

**UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UNIEVANGÉLICA
CAMPUS CERES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MYLLENA SANTANA ALVES
SARAH DOS REIS FREITAS SILVA OLIVEIRA**

**ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA
COM POTENCIAL RISCO DE COLAPSO LOCALIZADA EM RUBIATABA - GO**

PUBLICAÇÃO N°: 03

**CERES / GO
2023**

**MYLLENA SANTANA ALVES
SARAH DOS REIS FREITAS SILVA OLIVEIRA**

**ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA
COM POTENCIAL RISCO DE COLAPSO LOCALIZADA EM RUBIATABA -GO.**

PUBLICAÇÃO Nº: 03

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADOR: Ma. JÉSSICA NAYARA DIAS

CERES / GO: 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

ALVES, MYLLENA SANTANA; OLIVEIRA, SARAH DOS REIS FREITAS SILVA.

Análise e diagnóstico de patologias em uma edificação pública com potencial risco de colapso localizada em Rubiataba – GO. 2023.

xi, 30 P, 297 mm (ENC/UniEVANGÉLICA, Bacharel, Engenharia Civil, 2023).

TCC – UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Patologias

2. Dimensionamento Estrutural

3. Recalque

4. Reforço Estrutural

I. ENC/UNI

II. Análise e diagnóstico de patologias em uma edificação pública

com potencial risco de colapso localizada em Rubiataba – GO.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES, M. S.; OLIVEIRA, S. R. F. S. Análise e diagnóstico de patologias em uma edificação pública com potencial risco de colapso localizada em Rubiataba - GO. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 30 p. 2023.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Myllena Santana Alves e Sarah dos Reis Freitas Silva Oliveira.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise e diagnóstico de patologias em uma edificação pública com potencial risco de colapso localizada em Rubiataba – GO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2023

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Myllena Santana Alves
76335-000 – Uruceres/GO - Brasil

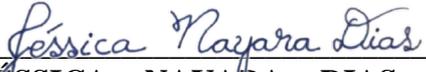
Sarah dos Reis Freitas Silva Oliveira
76350-000 - Rubiataba/GO – Brasil

**MYLLENA SANTANA ALVES
SARAH DOS REIS FREITAS SILVA OLIVEIRA**

**ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA
COM POTENCIAL RISCO DE COLAPSO LOCALIZADA EM RUBIATABA - GO.**

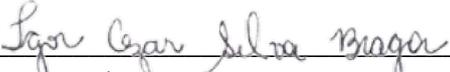
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:



**JÉSSICA NAYARA DIAS, Mestra (Universidade Evangélica de Goiás –
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)**

(ORIENTADORA)



**IGOR CÉZAR SILVA BRAGA, Mestre (Universidade Evangélica de Goiás –
UniEVANGÉLICA)**



**EDUARDO MÁRTINS TOLEDO, Mestre (Universidade Evangélica de Goiás –
UniEVANGÉLICA)**

DATA: CERES/GO, 11 de dezembro de 2023.

ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA COM POTENCIAL RISCO DE COLAPSO LOCALIZADA EM RUBIATABA – GO

Myllena Santana Alves
Sarah dos Reis Freitas Silva Oliveira
Jéssica Nayara Dias

RESUMO

Inúmeras podem ser as causas que levam a ocorrência de patologias nas edificações, que sempre estiveram presentes e se mostraram como um problema tanto para os profissionais quanto para os moradores. Seu estudo, de causas e correções, é de extrema importância, de modo, inclusive, a prevenir sua ocorrência. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo principal avaliar as manifestações patológicas encontradas na Unidade de Saúde Familiar localizada na cidade de Rubiataba – GO, apresentando as mesmas e definindo suas possíveis causas e definição da conduta para correção. Trata-se de um estudo de caso onde foram consultadas bibliografias pertinentes para identificação dos problemas, bem como profissionais especialistas na área, de modo a apresentar um diagnóstico mais preciso. Após análise dos dados levantados, pôde-se observar que tais manifestações patológicas podem ter duas possíveis causas, sendo elas os erros no dimensionamento estrutural, bem como na sua execução, e o recalque da fundação, sendo uma das possíveis soluções para solucionados tais problemas o reforço estrutural para ambos os casos e posteriormente o tratamento das fissuras e rachaduras. Diante das análises realizadas, conclui-se que tais anomalias poderiam ser evitadas ainda em fase de projeto, com a correta disposição e dimensionamento dos elementos estruturais, bem como com um estudo adequado das condições do solo, uma vez que foi possível observar instabilidade em camadas do solo abaixo de 2 metros do nível do terreno.

Palavras-chave: Patologias. Dimensionamento Estrutural. Recalque. Reforço Estrutural.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: myllenaengalves@gmail.com

² Discente do curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: sarahdosreisw@gmail.com

³ Mestra, professora do curso da Universidade Evangélica de Goiás (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
<i>2.1 Principais tipos de patologias.....</i>	<i>6</i>
<i>2.2 Patologia nos Solos.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2.1 Recalque nas fundações</i>	<i>10</i>
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
<i>3.1 Materiais</i>	<i>11</i>
<i>3.2 Métodos</i>	<i>12</i>
<i>3.2.1 Levantamento de dados</i>	<i>13</i>
<i>3.2.2 Teste de sondagem.....</i>	<i>13</i>
<i>3.2.3 Diagnóstico da situação.....</i>	<i>14</i>
<i>3.2.4 Definição da conduta</i>	<i>14</i>
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
<i>4.1 Levantamento de Subsídios e Diagnóstico da Situação</i>	<i>14</i>
<i>4.1.1 Levantamento local de dados e definição das causas</i>	<i>14</i>
<i>4.1.2 Ensaio a percussão (SPT) – Relatório de sondagem</i>	<i>17</i>
<i>4.2 Definição da conduta.....</i>	<i>18</i>
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
REFERÊNCIAS	19
APÊNDICE A	21
ANEXO A.....	22
ANEXO B.....	28
<i>Prancha B.1</i>	<i>28</i>
<i>Prancha B.2</i>	<i>29</i>
<i>Prancha B.3</i>	<i>30</i>

1 INTRODUÇÃO

As condições socioeconômicas de países em desenvolvimento, como o Brasil, fizeram com que as obras fossem executadas em ritmo cada vez mais acelerado, conseqüentemente com pouco rigor quanto a materiais e serviços. Tal fato aliado a formação inadequada de engenheiros e arquitetos, bem com falta de mão-de-obra qualificada, fez com que a qualidade das edificações decaísse consideravelmente (THOMAZ, 2020).

Para Casotti (2007), não há nenhum material infundavelmente resistente, todos eles irão trincar ou colapsar sob ação de uma determinada carga, porém, de modo a garantir as devidas condições de segurança e uso dos componentes feitos desses materiais, torna-se necessário realizar um acompanhamento do elemento para que este não atinja níveis críticos após o surgimento do problema. Sendo assim, quando a qualidade, seja ela de material, projeto ou execução não for adequada, haverá o surgimento das chamadas patologias das construções, que de acordo com Bolina (2019), tem seu termo originado das palavras gregas *pathos* (sofrimento, doença) e *logia* (ciência, estudo), sendo seu significado “estudo das doenças”. Desta forma, patologia nada mais é que a ciência que busca de forma sistêmica estudar sobre os defeitos incidentes de materiais, componentes, elementos construtivos ou na edificação de forma geral, com o objetivo de diagnosticar as origens e compreender os mecanismos de desencadeamento e evolução de processos patológicos.

Não há na literatura uma norma técnica específica para patologias em obras, porém a NBR 15575-1 (ABNT, 2021) intitulada Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais, é amplamente utilizada para esse estudo. A referida norma afirma que manifestações patológicas são irregularidade manifestadas em produtos devido a defeitos de projeto, fabricação, instalação, execução, montagem, uso ou na manutenção, e problemas que não são causados pelo envelhecimento natural da obra. Existem vários tipos de patologias nas edificações, sendo as mais comuns aquelas decorrentes de umidade, aberturas, recalques, etc. Segundo Thomaz (2020), um tipo muito comum a ser encontrado são as aberturas, que podem ser de três tipos: trincas, fissuras e rachaduras. O autor afirma que geralmente as fissuras são aquelas com aberturas desde capilares até 0,5 mm, trincas possuem aberturas de 2 mm ou 3 mm, e rachaduras valores maiores que 3 mm.

De acordo com Granato (2002), os tipos e as causas de fissuras podem ser diversos, uma forma de surgimento desses problemas é por intermédio das deformações impostas, tais como variação térmica e recalques, onde as fissurações ocorrem onde a estrutura ou elemento se opõe aos movimentos impostos, tendo em vista que quanto maior for a coesão das estruturas, as tensões serão mais elevadas e as fissuras serão mais largas e profundas. Vale ressaltar que as trincas na construção civil são extremamente importantes, pois são manifestações patológicas podendo anunciar um possível colapso da estrutura, bem como o comprometimento do funcionamento da estrutura (CAPORRINO, 2018).

Quanto a resistência e prevenção do risco de colapso e ruína do sistema estrutural e demais elementos, a NBR 15575-2 (ABNT, 2021) prevê que esses elementos devem apresentar um nível específico de segurança contra colapso e ruína, bem como os elementos de vedação devem possuir capacidade de transmitir para estrutura seu peso próprio e os demais esforços externos que possam surgirem conseqüentemente de sua utilização.

Diante do exposto, o objetivo geral do presente trabalho é apresentar, por meio de um estudo de caso, a análise de uma edificação pública que apresente problemas de abertura na alvenaria. Objetiva-se realizar um levantamento das patologias da edificação, classificar as aberturas encontradas, diagnosticar a causa que levou a ocorrência das mesmas e propor possíveis soluções.

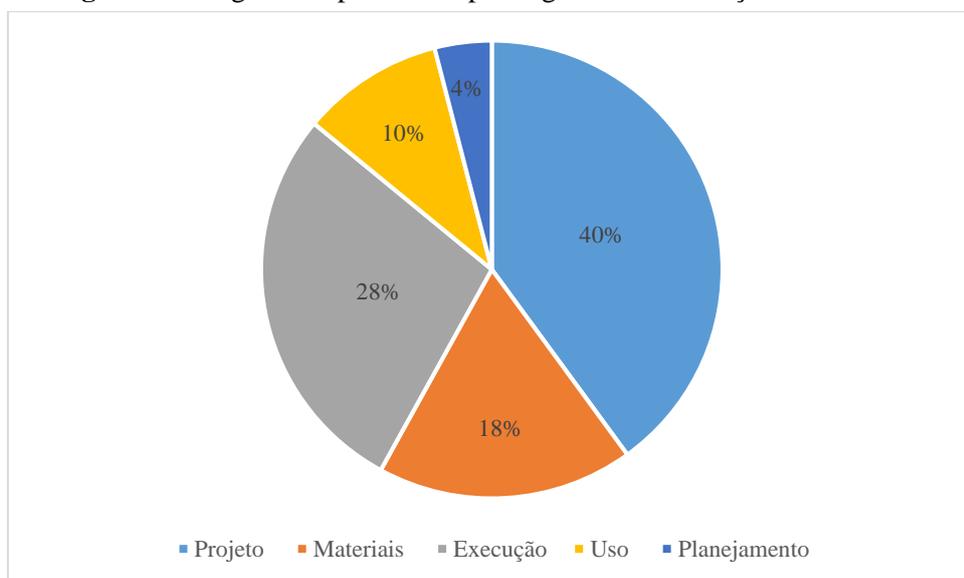
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Principais tipos de patologias

Macedo (2017) define patologia como a não conformidade manifestada no produto devido a falhas de projeto, fabricação, instalação, desempenho, montagem, uso ou manutenção, bem como problemas não decorrentes do envelhecimento natural. Para Olivari (2003), existem três grandes causas de patologias em obras, sendo elas, patologias decorrentes de erros no projeto, a qual tem como principal causa os erros de medidas, divergências entre projetos, sobrecarga inesperada, entre outros; patologias decorrentes de erros de execução, podendo ser provocadas por inúmeras causas, tais como, a má interpretação de projetos e a falta de controle tecnológico e patologias decorrentes de erros na fase de utilização da edificação podendo ser provocado por falta de manutenção adequada, sobrecarga não prevista no projeto e recalque causado pelo movimento do solo.

Para Helene (1992) a identificação da origem do problema ajuda a determinar quem cometeu o erro, tendo em vista que para cada etapa da obra existe um profissional responsável, seja ele o projetista, o fabricante do material, o responsável pela mão-de-obra ou até o mesmo o responsável por falhas de operação e manutenção. Cabe ressaltar que a maioria das patologias tem origem nas fases de planejamento e projeto, conforme evidenciado na Figura 1, sendo que os erros de projetos possuem maior gravidade do que os problemas relacionados a mão-de-obra e materiais.

Figura 1 – Origem dos problemas patológicos na construção civil



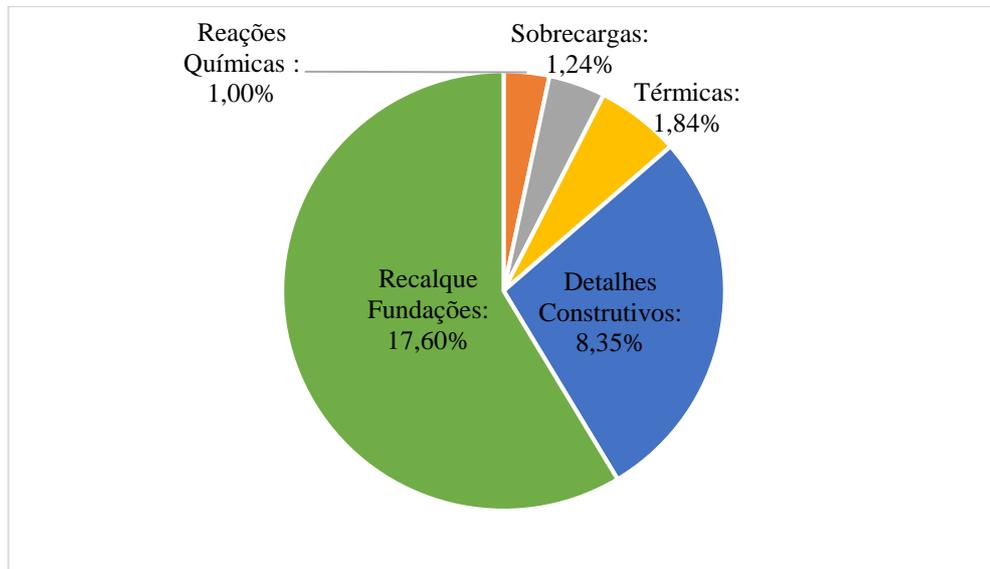
Fonte: Adaptado de Helene (1992)

Segundo Thomaz (2020), outro grande causador de graves patologias nas edificações são as ocorrências de flechas em decorrência de deformação de elementos estruturais, que por sua vez foram dimensionados de maneira errônea ou até mesmo executados incorretamente. Sendo assim, de acordo com dados obtidos por Vitório (2003) cerca de 40% das causas de manifestações patológicas são provenientes de erros no projeto, seguido com 28% que são resultantes de falha na execução.

Pode-se observar através do infográfico da Figura 2, que as fissuras podem ser de vários tipos e decorrentes de várias causas. Uma das principais causas de ocorrência de aberturas em alvenaria nas edificações são os recalques na fundação, com cerca de 17,60% de incidência,

seguido de detalhes construtivos, reações térmicas, sobrecarga e com menor incidência, com cerca de 1% as reações químicas.

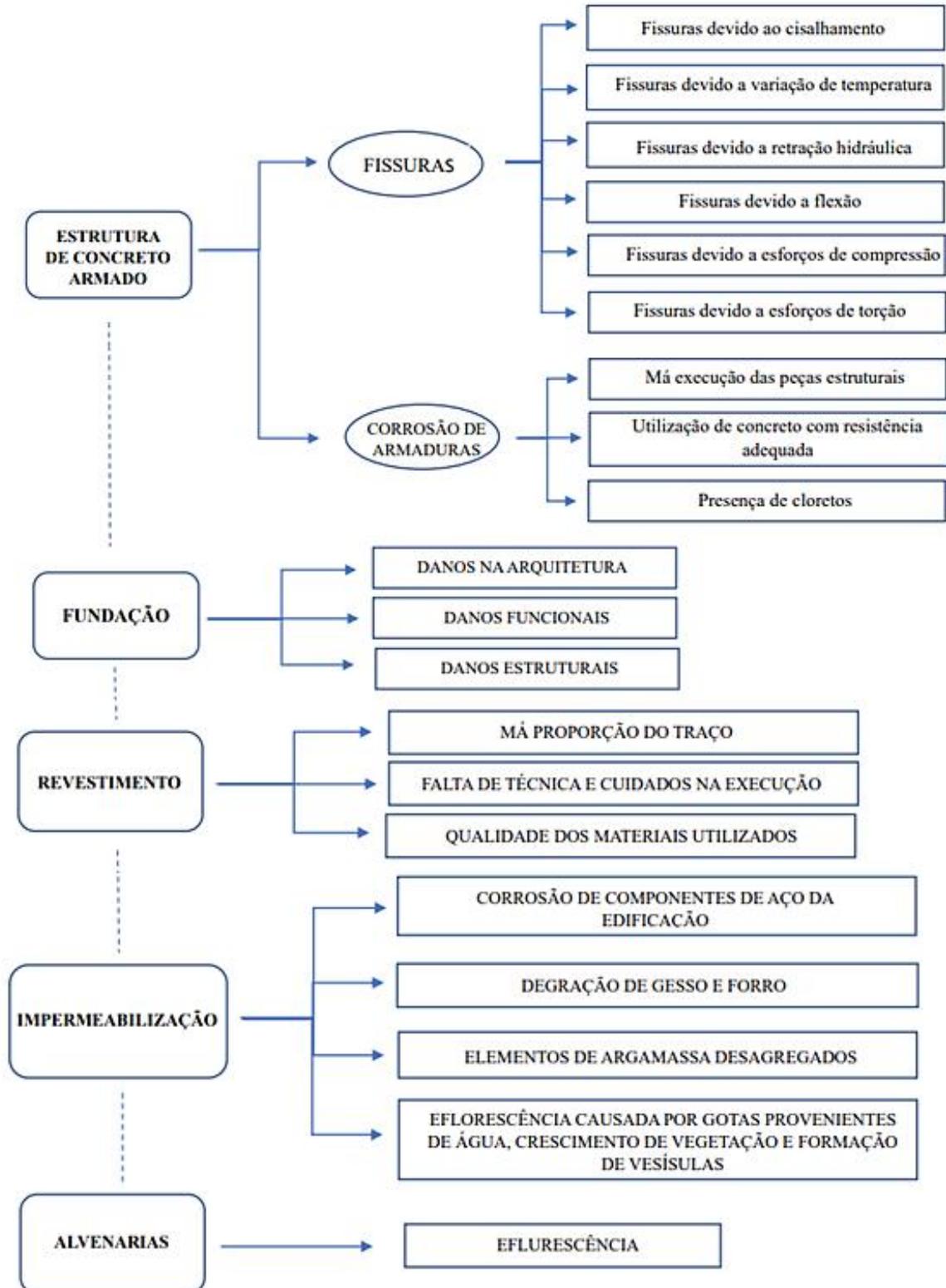
Figura 2 – Principais causas de fissuras nas paredes de alvenaria



Fonte: Adaptado de Costa (2021)

Para Macedo (2017) há patologias que são mais recorrentes, sendo elas as patologias em estruturas de concreto armado, como fissuras e corrosão de armaduras; patologias presentes em fundações, as quais podem provocar danos na arquitetura, um exemplo são as trincas, danos funcionais, as quais podem comprometer o desempenho e funcionalidade e danos estruturais, podendo levar a edificação ao colapso; revestimento, que pode ser patologias provocadas pela má proporção do traço, falta de técnicas e cuidados na execução e qualidade dos materiais que foram utilizados; impermeabilização, patologias decorrentes de corrosão de componentes de aço da edificação, degradação de gesso e forro, elementos de argamassa desagregados e eflorescência e alvenaria, onde as principais causas das patologias são as eflorescências, como evidenciado na Figura 3, através do fluxograma.

Figura 3 – Fluxograma de patologias mais recorrentes



Fonte: Adaptado de Macedo (2017)

2.2 Patologia nos Solos

Rezende (2019) conceitua a fundação como o elemento de transição entre o edifício e o solo, definida em função do comportamento do solo quando submetido às cargas e tensões

que lhe são transmitidas, e da profundidade da sua camada de resistência. Se esse comportamento não for observado, a probabilidade de inibição completa aumenta porque não são buscadas alternativas para reduzir seu desempenho. Como a fundação está localizada abaixo de outras estruturas e as cargas são da edificação, a fundação tem o efeito de distribuir as cargas para o solo devido à tendência descendente da gravidade.

A NBR 6122 (ABNT, 2022, p.5) define o tipo de fundação subdividindo-a em dois grupos:

As fundações superficiais, diretas ou rasas, são elementos estruturais que transferem cargas na maioria das vezes por pressão sob a base da fundação distribuída no terreno. A profundidade do assento é o dobro das menores dimensões dos componentes. Exemplos são blocos, pontões, fundações, vigas de solo, etc.;

Fundações profundas, que são elementos estruturais que transferem cargas para o solo através do contato com a base (resistência de ponta) ou superfícies laterais (resistência de fuste), ou uma combinação de ambos os tipos. Sua profundura é duas vezes menor que as menores dimensões visíveis na largura do plano, ou seja, pelo menos 3 metros de profundidade, a menos que haja motivo para fazer uma alteração para reduzir seu "tamanho". Exemplos de fundações profundas incluem estacas, tubos e caixões.

Segundo Almeida (2019), a fundação é um elemento muito importante de uma construção, pois é para ela que são transmitidas as cargas da estrutura, assim muitos problemas de fissuras, rachaduras e trincas são provenientes de erros na etapa de fundação. Outro ponto importante abordado por Milititsky (2015) é que a ocorrência de patologia e a necessidade de reforço em fundações acarreta, além de custos muitas vezes maiores que os custos iniciais de uma obra, extensos, caros e exaustivos processos para identificação das possíveis causas e responsabilidade, bem como, possíveis evacuações e interdições da edificação.

Almeida e Nascimento (2007), mencionam que, ao estudar patologias de fundações, há a possibilidade de decompor os mesmos em danos arquitetônicos, funcionais e estruturais, sendo: danos arquitetônicos os que apresentam pouco risco a edificação e geralmente aparecem em forma de trincas ou desaprumo da edificação ou das estruturas de contenção; os funcionais os que causam problemas nas instalações dos edifícios, como tubulações hidráulicas e sanitárias quebradas, desgaste do trilho-guia de elevadores e que com o tempo necessita de reforços, que podem causar transtornos durante o uso da edificação, já os estruturais são aqueles que causam danos a própria estrutura, ou seja, danos nas colunas, vigas e lajes, sendo que nesta situação, o reforço é recomendado, pois a ausência dos mesmos podem levar a estrutura ao colapso. Esses danos além de afetar a aparência estética das edificações ocasionando em maiores adversidades, desse modo pode-se compreender suas origens.

Ribeiro (2014) afirma que o profissional deve conhecer o terreno durante o projeto da obra, para que seja possível determinar quais ações construtivas serão usadas e quais decorrências subsequentes à implementação do projeto podem ocorrer, incluindo possível deterioração da estrutura do solo, pois o solo apresenta deformações e mudanças de tamanho, o que pode acarretar em patologias.

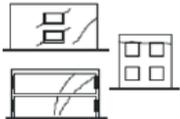
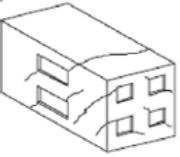
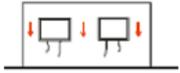
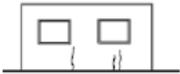
Em construções pequenas, alguns cuidados não são observados mesmo sendo importantes, um exemplo são os erros de dimensionamento que podem acarretar em falhas. Embora pouca atenção seja dada pelos profissionais de projeto de fundações, os métodos e profissionais envolvidos não podem ser os únicos culpados, devido a imprecisões na geração de dados de normalização absoluta para análise de condições satisfatórias do solo, dados esses que são importantes para a competência do profissional que participou do projeto das fundações da construção (MARCELLI, 2007).

2.2.1 Recalque nas fundações

Segundo Troyack e Freitas (2021) uma das principais causas com relação a problemas nas fundações é a má caracterização do solo, como interpretação inadequada de dados, investigações insatisfatórias ou até mesmo descaso com essa etapa da obra, sendo que muitas vezes a investigação do solo é negligenciada, sem levar em consideração as cargas que a fundação irá suportar posteriormente. Vitório (2003), salienta que muitos dos problemas em fundações têm seu princípio nos recalques, carga excessiva nos elementos estruturais, erosões, por agentes agressivos e pela escolha errada na solução adotada.

Um dos principais problemas relacionados a fundações é o recalque, para Magalhães (2004) causam fissuras características. Segundo o autor, as fissuras por recalque de fundação, segundo um eixo principal, ocorrem quando o recalque diferencial atua sobre um eixo simétrico da edificação, provocando fissuras inclinadas e transversais em paredes de alvenarias. Por outro lado, as fissuras fora de um eixo principal também estarão sujeitas a fissuras em duas direções, porém as mesmas são de difícil interpretação. As fissuras verticais em peitoris por flexão negativa ocorrem em paredes com janelas que transmitem diferentes tensões de compressão ao solo, causadas por cargas menores no peitoril e cargas maiores nas laterais das janelas; quanto as aberturas verticais junto ao solo por ruptura das fundações são causadas por falhas das fundações superficiais ocasionada por recalque diferencial devido a deformação angular, provocando aberturas maiores próximos ao solo, já nas fissuras inclinadas em prédios estruturados ocorre o recalque diferencial entre os pilares de concreto armado, tendo por características fissuras inclinadas na direção do pilar que sofreu o recalque. Essas patologias características de recalques das fundações podem ser observadas através da Figura 4.

Figura 4 – Patologias características de recalque da fundação.

Recalque Fundações	Fissuras causadas por recalques de fundações
	Fissuras por recalques de fundações segundo um eixo principal
	Fissuras por recalques de fundações fora de um eixo principal
	Fissuras verticais em peitoris por flexão negativa
	Fissuras verticais junto ao solo por ruptura das fundações
	Fissuras inclinadas em prédios estruturados

Fonte: Magalhães (2004)

As patologias das fundações propiciam trincas, fissuras, desalinhamento ou até mesmo desaprumo na edificação. Na ocasião em que só se manifestam as trincas e fissuras, as patologias são tratadas de maneira superficial por algumas empresas da construção civil, contudo no caso de recalque onde é comprometido a segurança da estrutura, a preocupação aumenta e estabelecem as medidas necessárias (PEREIRA, 2017).

A NBR 6122 (ABNT, 2022) intitulada Projeto e execução de fundações, institui as disposições e análises preliminares, a serem realizadas no solo por meio de testes de campo e de laboratório, como o SPT em áreas edificáveis, que respeite o número mínimo de sondas construídas por metro quadrado, onde é realizado o teste axial do cone, se necessário, para determinar a resistência de ponta e tensão horizontal do solo. Esses conhecimentos e a análise estratigráfica e laboratorial monitoram os níveis de degradação para atender às normas técnicas e detectar possíveis problemas em regiões consideradas livres de condições patológicas, concernindo que muitas são consequência de recalques do solo em que está assentada a fundação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

O presente trabalho é um estudo de caso sobre as patologias encontradas em uma edificação pública, Unidade de Saúde Familiar (USF), localizada na cidade de Rubiataba – GO. A edificação encontra-se atualmente interdita devido ao risco de colapso em detrimento dos problemas existentes. A Figura 5 apresenta a localização da unidade de saúde estudada, que está localizada na Rua Juazeiro, Setor Rubiatabinha, na cidade de Rubiataba-GO. A Figura 6, por sua vez, apresenta a fachada externa da edificação em estudo.

Figura 5 – Vista aérea da USF



Fonte: Google Maps (2023)

Figura 6 – Fachada da edificação

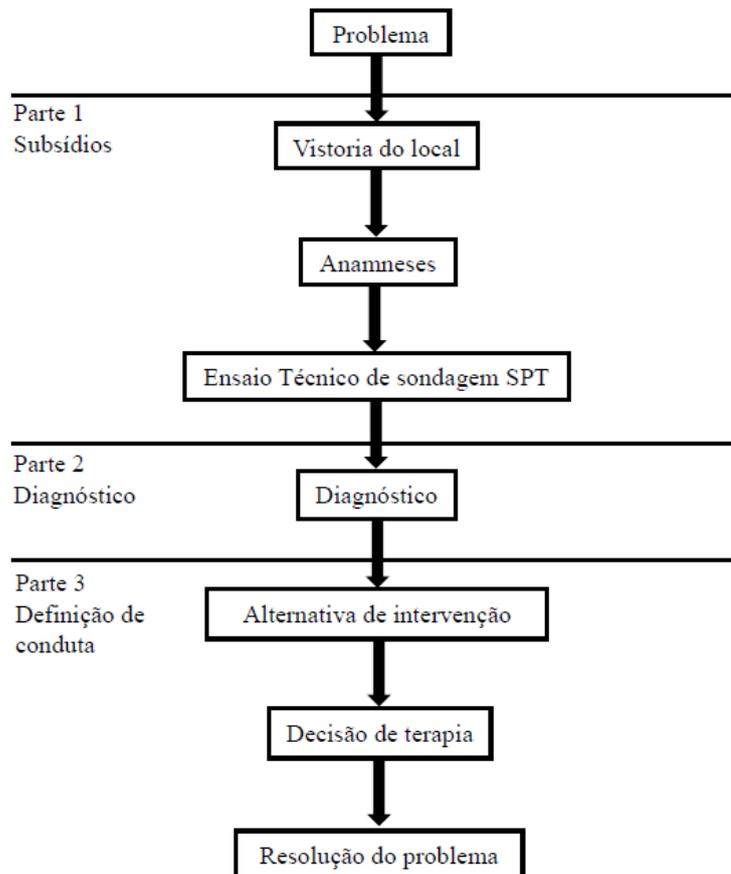


Fonte: Próprio Autor (2023)

3.2 Métodos

O presente trabalho foi pautado no método proposto por Lichtenstein (1985), que é constituído por três etapas, sendo elas: levantamento de dados ou Subsídios, diagnóstico da situação e definição de conduta, como evidenciado na Figura 7.

Figura 7 – Metodologia de Lichtenstein para resolução de patologias

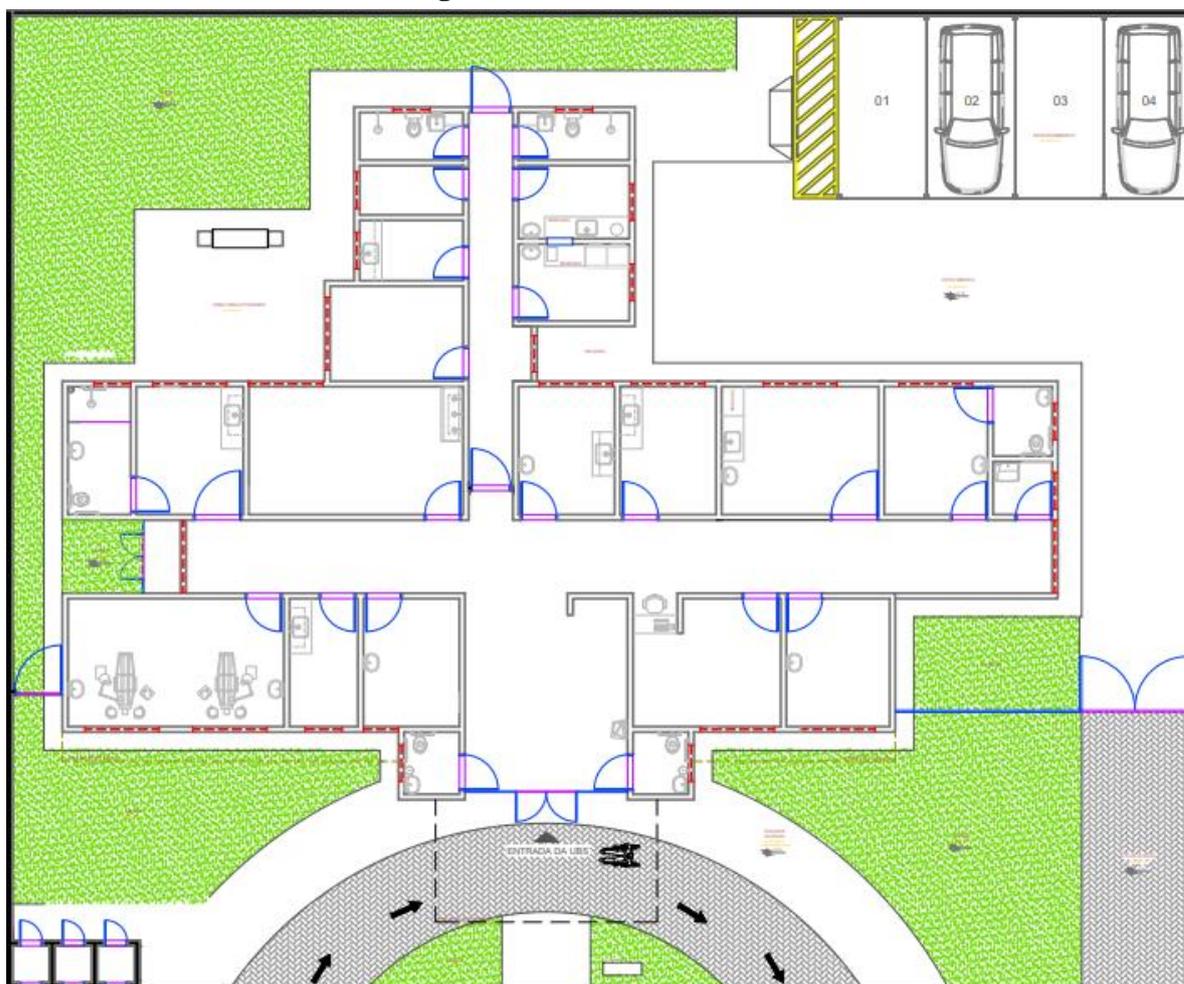


Fonte: Adaptado de LICHTENSTEIN (1985)

3.2.1 Levantamento de dados

Esta etapa foi realizada através de uma vistoria *in loco*, para identificação das patologias presentes no local, bem como da sua natureza. Foi realizado ainda, nesta etapa, o levantamento histórico da obra, a busca pela origem das patologias e ensaios complementares, tendo em vista que anteriormente havia uma horta comunitária, a construção da edificação foi entregue em dezembro de 2017, segundo a Prefeitura Municipal de Rubiataba-GO. Para tanto, os problemas observados foram demarcados na planta de mapeamento de danos, que pode ser encontrada no Apêndice A deste trabalho. A Figura 8 apresenta a planta baixa da edificação em estudo, que serviu de subsídio para uma melhor compreensão do uso do espaço, bem como para identificação dos pontos com patologias.

Figura 8 – Planta baixa da USF



Fonte: Prefeitura Municipal de Rubiataba (2023)

3.2.2 Teste de sondagem

Foi realizado, através de serviço terceirizado solicitado pela prefeitura de Rubiataba – GO, um relatório de sondagem, que se encontra no Anexo A deste trabalho, onde foram executados a locação de quatro furos de sondagem no lote da edificação, por meio de amostrador-padrão, com execução de SPT (Standard Penetration Test). As amostras do solo foram analisadas de acordo com NBR 6484 (ABNT, 2020). A empresa que realizou os ensaios é a Inova Engenharia, localizada na cidade Goiânia – GO, que concedeu autorização para uso dos dados disponibilizados neste trabalho.

3.2.3 Diagnóstico da situação

Nesta etapa, através da análise das patologias observadas no item anterior, pode-se compreender os fenômenos de forma a indicar suas causas, explicitando qual manifestação patológica ocasionou o problema.

3.2.4 Definição da conduta

Nesta etapa, através da definição da patologia, foi possível propor as soluções a serem empregadas para os problemas encontrados e indicar os procedimentos a serem realizados para isso, incluindo os meios e alternativas de intervenção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento de Subsídios e Diagnóstico da Situação

4.1.1 Levantamento local de dados e definição das causas

Após as visitas realizadas na edificação em estudo, foi possível realizar um levantamento das patologias encontradas de modo a viabilizar a definição do problema. Nas Figuras 9.a e 9.b, é possível observar rachaduras encontradas na alvenaria e teto, localizadas no corredor de acesso aos consultórios da edificação. Conforme mencionado no item 3.2.1 deste trabalho, o levantamento das patologias também foi registrado em um mapa de patologias produzido sobre a planta baixa da edificação, que pode ser observado na Figura A.1 do Apêndice A.

Figura 9 – Rachaduras encontradas no corredor da edificação: (a) em todo o teto; (b) ao longo do teto, terminando na esquadria.



Fonte: Próprio Autor (2023)

As Figuras 10.a e 10.b também apresentam rachaduras encontradas no corredor de acesso aos consultórios da edificação, no entanto, nas imagens é possível observar de forma mais precisa o prolongamento da rachadura pelo teto, que se propaga por quase toda extensão do mesmo.

Figura 10 – Rachaduras encontradas no corredor da edificação: (a) com trincas descendentes na alvenaria; (b) na alvenaria e teto com prolongamento pela extensão do mesmo.

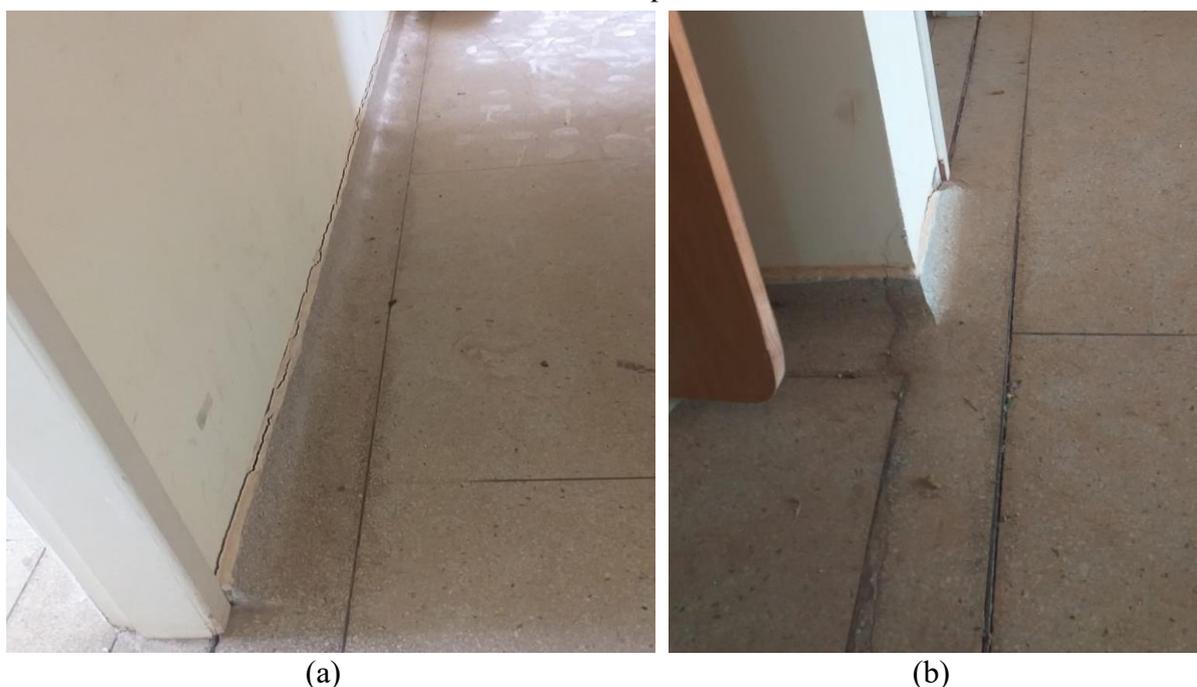


Fonte: Próprio Autor (2023)

Conforme pode-se observar nas Figuras 9 e 10, as rachaduras apresentam um padrão de prolongamento horizontal. Segundo Thomaz (2020) tal patologia pode ter inúmeras causas tais como, movimentação térmica na laje, recalque na fundação, podendo ser causado por uma possível deformação ou até mesmo ruptura da fundação, que pode ter sido ocasionada por erro de dimensionamento dos elementos estruturais.

Pôde-se observar ainda, através do levantamento realizado *in loco*, que no mesmo corredor de acesso aos consultórios existem outras patologias, além das rachaduras e trincas na alvenaria e teto, que são trincas e fissuras no piso e rodapé, podendo ser observadas através das Figuras 11.a e 11.b.

Figura 11 – Fissuras e trincas encontradas no corredor da edificação: (a) em todo o rodapé; (b) início de fissura no piso.



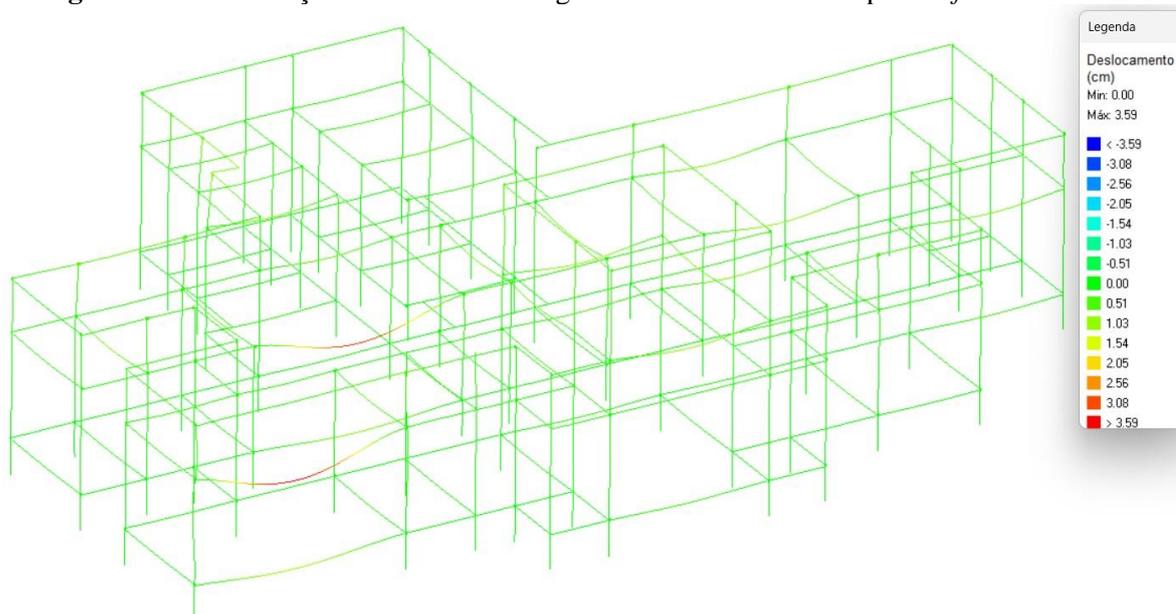
Fonte: Próprio Autor (2023)

Conforme pode-se observar na Figura 11, as trincas e fissuras no rodapé e piso podem ser característicos de deformação estrutural excessiva, segundo Campante e Baía (2003) tais deformações na estrutura podem causar tensões que são transmitidas tanto para alvenaria como para os revestimentos, provocando fissuras e trincas. Para Caporrino (2018) esse tipo de patologia também é bem presente em deformações de componentes estruturais.

De modo a validar quais são as possíveis causas dos problemas encontrados na edificação, dois profissionais com experiência na área foram consultados, tratam-se dos Engenheiros Civis: Mestre Robson de Oliveira Félix, também professor universitário, e o Especialista em Diagnóstico e Perito Judicial Rafael Straioto.

De acordo com Olivari (2003) uma das principais causas das patologias em edificações são provenientes de erros nos projetos estruturais, tais como a falta de detalhes no projeto e erros de dimensionamento. Após analisar os projetos estruturais da edificação em estudo (Anexo C) e o Laudo de sondagem (Anexo B), o Eng. Robson Félix indicou que houve um erro de dimensionamento. O projeto estrutural encontra-se com vigas de dimensão de 12x25cm e possui vãos livres de seis metros. Após lançamento da estrutura no *Software* Eberick, o programa mostrou que ocorreram deformações excessivas em diversas vigas do projeto, com deformações de quase quatro centímetros, conforme pode-se observar na Figura 12, destacadas em vermelho. O profissional informou que esse erro no dimensionamento contribui, significativamente, para o surgimento de diversas patologias, tais como as observadas na edificação em estudo, sendo elas, rachaduras, fissuras e trincas.

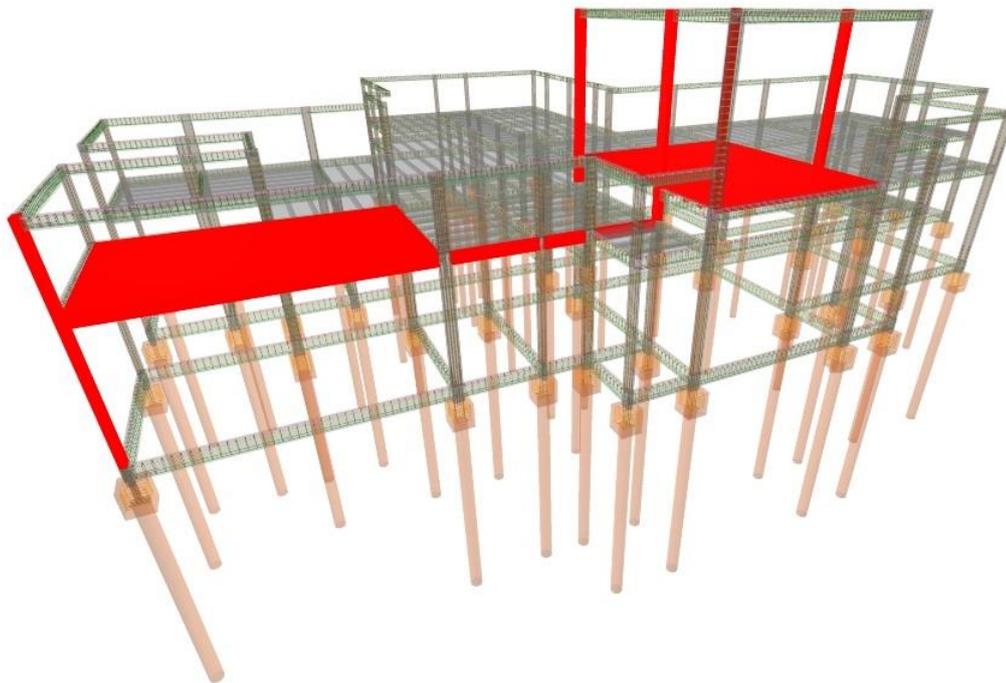
Figura 12 – Deformações excessivas em vigas da estrutura indicadas pelo *Software* Eberick.



Fonte: Engenheiro Civil Mestre Robson de Oliveira Félix (2023)

A Figura 13 apresenta o dimensionamento da estrutura em relação à armadura, sendo também retirada do *Software* Eberick. Na imagem, os elementos estruturais demarcados em vermelho (vigas, lajes e pilares) foram aqueles que o *software* não conseguiu calcular, uma vez que essas estes necessitavam de uma dimensão maior. Uma vez que a obra já foi realizada e a execução foi feita com as medidas erradas, o *software* indica o erro e entende-se que nesses pontos ocorrem as patologias indicadas.

Figura 13 – Dimensionamento da estrutura quanto a armadura pelo *Software Eberick*



Fonte: Engenheiro Civil Mestre Robson de Oliveira Félix (2023)

Através da análise das imagens, laudo de sondagem e estudos complementares sobre a estrutura da edificação, o Esp. Rafael Straioto informou a necessidade de verificação de um possível Recalque de apoio nas fundações. Ressalta-se que os profissionais responsáveis pela execução da reforma na obra em questão, irão executar o reforço dos elementos de fundação, por terem um diagnóstico de instabilidade no solo. Segundo Santos (2007), toda edificação está sujeita a movimentações por um determinado tempo, até que os elementos construtivos que geram carga na fundação e o solo se estabilizem, porém quando essa movimentação gera aberturas na alvenaria e estrutura isso pode indicar a ocorrência de recalques diferenciais.

4.1.2 Ensaio a percussão (SPT) – Relatório de sondagem

Para Santos (2007) em qualquer obra é de extrema importância conhecer as características do solo, que podem ser obtidas através de teste de sondagem. Como as causas de patologias em obras muitas vezes podem ser bastante complexas, Braga (2010) diz que alguns procedimentos devem ser adotados para a investigação das mesmas, uma delas é a análise de perfis de sondagem.

Sendo assim, foi realizado pela empresa Inova Engenharia, o laudo de sondagem, disponível no Anexo B deste trabalho, onde pode-se observar que o perfil geológico predominante é composto por argila e silte, com presença de água a partir de -8,5m de profundidade para SP01 e SP04.

Os profissionais consultados para a análise das condições estruturais da edificação, Engenheiros Robson Felix e Rafael Straioto, observaram, através da análise do relatório de sondagem, que o solo não foi devidamente compactado nas camadas localizadas abaixo de 2 metros do nível do terreno, o que indica que não foi constatada pelo profissional responsável pela obra, quando da sua execução, que abaixo desse nível o solo apresentaria instabilidade, o que pode ter ocasionado em um recalque de fundação.

4.2 Definição da conduta

De acordo com Thomaz (2022), os reparos escolhidos para resolver as patologias existentes na obra devem ser feitos por intermédio de projetos e levar em consideração as causas que originaram as patologias, tendo como principal objetivo minimizar ou suprir tais problemas.

Com base no diagnóstico das possíveis causas das patologias na edificação em estudo, pode-se definir uma conduta para cada possível causa do problema. Para Granado (2002), em casos de problemas de erros de dimensionamento e execução de projeto que estejam provocando patologias na edificação, torna-se necessário o reforço dessas estruturas, tal procedimento pode ser realizado de diversas formas, utilizando várias técnicas, como o alargamento da estrutura com um acréscimo de armadura e nova camada de concreto. Outros métodos também podem ser utilizados, como a utilização de compósitos; utilização de materiais pós-tensionados, a fim de absorver parte da carga presente na estrutura; alívio de tensões, com a utilização de novas juntas; reforço passivo e transferência de carga.

Segundo Thomaz (2022) para o recalque da fundação a recuperação só deverá ser realizada após a estabilidade da obra ou combater primeiramente a causa do recalque, podendo ser utilizada a consolidação do terreno através de injeção de nata de cimento ou por meio de reforço da fundação, onde pode-se realizar a remoção do concreto próximo as armaduras e executado o reforço estrutural e, por fim, deve-se tratar as patologias já existentes na edificação, tais como, trincas, fissuras, corrosão e demais problemas observados. Após resolvidas as causas das movimentações é necessário tratar as rachaduras e fissuras presente na obra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise realizada no estudo de caso proposto neste trabalho, pode-se observar que as patologias diagnosticadas na edificação, fissuras e rachaduras, são alterações secundárias, ou seja, não são as causas e sim efeitos de erros de dimensionamento estrutural, seja nos elementos de fundação, conforme diagnóstico do Eng. Rafael Straioto, ou seja devido as deformações excessivas sofridas pelas vigas, conforme especificou o Eng. Robson Félix.

Ambos os problemas indicados anteriormente, tornam os elementos estruturais da edificação instáveis, de modo que não há como reparar as patologias aparentes encontradas sem que seja realizada uma intervenção estrutural na edificação, com reforço dos elementos estruturais identificados como as possíveis causas dos danos observados. É importante salientar que, devido ao elevado grau de deformação dos elementos estruturais da edificação em estudo, investigações complementares são necessárias a fim de determinar se a reforma da mesma é viável economicamente.

A ocorrência de patologias nas edificações ocorre, na grande maioria das situações, por negligência em fases essenciais que garantem a segurança da edificação, como por exemplo, a elaboração de projetos, sejam eles o arquitetônico ou complementares, uma vez que é possível observar na situação em estudo que a distribuição incorreta dos elementos estruturais foi determinante para a ocorrência das patologias. Outro fator importante a ser considerado é a importância do estudo prévio do solo no qual a edificação será executada. Conforme especificado, o relatório de sondagem indicou que o solo não foi devidamente compactado nas camadas localizadas abaixo de 2 metros do nível do terreno, o que indica que não foi constatada pelo profissional responsável pela obra, quando da sua execução, que abaixo desse nível o solo apresentaria instabilidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

_____. **NBR 15575-2:** Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 6122:** Projeto e execução de fundação. Rio de Janeiro, 2022.

ALMEIDA, Bruno Dantas. **Patologias das fundações.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Atenas, Paracatu, 2019.

ALMEIDA, L. A. S. F; NASCIMENTO, M. C. M. **Desempenho de Fundações: Aspectos Gerais e o Caso de Reforço das Fundações de Uma Residência com Estacas Mega.** Belém, 2007.

BOLINA, Fabrício Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Patologia de Estruturas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

BRAGA, Natália Maria Teixeira. **Patologia nas construções: Trincas e fissuras em edifícios.** Belo Horizonte, 2010.

CAMPANTE, E. F.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico.** São Paulo, 2003.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologia em alvenarias.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CASOTTI, Denis Eduardo. **Causas e recuperação de fissuras em alvenaria.** Itatiba, 2007.

COSTA, Tássio Murilo dos Santos. **Fissuras e trincas em alvenarias: Estudo de caso em unidade residencial na cidade de Manaus.** Manaus, 2021.

GRANATO, José Eduardo. **Patologia das Construções.** 2002. Disponível em: <http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf>. Acesso em: 21 març. 2023.

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

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações.** São Paulo, 1985.

MACEDO, Eduardo Augusto Venâncio Britto de. **Patologia em obras recentes de construção civil: Análise crítica das causas e consequências.** Rio de Janeiro, 2017.

MAGALHÃES, Ernani Freitas de. **Fissuras em alvenarias: Configurações típicas e levantamento de incidência no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2004.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras.** São Paulo, 2007.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em edificações.** São Paulo, 2003.

PEREIRA, R. M. **Patologia das edificações: Estudo de caso.** João Pessoa, 2016.

REZENDE, Vitor Lúcio Mendes. **Avaliação Patológica em recalques solo-fundação: uma análise de ocorrência na cidade de Uberlândia.** Uberlândia, 2019.

RIBEIRO, Thiago Dias. **Patologias das fundações.** 2014.

SANTOS, Licínio Batista. **Deformação em estruturas de concreto.** Itatiba, 2007.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: Causas, prevenção e recuperação.** São Paulo. Oficina de Textos, 2020.

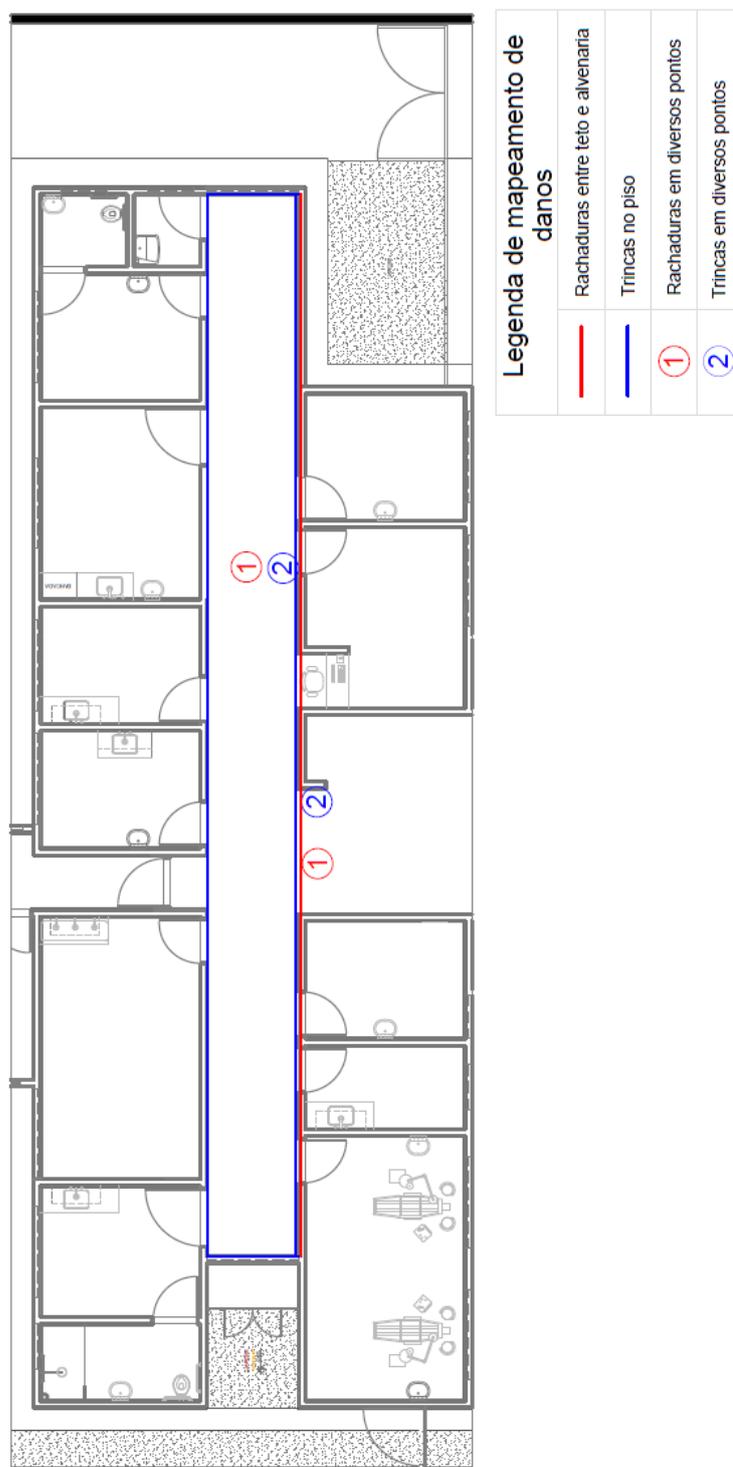
TROYAK, Carolina Lopes de Queiroz e FREITAS, Alessandra Conde de. **Patologia comuns em fundações: Estudo de caso de uma edificação residencial localizada em Petrópolis-RJ.** Rio de Janeiro, 2021.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Recife, 2003.

APÊNDICE A

Pode-se observar através da planta de mapeamento de danos, apresentada na Figura A.1, a localização das patologias presentes na edificação.

Figura A.1 – Planta de mapeamento de danos



Fonte: Próprio Autor (2023)

ANEXO A

É possível observar através do laudo de sondagem, apresentado nas Figuras A.1, A.2, A.3, A.4, A.5 e A.6, a sondagem realizada na Rua Juazeiro, na cidade de Rubiataba, com o emprego de trado-helicoidal e execução de SPT.

Figura A.1 – Laudo de Sondagem – Do serviço 1/6



Sem mais para o momento, fico a disposição para maiores esclarecimentos.

Goiânia, 21 de junho de 2023.

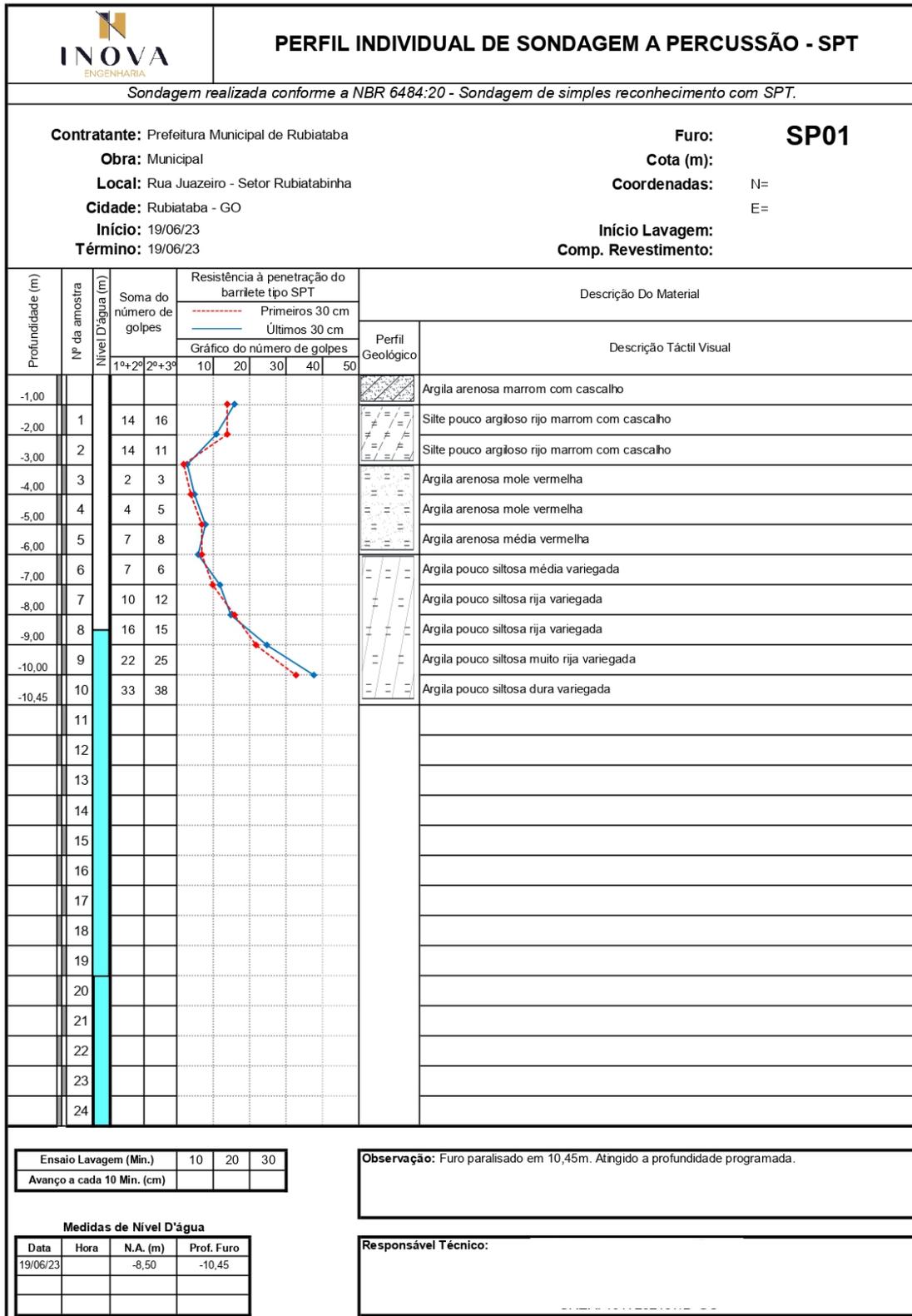
Fonte: Inova Engenharia (2023)

Figura A.2 – Laudo de Sondagem – Croqui de Sondagem 2/6



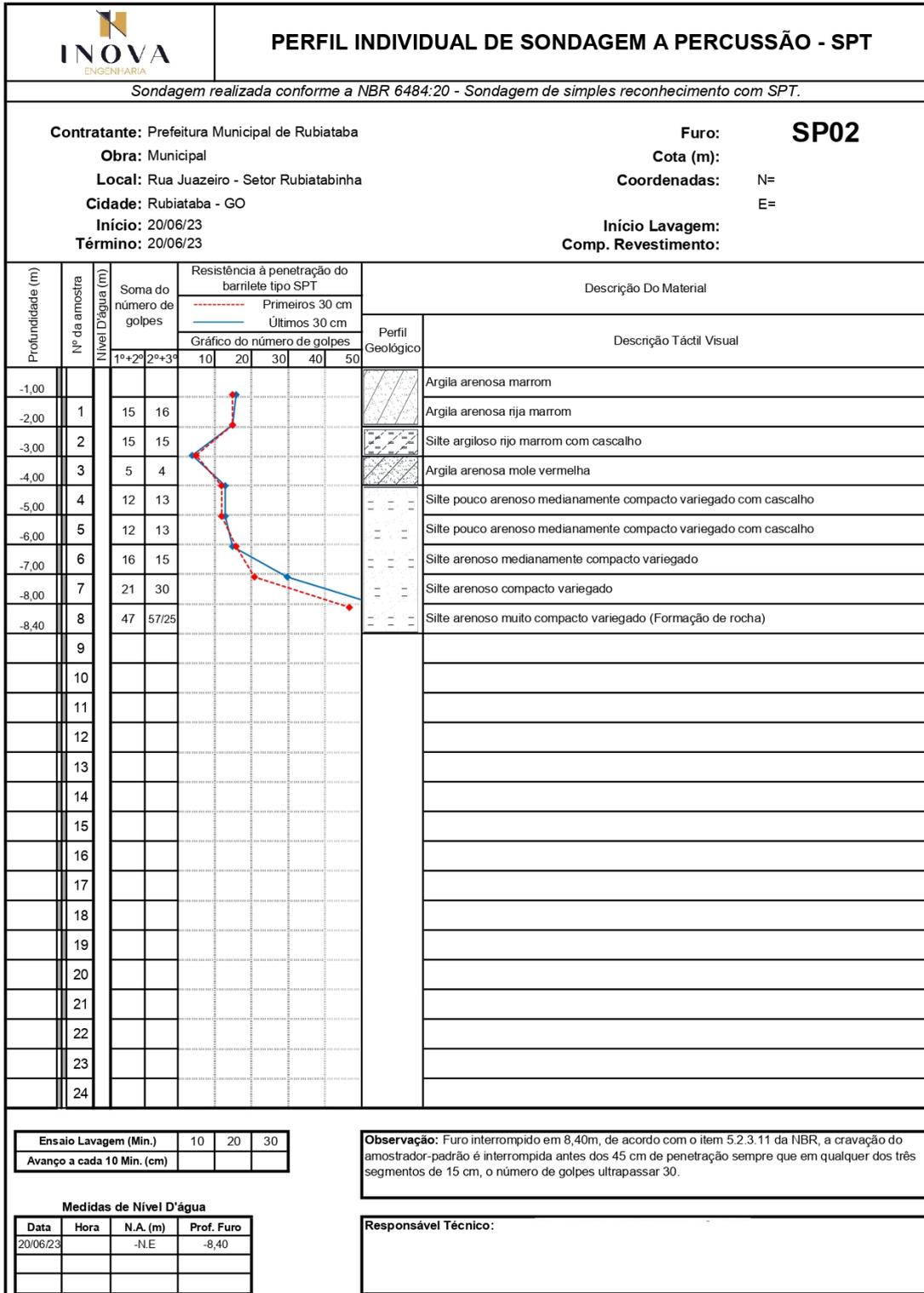
Fonte: Inova Engenharia (2023)

Figura A.3 – Laudo de Sondagem – SP01 3/6



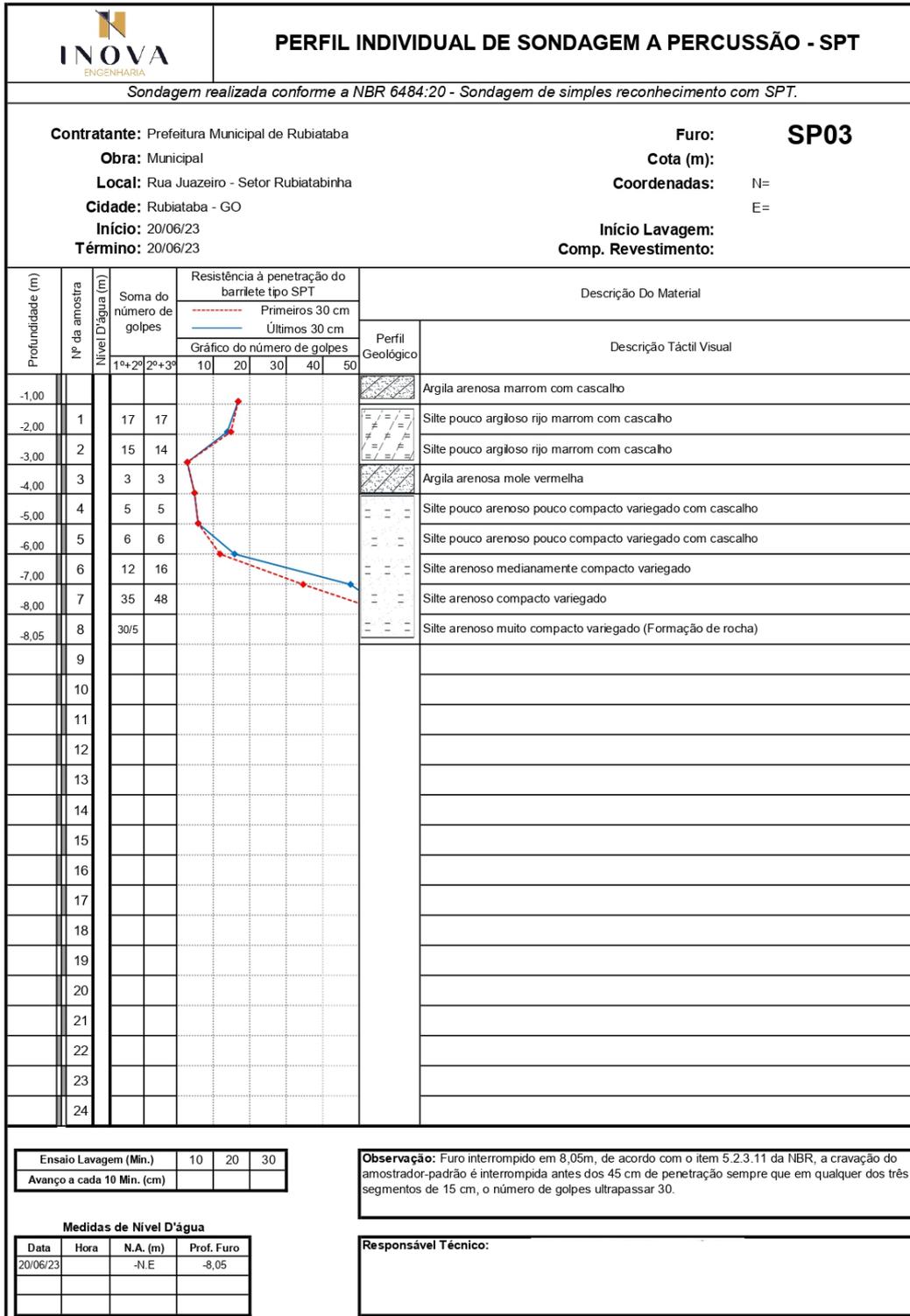
Fonte: Inova Engenharia (2023)

Figura A.4 – Laudo de Sondagem – SP02 4/6



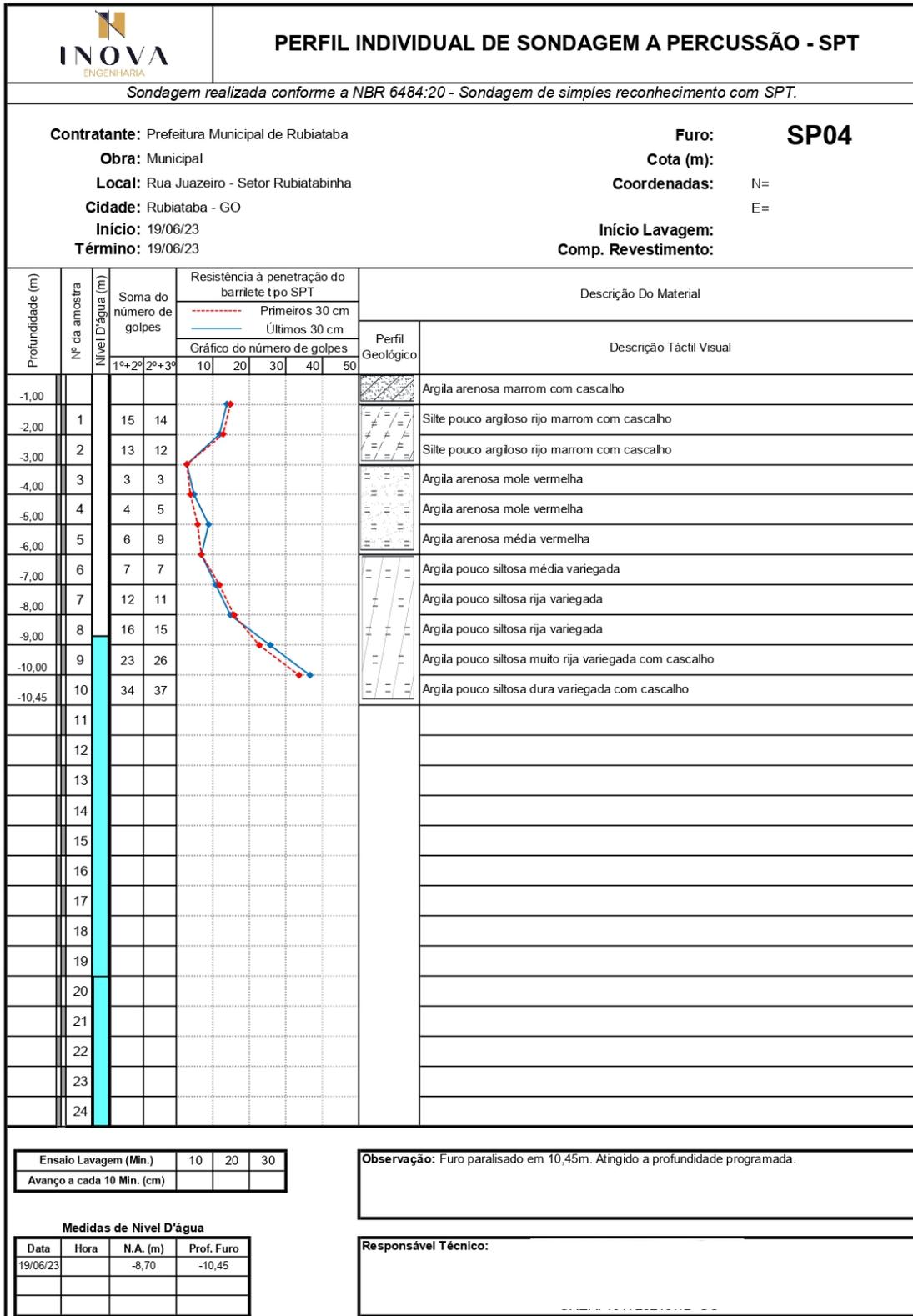
Fonte: Inova Engenharia (2023)

Figura A.5 – Laudo de Sondagem – SP03 5/6



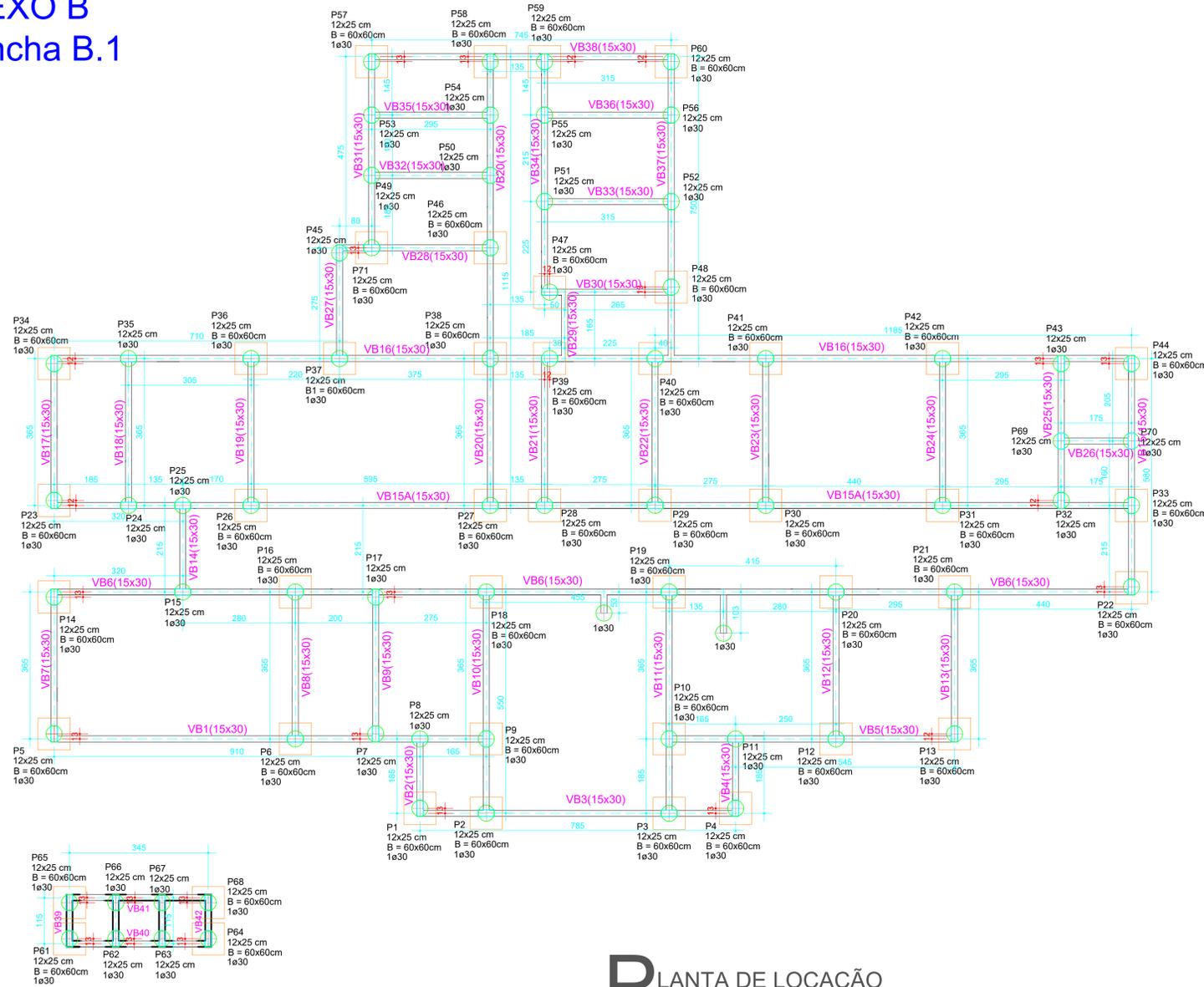
Fonte: Inova Engenharia (2023)

Figura A.6 – Laudo de Sondagem – SP04 4/6



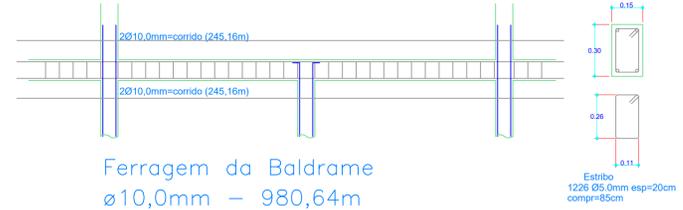
Fonte: Inova Engenharia (2023)

ANEXO B Prancha B.1



PLANTA DE LOCAÇÃO
Esc. 1/100

Detalhe das Vigas Baldrames - 15x30
escala 1:50

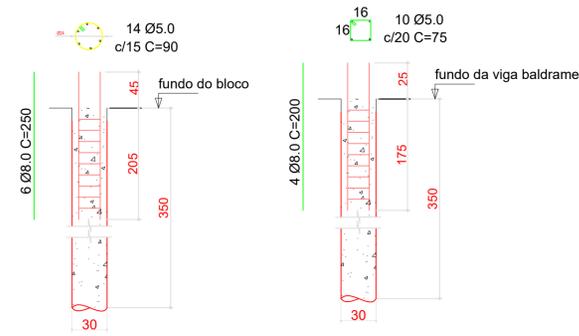


Ferragem da Baldrame
 ø10,0mm – 980,64m
 ø5,0mm – 1.042,10m
 Volume de concreto – 11,03m³
 Formas – 147,10m²

Resumo do aço da Viga Baldrame

AOÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	BARRAS + 10 % (12,0m)
CA50	10,0	980,64	607,30
CA60	5,0	1042,10	183,40

Vol. de concreto total = 11.03 m³
fck = 20 MPa



ESTACAS SOB BLOCOS
46x s/esc.

ESTACAS SOB VIGA BALDRAME
27x s/esc.

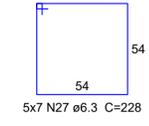
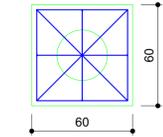
Resumo do aço das ESTACAS

AOÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	BARRAS + 10 % (12,0m)
CA50	8,0	906,00	398,64
CA60	5,0	782,10	137,65

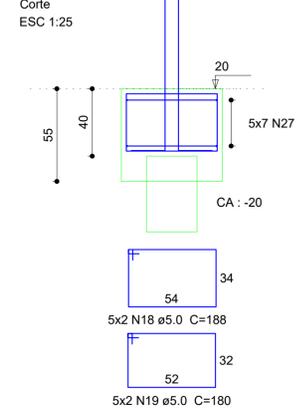
Vol. de concreto total = 18.05 m³
fck = 20 MPa

BLOCOS (x46) 1ø30

Planta ESC 1:25



Corte ESC 1:25



Resumo do aço dos BLOCOS

AOÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	BARRAS + 10 % (12,0m)
CA50	6,3	3670,80	1009,47
CA60	5,0	782,10	330,31

Vol. de concreto total = 9.94 m³
fck = 20 MPa

NOTAS:

- Em qualquer caso, ao usar pedra marroada no fundo das estacas, é recomendado que o apoio seja executado com uma pedra por vez, evitando o acúmulo de pedras sem compactação;
- É imprescindível o adensamento com vibrador mecânico, inclusive nas estacas;
- As escacas não cotadas são de h=3,50m

OBSERVAÇÕES

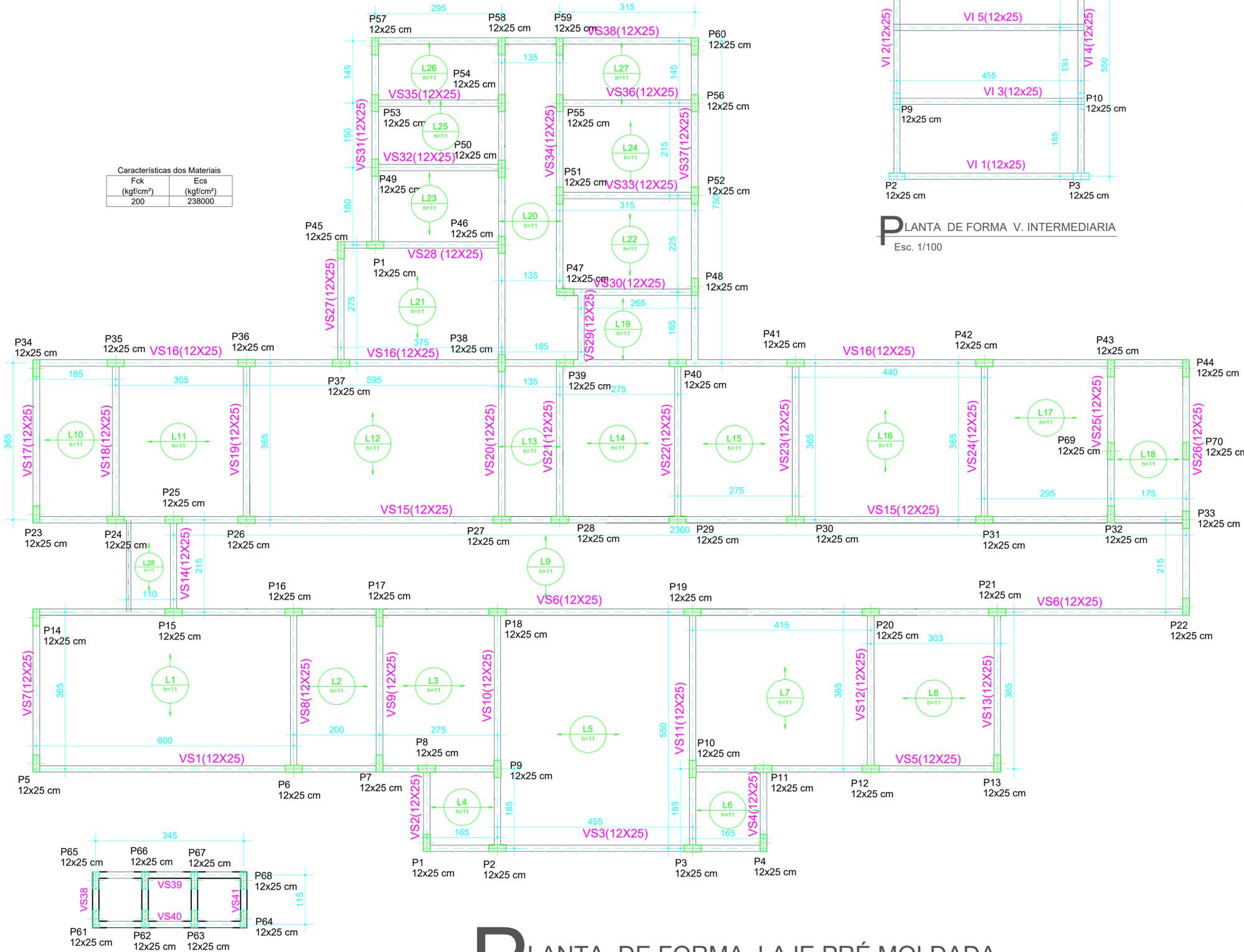
- Concreto Fck=20MPa, Slump: 8±1cm
- Módulo de Deformação Secante do Concreto (Ecs) > 22 GPa aos 28 dias
- Relação Água/Cimento <= 0,6
- Aço CA 50 e 60
- Cotas e níveis em centímetros.
- Cobertura da Ferragem: Pilares e Vigas : 2,0 cm; Fundação : 2,0 cm; Lajes : 2,0 cm
- Usar espaçadores e posicionadores entre ferragem e forma.
- Confeiti medidas no local.
- Confeiti forma e ferragem, antes da concretagem.
- Molhar bem as formas antes da concretagem.
- Adensar corretamente o concreto nas formas.
- Curar bem o concreto, mantendo a superfície sempre umedecida.
- Recomenda-se rigorosa limpeza das formas antes da concretagem (remoção de EPS, folhas, serragem, tocos de cigarro, etc.) Especial atenção deverá ser dada a forma dos pilares, para onde correm as sujeiras, quando lavamos as formas das vigas.
- Ver os níveis das baldrames nos cortes e tabela de elevação.
- O nível 0,0m de referência, deverá ser definido na obra.
- Os níveis adotados, foram referenciados ao projeto de arquitetura, sem os acabamentos.
- Em caso de dúvidas, consultar os projetistas.

ASSUNTO PROJETO ESTRUTURAL	
OBRA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE	
PROPRIETÁRIO	QUADRO DE ÁREAS ÁREA CONSTRUÍDA: 311,72 M ²
AUTOR DO PROJETO	
DESENHO	
PROVAÇÃO	P RANCHA 01/03

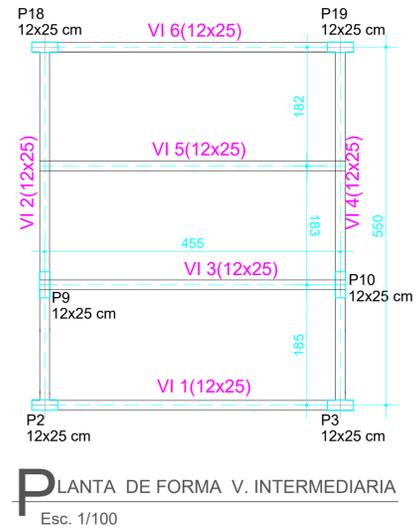
Prancha B.2

Características dos Materiais

Fck (kgf/cm ²)	Ecs (kgf/cm ²)
200	238000



PLANTA DE FORMA LAJE PRÉ MOLDADA
Esc. 1/100

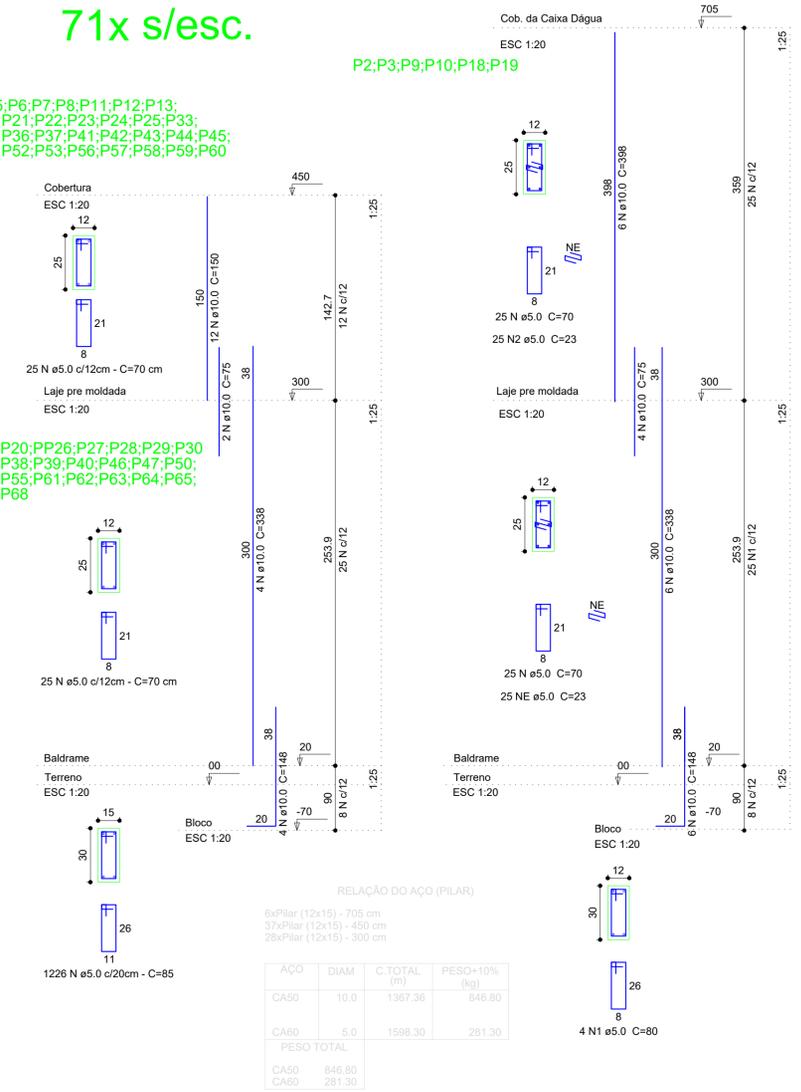


PLANTA DE FORMA V. INTERMEDIARIA
Esc. 1/100

PILARES (12x25) 71x s/esc.

P1;P4;P5;P6;P7;P8;P11;P12;P13;
P14;P15;P21;P22;P23;P24;P25;P33;
P34;P35;P36;P37;P41;P42;P43;P44;P45;
P48;P49;P52;P53;P56;P57;P58;P59;P60
P70;P71

P16;P17;P20;P26;P27;P28;P29;P30
P31;P32;P38;P39;P40;P46;P47;P50;
P51;P54;P55;P61;P62;P63;P64;P65;
P66;P67;P68



ASSUNTO PROJETO ESTRUTURAL

OBRA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE

PROPRIETÁRIO _____
AUTOR DO PROJETO _____
DESENHO _____

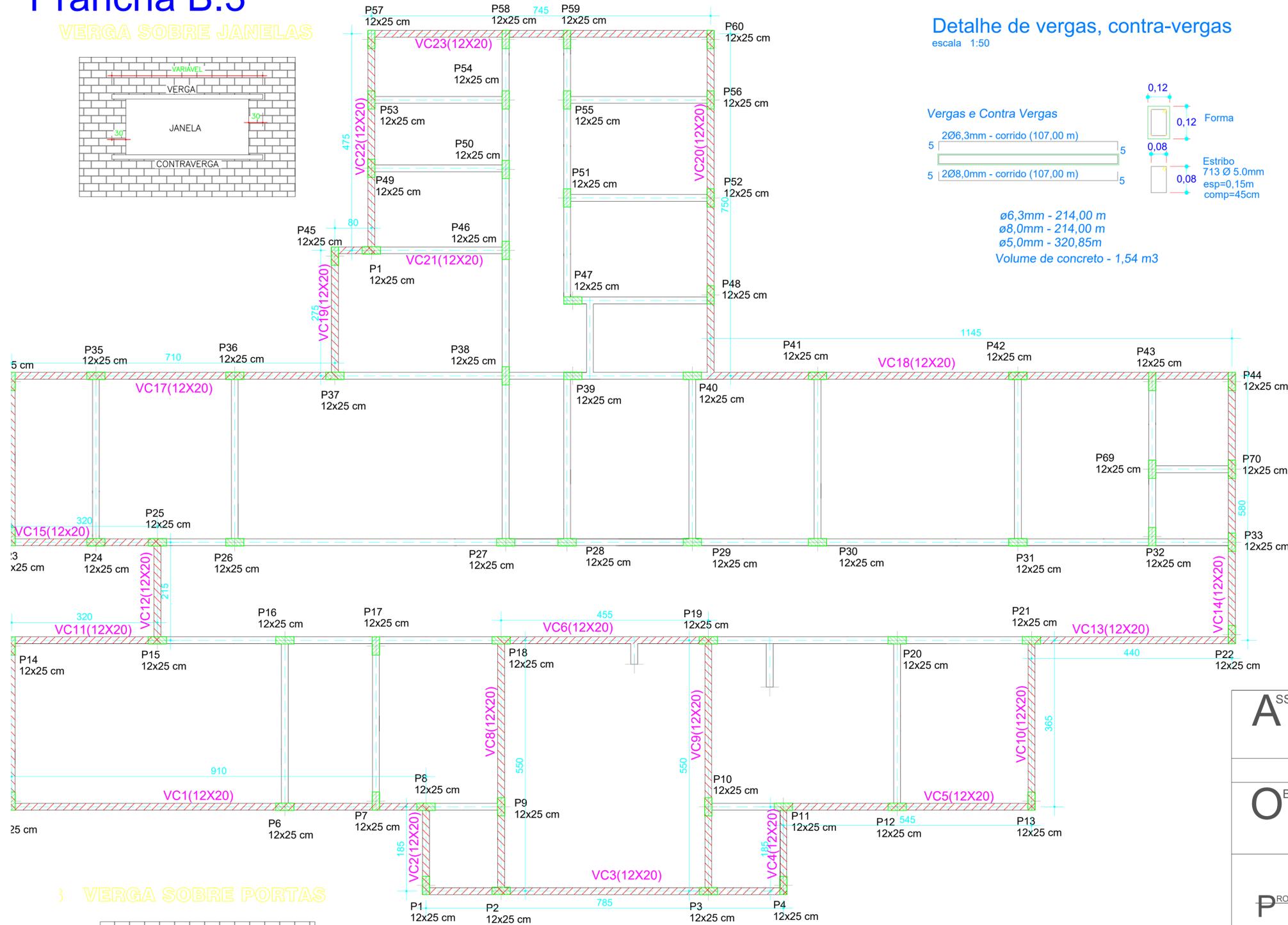
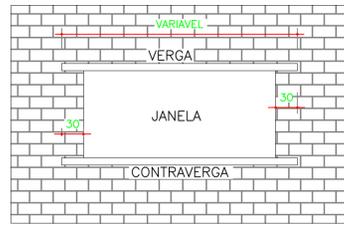
QUADRO DE ÁREAS
ÁREA CONSTRUÍDA: 311,72 M2

PRANCHA
02/03

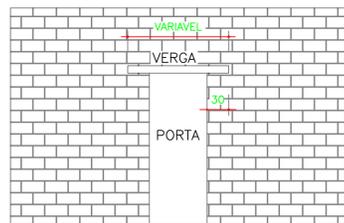
PROVAÇÃO

Prancha B.3

VERGA SOBRE JANELAS



VERGA SOBRE PORTAS



PLANTA DE FORMA COBERTURA

Esc. 1/100

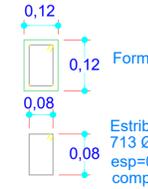
Detalhe de vergas, contra-vergas

escala 1:50

Vergas e Contra Vergas

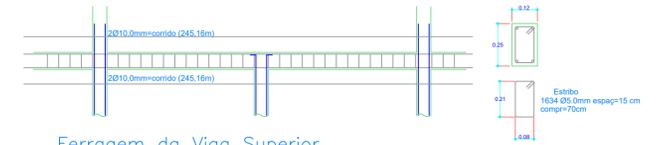
- 5 2Ø6,3mm - corrido (107,00 m)
- 5 2Ø8,0mm - corrido (107,00 m)

Ø6,3mm - 214,00 m
 Ø8,0mm - 214,00 m
 Ø5,0mm - 320,85 m
 Volume de concreto - 1,54 m³



Detalhe das Vigas Superior - 12x25

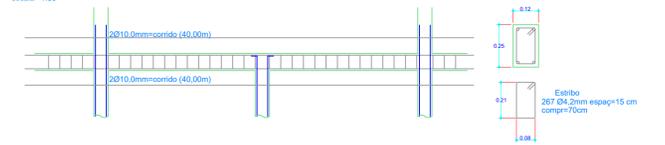
escala 1:50



Ferragem da Viga Superior
 Ø10,0mm - 980,64m
 Ø5,0mm - 1,143,80m
 Volume de concreto - 7,35 m³
 Formas - 122,58 m²

Detalhe das Vigas Intermediaria (Cx. D'agua) - 12x25

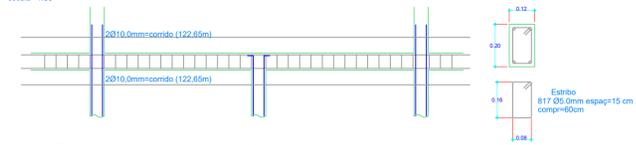
escala 1:50



Ferragem da Viga Intermediaria
 Ø10,0mm - 160,00m
 Ø5,0mm - 186,60m
 Volume de concreto - 1,20m³
 Formas - 20,00m²

Detalhe das Vigas Cobertura - 12x20

escala 1:50



Ferragem da Viga Cobertura
 Ø10,0mm - 490,60m
 Ø5,0mm - 490,20m
 Volume de concreto - 2,94 m³
 Formas - 49,06 m²

Resumo do aço da Viga Sup./Inter/Cobertura

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	BARRAS + 10 % (12.0m)
CA50	10.0	1631.20	1010.20
CA60	5.0	1820.60	320.40

Vol. de concreto total = 11.49m³
 fck = 20 MPa

ASSUNTO: PROJETO ESTRUTURAL

OBRA: UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE

PROPRIETÁRIO: _____

AUTOR DO PROJETO: _____

DESENHO: _____

PROVAÇÃO: _____

QUADRO DE ÁREAS

ÁREA CONSTRUÍDA: 311,72 M²

RANCHA

03/03