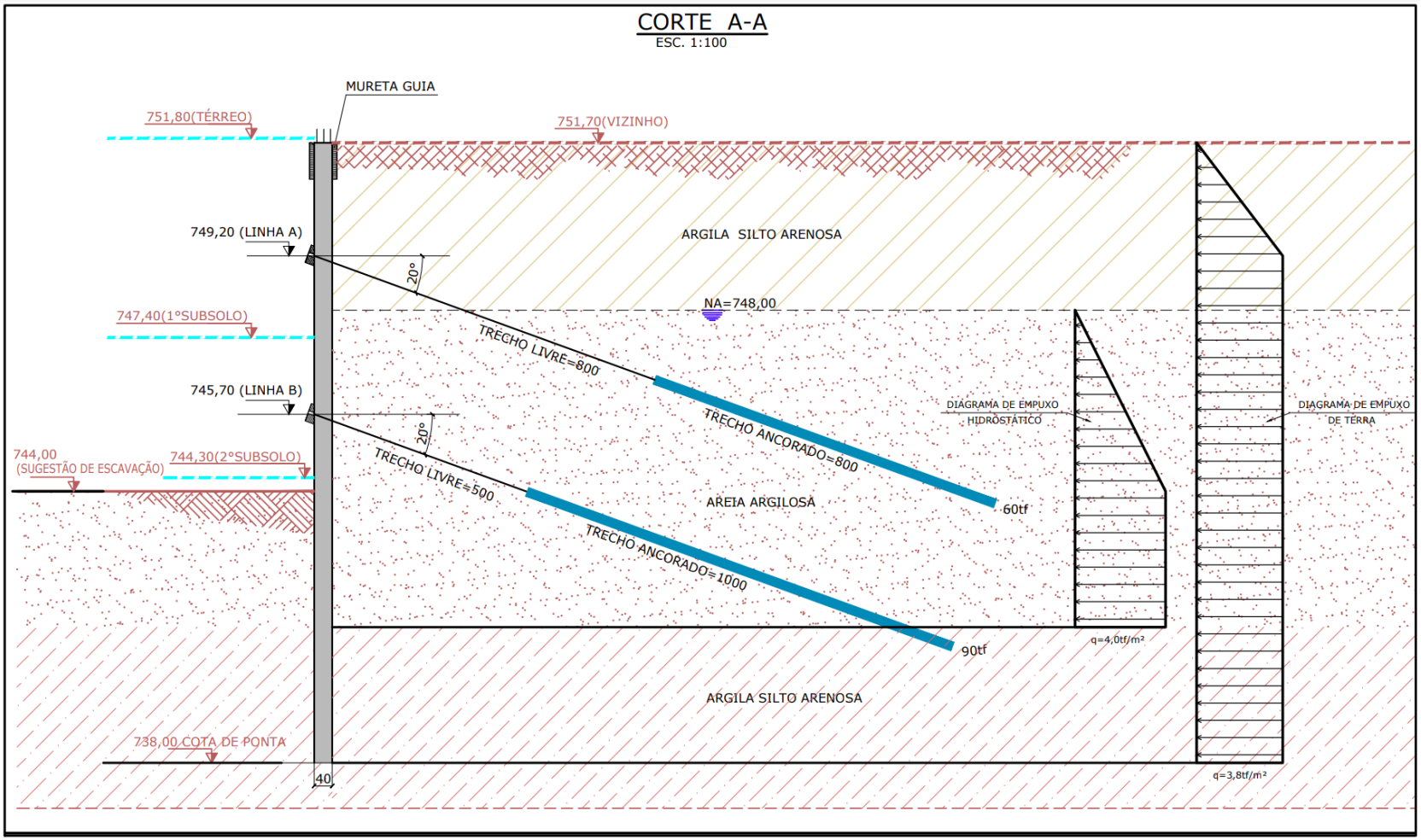
Figura 33 — Planta baixa do projeto de Fundações - Contenções, destaque do corte AA — identificação das lamelas S2 a A4 e tirantes T1(A) a T5(A,B)



Fonte: Arquivo próprio, 2021[10]

[10] Projeto executivo de contenções cedido pelo consultor aos autores.

Figura 34 — Detalhe dos tirantes no projeto de contenções, corte A-A Transversal



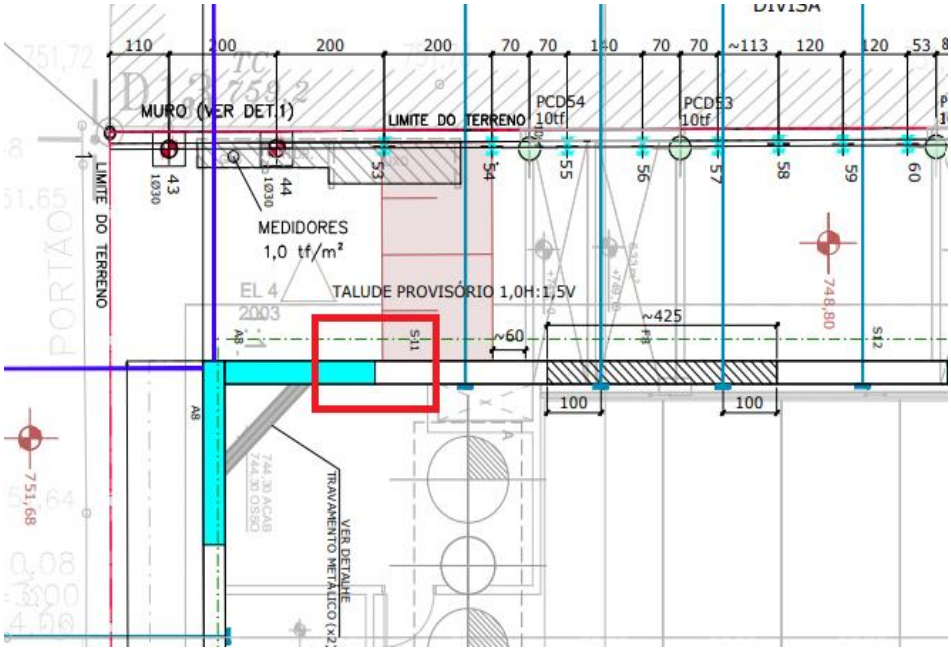
Fonte: Arquivo próprio, 2021

6.2 OCORRÊNCIAS

Durante as inspeções na obra, foram detectadas duas falhas executivas, que costumam ser as causas de patologias quando não tratadas. A primeira ocorrência se deu durante a execução de uma das lamelas, a lamela de esquina, assim chamada por se encontrar em um dos cantos do terreno, que geralmente é a primeira a ser executada. A segunda ocorreu na realização de um dos furos da primeira linha de tirantes da parede.

A primeira irregularidade ocorreu devido a uma falha na junção da lamela A8 com a S11, um erro possivelmente causado pela retirada no tempo inadequado da chapa junta, erro de execução, como apontado pelas inspeções de Helene (1992), citadas na revisão bibliográfica.

Figura 35 — Identificação da junção das lamelas A8 e S11 no projeto de contenções



Fonte: Arquivo próprio, 2021

Esse tipo de falha só pode ser detectado após escavação do trecho concretado, ou seja, fica exposta por um determinado período de tempo que pode ser crucial para o surgimento de diversas patologias, como afirma Guimarães (2015). A falha ocorrida pode ser observada na Figura 36.

Figura 36 — Falha na junção das lamelas. Foto de julho de 2021

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

A falha deve ser limpa e preenchida com graute usinado, sendo necessário consultar o projetista para indicação da resistência do graute, a fim de evitar a entrada de agentes nocivos no concreto e armação, além de melhorar a estética. Até o momento, a ocorrência não foi tratada com os devidos cuidados.

Figura 37 — Falha no encontro das lamelas A8 com S11. Foto de outubro de 2021

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

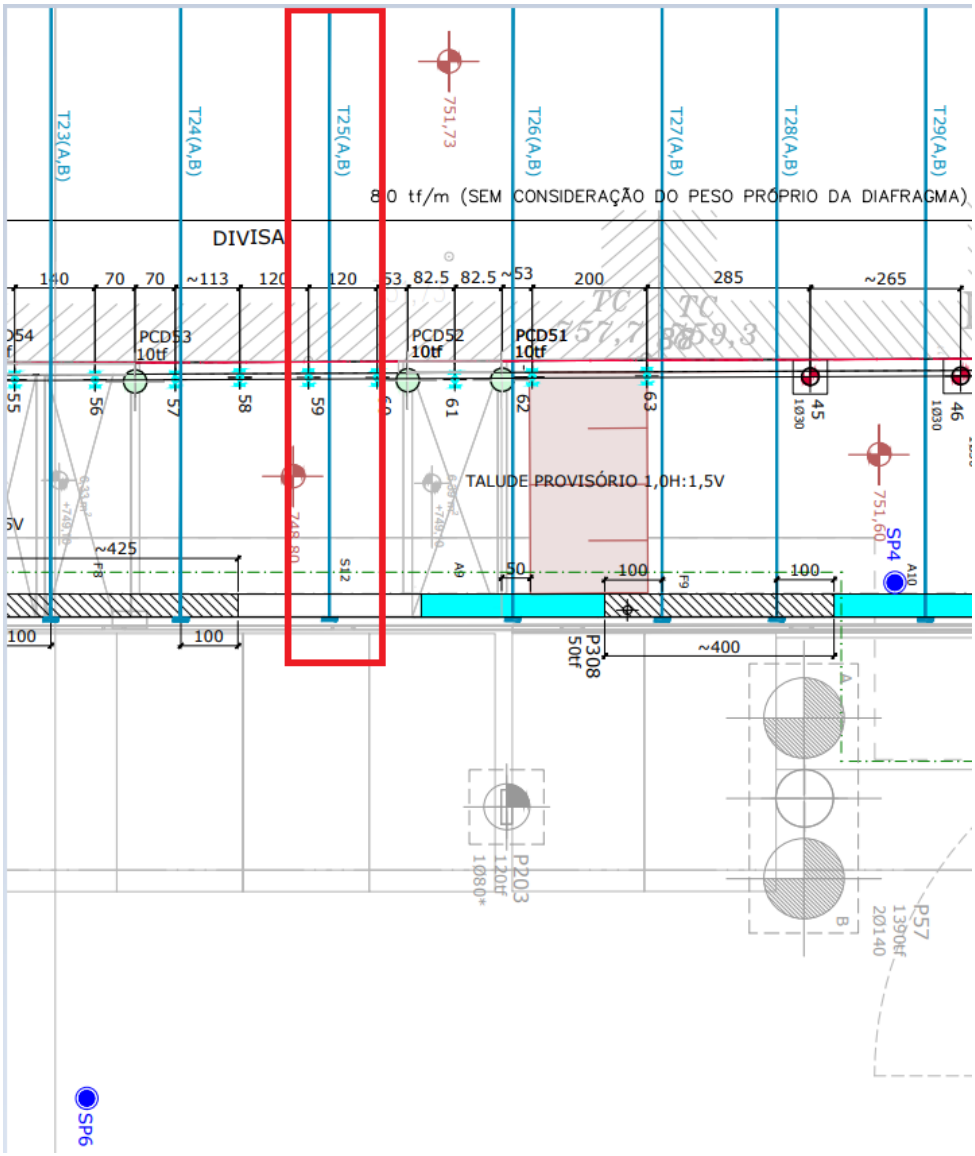
Na outra ocorrência, durante a execução do furo do tirante T25A (tirante 25 da primeira linha de tirantes - A), foi notada a presença de rocha no local onde seria implantado o tirante, logo, devido a esse impedimento, não foi possível realizar o furo no local, e um novo furo foi efetuado bem ao lado, após uma reanálise do projetista. A Figura 38 evidencia a tentativa de injeção do tirante.

Figura 38 — Furo resultante da tentativa de injeção do tirante

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

O projeto não previa pontos de sondagem próximos ao tirante, e devido ao solo ser um material instável e anisotrópico, situações como essa são difíceis de prever (SANTOS, 2015). Esse tipo de ocorrência não gera danos diretos à estrutura durante sua ocorrência, mas caso não seja tratada, pode gerar patologias, visto que o furo exposto permite a entrada de agentes nocivos à estrutura.

Figura 39 — Detalhe do projeto destacando o tirante em que ocorreu a falha no furo e os pontos de sondagem mais próximos



Fonte: Arquivo próprio, 2021

O furo foi tratado após um mês da ocorrência. Até a última visita feita pelos autores, não havia sido detectada a presença de patologias, no entanto, segundo Lotterman (2013), não se pode garantir que não haja manifestação patológica durante a vida útil da estrutura de contenção, visto que as medidas de tratamento pós acontecimento não foram tratadas no tempo adequado.

Figura 40 — Furo tratado

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Na lamela F9, a não utilização da quantidade correta de espaçadores na armação levou a uma falha de cobrimento, deixando a armadura exposta. Essa reação deixa a armação vulnerável a ataques por óxidos[11] e, até o momento da última visita, essa falha ainda não havia sido tratada. Antunes e Amaral (2016) relatam que, para situações como a verificada na Figura 41, o tratamento deve ser realizado com graute usinado, a fim de cobrir a armação e evitar o contato desta com agentes externos, propiciadores de patologias. Na bibliografia estudada[12] é indicado o uso de aditivos inibidores de corrosão.

[11] Informações cedidas aos autores pela empresa que executou a contenção na obra.
[12] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

Figura 41 — Exposição das armaduras na lamela F9, acima do tirante 128A

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Fissuras e trincas não foram evidenciadas. Caso venham a ocorrer até o término da obra, devido aos esforços de tração no concreto (ABNT, 2004), pode ser utilizado o método mencionado por Silva (2006), no qual deve-se identificar o tipo de fissura, em qual estado se encontra e a profundidade, para assim determinar o tipo de material aplicado e a bomba injetora ideal para o tratamento da patologia, como descrito na bibliografia deste trabalho.

7 RESULTADOS E ANÁLISES

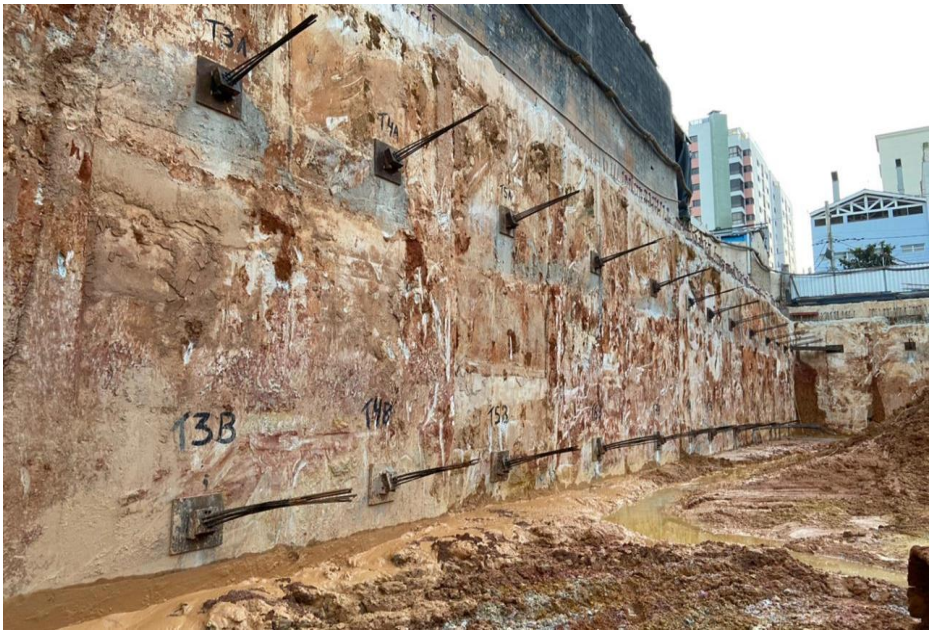
As ocorrências de patologias são geradas pela falta de controle tecnológico e acompanhamento total da execução da obra, e, em alguns casos, por imprevistos de projetos, como um ponto de sondagem não previsto, por exemplo. Neste trabalho, os registros de patologias no estudo de caso focam na comparação de mitigação com a revisão bibliográfica, visando observar se as correções aplicadas foram as melhores em todas as situações e pontuar os riscos decorrentes das decisões tomadas.

7.1 ANÁLISE DE RISCO DA OBRA EM ESTUDO

Para realizar a análise de risco da obra em estudo, foi necessário, primeiro, classificá-la quanto ao tipo de estrutura, ao ambiente de exposição e risco de ocorrência de reação álcali agregado[13]. Por se tratar de um edifício comercial, o empreendimento foi categorizado na classe C — pavimentos de concreto e fundações —, a estrutura é em concreto armado maciço, está exposta a um ambiente úmido, visto que o nível de água do terreno é próximo da superfície, como demonstra o laudo de sondagem do terreno anexo a este trabalho, e não é uma estrutura temporária por possuir vida útil maior que cinco anos[14].

[13] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.
[14] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

Figura 42 — Estrutura da Parede Diafragma. É possível verificar a exposição ao ambiente úmido e a estrutura maciça



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Para análise do grau de reatividade do agregado, por não ser possível os autores extraírem um corpo de prova, foi utilizado o laudo da empresa de controle tecnológico contratada, visto que o concreto utilizado na execução da contenção foi usinado — concreto composto e dosado na usina.

Mediante esses dados, a análise de risco da obra consiste em estruturas geralmente externas expostas à umidade do ar, enterradas e imersas com risco de reação álcali agregado moderado, conforme Tabela 5.

Tabela 5 — Análise de Grau de Risco da obra em estudo

Grau de risco				
Dimensões e condições de exposição dos elementos estruturais	R0	R1	R2	R3
Não maciço em ambiente seco	Desprezível	Desprezível	Mínimo	Moderado
Maciço em ambiente seco	Desprezível	Mínimo	Moderado	Alto
Todas as estruturas geralmente externas expostas à umidade do ar, enterradas e imersas	Desprezível	Moderado	Alto	Muito alto
Todas as estruturas em contato com álcalis em condições de serviço	Desprezível	Alto	Muito alto	Muito alto

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Seguindo ainda a análise descrita na bibliografia[15], classificou-se a intensidade da ação preventiva relacionando o risco de ocorrência com a classe da estrutura. No caso da obra em estudo, a estrutura havia sido definida como Classe C e o grau de risco tido como moderado, obtendo uma intensidade MP 2, moderada para as intervenções preventivas.

[15] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

Tabela 6 — Análise de Intensidade da Ação Preventiva para a obra em análise

Intensidade da ação preventiva				
Risco de ocorrência	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Desprezível	MP 0	MP 0	MP 0	MP 0
Mínimo	MP 0	MP 0	MP 1	MP 2
Moderado	MP 0	MP 1	**MP 2**	MP 3
Alto	MP 0	MP 3	MP 4	MP 4
Muito Alto	MP 0	MP 4	MP4	MP4

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Dentre as opções decorrentes do tipo de ação MP 2 descritas pela bibliografia, a ação a qual deveria ser aplicada seria a opção 1 (Tabela 7), no entanto, observou-se *in loco* a aplicação da opção 2 da classe MP1, considerando o risco como mínimo. Isso demonstra a não aplicação de uma análise de risco rigorosa, seguindo os padrões da norma e das literaturas citadas.

Tabela 7 — Medidas preventivas da obra em estudo

Medidas preventivas			
Intensidade da medida preventiva	Opção 1	Opção 2	Opção 3
MP 0	Nenhuma ação é necessária		
MP 1	Limitar o teor de álcalis do concreto a valores menores que 24kg/m³ de Na2O equivalente	Utilizar cimentos Portland dos tipos CP II – E, CP II – Z, CP III ou CP IV	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau de intensidade 2
MP 2	**Usar cimento CP III com no mínimo 60% de escória granulada de alto-forno**	Utilizar cimento CP IV com no mínimo 30% de pozolana	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau 3 de intensidade
MP 3	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação da reatividade potencial pelo ensaio acelerado	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação da reatividade potencial pelo ensaio acelerado	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau de intensidade 4
MP 4	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação da reatividade potencial pelo ensaio acelerado	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação de reatividade potencial pelo ensaio de prismas de concreto há 2 anos	Trocar o agregado

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Mediante a escolha da medida preventiva no estudo, a opção de usar cimento CP II, com escória granulada de alto-forno, não garante o teor suficiente de finos, além de apresentar formas angulosas dos grãos, friabilidade e densidades variáveis, levando a fatores desfavoráveis à trabalhabilidade e homogeneidade do concreto (ALMEIDA 2014). Essa escolha não ocasionou problemas imediatos à execução, no entanto, a escolha adequada minimizaria a ocorrência de patologias futuras.

Figura 43 — Carta traço do concreto utilizado na concretagem das lamelas da parede diafragma

Prezados Senhores, conforme solicitação, informamos abaixo, nossa tabela de traços para 1m³ de materiais secos, com as especificações, dosagens, componentes e fornecedores das matérias-primas.

Central	Traço	Código	Componente	Tipo	Massa Esp. (g/cm³)	Fornecedor	Procedência	Quantidade
SANTO AMARO	CONS400PD C30 B1 SL22±3	6129945	AGLOMERANTES	CIMENTO CP II-E 40	3,00	VOTORANTIM CIMENTOS SA 01637895017450	SANTA HELENA	400 KG
			BRITA	BRITA 0 VC	2,80	VOTORANTIM CIMENTOS SA 01637895005797	ARAÇARIGUAMA	175 KG
				BRITA 1 VC	2,80	VOTORANTIM CIMENTOS SA 01637895005797	ARAÇARIGUAMA	702 KG
			AREIA	AREIA DE BRITA - TIPO II VC	2,78	VOTORANTIM CIMENTOS SA 01637895005797	ARAÇARIGUAMA	600 KG
				AREIA FINA TERCEIRO	2,64	EXTRABASE EXTRACAO COMERCIO E TRANS	BOFETE	244 KG
			ADITIVOS	MID-RANGE	1,10	BASF SA	SÃO PAULO	1,400 KG
			AGUA	AGUA	1,00	GERAL DE CONCRETO	ENGEMIX	220 L

Fonte: Arquivo próprio, 2021[16]

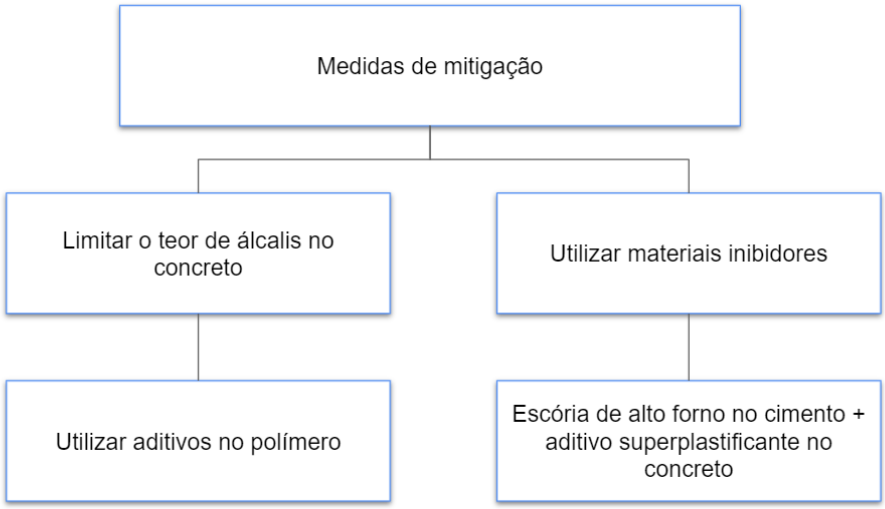
Dessa forma, a aplicação do MP 2, utilizando materiais inibidores que favoreçam a amenização da reatividade potencial pelo ensaio acelerado, garante a mitigação das patologias à reação álcali-sílica e, evita problemas de eflorescências e carbonatação (AMORIM, 2010).

7.2 MEDIDAS MITIGADORAS APLICADAS À OBRA EM ESTUDO

Somadas às ações preventivas prescritas de acordo com a classificação da estrutura descritas no subcapítulo anterior, há medidas realizadas durante a execução que mitigam o surgimento de manifestações patológicas. Dentre as aplicações citadas na bibliografia, foi observado na obra o uso de aditivos poliméricos no fluido estabilizante (ABNT, 1996), aprovados nos ensaios solicitados pelo consultor de fundações, e o uso de materiais inibidores, como o cimento CP III, no concreto, que podem mitigar a reação álcali-agregado (MAPA DA OBRA, 2018).

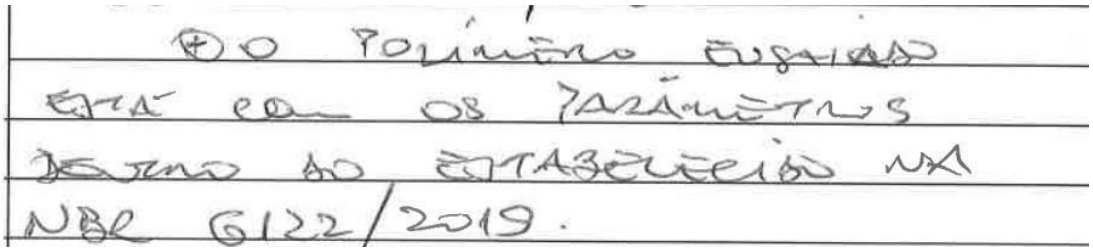
[16] Relatório cedido pela empresa aos autores.

Figura 44 — Fluxograma de Medidas de Mitigação da Obra



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Figura 45 — Declaração do cunsultor[17]


(+) O POLÍMERO EUGIDO
ESTÁ COM OS PARÂMETROS
DENTRO DO ESTABELECIDO NA
NBR 6122/2019.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

7.2.1 Métodos de proteção e durabilidade do concreto

A durabilidade do concreto aumenta, quando as medidas de mitigação são devidamente aplicadas à execução das estruturas de concreto armado[18]. Durante o acompanhamento da obra em estudo, foi mapeado o status de cada medida indicada na bibliografia, analisando se foi aplicado ou não, e quais os motivos.

[17] Texto descrito pelo consultor de fundações no caderno do consultor, que descreve que o polímero utilizado para a escavação da parede diafragma estava conforme a NBR 6122 (ABNT, 1996).
[18] Extraído das notas de aula de Concreto Armado da professora Elza Nakakura (2020), na Universidade São Judas Tadeu.

Tabela 08 — Medidas de proteção e durabilidade da estrutura aplicadas à Obra

Método de proteção e durabilidade do concreto		
Método de proteção	**Aplicação na obra em estudo**	**Justificativa**
Traço de concreto adequado	Aplicável	Concreto usinado, traço solicitado em projeto — diminuição dos riscos de falhas por fluidez do concreto
Recobrimento com espessura adequada	Aplicável	Utilização de espaçadores, garantindo o cobrimento da armação, com exceção da lamela F9, que apresentou falha de cobrimento
Correta execução da concretagem	Aplicável	Não foram evidenciados problemas graves de concretagem, com ressalva de perdas e mudanças da parada de concreto (reportadas ao projetista), situações corriqueiras no cotidiano de obras. A falha que ocorreu na junta se deve à retirada no tempo inadequado da chapa espelho, e não à execução da concretagem
Uso de aditivos inibidores de corrosão	Aplicável	Uso de aditivos no polímero conforme a NBR 6122 (ABNT, 1996) e uso de aditivos no concreto, conforme padrão da usina (Engemix)
Proteção catódica da armadura	Não aplicável	Nesse caso, a armação é imersa no concreto, não ficando exposta
Revestimento da armadura por meio de um depósito à base de zinco ou de uma camada polimérica	Não aplicável	Deveria ser feita essa proteção na lamela que teve a armação exposta. Nas demais não é necessário
Substituição da armadura de aço carbono por materiais resistentes à corrosão — aço inoxidável, compostos poliméricos reforçados com fibras de vidro	Não aplicável	Questões financeiras, o aço carbono se torna mais viável economicamente
Revestimento do concreto com recobrimentos protetores	Não aplicável até o momento	Foi relatado que será realizado posteriormente um tipo de impermeabilização na cortina de concreto

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

7.3 ENSAIOS REALIZADOS

Para a contenção em estudo, foram realizados ensaios com concreto, polímero e tirantes. O aço não foi ensaiado por estar certificado pela fábrica, que precisa seguir as instruções e realizar os ensaios contidos na NBR 8800 (ABNT, 2008) - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, junto com as notas fiscais de recebimento do material são enviados os certificados dos aços.

7.3.1 Ensaio de resistência a compressão do concreto

Os ensaios com o concreto foram realizados por caminhão betoneira que chegava a obra, foram extraídos 4 corpos de prova de cada um, para ensaios de resistência à compressão com 7 dias e com 28 dias de cura do concreto. Os resultados desses ensaios atingiram o esperado em todas as lamelas, não foi registrado nenhum problema de baixa resistência, conforme Figura 46.

Figura 46 — Laudo do resultado de ensaio de concretagem realizado no dia 09/04/2021 para concretagem da lamela A6. Dados do concreto conforme projeto de fundações

AMOSTRAGEM DE CONCRETO FRESCO (ABNT NBR 16886/20)
DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (ABNT NBR 16889/20)
MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA (ABNT NBR 5738/15)
DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS (ABNT NBR 5739/18)

USINA:	Engemix	FCK (MPa):	30,0	ABATIMENTO TEÓRICO (mm):	220±30
DATA DE MOLDAGEM:	09/04/2021	C (Kg/m³):	-	MOLDADO PELA TEXTE	CLASSE DA MÁQUINA DE ENSAIO: 1

SÉRIE Nº	PEÇA CONCRETADA	NOTA FISCAL Nº	VOL (m³)	ABATIMENTO (mm)	NÚMERO DO CP/RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)							
					Idade: 7 DIAS Data Ensaio 16/04/21			Idade: 28 DIAS Data Ensaio: 07/05/21				
1	-	127683	-	240	21-080.247	R	27,0 b	21-080.249	R	36,8 b		
					21-080.248	R	25,1 b	21-080.250	R	35,4 b		
					Res.Exemplar		27,0 b	Res.Exemplar		36,8 b		
2	-	127685	-	250	21-080.251	R	25,6 b	21-080.253	R	33,7 b		
					21-080.252	R	26,9 b	21-080.254	R	35,0 b		
					Res.Exemplar		26,9 b	Res.Exemplar		35,0 b		
3	-	127687	-	250	21-080.255	R	29,3 b	21-080.257	R	43,6 b		
					21-080.256	R	30,4 b	21-080.258	R	41,7 b		
					Res.Exemplar		30,4 b	Res.Exemplar		43,6 b		

Fonte: Arquivo próprio, 2021[19]

[19] Relatório cedido pela empresa aos autores.

7.3.2 Ensaio de densidade do polímero

Para certificar do desempenho do polímero, antes da sua utilização são coletadas amostras do fluido para análise em laboratório, onde são verificadas as características do fluido estabilizante: densidade, viscosidade, teor de areia e ph. Segundo a NBR 6122 de 2018, o fluido preparado com polímero deve apresentar as características da Tabela 09.

Tabela 09 — Características do polímero conforme ABNT NBR 6122 (2018)

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,005 g/cm³ a 1,05 g/cm³	Densímetro
Viscosidade	35 s a 120 s	*Funil Marsh*
pH	8 a 12	Indicador de pH
Teor de areia	Até 3%	*Baroid sand content* ou similar

Fonte: ABNT NBR 6122, 2018

Importante ressaltar que a viscosidade é a propriedade que possui maior importância na caracterização do polímero, tendo em vista que ela influencia no deslocamento da lama pelo concreto. Sua determinação é realizada através do ensaio "*Funil Marsh*", onde o polímero é preparado em concentração 4% e segundo a Brasfond Fundações Especiais S/A (2007) deve possuir os parâmetros (i) viscosidade de Marsh: 32 a 34 segundos e; (ii) viscosidade de Marsh da água: 26 segundos.

Os resultados obtidos no ensaio realizado no polímero utilizado no estudo de caso foram satisfatórios do ponto de vista normativo. As características do fluido depois da escavação não variaram muito, com alteração de destaque apenas para a viscosidade que normalmente diminui depois da escavação, mas ainda está dentro dos parâmetros da NBR e, da densidade, que após a escavação ficou um pouco abaixo dos valores mínimos da Norma.

Tabela 10 — Relatório de densidade do polímero

Ensaio de Polímero			
Antes da escavação		Depois da escavação	
Areia (%)	0,1	Areia (%)	0,2
Densidade (g/cm³)	1,02	Densidade (g/cm³)	1,00
Viscosidade	105	Viscosidade	60
pH	12	pH	10

Fonte: Arquivo próprio, 2021[20]

7.3.3 Ensaios dos tirantes

A NBR 5629 (ABNT, 2018) exige que sejam realizados quatro tipos de ensaios nos tirantes: ensaio de recebimento, ensaio de qualificação, ensaio básico e ensaio de fluência. Nos ensaios de fluência e recebimento são avaliadas as perdas de carga do tirante ao longo do tempo, já no ensaio de qualificação, é avaliada a capacidade de suporte de carga do tirante aos esforços máximos que foram previstos para o ensaio, além de possibilitar a análise do deslocamento, a fim de averiguar se está conforme deslocamento teórico calculado em projeto.

A obra em estudo realizou o ensaio de recebimento para verificação do deslocamento do trecho ancorado em função da carga aplicada. De acordo com a NBR 5629 (ABNT, 2018), o ensaio de recebimento deve ser realizado em todos os tirantes que não foram ensaiados na qualificação, conforme o tipo de terreno e de tirante descritos em projeto. Não se obteve acesso aos demais ensaios.

A Tabela 11, foi retirada do projeto de contenções da obra alvo das análises, na qual, o projetista dimensiona as cargas para o ensaio do tirante, que, inicialmente, foram utilizados para o primeiro ensaio, o de recebimento, e traz as características dos tirantes, que definem a quantidade de tirantes a serem ensaiados.

[20] Relatório cedido pela empresa que executou a parede diafragma.

Tabela 11 — Características dos tirantes provisórios

TIRANTE		QUANTIDADE	COTA	INCLINAÇÃO	COMPRIMENTO		CARGA DE TRABALHO		CARGA DE ENSAIO	CARGA DE INCORPORAÇÃO	ARMAÇÃO DOS TIRANTES
Nº	Linha				LIVRE	ANCORADO	10%	90%			
T1 ao T22, T27 ao T29	A	25	749,2	20º	8	8	60	90	72	60	6Φ12,7mm(CP190RB)
T23 ao T26	A	4	478,2	20º	8	8	60	90	72	60	6Φ12,7mm(CP190RB)
T2 ao T34	B	33	745,7	20º	5	10	90	135	108	90	10Φ12,7mm(CP190RB)

Fonte: Arquivo próprio, 2021[21]

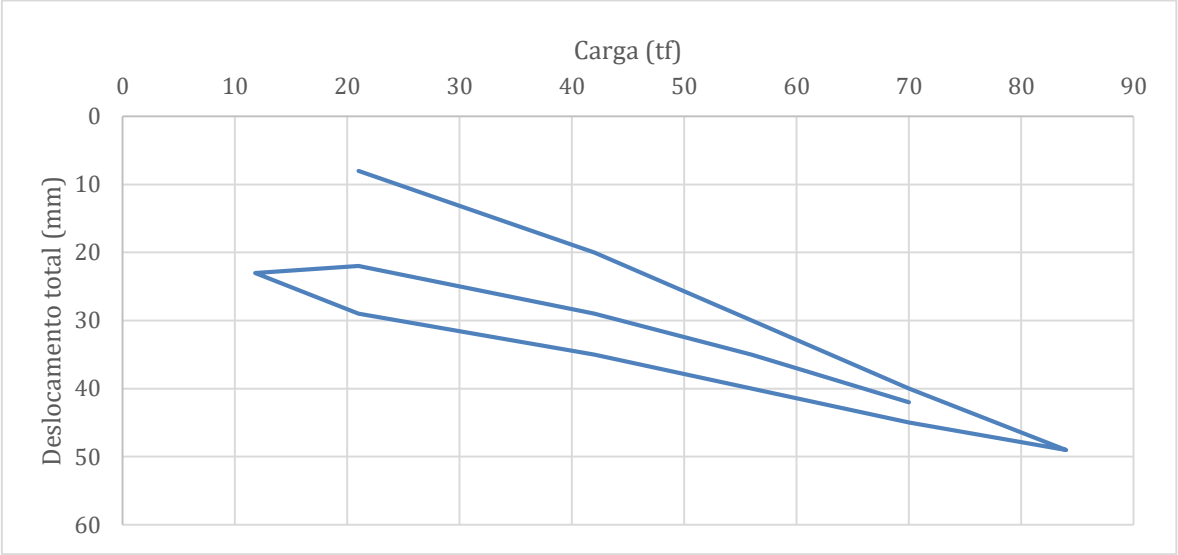
[21] Tabela extraída do relatório dos ensaios dos tirantes cedido pela empresa que executou a parede diafragma.

Os gráficos do ensaio de recebimento, apresentado nas Figuras 47 e 48, são referentes ao tirante T09 da linha B. O tirante é considerado qualificado após a realização de duas análises: os pontos referentes aos deslocamentos elásticos devem se encontrar entre o limite máximo e limite mínimo e; o segmento que vai de F0 a R deve possuir carga do trecho livre menor ou igual.

Conforme dados do ensaio da obra em questão, o tirante é considerado como qualificado pois, após o processo de carga e descarga, os deslocamentos do tirante se encontram entre as linhas limite de deformação mínima (16,9mm) e máxima (42,3mm) com deformação de 26mm.

Importante registrar, que na calda de cimento do tirante, foi utilizado o cimento CPV-ARI, por possuir propriedades que aceleram o tempo de pega, ideal para a protensão dos tirantes e realização de ensaios.

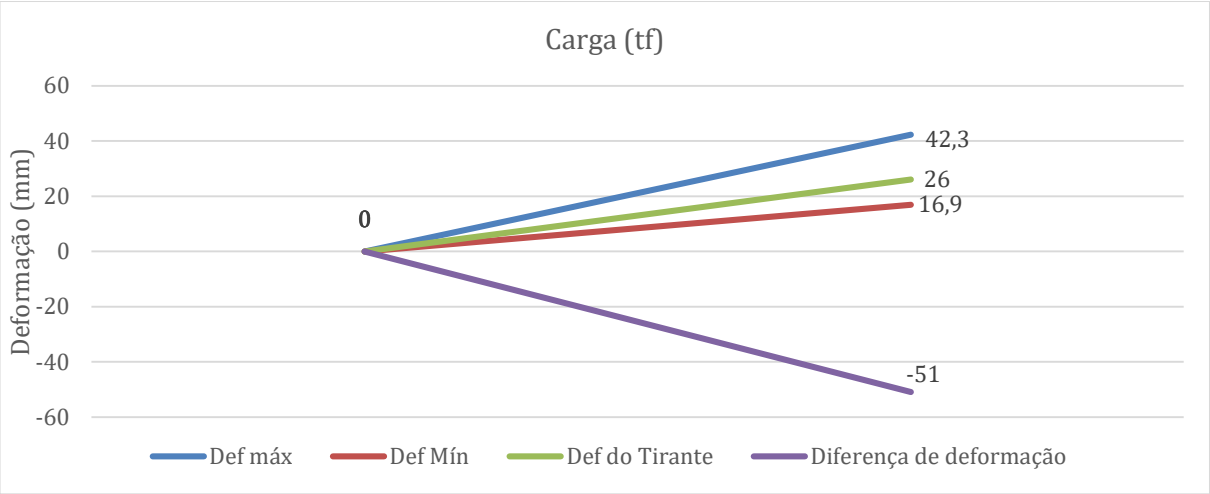
Figura 47 — Resultado do Ensaio de Recebimento do Tirante T09B



Fonte: Arquivo próprio (adaptado), 2021[22]

[22] Gráfico extraído do relatório da empresa que executou a injeção dos tirantes da obra e realizou os ensaios.

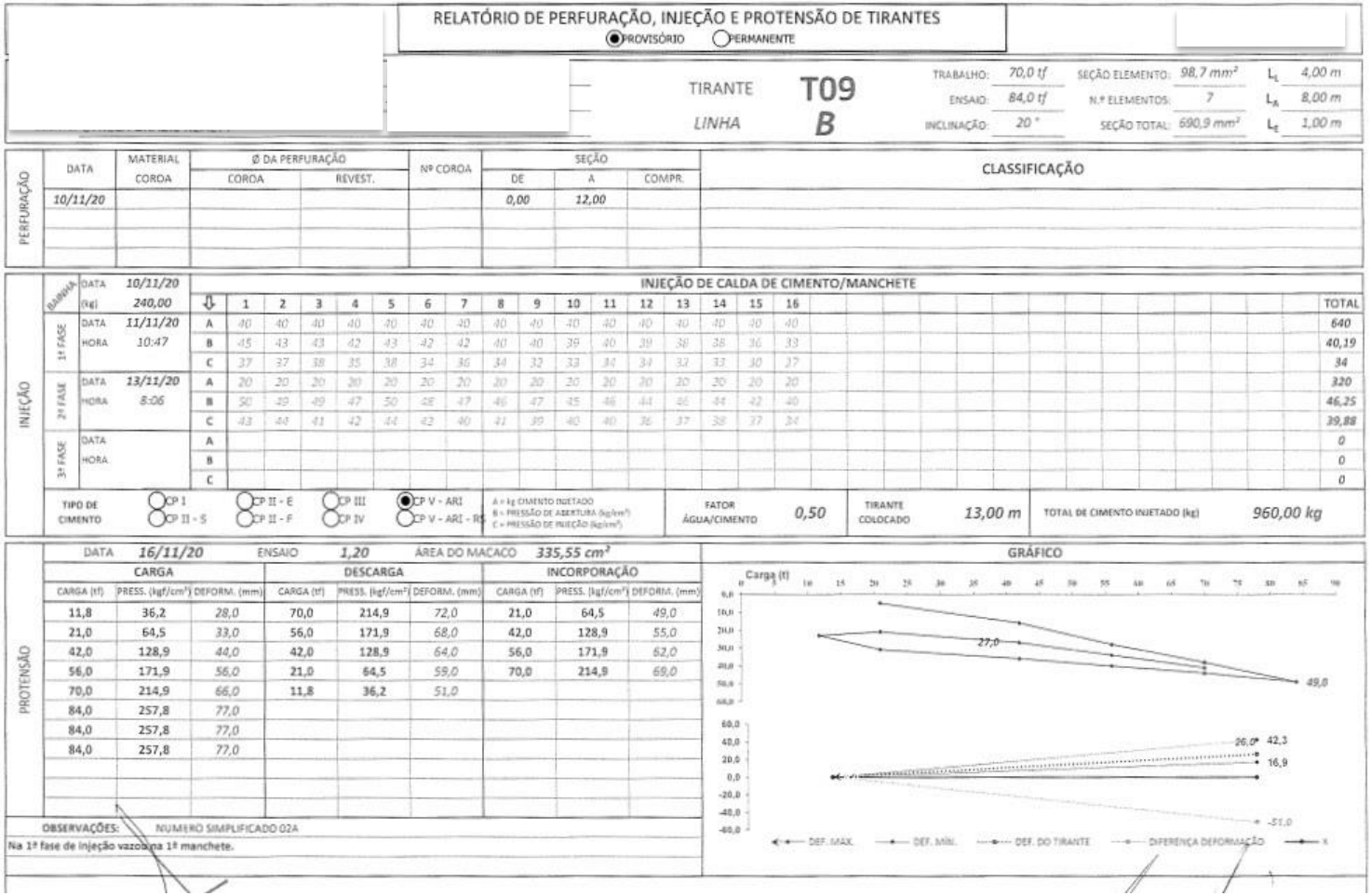
Figura 48 — Repartição dos deslocamentos elásticos e plásticos do tirante T09B



Fonte: Arquivo próprio (adaptado), 2021

Os gráficos das Figuras 47 e 48 mostram a deformação do tirante em função da carga aplicada, formando uma curva similar a curva típica desse ensaio, e a deformação. No segundo gráfico têm-se as deformações mínimas e máximas previstas e, a deformação real do tirante.

Figura 49 — Relatório de Perfuração, Injeção e Protensão de Tirantes, Tirante T25A.



RELATÓRIO DE PERFURAÇÃO, INJEÇÃO E PROTENSÃO DE TIRANTES

(●) PROVISÓRIO ( ) PERMANENTE

TIRANTE **T09** — LINHA **B**

TRABALHO: 70,0 tf — ENSAIO: 84,0 tf — INCLINAÇÃO: 20 °

SEÇÃO ELEMENTO: 98,7 mm² — N.º ELEMENTOS: 7 — SEÇÃO TOTAL: 690,9 mm²

L_L 4,00 m — L_A 8,00 m — L_E 1,00 m

PERFURAÇÃO

DATA	MATERIAL CORDA	Ø DA PERFURAÇÃO: CORDA	Ø DA PERFURAÇÃO: REVEST.	Nº COROA	SEÇÃO: DE	SEÇÃO: A	SEÇÃO: COMPR.	CLASSIFICAÇÃO
10/11/20					0,00	12,00		

INJEÇÃO — INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO/MANCHETE

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	TOTAL
BAINHA	DATA 10/11/20	(kg)	240,00																
1ª FASE	DATA 11/11/20	A	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	640
	HORA 10:47	B	45	43	43	42	43	42	42	40	40	39	40	39	38	38	36	33	40,19
		C	37	37	38	35	38	34	36	34	32	33	34	34	32	33	30	27	34
2ª FASE	DATA 13/11/20	A	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	320
	HORA 8:06	B	50	49	49	47	50	48	47	46	47	45	46	44	46	44	42	40	46,25
		C	43	44	41	42	44	42	40	41	39	40	40	36	37	38	37	34	39,88
3ª FASE	DATA	A																	0
	HORA	B																	0
		C																	0

TIPO DE CIMENTO: ( ) CP I ( ) CP II - S ( ) CP II - E ( ) CP II - F ( ) CP III ( ) CP IV (●) CP V - ARI ( ) CP V - ARI - RS

A = kg CIMENTO INJETADO; B = PRESSÃO DE ABERTURA (kg/cm²); C = PRESSÃO DE INJEÇÃO (kg/cm²)

FATOR ÁGUA/CIMENTO: 0,50 — TIRANTE COLOCADO: 13,00 m — TOTAL DE CIMENTO INJETADO (kg): 960,00 kg

PROTENSÃO

DATA 16/11/20 — ENSAIO 1,20 — ÁREA DO MACACO 335,55 cm²

CARGA (tf)	CARGA PRESS. (kgf/cm²)	CARGA DEFORM. (mm)	DESCARGA (tf)	DESCARGA PRESS. (kgf/cm²)	DESCARGA DEFORM. (mm)	INCORPORAÇÃO (tf)	INCORPORAÇÃO PRESS. (kgf/cm²)	INCORPORAÇÃO DEFORM. (mm)
11,8	36,2	28,0	70,0	214,9	72,0	21,0	64,5	49,0
21,0	64,5	33,0	56,0	171,9	68,0	42,0	128,9	55,0
42,0	128,9	44,0	42,0	128,9	64,0	56,0	171,9	62,0
56,0	171,9	56,0	21,0	64,5	59,0	70,0	214,9	69,0
70,0	214,9	66,0	11,8	36,2	51,0			
84,0	257,8	77,0						
84,0	257,8	77,0						
84,0	257,8	77,0						

OBSERVAÇÕES: NUMERO SIMPLIFICADO 02A

Na 1ª fase de injeção vazou na 1ª manchete.

GRÁFICO

Fonte: Arquivo pessoal, 2021[23]

[23] Tabela extraída do relatório dos ensaios dos tirantes cedido pela empresa que executou a parede diafragma.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho apresentado, a análise bibliográfica foi utilizada para fundamentar os conhecimentos necessários sobre controle de execução e medidas de mitigação de patologias em estruturas de parede diafragma, possibilitando a comparação entre o que foi observado durante as visitas técnicas e o que relata a bibliografia utilizada na revisão, permitindo uma análise de todos os processos executados com o intuito de identificar os motivos pelos quais ocorreram as falhas citadas - o desencontro das juntas das lamelas, o erro ao realizar o furo do tirante e a armadura exposta com falta de cobrimento de concreto.

Com as vistorias foi possível traçar a análise de risco dos procedimentos, delineando critérios executivos e resoluções para as patologias, como a utilização de agentes inibidores da reação álcali-agregado - agentes pozolânicos no cimento, juntamente com o cobrimento adequado do concreto para evitar contaminação da armação com agentes externos.

Algumas situações ocorridas na obra oportunizaram a compreensão da importância da antecipação aos detalhes de projeto e do cuidado na execução, por exemplo, caso o projeto não preveja pontos de sondagem próximos aos tirantes pode possibilitar tentativas de furos incorretos, que se tornam posteriormente, uma entrada para agentes nocivos à estrutura.

Os resultados obtidos nas análises mostram que para garantir a qualidade do processo executivo é importante que haja acompanhamento técnico para prever e solucionar possíveis interferências na prática da realização da contenção, como o caso da obra em questão, que com acompanhamento do consultor técnico foi possível realocar o tirante que havia sido perfurado erroneamente. Além disso, é importante que o profissional auxilie na realização dos ensaios do tirante, tendo em vista que os resultados devem ser analisados para a liberação do término da estrutura da parede diafragma.

Conforme resultados obtidos nos ensaios realizados, a verificação da carga do tirante após a ancoragem é uma prática importante para que as previsões de cargas calculadas em projeto sejam mantidas, levando em consideração a deformação da estrutura do tirante. Desta maneira, caso a carga de incorporação esteja muito distante da carga prevista, é possível que haja deformações na estrutura e no terreno, além

disso, para que o tirante seja qualificado para atender a estrutura de contenção, após a aplicação das cargas do ensaio é necessário verificar se as deformações dos tirantes de encontram entre a deformação máximo e mínima calculadas em projeto.

O objetivo deste estudo não se caracterizou propor métodos para extinguir as patologias, visto que, elas normalmente ocorrem devido a execução estar à mercê de diversos fatores difíceis de controlar (mão de obra, intempéries, materiais), no entanto, conforme observado no acompanhamento da obra, foi possível compreender o quão necessário é ter um plano de mitigação, o que só é possível com uma análise de risco do projeto, com um procedimento de controle de execução bem elaborado e com planejamento dos processos definidos, além do controle dos materiais e mão de obra (LOTTERMANN, 2013).

Dessa forma, diante dos relatos, o presente trabalho estabelece critérios executivos e metodológicos de controle de qualidade que podem se tornar uma solução para mitigar patologias em estruturas de parede diafragma atirantadas, cumprindo assim, seu objetivo ao analisar os métodos de execução utilizados na obra com os da revisão bibliográfica propondo melhorias nas aplicações.

REFERÊNCIAS

AECWEB. **Patologias do concreto**. AECweb, [2021]. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-do-concreto/6160. Acesso em: 21 out. 2021.

ALMEIDA, Thaini de. **Análise, Projeto e Execução de Parede Diafragma Moldada in Loco**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/115434. Acesso em: 23 out. 2021.

AMORIM, Eduardo Lucena C. de. **Apostila de Ferramentas de Análise de Risco**. Maceió: UFAL, [2021].

ANDRADE, Jairo José de Oliveira. **Durabilidade das estruturas de concreto armado**: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ANTUNES, Fausto Roberto Pereira; AMARAL, Rodrigo César. **Projeto e execução de parede diafragma atirantada**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Valo do Paraíba, São José dos Campos, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/nbr-06122-1996-projeto-e-execucao-de-fundacoes. Acesso em: 21 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-

edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento. Acesso em: 21 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5629**: Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15575-5**: Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BAPTISTA, Makilim Nunes; CAMPOS, Dinael Corrêa de. **Metodologias de pesquisa em ciências**: análises quantitativa e qualitativa. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BEZERRA, Jocélio Bento. **Letramento financeiro**: estudo com graduandos da UFRN. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/35276/1/LetramentoFinanceiro_Bezerra_2018.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

BN ENGENHARIA. **Execução de parede diafragma e estaca barrete**. Código: 17.2.1. Nº Revisão: 05. Data revisão: 8 ago. 2017.

BONAFÉ, Gabriel. Cortina atirantada em concreto armado contém empuxos do solo. **AECweb**, [2021]. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/revista/materias/cortina-atirantada-em-concreto-armado-contem-empuxos-do-solo/14268. Acesso em: 23 out. 2021.

BORDUN, Robson Fernando. **Manifestações patológicas em estrutura de concreto armado em estudo de caso (Bloco Administrativo da UTFPR-Pato**

Branco). 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3386/1/PB_COECI_2014_1_10.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.

DEUTSCH, Simone F. **Perícias de Engenharia**: a apuração dos fatos. São Paulo: Leud, 2011.

DIAS, Paulo Henrique Vieira; YASSUDA, Carmo T. Tirantes. *In*: FALCONI, Frederico *et al*. (Eds.). **Fundações**: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. p. 595-640.

DSI UNDERGROUND GROUP. Sistema Helicoidal DSI Underground. **DSI Underground Group**, [2021]. Disponível em: https://www.dsiunderground.com/es/latam/productos/sistemas-de-anclaje/sistema-helicoidal. Acesso em: 23 out. 2021.

FALCONI, Frederico *et al*. (Eds.). **Fundações**: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

FIGUEIREDO, Juliana Gonzalez. **Contribuição ao processo de dimensionamento de cortinas atirantadas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/mestrado/2018/3118-figueiredo-jg-tm-18-1. Acesso em: 22 out. 2021.

FILHO, Antônio Carmona; CARMONA, Thomas. **Fissuração nas estruturas de concreto**. [*S. l.*]: ALCONPAT Brasil, 2013. (Boletín Técnico, 03). Disponível em:

https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/Boletim-t%C3%A9cnico-3.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

FILHO, José Melchior; SOUZA, Henrique Petisco de; ELIAS, Deyvid de Souza. Análise da Probabilidade de Falha de uma Estrutura de Solo Reforçado. *In*: GEOCENTRO 2019, 2019, Brasília. **Anais** [...]. Brasília: Geocentro, 2019. Disponível em: https://qe.iweventos.com.br/upload/trabalhos/t1arquivo/V4hdK6Rd8L4U9YCqc4hKF7Yl1Aa8.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

FINESOFTWARE. Homepage. **FineSoftware**, [2021]. Disponível em: https://www.finesoftware.com.br/. Acesso em: 21 out. 2021.

FRANKI. Parede Diafragma. **Yumpu**, [2021]. Disponível em: https://www.yumpu.com/pt/document/read/14487111/parede-diafragmapdf-franki. Acesso em: 23 out. 2021.

FUSCO, Péricles B. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 2013.

GARZON, Yohn Edison Polo. **Retroanálise da Cortina Instrumentada da Ferrovia São Paulo - Santos (FEPASA - KM74)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=25872@1. Acesso em: 23 out. 2021.

GEOFIX FUNDAÇÕES. Paredes Diafragma com Clamshell e/ou Hidrofresa. **Geofix Fundações**, [2021]. Disponível em: http://geofix.com.br/servico-paredes-hidrofresa.php. Acesso em: 23 out. 2021.

GOOGLE EARTH. Estação Eucaliptos - Avenida Ibirapuera - Indianópolis, São Paulo - SP. **Google Earth**, [2021]. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/Esta%C3%A7%C3%A3o+Eucaliptos+-+Avenida+Ibirapuera+-+Indian%C3%B3polis,+S%C3%A3o+Paulo+-+SP/@-

23.60960106,-46.6690854,760.35223992a,297.87709314d,35y,-19.32309927h,35.63755415t,0r/data=CigiJgokCfo51BwBuT9AEfo51BwBuT_AGeegw5ftIzZAIYJxUEJCxFbA. Acesso em: 23 out. 2021.

GOOGLE MAPS. -23.6094509, -46.6688543,271. **Google Maps**, [2021]. Disponível em: https://www.google.com.br/maps/@-23.6094509,-46.6688543,187m/data=!3m1!1e3. Acesso em: 23 out. 2021.

GUIMARÃES, Kauê Pereira. **Cortinas atirantadas**: estudo de patologias e suas causas. 2015. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/138336/000989344.pdf?sequence=1. Acesso em: 21 out. 2021.

HACHICH, Waldemar Coelho. **Modelos matemáticos e probabilistas em Engenharia Geotécnica**: uma sistematização na forma de sonata. Texto de sistematização crítica (Concurso de Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Waldemar-Hachich/publication/320508306_MODELOS_MATEMATICOS_E_PROBABILISTAS_EM_ENGENHARIA_GEOTECNICA_UMA_SISTEMATIZACAO_NA_FORMA_DE_SONATA/links/59e9111b0f7e9bc89b790282/MODELOS-MATEMATICOS-E-PROBABILISTAS-EM-ENGENHARIA-GEOTECNICA-UMA-SISTEMATIZACAO-NA-FORMA-DE-SONATA.pdf. Acesso em: 22 out. 2021.

HASHIZUME, Sandra Haruna. **Caracterização técnica e indicadores de custos de sistemas de contenção do solo na construção de edifícios**. 2006. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: https://cassiopea.ipt.br/teses/2006_HAB_Sandra_Haruna.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

HELENE, Paul. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

INCOTEP. Cordoalhas. **Incotep**, Guarulhos, [2021]. Disponível em: https://www.incotep.com.br/produtos/cordoalhas/. Acesso em: 23 out. 2021.

LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LARISCH, Martin D. Typical tremie pour for a diaphragm wall panel installed under bentonite fluid. **ResearhGate**, out. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Typical-tremie-pour-for-a-diaphragm-wall-panel-installed-under-bentonite-fluid_fig3_308931392. Acesso em: 23 out. 2021.

LICHTENSTEIN, Norberto B. **Patologia das Construções**: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. 1985. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

LOTTERMANN, André Fonseca. **Patologias em estrutura de concreto**: estudo de caso. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013. Disponível em: https://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/2013/TCC_Andr%C3%A9%20Fonseca%20Lottermann.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

MAPA DA OBRA. Problemas causados pela lixiviação do concreto. **Mapa da Obra**, 25 jul. 2017a. Disponível em: https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/os-problemas-causados-pela-lixiviacao-do-concreto/. Acesso em: 23 out. 2021.

MAPA DA OBRA. Carbonatação compromete a durabilidade das estruturas de concreto. **Mapa da Obra**, 21 nov. 2017b. Disponível em: https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/carbonatacao-compromete-a-durabilidade-das-estruturas-de-concreto/. Acesso em: 23 out. 2021.

MAPA DA OBRA. Como prevenir as fissuras derivadas da reação álcali-agregado em concreto. **Mapa da Obra**, 13 set. 2018. Disponível em: https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/reacao-alcali-agregado-concreto/. Acesso em: 23 out. 2021.

MEHTA, Paulo J. M.; MONTEIRO, P. Kumar. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.

MIKOS, Ana Paula *et al*. Estudo das manifestações patológicas em solo grampeado e cortina atirantada. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, ed. esp. 2º SPPC, 2017a. Disponível em: http://creaprw16.creapr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/view/309/191. Acesso em: 21 out. 2021.

MIKOS, Ana Paula *et al*. Manifestações Patológicas decorrentes em Solo Grampeado e Cortina Atirantada. *In*: SIMPÓSIO PARANAENSE DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2017, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: SPPC, 2017b. p. 537-546. Disponível em: http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/2SPPC.2017.044. Acesso em: 23 out. 2021.

MILITITSKY, Jarbas *et al*. Obras de contenção. *In*: FALCONI, Frederico *et al*. (Eds.). **Fundações**: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. p. 499-528.

MIOTTO, Daniela. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR**. 2010. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) - Universidade Federal do Paraná, Pato Branco, 2010. Disponível em:

https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34353/MIOTTO%2C%20DANIELA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 23 out. 2021.

MONTEIRO, Felipe Groba. **Parede diafragma atirantada e moldada *in loco***. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009. Disponível em: https://docplayer.com.br/3134892-Universidade-anhembi-morumbi-felipe-groba-monteiro-parede-diafragma-atirantada-e-moldada-in-loco.html. Acesso em: 23 out. 2021.

MONTEIRO, Fernando Feitosa *et al*. Análise técnico-econômica dos métodos construtivos de paredes diafragma moldadas *in loco*, estacas-prancha e estacas secantes. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 4, n. 2, 2017. Disponível em: https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/1840/1385. Acesso em: 21 out. 2021.

NASCIMENTO, Alessandro Lugli. **Análise de estabilidade de contenções, via MEF, considerando a interação solo-estrutura**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-30052012-122749/publico/DissertacaoAlessandroLugliNascimento.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

NESPOLI, Guilherme Henrique; NETO, Octavio Mauricio de Magalhães; TAKANO, Rodrigo Hashiguchi. Emprego de parede-diafragma como contenção do subsolo. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2014, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: SEMESP, 2014. Disponível em: http://conic-semesp.org.br/anais/files/2014/trabalho-1000016705.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NOTICIAS MAQUINARIA. La hidrofresa LSC 8-18 L de Liebherr se estrena en Múnich. **Noticias Maquinaria**, 22 jun. 2020. Disponível em: https://www.noticiasmaquinaria.com/la-hidrofresa-lsc-8-18-l-de-liebherr-se-estrena-en-munich/. Acesso em: 23 out. 2021.

ORTIZ, Eveline Gazola. **Análise dos procedimentos metodológicos de dimensionamento e execução de parede diafragma**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de São Paulo, Guaratinguetá, 2011. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120348/ortiz_eg_tcc_guara.pdf;sequence=1. Acesso em: 21 out. 2021.

PET ENGENHARIA CIVIL. Novos maquinários permitem executar paredes diafragmas até em solo rochoso. **PET Engenharia Civil**, 4 dez. 2013. Disponível em: https://petcivil.blogspot.com/2013/12/novos-maquinarios-permitem-executar.html. Acesso em: 23 out. 2021.

PORTO, Thiago Bomjardim. **Ancoragens em solos**: comportamento geotécnico e metodologia via web para previsão e controle. 2015. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6293/1/TESE_AncoragemSoloComportamento_V1.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (PMSP). **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**: Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014; texto da lei ilustrado. São Paulo: PMSP, 2015. Disponível em: https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2015/01/Plano-Diretor-Estrat%C3%A9gico-Lei-n%C2%BA-16.050-de-31-de-julho-de-2014-Texto-da-lei-ilustrado.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

QCONCURSOS. Q1090129. **Questões de Concursos**, [2021]. Disponível em: https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes/8ed5eb6b-28. Acesso em: 23 out. 2021.

RATTICHIERI, Maurício M. **Metodologia construtiva de paredes diafragma**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de São Paulo, Guaratinguetá, 2015. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139082/000864038.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 out. 2021.

REFFATTI, Márcio Eduardo. **Análise numérica de uma escavação de grande porte em Porto Alegre/RS**: caso de obra. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3764/000392507.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 out. 2021.

REIS, Luciana. Como a carbonatação pode afetar a durabilidade do concreto? **Engenharia 360**, 23 maio 2017. Disponível em: https://engenharia360.com/como-a-carbonatacao-pode-afetar-a-durabilidade-do-concreto/. Acesso em: 23 out. 2021.

ROCSCIENCE INC. Getting Started - Slide 2. **Rocscience Inc.**, [2021]. Disponível em: https://www.rocscience.com/help/slide2/getting_started/getting_started.htm. Acesso em: 22 out. 2021.

ROLNIK, Raquel; FRÚGOLI JR., Heitor. Reestruturação urbana da metópole paulistana: a Zona Leste como território de rupturas e permanências. **Cadernos Metrópole**, n. 6, p. 43-66, 2001. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/download/9268/6874. Acesso em: 23 out. 2021.

SANTOS, Solange Diniz dos. **Análise de algumas técnicas de recuperação de estruturas do Ribeirão Arrudas**. 2015. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SILVA, Clíscia Cerceau da. **Análise de estabilidade de um talude da cava de Alegria utilizando abordagem probabilística**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015. Disponível em: http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6375/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_An%C3%A1liseEstabilidadeTalude.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

SILVA, Erik Almeida da. **Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). Novas construções próximas a aeroportos terão redução nos limites de altura. **SindusCon-SP**, 15 out. 2015. Disponível em: https://sindusconsp.com.br/sinduscon-sp-novas-construcoes-proximas-a-aeroportos-terao-reducao-nos-limites-de-altura/. Acesso em: 23 out. 2021.

SOLOTRAT. Tirantes. **Solotrat**, p. 23-39, [2021]. Disponível em: https://www.solotrat.com.br/pdf/cortina-atirantada-solotrat.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

SOLO.NET. Parede Diafragma. **SOLO.NET**, [2021]. Disponível em: http://www.solonet.eng.br/Duvidas/estacas_diafragma.htm. Acesso em: 23 out. 2021.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível

em: https://minascongressos.com.br/sys/anexo_material/63.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 2001.

SPADA, Miriam. Stop-End-Element. **SIP&T**, n. 1, p. 17-18, jan./mar. 2017. Disponível em: http://www.sipdrill.it/wp-content/uploads/2017/02/Stop-End-Element-1.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

SPRINGER, Fernanda Otto. Ensaios de arrancamento de grampos. *In*: SPRINGER, Fernanda Otto. **Ensaios de arrancamento de grampos em solo residual de gnaisse**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. p. 88-120. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/8761/8761_5.PDF. Acesso em: 23 out. 2021.

TAKATA, Leandro Teixeira. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado**: estudo de caso. 2009. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4655/3273.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 out. 2021.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifício**: Causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 1989.

TRESUNO. Eflorescência no concreto aparente [Patologia]. **Tresuno**, [2021]. Disponível em: https://tresuno.com.br/post/eflorescencia-no-concreto-aparente-patologia/. Acesso em: 23 out. 2021.

VASCONCELOS, Luma Alvarenga Carvalho de. **Estudo da capacidade de carga de ancoragens protendidas e reinjetáveis em maciços geotécnicos**. 2016.

Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/7109/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_EstudoCapacidadeCarga.pdf. Acesso em: 22 out. 2021.

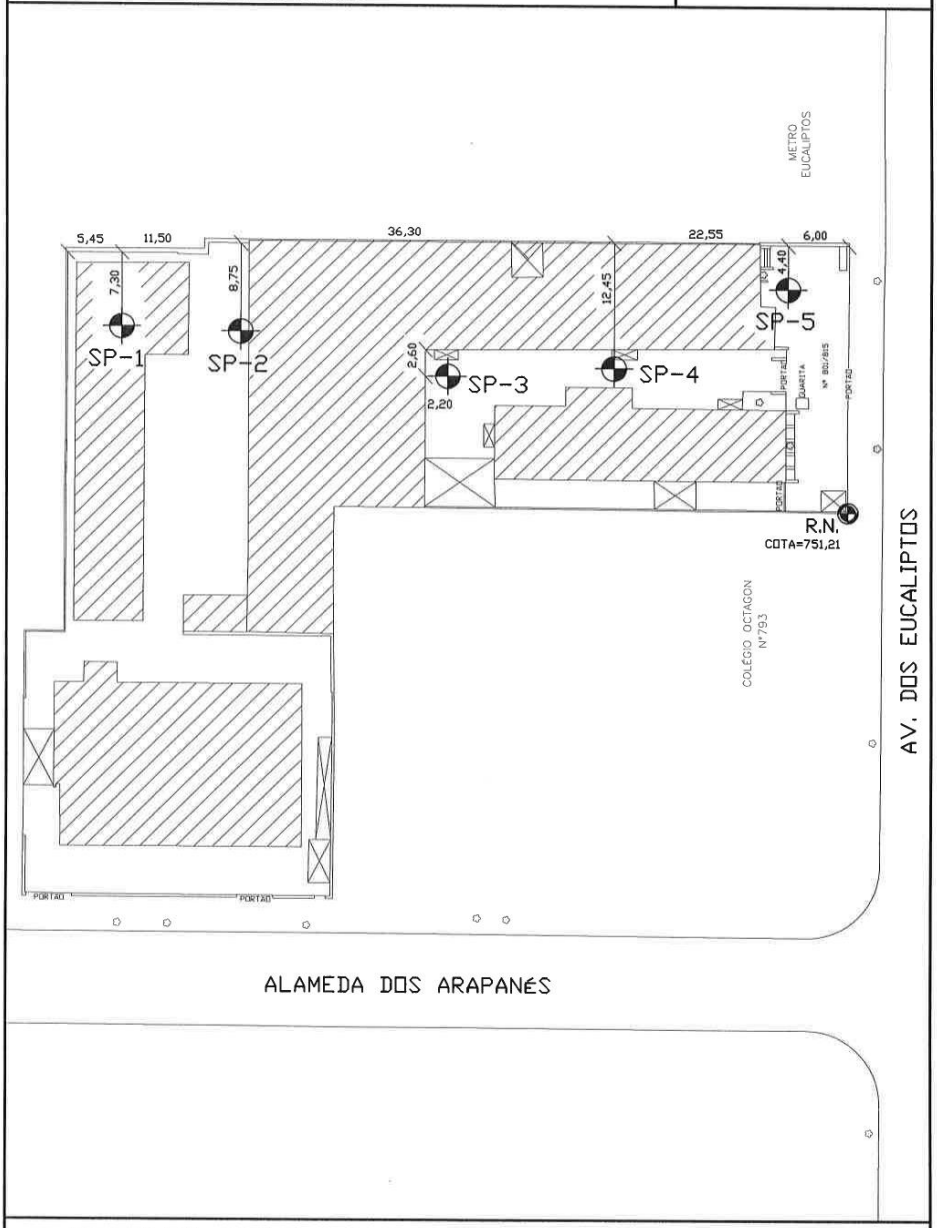
ANEXOS

ANEXO A — Laudo de Sondagem - SPT

EME's NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
RUA COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217 - TEL./FAX (0XX)3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

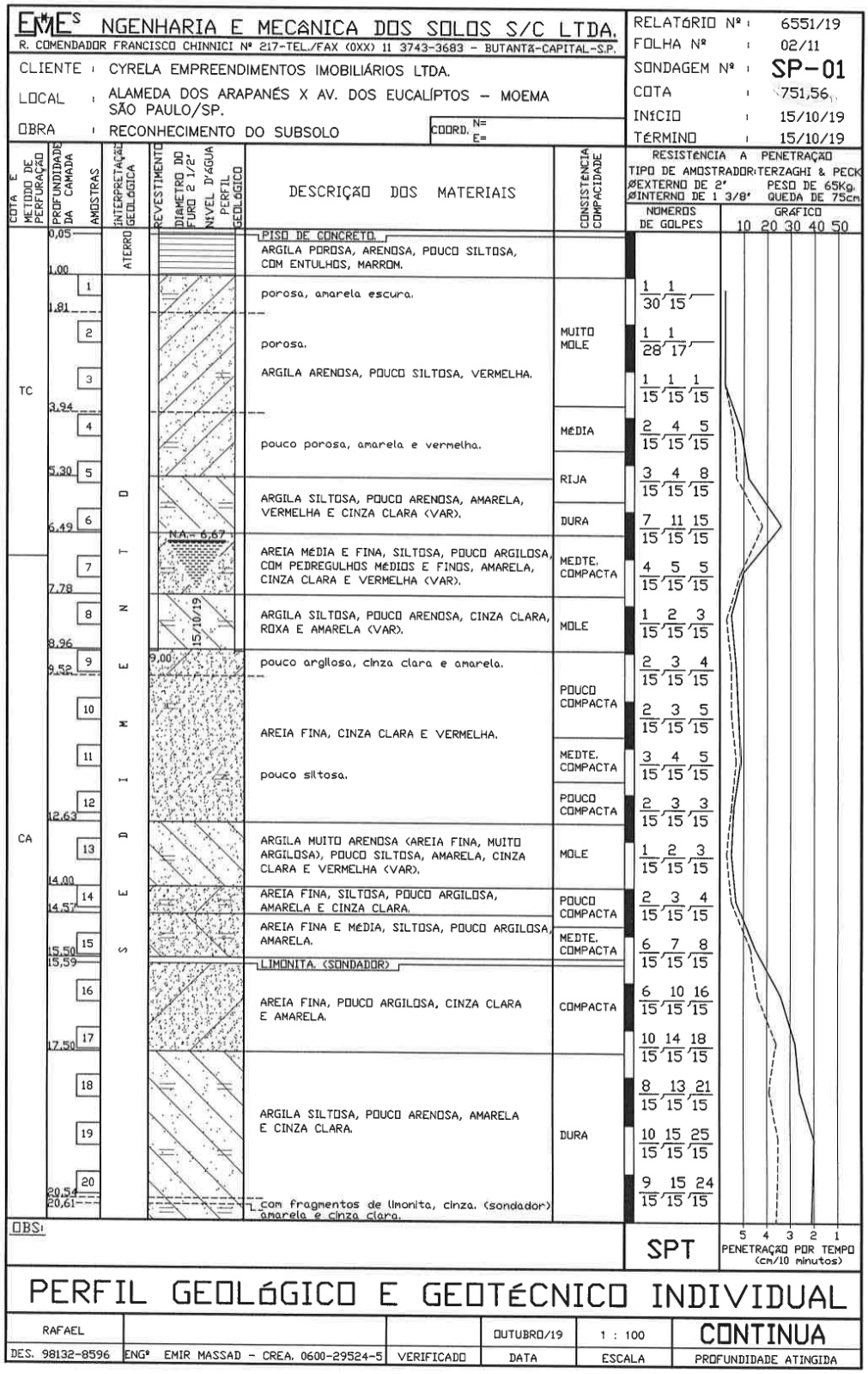
CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO

RELATÓRIO Nº : 6551/19
FOLHA Nº : 01/11
INICIO : 10/10/19
TÉRMINO : 15/10/19



CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 500	161,05m
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA


EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.
CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO
COORD. N= E=
RELATÓRIO Nº : 6551/19
FOLHA Nº : 02/11
SONDAGEM Nº : SP-01
COTA : 751,56
INÍCIO : 15/10/19
TÉRMINO : 15/10/19
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm
COTA E MÉTODO DE PERFURAÇÃO
PROFUNDIDADE DA CAMADA
AMOSTRAS
INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA
REVESTIMENTO
DIÂMETRO DO FURO 2 1/2"
NÍVEL D'ÁGUA
PERFIL GEOLÓGICO
DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
CONSISTÊNCIA COMPACIDADE
NÚMEROS DE GOLPES
GRÁFICO
10 20 30 40 50
TC
CA
0,05
1,00
1,81
3,94
5,30
6,49
7,78
8,96
9,52
12,63
14,00
14,57
15,50
15,59
17,50
20,54
20,61
ATERRO
D E S D I M E N T O S
N.A.= 6,67
15/10/19
9,00
PISO DE CONCRETO.
ARGILA POROSA, ARENOSA, POUCO SILTOSA, COM ENTULHOS, MARROM.
porosa, amarela escura.
porosa.
ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, VERMELHA.
pouco porosa, amarela e vermelha.
ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA, VERMELHA E CINZA CLARA (VAR).
AREIA MÉDIA E FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, COM PEDREGULHOS MÉDIOS E FINOS, AMARELA, CINZA CLARA E VERMELHA (VAR).
ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA CLARA, ROXA E AMARELA (VAR).
pouco argilosa, cinza clara e amarela.
AREIA FINA, CINZA CLARA E VERMELHA.
pouco siltosa.
ARGILA MUITO ARENOSA (AREIA FINA, MUITO ARGILOSA), POUCO SILTOSA, AMARELA, CINZA CLARA E VERMELHA (VAR).
AREIA FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, AMARELA E CINZA CLARA.
AREIA FINA E MÉDIA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, AMARELA.
LIMONITA. (SONDADOR)
AREIA FINA, POUCO ARGILOSA, CINZA CLARA E AMARELA.
ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.
com fragmentos de limonita, cinza. (sondador) amarela e cinza clara.
MUITO MOLE
MÉDIA
RIJA
DURA
MEDTE. COMPACTA
MOLE
POUCO COMPACTA
MEDTE. COMPACTA
POUCO COMPACTA
MOLE
POUCO COMPACTA
MEDTE. COMPACTA
COMPACTA
DURA
1/30 1/15
1/28 1/17
1/15 1/15 1/15
2/15 4/15 5/15
3/15 4/15 8/15
7/15 11/15 15/15
4/15 5/15 5/15
1/15 2/15 3/15
2/15 3/15 4/15
2/15 3/15 5/15
3/15 4/15 5/15
2/15 3/15 3/15
1/15 2/15 3/15
2/15 3/15 4/15
6/15 7/15 8/15
6/15 10/15 16/15
10/15 14/15 18/15
8/15 13/15 21/15
10/15 15/15 25/15
9/15 15/15 24/15
OBS:
SPT
5 4 3 2 1
PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)
PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL
RAFAEL
OUTUBRO/19
1 : 100
CONTINUA
DES. 98132-8596
ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5
VERIFICADO
DATA
ESCALA
PROFUNDIDADE ATINGIDA

EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO
COORD. N= E=

RELATÓRIO Nº : 6551/19
FOLHA Nº : 03/11
SONDAGEM Nº : SP-01
COTA : 7561,56
INÍCIO : 15/10/19
TÉRMINO : 15/10/19

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm

COTA E METODO DE PERFURAÇÃO	PROFUNDIDADE DA CAMADA	AMOSTRAS	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	REVESTIMENTO	DIÂMETRO DO FURO 2 1/2"	NÍVEL D'ÁGUA	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	CONSISTÊNCIA COMPACIDADE	NÚMEROS DE GOLPES
CA		21	SEDIMENTO					ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	RIJA	4 5 7 / 15 15 15
		22								4 6 8 / 15 15 15
	22,89 / 22,95							LIMONITA. (SONDADOR)		
		23						siltosa, pouco argilosa, amarela e cinza clara. (amostra lavada)		7 10 12 / 15 15 15
	24,00	24						AREIA MÉDIA E FINA, CINZA CLARA E AMARELA.	COMPACTA	8 11 13 / 15 15 15
		25						pouco siltosa.		9 10 10 / 15 15 15
	26,48	26								8 11 12 / 15 15 15
		27						AREIA FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, AMARELA E VERMELHA.	MEDTE. COMPACTA	4 5 7 / 15 15 15
	27,63									
		28						ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.		7 10 15 / 15 15 15
		29								8 12 18 / 15 15 15
	30,30	30							DURA	8 15 23 / 15 15 15
		31						cinza clara e amarela.		10 16 25 / 15 15 15
	32,30	32								17 30 / 15 15
		33								
		34								
		35								
		36								
		37								
		38								
		39								
		40								
		41								

GRÁFICO: 10 20 30 40 50

OBS:

SPT — 5 4 3 2 1 PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)

PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 100	32,30m
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA

EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

RELATÓRIO Nº	6551/19
FOLHA Nº	04/11
SONDAGEM Nº	SP-02
COTA	751,17
INÍCIO	14/10/19
TÉRMINO	14/10/19

CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO
COORD. N= E=

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm

COTA E MÉTODO DE PERFURAÇÃO	PROFUNDIDADE DA CAMADA	AMOSTRAS	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	REVESTIMENTO / DIÂMETRO DO FURO 2 1/2" / NÍVEL D'ÁGUA / PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	CONSISTÊNCIA COMPACIDADE	NÚMEROS DE GOLPES
	0,80		ATERRO		ARGILA POROSA, ARENOSA, POUCO SILTOSA, COM ENTULHOS, MARROM E VERMELHA.		
	1,93	1			amarela.	MUITO MOLE	1/30 1/15
		2			ARGILA POROSA, ARENOSA, POUCO SILTOSA, VERMELHA.	MOLE	1/25 2/20
TC	3,65	3				MUITO MOLE	1/20 1/15 1/10
		4			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, VERMELHA E AMARELA.	RIJA	4/15 5/15 6/15
		5		N.A.= 5,80		DURA	5/15 8/15 12/15
	6,15	6			argilosa, pouco siltosa, vermelha, cinza clara e amarela (var)	MEDTE. COMPACTA	4/15 10/15 13/15
	6,80	7			AREIA MÉDIA E FINA, VERMELHA E AMARELA, siltosa, com pedregulhos finos.		7/15 8/15 9/15
	7,50	8		15/10/19 8,00	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA CLARA, AMARELA E ROXA (VAR).	MOLE	1/15 2/15 3/15
	9,64	9				MÉDIA	2/15 3/15 4/15
		10			AREIA FINA, POUCO SILTOSA, CINZA CLARA E VERMELHA.	POUCO COMPACTA	5/15 8/15 10/15
		11				MEDTE. COMPACTA	3/15 3/15 5/15
	12,37	12				FOFA	2/15 2/15 1/15
CA		13			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	MOLE	1/15 3/15 3/15
		14				MÉDIA	2/15 3/15 4/15
	14,65	15			AREIA MÉDIA E FINA, ARGILOSA, POUCO SILTOSA, E AMARELA.	MEDTE. COMPACTA	4/15 4/15 6/15
	15,68 / 15,87				LIMONITA, CINZA ESCURA. (SONDADOR)		
		16			AREIA FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	COMPACTA	7/15 9/15 11/15
	17,48	17					8/15 12/15 17/15
		18			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	DURA	9/15 14/15 24/15
		19					10/15 15/15 26/15
		20					10/15 15/15 25/15
	20,70 / 20,82				com fragm. de limonita, vermelha. (sondador) vermelha, cinza clara e amarela (var).		

GRÁFICO: 10 20 30 40 50

OBS:

SPT — 5 4 3 2 1 PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)

PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 100	CONTINUA
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA

EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO
COORD. N= E=

RELATÓRIO Nº : 6551/19
FOLHA Nº : 05/11
SONDAGEM Nº : SP-02
COTA : 751,17
INÍCIO : 14/10/19
TÉRMINO : 14/10/19

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm

COTA E MÉTODO DE PERFURAÇÃO	PROFUNDIDADE DA CAMADA	AMOSTRAS	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	REVESTIMENTO	DIÂMETRO DO FURO 2 1/2"	NÍVEL D'ÁGUA	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	CONSISTÊNCIA COMPACIDADE	NÚMEROS DE GOLPES
CA		21	SEDIMENTO					ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, VERMELHA, CINZA CLARA E AMARELA (VAR).	RIJA	4 6 8 / 15 15 15
		22								4 6 7 / 15 15 15
	22,89									
	23,00	23						LIMONITA. (SONDADOR)		7 9 10 / 15 15 15
		24						AREIA MÉDIA E FINA, POUCO ARGILOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	COMPACTA	7 9 13 / 15 15 15
		25								8 10 14 / 15 15 15
		26								8 11 14 / 15 15 15
	26,93									
		27						ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	RIJA	4 6 9 / 15 15 15
	27,85									
		28						ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	DURA	5 8 14 / 15 15 15
		29								9 13 18 / 15 15 15
		30								10 15 23 / 15 15 15
		31								10 16 24 / 15 15 15
	32,43	32								11 17 30 / 15 15 13
		33								— / — / —
		34								— / — / —
		35								— / — / —
		36								— / — / —
		37								— / — / —
		38								— / — / —
		39								— / — / —
		40								— / — / —
		41								— / — / —

GRÁFICO: 10 20 30 40 50

OBS:

SPT

5 4 3 2 1
PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)

PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 100	32,43m
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA

EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO
COORD. N= E=

RELATÓRIO Nº : 6551/19
FOLHA Nº : 06/11
SONDAGEM Nº : SP-03
COTA : 751,49
INÍCIO : 12/10/19
TÉRMINO : 12/10/19

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm

COTA E METODO DE PERFURAÇÃO	PROFUNDIDADE DA CAMADA	AMOSTRAS	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	REVESTIMENTO	DIÂMETRO DO FURO 2 1/2"	NÍVEL D'ÁGUA	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	CONSISTÊNCIA COMPACIDADE	NÚMEROS DE GOLPES
	0,12		ATERRO					PARALELEPÍPEDO.		
	0,57							ARGILA POROSA, ARENOSA, POUCO SILTOSA, MARROM.		
		1						porosa, amarela.	MUITO MOLE	1/30 1/15
	1,93									
		2						porosa.	MOLE	1/25 2/20
		3						ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, VERMELHA.	MUITO MOLE	1/15 1/15 1/15
TC	4,00									
		4						pouco porosa, vermelha e amarela.	RIJA	2/15 4/15 8/15
	4,59									
		5						vermelha e cinza clara.		5/15 7/15 10/15
	5,62									
		6	D		N.A.= 6,15			AREIA MÉDIA E FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, COM FRAGMENTOS DE QUARTZO, AMARELA E CINZA CLARA.	MEDTE. COMPACTA	4/15 6/15 8/15
	6,67									
	7,00							com pedregulhos finos, vermelha e cinza clara.		
		7						AREIA MÉDIA E FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, COM PEDREGULHOS FINOS, AMARELA E CINZA CLARA.	COMPACTA	6/15 9/15 12/15
	7,81									
		8				14/10/19			MOLE	1/15 2/15 3/15
				8,50						
		9	N					ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA, CINZA CLARA E ROXA (VAR).	MÉDIA	1/15 2/15 4/15
		10								2/15 3/15 4/15
	10,70									
		11	M					AREIA FINA, POUCO ARGILOSA, VERMELHA E CINZA CLARA.	POUCO COMPACTA	2/15 3/15 3/15
		12	I							3/15 3/15 5/15
CA		13	D						MEDTE. COMPACTA	4/15 5/15 5/15
	13,58									
	14,21	14						AREIA MÉDIA E FINA, SILTOSA, AMARELA.	FOFA	2/15 1/15 1/15
			E					ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, AMARELA.	MUITO MOLE	
		15							MOLE	1/15 2/15 2/15
	15,54		S							
		16						AREIA MÉDIA E FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, COM PEDREGULHOS FINOS, AMARELA E CINZA CLARA.	MEDTE. COMPACTA	4/15 5/15 6/15
	16,73									
		17						AREIA FINA, SILTOSA, AMARELA.	COMPACTA	6/15 9/15 11/15
	18,00									
		18						pocuo argilosa, amarela e cinza cara.		8/15 12/15 13/15
	18,97									
	19,50	19						ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	RIJA	4/15 6/15 10/15
		20						ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	DURA	5/15 8/15 12/15

GRÁFICO: 10 20 30 40 50

OBS:

SPT

5 4 3 2 1
PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)

PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 100	CONTINUA
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA

EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.

R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.

LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.

OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO

COORD. N= E=

RELATÓRIO Nº : 6551/19
FOLHA Nº : 07/11
SONDAGEM Nº : SP-03
COTA : 751,49
INÍCIO : 12/10/19
TÉRMINO : 12/10/19

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm

COTA E MÉTODO DE PERFURAÇÃO	PROFUNDIDADE DA CAMADA	AMOSTRAS	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	REVESTIMENTO	DIÂMETRO DO FURO 2 1/2"	NÍVEL D'ÁGUA	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	CONSISTÊNCIA COMPACIDADE	NÚMEROS DE GOLPES	GRÁFICO 10 20 30 40 50
CA		21	SEDIMENTO					ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	DURA	5 10 14 / 15 15 15	
		22								7 11 15 / 15 15 15	
		23								8 12 18 / 15 15 15	
	24,50	24								6 10 15 / 15 15 15	
		25						AREIA MÉDIA E FINA, POUCO SILTOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	COMPACTA	9 13 14 / 15 15 15	
	26,63	26								10 11 13 / 15 15 15	
		27						ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA CLARA E AMARELA.	DURA	8 10 12 / 15 15 15	
	27,70										
	28,57	28						ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, CINZA CLARA.	RIJA	5 6 9 / 15 15 15	
		29						ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA CLARA E AMARELA ESCURA.	DURA	8 13 18 / 15 15 15	
		30								9 14 20 / 15 15 15	
		31								10 15 23 / 15 15 15	
	32,45	32								10 16 25 / 15 15 15	
		33								— / — / —	
		34								— / — / —	
		35								— / — / —	
		36								— / — / —	
		37								— / — / —	
		38								— / — / —	
		39								— / — / —	
		40								— / — / —	
		41								— / — / —	

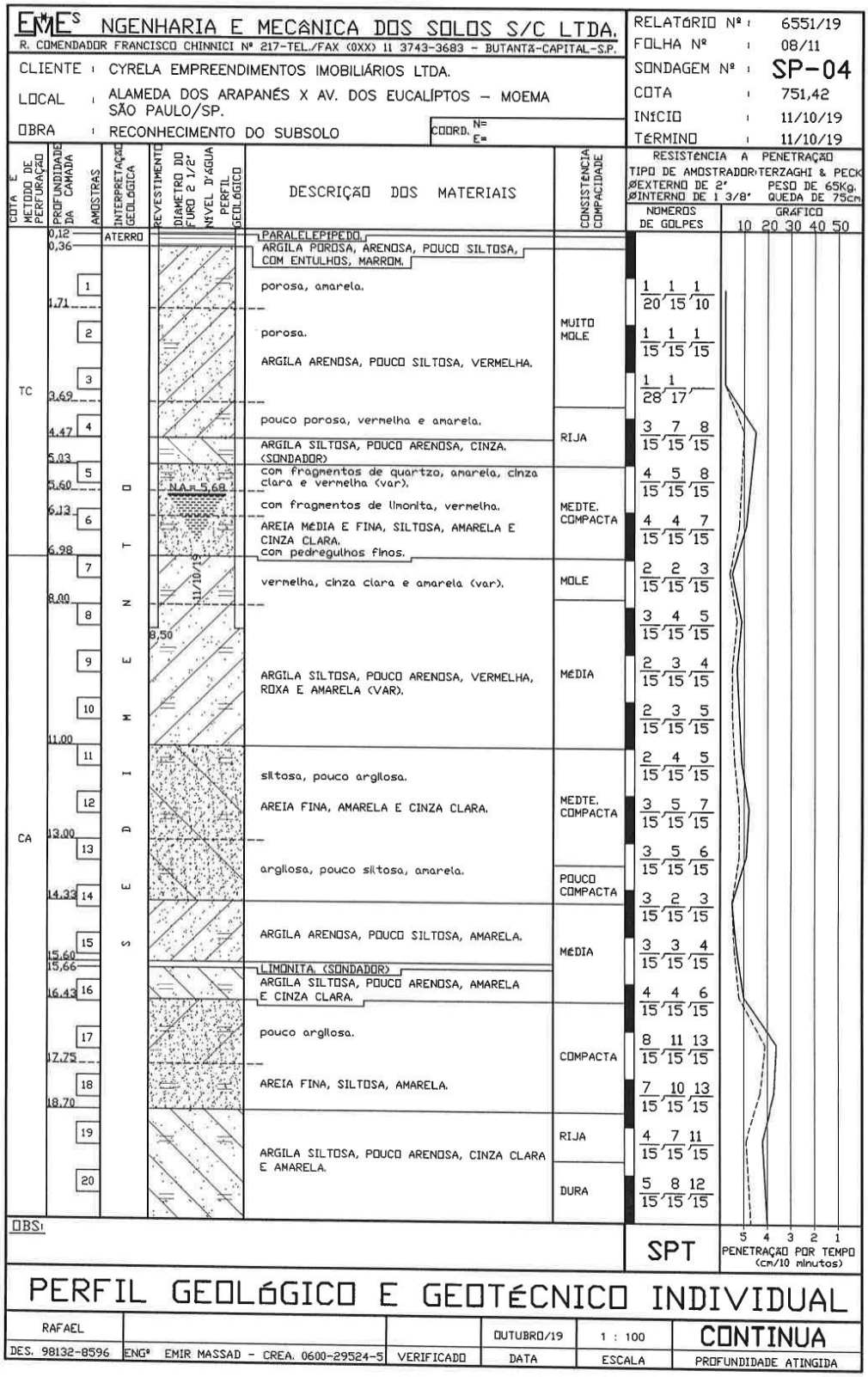
OBS:

SPT

5 4 3 2 1
PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)

PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 100	32,45m
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD – CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA


EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.
CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO
COORD. N= E=
RELATÓRIO Nº : 6551/19
FOLHA Nº : 08/11
SONDAGEM Nº : SP-04
COTA : 751,42
INÍCIO : 11/10/19
TÉRMINO : 11/10/19
COTA E MÉTODO DE PERFURAÇÃO
PROFUNDIDADE DA CAMADA
AMOSTRAS
INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA
REVESTIMENTO
DIÂMETRO DO FURO 2 1/2"
NÍVEL D'ÁGUA
PERFIL GEOLÓGICO
DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
CONSISTÊNCIA COMPACIDADE
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm
NÚMEROS DE GOLPES
GRÁFICO
10 20 30 40 50
TC
CA
0,12
0,36
1,71
3,69
4,47
5,03
5,60
6,13
6,98
8,00
11,00
13,00
14,33
15,60
15,66
16,43
17,75
18,70
ATERRO
FUNDAÇÕES DIRETAS
N.A.= 5,68
11/10/19
8,50
PARALELEPÍPEDO.
ARGILA POROSA, ARENOSA, POUCO SILTOSA, COM ENTULHOS, MARROM.
porosa, amarela.
porosa.
ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, VERMELHA.
pouco porosa, vermelha e amarela.
ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA. (SONDADOR)
com fragmentos de quartzo, amarela, cinza clara e vermelha (var).
com fragmentos de limonita, vermelha.
AREIA MÉDIA E FINA, SILTOSA, AMARELA E CINZA CLARA.
com pedregulhos finos.
vermelha, cinza clara e amarela (var).
ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, VERMELHA, ROXA E AMARELA (VAR).
siltosa, pouco argilosa.
AREIA FINA, AMARELA E CINZA CLARA.
argilosa, pouco siltosa, amarela.
ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, AMARELA.
LIMONITA. (SONDADOR)
ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA E CINZA CLARA.
pouco argilosa.
AREIA FINA, SILTOSA, AMARELA.
ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA CLARA E AMARELA.
MUITO MOLE
RIJA
MEDTE. COMPACTA
MOLE
MÉDIA
MEDTE. COMPACTA
POUCO COMPACTA
MÉDIA
COMPACTA
RIJA
DURA
1/20 1/15 1/10
1/15 1/15 1/15
1/28 1/17
3/15 7/15 8/15
4/15 5/15 8/15
4/15 4/15 7/15
2/15 2/15 3/15
3/15 4/15 5/15
2/15 3/15 4/15
2/15 3/15 5/15
2/15 4/15 5/15
3/15 5/15 7/15
3/15 5/15 6/15
3/15 2/15 3/15
3/15 3/15 4/15
4/15 4/15 6/15
8/15 11/15 13/15
7/15 10/15 13/15
4/15 7/15 11/15
5/15 8/15 12/15
OBS:
SPT
5 4 3 2 1
PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)
PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL
RAFAEL
DES. 98132-8596
ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5
VERIFICADO
OUTUBRO/19
DATA
1 : 100
ESCALA
CONTINUA
PROFUNDIDADE ATINGIDA

EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO
COORD. N= E=

RELATÓRIO Nº : 6551/19
FOLHA Nº : 09/11
SONDAGEM Nº : SP-04
COTA : 751,42
INÍCIO : 11/10/19
TÉRMINO : 11/10/19

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm

COTA E MÉTODO DE PERFURAÇÃO	PROFUNDIDADE DA CAMADA	AMOSTRAS	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	REVESTIMENTO / DIÂMETRO DO FURO 2 1/2" / NÍVEL D'ÁGUA / PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	CONSISTÊNCIA COMPACIDADE	NÚMEROS DE GOLPES
CA		21	SEDIMENTO		ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA CLARA E AMARELA.	DURA	5 9 13 / 15 15 15
		22					7 11 15 / 15 15 15
		23					8 13 18 / 15 15 15
	24,38	24					7 11 14 / 15 15 15
		25			pouco argilosa. AREIA MÉDIA E FINA, CINZA CLARA E AMARELA.	COMPACTA	10 13 16 / 15 15 15
	26,55	26					9 11 12 / 15 15 15
		27			argilosa, pouco siltosa, cinza clara.		10 12 13 / 15 15 15
	28,00 / 28,47	28			ARGILA MUITO ARENOSA (AREIA FINA, MUITO ARGILOSA), POUCO SILTOSA, CINZA CLARA.	RIJA	4 6 8 / 15 15 15
		29			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, AMARELA ESCURA E CINZA CLARA.	DURA	7 13 19 / 15 15 15
		30					9 15 22 / 15 15 15
		31					9 17 24 / 15 15 15
	32,45	32					10 17 25 / 15 15 15
		33					— / — / —
		34					— / — / —
		35					— / — / —
		36					— / — / —
		37					— / — / —
		38					— / — / —
		39					— / — / —
		40					— / — / —
		41					— / — / —

GRÁFICO: 10 20 30 40 50

OBS:

SPT — 5 4 3 2 1 PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)

PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 100	32,45m
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD – CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA

EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.

R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

RELATÓRIO Nº	6551/19
FOLHA Nº	10/11
SONDAGEM Nº	SP-05
COTA	751,20
INÍCIO	10/10/19
TÉRMINO	10/10/19

CLIENTE : CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.

LOCAL : ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.

OBRA : RECONHECIMENTO DO SUBSOLO

COORD. N= E=

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2" PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8" QUEDA DE 75cm

COTA E MÉTODO DE PERFURAÇÃO	PROFUNDIDADE DA CAMADA	AMOSTRAS	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	REVESTIMENTO / DIÂMETRO DO FURO 2 1/2" / NÍVEL D'ÁGUA / PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	CONSISTÊNCIA COMPACIDADE	NÚMEROS DE GOLPES
	0,12		ATERRO		PARALELEPÍPEDO.		
	0,20				ARGILA POROSA, ARENOSA, POUCO SILTOSA, COM ENTULHOS, MARROM.		
	1,00				porosa, amarela escura.		
		1			porosa.	MUITO MOLE	1/28 1/17
		2			ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, VERMELHA.		1/15 1/15 1/15
TC	3,48	3				MOLE	1/15 1/15 2/15
		4		N.A.= 4,20	pouco porosa, vermelha e amarela.	RIJA	4/15 7/15 9/15
	5,47	5		11/10/19			4/15 5/15 7/15
		6			AREIA MÉDIA E FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, COM PEDREGULHOS FINOS E MÉDIOS, AMARELA, E CINZA CLARA.	MEDTE. COMPACTA	4/15 3/15 5/15
	7,00	7					1/15 1/15 2/15
		8		8,00	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, ROXA E AMARELA.	MOLE	1/15 1/15 3/15
		9					1/15 1/15 2/15
	9,97	10					2/15 1/15 1/15
		11			AREIA FINA, SILTOSA, POUCO ARGILOSA, VERMELHA E CINZA CLARA.	FOFA	1/15 1/15 2/15
		12					3/15 2/15 1/15
CA	12,92	13			ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	MOLE	1/15 2/15 3/15
	14,13	14					2/15 3/15 4/15
					siltosa, amarela e cinza clara.		
	15,38	15				POUCO COMPACTA	2/15 3/15 5/15
		16			AREIA FINA, POUCO ARGILOSA, CINZA CLARA E AMARELA.		2/15 3/15 5/15
	16,87	17			AREIA FINA E MÉDIA, SILTOSA, AMARELA.	COMPACTA	7/15 10/15 13/15
	18,31	18				MEDTE. COMPACTA	7/15 10/15 8/15
		19			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA CLARA E AMARELA.	DURA	5/15 8/15 12/15
		20					5/15 8/15 13/15

SEDIMENTO

GRÁFICO: 10 20 30 40 50

OBS:

SPT — 5 4 3 2 1 PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)

PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 100	CONTINUA
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA

EMES NGENHARIA E MECÂNICA DOS SOLOS S/C LTDA.
R. COMENDADOR FRANCISCO CHINNICI Nº 217-TEL./FAX (0XX) 11 3743-3683 - BUTANTÃ-CAPITAL-S.P.

CLIENTE	CYRELA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.
LOCAL	ALAMEDA DOS ARAPANÉS X AV. DOS EUCALÍPTOS – MOEMA SÃO PAULO/SP.
OBRA	RECONHECIMENTO DO SUBSOLO
COORD.	N= E=

RELATÓRIO Nº	6551/19
FOLHA Nº	11/11
SONDAGEM Nº	SP-05
COTA	751,20
INÍCIO	10/10/19
TÉRMINO	10/10/19

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO
TIPO DE AMOSTRADOR: TERZAGHI & PECK
ØEXTERNO DE 2' PESO DE 65Kg.
ØINTERNO DE 1 3/8' QUEDA DE 75cm

COTA E METODO DE PERFURAÇÃO	PROFUNDIDADE DA CAMADA	AMOSTRAS	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA	REVESTIMENTO / DIÂMETRO DO FURO 2 1/2" / NÍVEL D'ÁGUA / PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	CONSISTÊNCIA COMPACIDADE	NÚMEROS DE GOLPES
CA		21	SEDIMENTO		ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, CINZA CLARA E AMARELA.	DURA	7 9 12 / 15 15 15
		22					7 9 11 / 15 15 15
	22,84 / 22,91				com fragm. de limonita, amarela. (sondador)		
		23					8 10 11 / 15 15 15
		24			AREIA MÉDIA E FINA, POUCO SILTOSA, AMARELA E CINZA CLARA.	COMPACTA	10 13 13 / 15 15 15
		25					10 13 14 / 15 15 15
	25,73						
	26,47	26			ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, CINZA CLARA E AMARELA.	RIJA	5 7 9 / 15 15 15
		27			cinza clara.	DURA	7 10 15 / 15 15 15
	27,80						
		28					8 16 23 / 15 15 15
		29			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, VERMELHA, AMARELA E CINZA CLARA (VAR).		10 18 27 / 15 15 15
		30					11 19 30 / 15 15 15
	31,42	31					12 20 30 / 15 15 12
		32					— / — / —
		33					— / — / —
		34					— / — / —
		35					— / — / —
		36					— / — / —
		37					— / — / —
		38					— / — / —
		39					— / — / —
		40					— / — / —
		41					— / — / —

GRÁFICO: 10 20 30 40 50

OBS:

SPT — 5 4 3 2 1 PENETRAÇÃO POR TEMPO (cm/10 minutos)

PERFIL GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO INDIVIDUAL

RAFAEL			OUTUBRO/19	1 : 100	32,45m
DES. 98132-8596	ENGº EMIR MASSAD - CREA. 0600-29524-5	VERIFICADO	DATA	ESCALA	PROFUNDIDADE ATINGIDA