

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Flaviana Máris de Paiva e Silva

**MONITORAMENTO DO DESLOCAMENTO VERTICAL ESTRUTURAL  
POR NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**

Santa Maria, RS  
2020

**Flaviana Máris de Paiva e Silva**

**MONITORAMENTO DO DESLOCAMENTO VERTICAL ESTRUTURAL  
POR NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil,  
da Universidade Federal de Santa Maria  
(UFSM, RS), como requisito parcial para  
obtenção do grau de **Engenheira Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Freiberger Junior

Santa Maria, RS  
2020

**Flaviana Máris de Paiva e Silva**

**MONITORAMENTO DO DESLOCAMENTO VERTICAL ESTRUTURAL  
POR NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil,  
da Universidade Federal de Santa Maria  
(UFSM, RS), como requisito parcial para  
obtenção do grau de **Engenheira Civil**.

**Aprovado em 18 de dezembro de 2020:**

---

**Carlos José Marques da Costa Branco, Dr. (UEL)**

---

**Eno Darci Saatkamp, Dr. (UFSM)**

---

**Jaime Freibergger Junior, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

Santa Maria, RS  
2020

## **AGRADECIMENTOS**

*Este trabalho foi concluído graças ao auxílio, apoio e compreensão que recebi de pessoas às quais sou eternamente grata, especialmente:*

*meus pais e meu irmão, pelo amor em todos os momentos da minha vida;  
minha família, pelo carinho ao longo desta caminhada;  
professor Jaime Freiburger, pela orientação, dedicação e amizade;  
professores da UFSM, que compartilharam experiências e conhecimentos indispensáveis à minha formação profissional;*

*meus grandes amigos, pela companhia e parceria nos dias difíceis e nos dias felizes, todos inesquecíveis;*

*meu filhote felino Ferdinando, por alegrar minha casa e me fazer companhia todos os dias; e*

*todos, que de alguma forma, contribuíram para atingir meu objetivo.*

*Muito obrigada!*

## RESUMO

A análise de movimentos verticais da estrutura de edifícios por métodos topográficos é uma ferramenta de avaliação que pode caracterizar o desempenho e a estabilidade das fundações de uma obra de construção civil. A eficácia do monitoramento de estruturas por tais métodos provém da alta precisão das observações, a exemplo do nivelamento geométrico em que as medições podem chegar a incertezas de ordem submilimétrica. Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado nas obras do Edifício Residencial Vila Di Fiori, cidade de Santa Maria–RS, com o objetivo principal de se monitorar a variação do nível de parte da estrutura deste edifício causada por eventuais deslocamentos verticais na fundação. Uma rede de pontos de controle altimétrico foi estabelecida no interior da obra para compor as referências de nível das observações pelo método de nivelamento geométrico simples. Foram verificados recalques de até 3 mm em alguns pilares do edifício comprovando a importância das técnicas topográficas para a construção civil no monitoramento e verificação de movimentos das estruturas.

**Palavras-chave:** monitoramento topográfico; nivelamento geométrico; recalque em estrutura de edifícios.

## ABSTRACT

Analysis of vertical movements in building structures is an important step to evaluate performance and stability on foundation works. Differences in height are determined using special methods, e.g., the geometric leveling which leads to an accuracy down to millimeter level. This report is about a case study carried out at the “Residential Vila Di Fiori” building, a seven storeys under construction building in Santa Maria. The main goal was to monitor the level variation in some pillars due to vertical displacements of the foundation. A set of control points was established around the building area to support an altimetric network as the reference for height measurements by geometric leveling. Settlement of up to 3 mm were detected, indicating that topographic methods may be a feasible and convenient solution for monitoring structure stability.

**Keywords:** Topographic monitoring; geometric leveling; buildings structure settlement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rede Absoluta. ....	27
Figura 2 - Rede Relativa. ....	28
Figura 3 - Nivelamento geométrico com método das visadas. ....	30
Figura 4 - Deslocamentos de uma estrutura. ....	34
Figura 5 - Distorção angulares e danos associados segundo alguns autores. .....	35
Figura 6 - Classificação dos pilares quanto às solicitações iniciais. ....	37
Figura 7 - Partes constituintes de uma edificação. ....	39
Figura 8 - Residencial Vila Di Fiori. ....	41
Figura 9 - Vista fachada lateral do Residencial Vila Di Fiori. ....	42
Figura 10 - Fixação do ponto de controle na estrutura do muro. ....	43
Figura 11 - Ponto de controle fixado na estaca (PC1). ....	44
Figura 12 - Marcação do ponto de nível no pilar. ....	45
Figura 13 - Marcação do ponto de nível na alvenaria. ....	45
Figura 14 - Pontos de controle e pontos de nível ....	46
Figura 15 - Régua metálica codificada. ....	47
Figura 16 - Nível eletrônico digital Kolida DL - 202. ....	47
Figura 17 – Croqui de posições do instrumento nível. ....	49
Figura 18 - Depósito de escoras metálicas no canteiro de obras. ....	51
Figura 19 - Alagamento do canteiro de obras (data: 29/10/2019). ....	52
Figura 20 – Aspecto da planilha de dados de campo. ....	53
Figura 21 – Aspecto dos blocos para cálculo dos desníveis. ....	53
Figura 22 - Armaduras apoiadas no muro. ....	60
Figura 23 – Local para depósito de blocos de concreto próximo às bases do muro. ....	61
Figura 24 - Depósito de lajes pré-moldadas próximas ao muro (ponto PC7). ....	62
Figura 25 - Diferença algébrica $\Delta\delta$ entre os desníveis. ....	63
Figura 26 – Recalca e soerguimento da estrutura. ....	70
Figura 27 – Croqui de locação dos pilares – Bloco A. ....	75
Figura 28 – Croqui de locação dos pontos de controle. ....	76
Figura 29 - Localização do pontos de nível na alvenaria – Bloco B. ....	77

Figura 30 - Acompanhamento da obra – Bloco A. Data: 17/09/2019.....	78
Figura 31 - Acompanhamento da obra – Bloco B. Data: 17/09/2019.....	79
Figura 32 - Acompanhamento da obra – Bloco A. Data: 24/04/2020.....	80
Figura 33 - Acompanhamento da obra – Bloco B. Data: 24/04/2020.....	81



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos níveis. ....	32
Tabela 2 - Cargas de projeto dos pilares por categoria. ....	37
Tabela 3 - Efeitos da interação solo-estrutura em edifícios. ....	40
Tabela 4 - Série de levantamentos realizados (campanhas). ....	48
Tabela 5 - Série das leituras de campo (campanhas). ....	50
Tabela 6 – Verificação do desnível entre pontos de controle. ....	54
Tabela 7 – Pilares, cargas e deslocamentos máximos. ....	68
Tabela 8 - Dados de nivelamento (referência: 17/09/2019 e 01/10/2019). ....	82
Tabela 9 - Dados de nivelamento (referência 15/10/2019 e 29/10/2019). ....	83
Tabela 10 - Dados de nivelamento (referência: 12/11/2019 e 26/11/2019). ...	84
Tabela 11 - Dados de nivelamento (referência: 10/12/2019 e 27/04/2020). ...	85

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desnível entre os pontos de controle PC1 e PC2.....	55
Gráfico 2 - Desnível entre os pontos de controle PC2 e PC3.....	56
Gráfico 3 - Desnível entre os pontos de controle PC1 e PC3.....	56
Gráfico 4 - Desnível entre os pontos de controle PC3 e PC4.....	57
Gráfico 5 - Desnível entre os pontos de controle PC3 e PC5.....	57
Gráfico 6 - Desnível entre os pontos de controle PC4 e PC5.....	58
Gráfico 7 - Desnível entre os pontos de controle PC6 e PC7.....	58
Gráfico 8 - Desnível entre os pontos de controle PC6 e PC7.....	59
Gráfico 9 - Evolução de $\Delta\delta$ – lances PC1 → P1 à P13.....	63
Gráfico 10 - Evolução de $\Delta\delta$ – lances PC2 → P1 à P13.....	64
Gráfico 11 - Evolução de $\Delta\delta$ – lances PC3 → P1 à P13.....	65
Gráfico 12 - Evolução de $\Delta\delta$ – lances PC3 → P14 à P16.....	66
Gráfico 13 - Evolução de $\Delta\delta$ – lances PC4 → P14 à P16.....	66
Gráfico 14 - Evolução de $\Delta\delta$ – lances PC5 → P14 à P16.....	67
Gráfico 15 - Evolução de $\Delta\delta$ – lances PC6 → A1 à A3.....	67
Gráfico 16 - Evolução de $\Delta\delta$ – lances PC7 → A1 à A3.....	68

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b>	23
2.	<b>OBJETIVOS</b>	24
2.1.	OBJETIVO GERAL	24
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3.	<b>JUSTIFICATIVA</b>	24
4.	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	25
4.1.	MONITORAMENTO GEODÉSICO	25
4.2.	REDES GEODÉSICAS DE MONITORAMENTO	26
4.2.1.	Rede absoluta (referência)	26
4.2.2.	Rede relativa (Objeto)	27
4.3.	ERROS NAS OBSERVAÇÕES	28
4.4.	NIVELAMENTO GEOMÉTRICO	29
4.5.	NÍVEIS	32
4.6.	RECALQUE	32
4.7.	RECALQUES ADMISSÍVEIS	35
4.8.	CLASSIFICAÇÃO DOS PILARES	36
4.9.	INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA	38
5.	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	41
5.1.	OBJETO DE ESTUDO	41
5.2.	PONTOS DE REFERÊNCIA E PONTOS DE NÍVEL	43
5.3.	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	46
5.4.	LEVANTAMENTOS DO MONITORAMENTO VERTICAL	48
5.5.	TRATAMENTO DOS DADOS	52
6.	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	54
6.1.	INSPEÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE	54
6.2.	DESLOCAMENTOS VERTICAIS	62
6.3.	ANÁLISE DE CARGAS x DESLOCAMENTOS	68
7.	<b>CONCLUSÃO</b>	71

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE I .....</b>	<b>75</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento do mercado imobiliário e a valorização dos terrenos nas áreas centrais de grandes cidades resultaram em um aumento na verticalização das edificações. Edifícios de grande porte com arquitetura inovadora e custos de construção mais reduzidos, resultam em projetos estruturais mais aprofundados. Com isso, o desenvolvimento de novas técnicas de engenharia e a evolução dos programas de dimensionamento tem proporcionado rapidez na elaboração de projetos (SAVARIS, 2008).

Constata-se que nas últimas décadas houve significativo aumento de investigações sobre o desenvolvimento de técnicas mais precisas de avaliação do comportamento das estruturas (BUENO, 2007). Fato é que a falha no ambiente estrutural não é apenas um fator de prejuízo econômico, mas representa perigos à vida humana e riscos ambientais. Em sistemas estruturais, estas falhas podem ocorrer por diferentes motivos e graus de intensidade (BUENO, 2007). Da mesma forma o dimensionamento de alicerces, que leva em conta as tensões admissíveis do solo e as solicitações do terreno de fundação.

O controle de deslocamento estrutural envolve diferentes métodos de medição, e para cada tipo de edificação é utilizada uma técnica de monitoramento que considera fatores como a precisão do levantamento, o tipo de carga (estática ou dinâmica), características do solo, sistema construtivo utilizado, grandeza da estrutura, utilização, dentre outros. Atenta-se para os recalques, um dos principais causadores de problemas estruturais em edificações, podendo em alguns casos levar ao colapso da estrutura. Este fenômeno ocorre em todas as construções. Porém, quando seus valores não ultrapassam os limites admissíveis de projeto, não há possibilidade de causar problemas consideráveis à estrutura (CORRÊA, 2012).

A inspeção periódica pode prevenir problemas resultantes das cargas estruturais sobre o solo, como por exemplo, deslocamentos verticais (recalques) que ocasionam fissuras, rebaixamento e trincas na estrutura ou influências externas naturais como os ventos (deslocamentos horizontais). Nesse raciocínio, o monitoramento estrutural se apresenta como um campo de atuação da engenharia de grande importância para identificação e quantificação de movimentações em edificações.

Posto o cenário das atuais demandas técnicas, apresenta-se neste trabalho um estudo de caso de monitoramento vertical de parte da estrutura de um edifício residencial em obras com a finalidade de se detectar a ocorrência de deslocamentos verticais da fundação.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo deste trabalho é realizar o controle dos deslocamentos verticais de uma parcela da estrutura do Edifício Residencial Vila Di Fiori, localizado na cidade de Santa Maria – RS.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Detectar e analisar a evolução de desníveis entre pontos de controle de nivelamento por meio de comparação de dados de nivelamento geométrico realizados em intervalos de tempo regulares.
- Avaliar os erros aleatórios presentes nas observações do nivelamento geométrico.
- Abordar a metodologia para estudo de recalques em estruturas.

## **3. JUSTIFICATIVA**

O planejamento na construção civil não deve focar unicamente o projeto estrutural. Faz-se necessário analisar a construção como um todo buscando soluções econômicas e seguras para alcançar os objetivos esperados como estabilidade, funcionalidade, durabilidade e segurança durante a vida útil das edificações.

O monitoramento de recalques em estruturas de concreto armado está associado à segurança e estabilidade das edificações. Assim, as medições de controle vertical são necessárias desde as etapas iniciais da obra até sua plena utilização, com o planejamento de inspeções periódicas da estrutura e do movimento das fundações.

Assim, é fundamental o monitoramento das estruturas para que patologias sejam prevenidas, tal como identificar possíveis movimentações. Dessa forma, são necessárias técnicas para investigar tais eventos, por exemplo, medições sistemáticas de nivelamento geométrico.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. MONITORAMENTO GEODÉSICO**

É fato que todas as estruturas, como prédios, pontes e barragens, sofrem deslocamentos verticais (recalques), horizontais e rotacionais, dependendo do carregamento que está submetido à estrutura ao decorrer do tempo. Quando esses valores ultrapassam os limites admissíveis de projeto, há possibilidade de ocorrer o colapso da estrutura, em razão da decorrência de esforços em suas componentes que não foram contemplados no dimensionamento (ALVES, 2006).

Assim sendo, é fundamental que se realize um monitoramento da movimentação vertical na estrutura para que se possa prevenir estes riscos. Segundo Miranda (2007), o monitoramento se dá por observar como um objeto irá se comportar em um determinado período. Referente ao monitoramento geodésico, as coordenadas determinadas de um mesmo ponto são comparadas em duas fases distintas. Por meio desta técnica, pode-se identificar o quanto um objeto está sofrendo deslocamentos, carecendo de uma tomada de decisões rápida e segura de forma que se possa evitar o agravamento da situação ou minimizar os danos provocados por tais eventos.

O monitoramento pode ser planimétrico quando se avaliam os deslocamentos no plano horizontal, altimétrico quando se avaliam os deslocamentos verticais e planialtimétrico ou tridimensional quando são avaliados de forma global todos os deslocamentos. Desta forma o monitoramento geodésico de uma estrutura envolve a realização de campanhas periódicas de observação dos pontos de interesse implantados na estrutura onde se deseja verificar a existência de possíveis deslocamentos. (NEVES, 2008, p.17).

Chaves (2001) aponta as técnicas de medição para obtenção de dados para monitoramento geométrico, dentre as quais o nivelamento geométrico e a medição eletrônica de distâncias (que integra os modernos instrumentos níveis) foram empregados neste trabalho.

1. Triangulação;
2. Trilateração;
3. Triangulateração;
4. Poligonação;
5. Nivelamento geométrico;
6. Nivelamento trigonométrico;
7. Fotogrametria terrestre;
8. *VLBI – Very Long Baseling Interferometry;*
9. *SLR – Satellite Laser Ranging;*
10. *GPS – Global Positioning System;*
11. Medida de distância por taqueometria;
12. Medida de distância por MED – Medidor Eletrônico de Distância.

## **4.2. REDES GEODÉSICAS DE MONITORAMENTO**

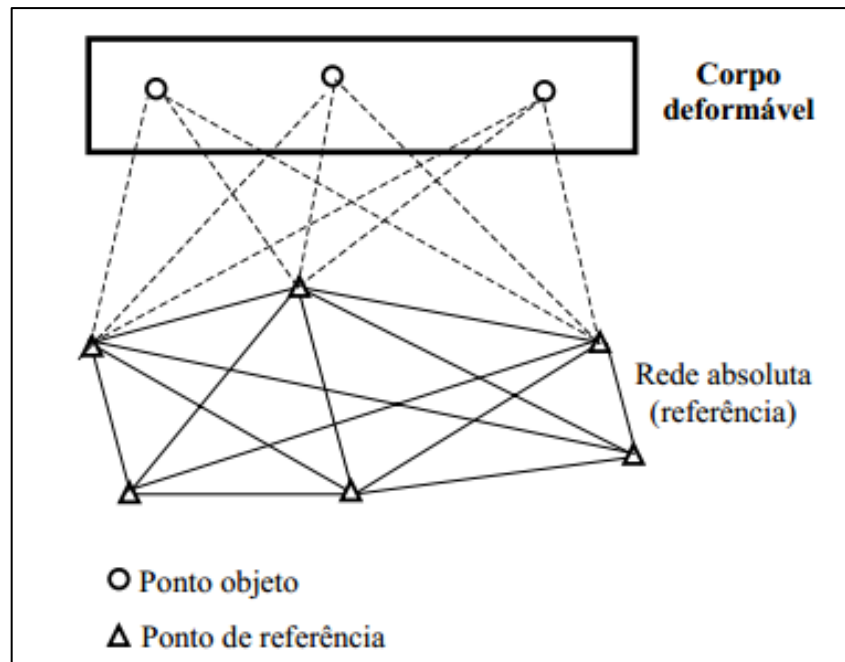
As medições de deformação por métodos geodésicos realizam-se em dois tipos de redes: absoluta e relativa.

### **4.2.1. Rede absoluta (referência)**

A rede absoluta consiste em pontos de referência a uma determinada distância do objeto monitorado. Estes pontos determinam os deslocamentos absolutos dos pontos do corpo deformado. A principal dificuldade em analisar geometricamente uma rede absoluta (ou uma rede de referência) é estabelecer pontos que permaneçam estáveis (CHAVES, 2001). Um exemplo ilustrativo é apresentado na Figura 1.



Figura 1 - Rede Absoluta.

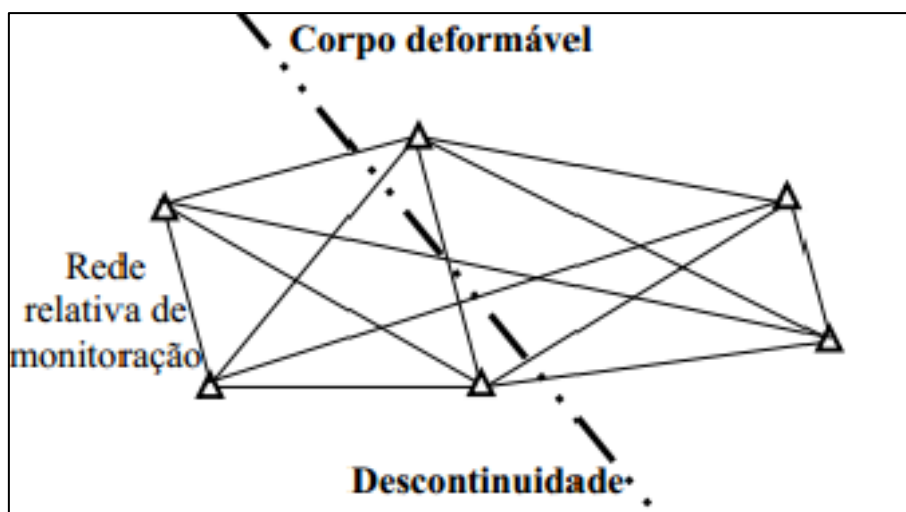


Fonte: Chaves (2001, p.27).

#### 4.2.2. Rede relativa (Objeto)

Na rede relativa os pontos estão no corpo da estrutura investigada, com a finalidade de identificar o modelo de deformação provocado pelas deformações, deslocamentos pontuais e deslocamentos relativos do corpo. A investigação de uma rede relativa depara-se com a determinação do modelo de deformação nos domínios espaciais e temporais (CHAVES, 2001). Este tipo de rede pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Rede Relativa.



Fonte: Chaves (2001, p. 27).

### 4.3. ERROS NAS OBSERVAÇÕES

Os levantamentos realizados pelo operador se caracterizam pela presença de erros nas medições, devido a falha humana, imperfeições de equipamento e a influência das condições climáticas nas quais a mensuração está submetida. Por conta disto, é necessário se realizar a repetição das medições, pois a partir de várias mensurações nos deparamos com dados redundantes e com a dificuldade em determinar o valor verdadeiro das grandezas. Sendo assim, é importante solucionar as discrepâncias geométricas resultante dos levantamentos para que se consiga um resultado mais próximo e confiável do valor verdadeiro (NEVES, 2008).

Por mais modernos que sejam os aparelhos e por mais atenção e cuidado que o operador tenha ao se realizar um levantamento topográfico, as mensurações jamais estarão isentas de erros. Segundo Veiga *et al.* (2012), as fontes de erro podem ser por:

1. Condições ambientais: causados pelas variações das condições ambientais, como vento, temperatura, etc. Exemplo: variação do comprimento de uma trena com a variação da temperatura.
2. Instrumentais: causados por problemas como a imperfeição na construção de equipamento ou ajuste. A maior parte dos erros instrumentais pode ser

reduzida adotando técnicas de verificação/retificação, calibração e classificação, além de técnicas particulares de observação.

3. Pessoais: causados por falhas humanas, como falta de atenção ao executar uma medição, cansaço etc.

Ainda conforme Veiga *et al.* (2012), os erros, causados por esses três elementos, podem ser classificados em:

1. Erros grosseiros: causados por engano na medição, leitura errada nos instrumentos, identificação de alvo etc., normalmente relacionados com a desatenção do observador ou uma falha no equipamento. Cabe ao observador cercar-se de cuidados para evitar a sua ocorrência ou detectar a sua presença. Exemplo: anotar valores errados.
2. Erros sistemáticos: São aqueles erros cuja magnitude e sinal algébrico podem ser determinados, seguindo leis matemáticas ou físicas. Pelo fato de serem produzidos por causas conhecidas podem ser evitados pelo uso de técnicas particulares de observação ou mesmo eliminados mediante a aplicação de fórmulas específicas. São erros que se acumulam ao longo do trabalho. Exemplo: efeito de temperatura e pressão na medição com medidor eletrônico de distância.
3. Erros acidentais ou aleatórios: São aqueles que permanecem após os erros anteriores terem sido eliminados. São erros que não seguem nenhum tipo de lei e ora ocorrem num sentido ora noutro, tendendo a se neutralizar quando o número de observações é grande. Exemplo: inclinação da baliza na hora de realizar a medida.

#### **4.4. NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**

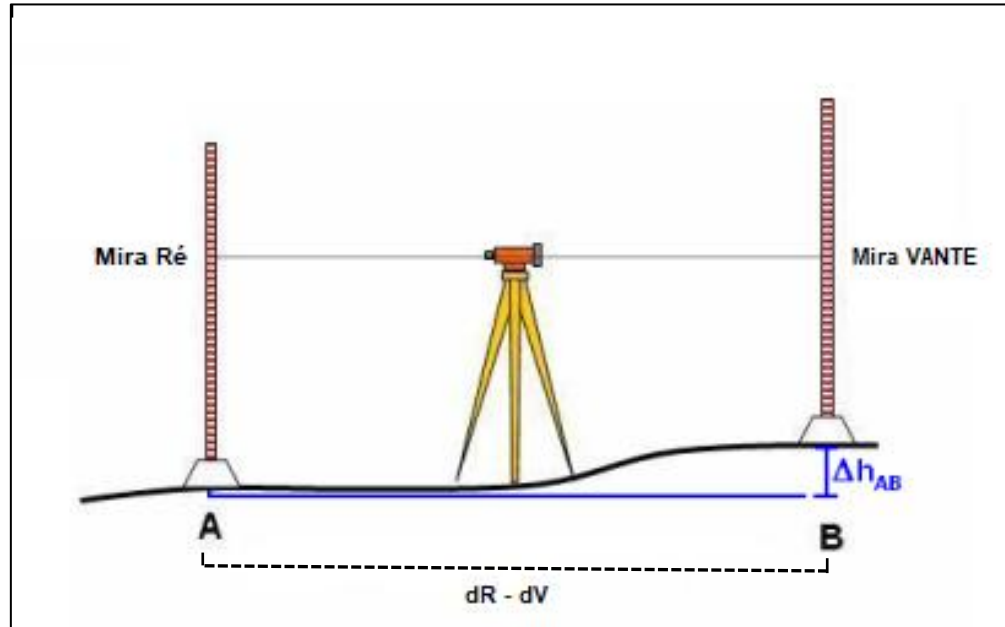
De acordo com Neves (2008, p.27),

O nivelamento geométrico é a operação que visa à determinação do desnível entre dois pontos a partir da leitura em miras (estádias) graduadas efetuadas com um nível, ou mais recentemente, com níveis digitais e miras graduadas com códigos de barra.

Para a determinação de desníveis com alta precisão emprega-se o método de visadas iguais, com a finalidade de eliminar ou minimizar os erros decorrentes da

curvatura terrestre e da refração atmosférica. Nele, as miras são colocadas à mesma distância do nível sobre os pontos que se deseja determinar o desnível (Figura 3).

Figura 3 - Nivelamento geométrico com método das visadas iguais.



Fonte: Adaptado de Neves (2008, p. 28).

O desnível  $\Delta h$  é calculado pela equação 1:

$$\Delta H_{AB} = L_R - L_V, \quad (\text{eq. 1})$$

onde  $L_R$  é a leitura de ré e  $L_V$  é a leitura de vante.

A norma NBR 13133 define o levantamento topográfico altimétrico ou nivelamento como o

levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada. (ABNT, 1994, p. 3).

Esta norma prevê três métodos básicos empregados para determinação de desníveis:

1. Nivelamento geométrico (ou nivelamento direto):

Nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos. (ABNT, 1994, p. 3).

## 2. Nivelamento taqueométrico:

Nivelamento trigonométrico em que as distâncias são obtidas taqueometricamente e a altura do sinal visado é obtida pela visada do fio médio do retículo da luneta do teodolito sobre uma mira colocada verticalmente no ponto cuja diferença de nível em relação à estação do teodolito é objeto de determinação. (ABNT, 1994, p. 4).

## 3. Nivelamento trigonométrico:

Nivelamento que realiza a medição da diferença de nível entre pontos de terreno, indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e das distâncias entre estes, fundamentando-se na relação trigonométrica entre os ângulos e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado. (ABNT, 1994, p. 4).

E em seu item 6.4.3, a NBR 13133 estabelece quatro classes de nivelamento de linhas ou circuitos ou de seções, abrangendo métodos de medida, aparelhagem, procedimentos, desenvolvimento e materialização:

- a. Classe IN – Nivelamento geométrico com implantação de referência de nível (RN) de apoio altimétrico;
- b. Classe IIN – Nivelamento geométrico para determinação de altitudes ou cotas em pontos de segurança (PS) e vértices de poligonais para levantamento topográfico destinados a projetos básicos executivos e obras de engenharia;
- c. Classe IIIN – Nivelamento trigonométrico para determinação de altitudes ou cotas em poligonais de levantamento, levantamento de perfis para estudos preliminares e/ou de viabilidade de projetos;
- d. Classe IVN – Nivelamento taqueométrico destinado a levantamento de perfis para estudo expedito.

Costa Branco *et al.* (2008) propõe alguns procedimentos específicos para realização do monitoramento de estruturas por nivelamento, sendo eles:

1. Aplicação de um nivelamento de classe compatível com as grandezas a serem medidas;
2. Adoção de poligonais fechadas ou poligonais abertas com contranivelamento para controle de erro de fechamento;

3. Cuidados na elaboração, implantação e proteção das referências de níveis e pinos de medidas;
4. Realização de posicionamentos adequados e invariáveis do instrumento de medição.

#### 4.5. NÍVEIS

De acordo com Veiga et al. (2012), os níveis são equipamentos que permitem determinar com precisão um plano horizontal ortogonal à vertical definido pelo eixo principal do equipamento. Os níveis digitais possuem os mesmos componentes mecânicos e ópticos de um instrumento clássico, mas diferem destes no que diz respeito à forma de leitura. Esta se baseia na decodificação de um código de barras existente na mira. A norma NBR 13133, classifica os níveis conforme o erro de nivelamento para 1 km de duplo nivelamento, conforme Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Classificação dos níveis.

Classes de níveis	Desvio-padrão
1 – Precisão baixa	$> \pm 10 \text{ mm/km}$
2 – Precisão média	$\leq \pm 10 \text{ mm/km}$
3 – Precisão alta	$\leq \pm 3 \text{ mm/km}$
4 – Precisão muito alta	$\leq \pm 1 \text{ mm/km}$

Fonte: ABNT (1994, p. 6)

#### 4.6. RECALQUE

A NBR 6122 define recalque como o movimento vertical descendente de um elemento estrutural e denomina-se levantamento quando o movimento for ascendente (ABNT, 2010). Convenciona-se representar o recalque com o sinal positivo. Sendo recalque diferencial específico a razão entre as diferenças dos recalques de dois apoios e a distância entre eles.

Os solos são compostos por grupos de partículas sólidas com líquido e ar entres os espaços intermediários e a forma como que essas partículas se descolam

definem seu comportamento. Quando o solo é submetido a tensões externas, por meio da aplicação de carga, as tensões internas se modificam. Com base no princípio da mecânica dos sólidos de que todo material se deforma sob tensão, as deformações do solo podem ser estabelecidas pela relação entre as tensões e deformações durante o carregamento (SAVARIS, 2008).

Savaris (2008) acrescenta que, a partir do momento em que as cargas da superestrutura se descarregam no maciço de solo no qual as estruturas de fundação estão apoiadas, o solo sofre deformações. Sendo assim, uma fundação isolada pode sofrer deslocamentos horizontais, verticais e rotações, dependendo do tipo de esforço que a estrutura está sendo solicitada.

De acordo com Barros (2005), os deslocamentos verticais ( $w$ ) ocorridos nas fundações podem ser divididos em duas parcelas:

1. O recalque instantâneo ( $w_i$ ), referente ao recalque que ocorre logo após o carregamento da fundação devido à deformação imediata do solo;
2. O recalque no tempo ( $w_t$ ), consequência do adensamento (migração de água dos poros com consequente redução do índice de vazios) e da fluência do solo.

O recalque total é dado pela equação 2:

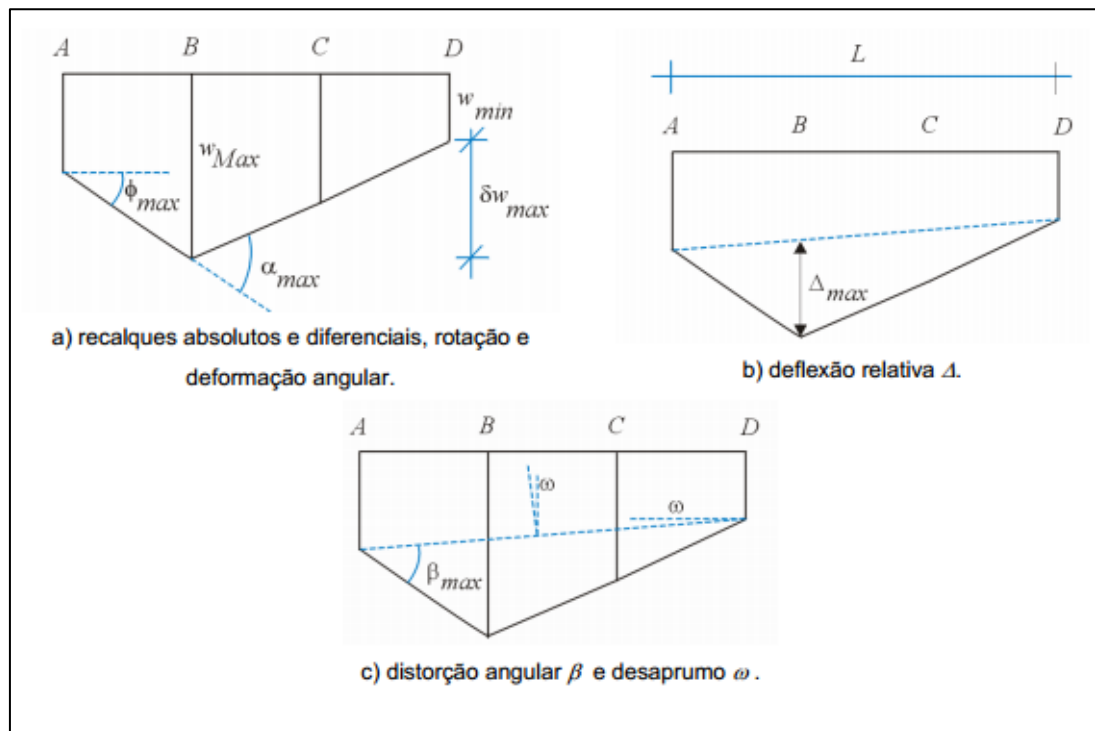
$$W_{total} = w_i + w_t \quad (\text{eq. 2})$$

A seguir apresentam-se os possíveis tipos de deslocamentos e deformações de uma estrutura, ilustrados na.

1. Recalque ( $w$ ): é o deslocamento vertical para baixo sofrido pela fundação;
2. Recalque diferencial ( $\delta w$ ): é a diferença entre os movimentos verticais entre os diversos pontos da estrutura. Em razão da presença dos recalques diferenciais é que ocorrem distorções no elemento estrutural. O recalque diferencial máximo é definido por  $\delta w_{m\acute{a}x}$ ;
3. Rotação ( $\theta$ ): é a variação da inclinação da reta que une dois pontos de referência da fundação;
4. Desaprumo ( $\omega$ ): é definido como a rotação sofrida por toda ou uma parte bem definida da superestrutura;

5. Rotação relativa ou distorção angular ( $\beta$ ): é a rotação da reta que une dois pontos de referência;
6. Deformação angular ( $\alpha$ ): é a inclinação da reta que une dois pontos da fundação em relação à horizontal. Observando a Figura 4, se verifica que a deformação angular máxima se encontra no ponto B;
7. Deflexão relativa ( $\Delta$ ): é o deslocamento vertical máximo em relação a uma reta que une dois pontos de referência, geralmente os dois extremos;
8. Relação de deflexão ( $\Delta/L$ ): é a razão entre a deflexão relativa e a distância L entre dois pontos de referência.

Figura 4 - Deslocamentos de uma estrutura.



Fonte: Barros (2005, p. 9).

Barros (2005) afirma que quando certos limites de deslocamentos são excedidos, é provável que possam surgir fissuras localizadas em paredes e até mesmo ocorrer o colapso de toda a estrutura. Portanto, é de extrema importância monitorar e analisar a evolução destes recalques para compreender como a interação solo-estrutura pode alterar a eficácia de todo conjunto.

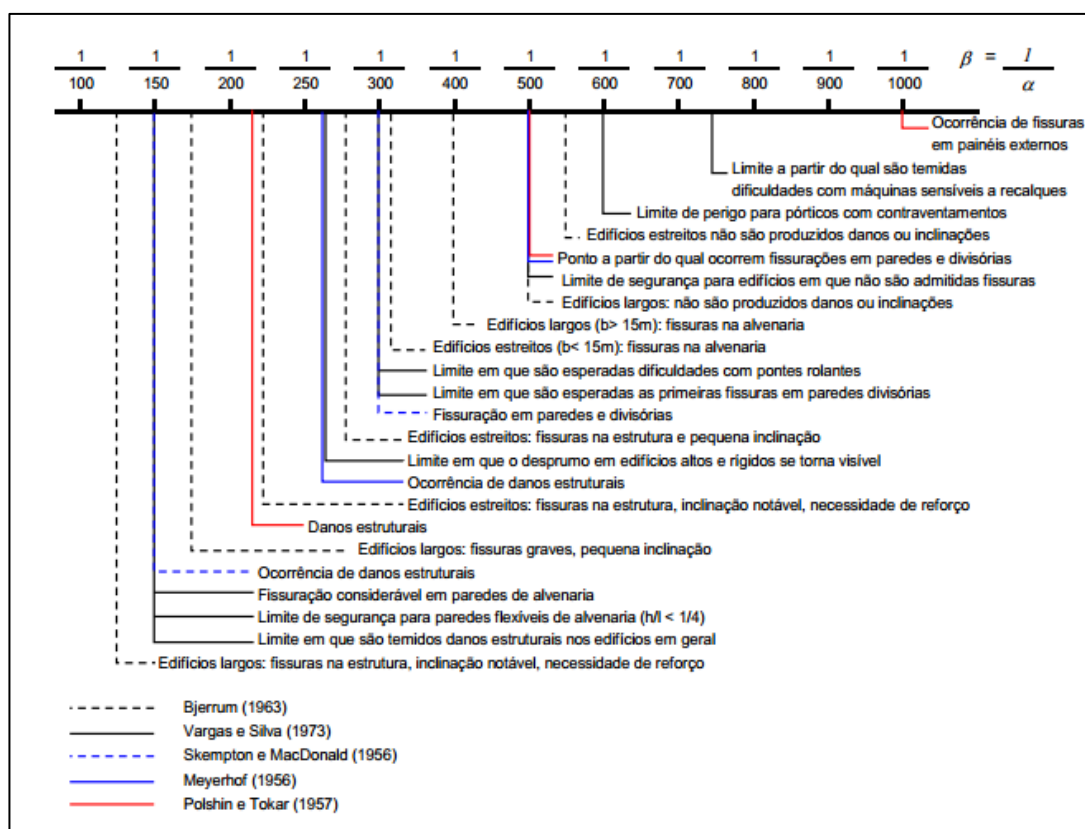


## 4.7. RECALQUES ADMISSÍVEIS

Para Alonso (1991, p. 26), o conceito de recalque admissível em prédios está ligado à tradição. Os valores admissíveis são fixados pelos especialistas envolvidos com projeto, execução e acompanhamento do desempenho da obra. Seus valores decorrem da experiência local, ou seja, para determinados tipos de estruturas e tipos de solos, tais valores de recalque podem ser considerados aceitáveis e, portanto, admissíveis.

Geralmente, conforme o tipo de estrutura, a quantificação das deformações admissíveis referentes as distorções angulares ( $\beta$ ) ou de relação a deflexão ( $\Delta/L$ ), é determinada a partir de critérios estabelecidos por diversos autores a partir de observações realizadas em vários tipos de estruturas, conforme Figura 5 (SAVARIS, 2008).

Figura 5 - Distorção angulares e danos associados segundo alguns autores.



Fonte: Barros (2005, p. 30).

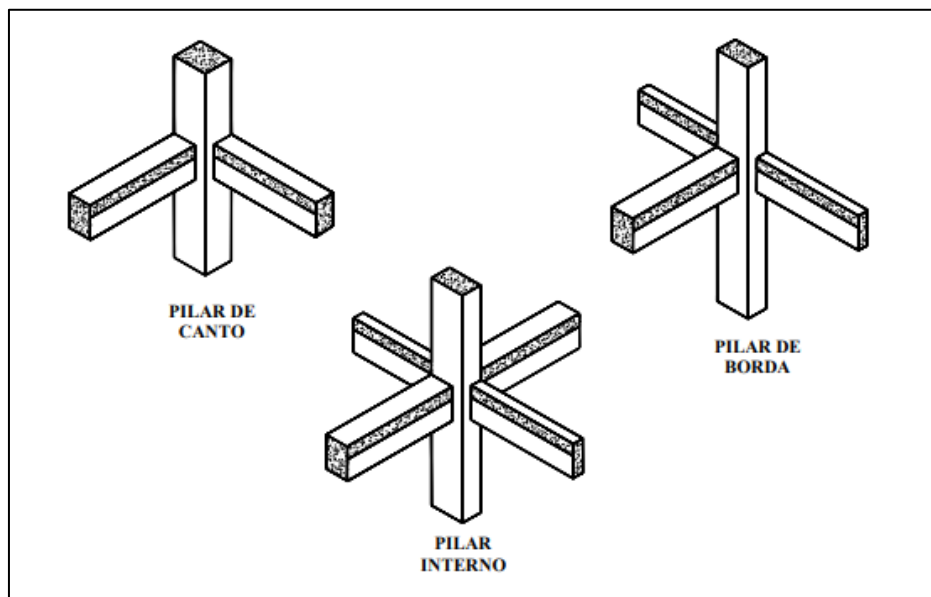
Pode-se observar que não há trabalhos recentes e aprofundados sobre os valores limites da distorção angular e suas implicações sobre a eficiência estrutural. A variabilidade das estruturas correspondentes às diferentes condições de uso já evidencia uma dificuldade na tentativa de padronizar valores de distorção angular, e, de acordo com a dificuldade de cálculo, sua análise deixa de ser importante em função da atenção que é dada apenas ao valor final dos recalques diferenciais (BARROS, 2005).

#### **4.8. CLASSIFICAÇÃO DOS PILARES**

De acordo com a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), pilares são “elementos lineares de eixo reto usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Scadelai (2004) classifica os pilares conforme as solicitações iniciais e a esbeltez:

1. Pilar de borda ou de extremidade: as solicitações iniciais correspondem a flexão composta normal, ou seja, admite-se excentricidade inicial em uma direção. Para seção quadrada ou retangular, a excentricidade inicial é perpendicular à borda;
2. Pilar interno ou intermediário: admitem compressão simples, ou seja, em que as excentricidades iniciais são desprezadas;
3. Pilar de canto: são submetidos a flexão oblíqua. As excentricidades iniciais ocorrem nas direções das bordas (Figura 6).

Figura 6 - Classificação dos pilares quanto às solicitações iniciais.



Fonte: Scadelai (2004, p. 27).

A Tabela 2 apresenta a carga de projeto dos pilares envolvidos neste estudo. A análise das movimentações verticais ocorridas nestes elementos e a correspondência desse fenômeno com suas cargas são apresentadas na seção 6.3

Tabela 2 - Cargas de projeto dos pilares por categoria.

PILAR	CATEGORIA	CARGA (tf)
1	Canto	76
2	Extremidade	61
3	Extremidade	64
4	Canto	62,2
5	Canto	132,5
6	Intermediário	150
7	Intermediário	136
8	Canto	112
9	Intermediário	137,5
10	Intermediário	135,5
11	Intermediário	41,5
12	Intermediário	100,5
13	Intermediário	151

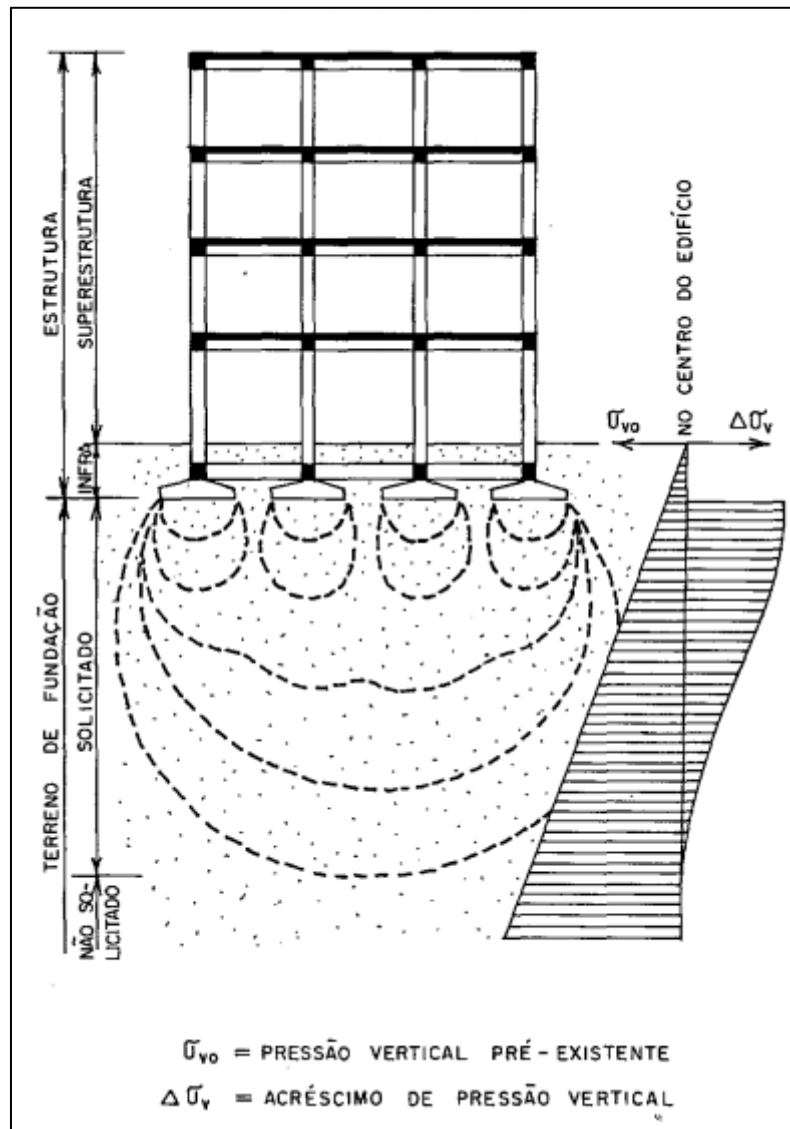
14	Intermediário	154,5
15	Intermediário	118,5
16	Extremidade	47

Fonte: Próprio autor.

#### **4.9. INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA**

Segundo Gusmão (1990), uma edificação pode ser dividida em três partes: superestrutura, infraestrutura e o solo que absorve os carregamentos (terreno de fundação), conforme Figura 7. Ao longo do tempo, em uma edificação, estas três partes sofrem interações entre si por meio de um mecanismo chamado interação solo-estrutura. Pinto (2006) afirma que quando se aplica uma carga em determinada área de um solo, as tensões originárias não se limitam à projeção da área carregada. As tensões vão aumentando nas laterais da área carregada devido a profundidade, de forma que as tensões anteriores devido ao peso próprio são somadas. Assim, quando os pontos no interior do subsolo se unem aos acréscimos de tensão de mesmo valor, têm-se as linhas chamadas de bulbo de tensões.

Figura 7 - Partes constituintes de uma edificação.



Fonte: Gusmão (1990, p. 2).

Segundo o autor, em um projeto estrutural tradicional é assumida a hipótese de que os apoios são indeslocáveis, conseqüentemente o recalque é considerado inexistente. Esta hipótese é levada para o dimensionamento dos elementos estruturais e de fundação. Em contrapartida, em um projeto de fundações é levado em consideração apenas as propriedades geotécnicas do solo e as cargas resultante do dimensionamento estrutural, desconsiderando a rigidez da estrutura. Sendo assim, cria-se uma espécie de barreira entre o solo de fundação e a estrutura. As conseqüências dessas hipóteses podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Efeitos da interação solo-estrutura em edifícios.

Hipótese	Consequência
<p>Apoios são considerados indeslocáveis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redistribuição de cargas e esforços nos elementos estruturais, especialmente vigas e pilares.</li> <li>• Alívio de carga nos pilares mais carregados e sobrecarga nos menos carregados.</li> <li>• Pode haver danos nos elementos estruturais.</li> </ul>
<p>Apoios podem recalcar de maneira independente uns dos outros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A ligação entre os elementos estruturais confere à estrutura uma rigidez, que restringe os recalques diferenciais.</li> <li>• A deformação de recalque medida é mais suave que a estimada convencionalmente.</li> <li>• Há uma tendência de uniformização dos recalques.</li> </ul>
<p>O carregamento do prédio só ocorre no final da construção.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• À medida que a estrutura vai sendo construída, vai havendo um aumento do seu carregamento e dos recalques absolutos.</li> <li>• Há, no entanto, um aumento da rigidez da estrutura, que faz com que haja uma tendência de uniformização dos recalques.</li> <li>• Há uma altura limite correspondente aos cinco primeiros pavimentos, em que praticamente não há mais aumento da rigidez para fins de uniformização de recalques.</li> </ul>

Fonte: Gusmão (1990).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. OBJETO DE ESTUDO

O estudo de caso do presente trabalho foi realizado na obra do Edifício Residencial Vila Di Fiori, localizado na rua Pedro Pereira, 6061, no bairro Nossa Senhora de Lourdes na cidade de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8 - Residencial Vila Di Fiori.



Fonte: Coase, 2020.

Figura 9 - Vista fachada lateral do Residencial Vila Di Fiori.



Fonte: Coase, 2020.

A Coase Construtora e Incorporadora é a responsável pelo empreendimento, que é composto por dois blocos independentes com sete pavimentos cada, destinado para habitação popular, totalizando 103 apartamentos.

A fundação de ambos os blocos foi realizada por estacas tipo hélice contínua de diâmetros entre 30 e 150 cm. A superestrutura do bloco A é composta de concreto armado no pavimento térreo de garagem e alvenaria estrutural cerâmica nos demais pavimentos.

No bloco B, o pavimento térreo é constituído por vagas de garagem construídas em concreto armado e apartamentos em alvenaria estrutural cerâmica, assim como o restante dos pavimentos. As lajes são pré-moldadas construídas no próprio canteiro de obras e transportadas por grua. A estrutura dos muros de divisa do terreno é constituída de blocos cerâmicos estruturais e apoiada em viga baldrame de concreto armado. No momento (21/11/2020), o empreendimento se encontra em obras, correspondendo a um percentual de 60% do progresso.



## 5.2. PONTOS DE REFERÊNCIA E PONTOS DE NÍVEL

Para a realização do estudo de comportamento da interação solo-estrutura, estabeleceu-se inicialmente uma rede de pontos de controle altimétrico no interior da obra. Estes pontos foram materializados por parafusos de cabeça redonda de aproximadamente 30 mm e fixados com adesivo epóxi de alta aderência na estrutura.

Foram implantados 7 pontos de controle, seis pontos na estrutura do muro do entorno do terreno, que foram denominados de PC2 a PC7, e um ponto materializado por um piquete de madeira de 40 cm de comprimento com seção de 5 x 5 (cm) cravada no solo junto ao escritório da obra, que foi denominado PC1. Da mesma forma, um parafuso foi fixado posteriormente no topo da estaca. O croqui de locação dos pontos de controle pode ser observado no Apêndice I deste trabalho. As Figura 10 e Figura 11 ilustram as disposições dos pontos de controle.

Figura 10 - Fixação do ponto de controle na estrutura do muro.



Fonte: Próprio autor.

Figura 11 - Ponto de controle fixado na estaca (PC1).



Fonte: Próprio autor.

A tarefa seguinte foi a seleção dos pilares que receberam os pontos de monitoramento, denominados pontos de nível (PN). Estes pontos consistiram em marcações na forma de triângulos pintados na face dos pilares (Figura 12). No caso da alvenaria, as marcações foram feitas no próprio bloco cerâmico, na projeção vertical da estaca de fundação (Figura 13). Ao todo foram dispostos 16 pontos em pilares no bloco A e três pontos na alvenaria do bloco B. O croqui de locação dos pontos de controle pode ser observado no Apêndice I deste trabalho.

Figura 12 - Marcação do ponto de nível no pilar.



Fonte: Próprio autor.

Figura 13 - Marcação do ponto de nível na alvenaria.

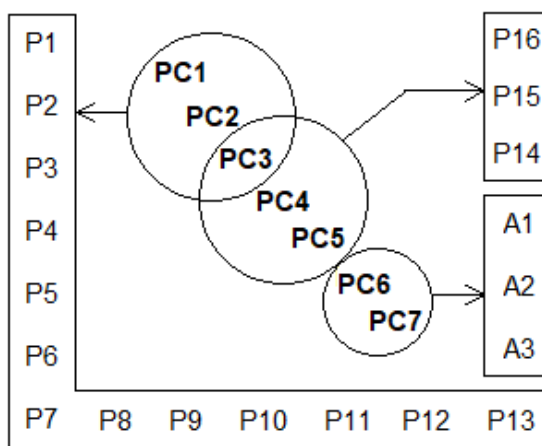


Fonte: Próprio autor.

Os pontos de controle PC1, PC2 e PC3 serviram como estações de ré para as visadas aos pontos de nível P1 a P13; da mesma forma, os pontos de controle PC3, PC4 e PC5 serviram como estações de ré para as visadas aos pontos de nível P14 a

P16 e os pontos de controle PC6 e PC7 serviram como estações de ré para as visadas aos pontos de nível A1, A2 e A3 na alvenaria (Figura 14).

Figura 14 - Pontos de controle e pontos de nível



Fonte: Próprio autor.

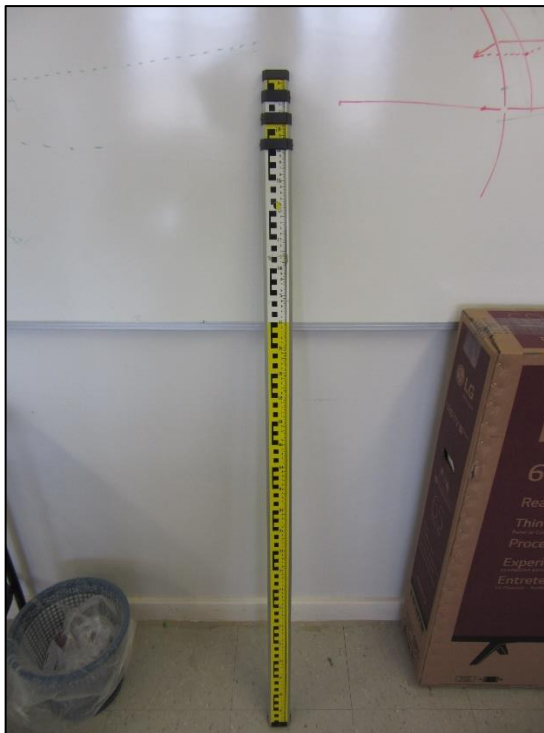
Dessa forma, cada ponto foi nivelado em relação a pelo menos duas estações de controle a fim de se dispor de resultados redundantes.

### 5.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para a execução do nivelamento geométrico foram utilizados um aparelho nível eletrônico digital da marca Kolida, modelo DL – 202 e uma régua mira codificada para as leituras digitais (Figura 15/Figura 16). Este nível é classificado como pertencente à classe de níveis de alta precisão de acordo com a NBR 13133, e tem as seguintes características técnicas:

1. Desvio padrão para 1 km de 2 mm;
2. Ampliação da luneta em 32 vezes;
3. Alcance de leitura de 1,50 a 100 m.

Figura 15 - Régua metálica codificada.



Fonte: Próprio autor.

Figura 16 - Nível eletrônico digital Kolida DL - 202.



Fonte: Próprio autor.

#### 5.4. LEVANTAMENTOS DO MONITORAMENTO VERTICAL

As medições de monitoramento foram iniciadas no mês de setembro de 2019, quando a execução da obra se encontrava no terceiro pavimento dos blocos A e B. Ao todo foram realizadas oito campanhas de nivelamento em um período de oito meses (Tabela 4). A última campanha de nivelamento geométrico foi realizada em abril de 2020, quando todos os sete pavimentos já estavam edificadas. As imagens de acompanhamento da obra podem ser observadas no Apêndice I.

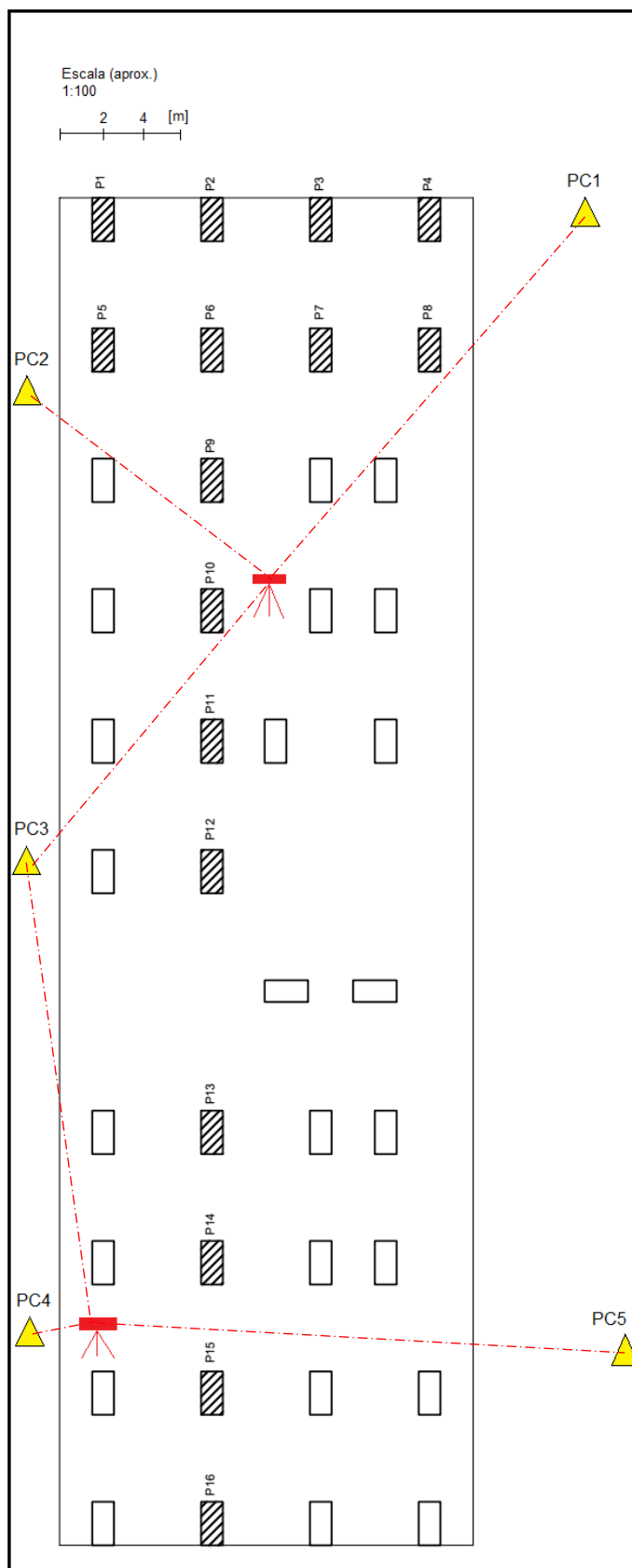
Tabela 4 - Série de levantamentos realizados (campanhas).

<b>Mês</b>	<b>Data do Nivelamento</b>
Setembro	17/09/2019
Outubro	01/10/2019
	15/10/2019
	29/10/2019
Novembro	12/11/2019
	26/11/2019
Dezembro	10/12/2019
Abril	27/04/2020

Fonte: Próprio autor.

O instrumento nível era estacionado nos mesmos locais a fim de se reproduzir o mesmo cenário de visadas de ré e vante aos pontos de controle e aos pontos de nivelamento, respectivamente (Figura 17). Da mesma forma procurou-se manter o horário de início e término de cada campanha a fim de se minimizar diferenças bruscas de temperatura entre as campanhas.

Figura 17 – Croqui de posições do instrumento nível.



Fonte: Próprio autor.

Cada observação de ré e vante era verificada por meio da repetição da medição, que era realizada 3 vezes em cada pontaria. Além da altura da régua mira, as distâncias horizontais também eram registradas.

As campanhas foram realizadas sob diferentes condições climáticas e em datas e horários distintos, embora procurou-se cumprir os mesmos horários de início e término (Tabela 5).

Tabela 5 - Série das leituras de campo (campanhas).

Série	Data	Horário (início e término)	Temperatura
1 <sup>a</sup>	17/09/2019	10h às 12h	13°C
2 <sup>a</sup>	01/10/2019	10h às 11h	32°C
3 <sup>a</sup>	15/10/2019	16h às 17h20min	18°C
4 <sup>a</sup>	29/10/2019	16h às 17h20min	25°C
5 <sup>a</sup>	12/11/2019	9h20min às 10h40min	26°C
6 <sup>a</sup>	26/11/2019	9h20min às 10h40min	27°C
7 <sup>a</sup>	10/12/2019	13h30min às 14h30min	37°C
8 <sup>a</sup>	27/04/2020	13h30min às 14h30min	27°C

Fonte: Próprio autor.

Os dados usados para o cálculo do nivelamento são as próprias leituras do fio nivelador do instrumento nível, e são mostradas nas Tabela 8, Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11 do Apêndice I. Os termos PC1 a PC7 referem-se aos pontos de controle externos, os termos P1 a P16 referem-se aos pontos de nível nos pilares e os termos A1 a A3 referem-se aos pontos de nível na alvenaria. Observa-se que os campos indicados em fundo amarelo (Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11) são referidos às leituras dos pontos de controle 1, 2 e 3 que serviram como observações de ré exclusivas para os pilares 1 e 2. Nestes dias, escoras e fôrmas estavam depositadas na linha de visada a estes pontos de controle de modo que foi necessário o reposicionamento do instrumento nível (Figura 18). Observa-se ainda que na campanha do dia 29/10/2019 (Figura 19) o ponto de controle PC5 estava inacessível em virtude de um alagamento de parte do canteiro de obras provocado pelas fortes chuvas.

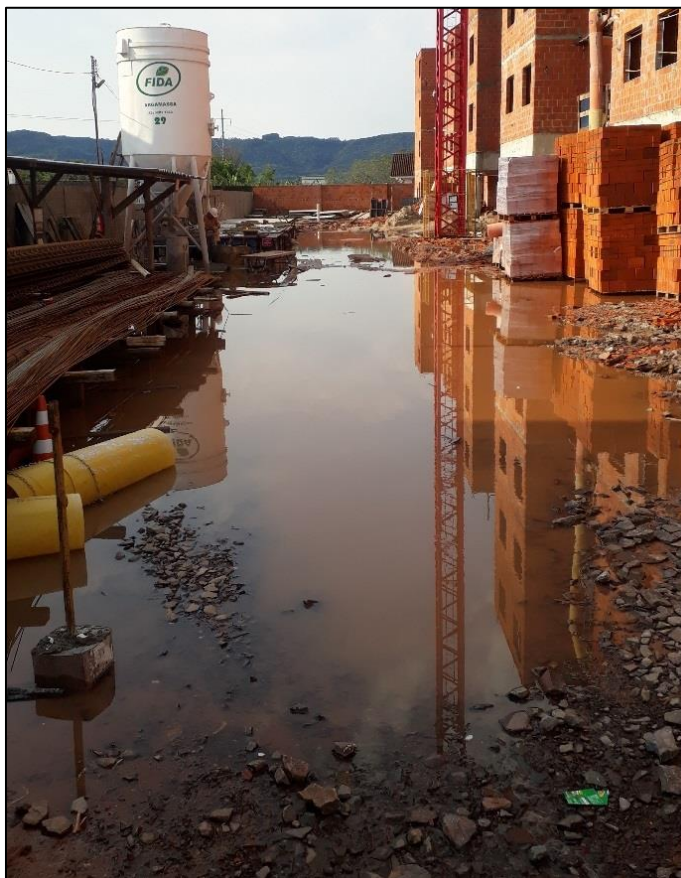


Figura 18 - Depósito de escoras metálicas no canteiro de obras.



Fonte: Próprio autor.

Figura 19 - Alagamento do canteiro de obras (data: 29/10/2019).



Fonte: Próprio autor.

## 5.5. TRATAMENTO DOS DADOS

Ao final de cada campanha, os dados gravados no instrumento nível eram descarregados para um computador via porta USB na forma de arquivo de texto. Estes dados podem ser interpretados em qualquer aplicativo de edição eletrônica. Assim, uma planilha no aplicativo Excel foi configurada para organização dos dados de campo contendo data, horário, informações meteorológicas (temperatura e velocidade do vento) e as leituras de nível de cada campanha realizada (Figura 20).

Figura 20 – Aspecto da planilha de dados de campo.

1ª MEDIÇÃO		2ª MEDIÇÃO		3ª MEDIÇÃO		4ª MEDIÇÃO		5ª MEDIÇÃO		6ª MEDIÇÃO		7ª MEDIÇÃO		8ª MEDIÇÃO	
17/09/2019		01/10/2019		15/10/2019		29/10/2019		12/11/2019		26/11/2019		10/12/2019		27/04/2020	
10:00 AS 12:00		10:00 AS 11:00		16:00 AS 17:20		16 AS 17:20h		9:20 AS 10:40h		9:20 AS 10:40h		9:20-10:20 13:30-14:30		9:20-10:20 13:30-14:30	
Clima: FRIO (13°)		Clima: QUENTE (32°) vento Nort		Clima: FRESCO (18°) vento		Clima: FRESCO (26°)		Clima: FRESCO (26°)		Clima: NUBL/GAROA (27°)		Clima: QUENTE (37°)		Clima: AMENO (27°)	
VISADAS	V (m)	VISADAS	V (m)	VISADAS	V (m)	VISADAS	V (m)	VISADAS	V (m)	VISADAS	V (m)	VISADAS	V (m)	VISADAS	V (m)
PC1	1,2595	PC1	1,2960	PC1	1,3090	PC1	1,3233	PC1	1,2423	PC1	1,2475	PC1	1,2025	PC1	1,4855
PC2	1,1890	PC2	1,2250	PC2	1,2387	PC2	1,2532	PC2	1,1723	PC2	1,1773	PC2	1,1315	PC2	1,4153
PC3	1,1783	PC3	1,2150	PC3	1,2285	PC3	1,2430	PC3	1,1617	PC3	1,1667	PC3	1,1210	PC3	1,4050
P1	1,1203	P1	1,1568	P1	1,1702	P1	1,1853	P1	1,1047	P1	1,1093	P1	1,0645	P1	1,0955
P2	0,6097	P2	0,6467	P2	0,5968	P2	0,6412	P2	0,5555	P2	0,5598	P2	0,5945	P2	0,5850
P3	0,6047	P3	0,6413	P3	0,6555	P3	0,6700	P3	0,5902	P3	0,5935	P3	0,5480	P3	0,8320
P4	1,0202	P4	1,0548	P4	1,0693	P4	1,0850	P4	1,002	P4	1,0085	P4	0,9620	P4	1,2428
P5	1,0680	P5	1,1038	P5	1,1178	P5	1,1323	P5	1,0515	P5	1,056	P5	1,0110	P5	1,2930
P6	0,6715	P6	0,7080	P6	0,7208	P6	0,7360	P6	0,6548	P6	0,66	P6	0,6155	P6	0,8985
P7	1,0613	P7	1,0980	P7	1,1120	P7	1,1267	P7	1,0458	P7	1,05	P7	1,0050	P7	1,2890
P8	1,0790	P8	1,1155	P8	1,1298	P8	1,1445	P8	1,0633	P8	1,068	P8	1,0225	P8	1,3065
P9	0,9110	P9	0,9480	P9	0,9610	P9	0,9760	P9	0,8952	P9	0,9	P9	0,8550	P9	1,1390
P10	1,0562	P10	1,0922	P10	1,1065	P10	1,1208	P10	1,0398	P10	1,0445	P10	0,9995	P10	1,2825
P11	0,9670	P11	1,0040	P11	1,0170	P11	1,0315	P11	0,9505	P11	0,9562	P11	0,9100	P11	1,1935
P12	0,9600	P12	0,9968	P12	1,0105	P12	1,0247	P12	0,944	P12	0,949	P12	0,9035	P12	1,1870
P13	1,0180	P13	1,0545	P13	1,0680	P13	1,0830	P13	1,0002	P13	1,006	P13	0,9613	P13	1,2450
PC3	1,1660	PC3	1,1833	PC3	1,1382	PC3	1,2705	PC3	1,219	PC3	1,136	PC3	1,2185	PC3	1,2475
PC4	1,1825	PC4	1,1985	PC4	1,1545	PC4	1,2862	PC4	1,2355	PC4	1,152	PC4	1,2355	PC4	1,2640
PC5	1,6980	PC5	1,7158	PC5	1,6703	PC5	-	PC5	1,7512	PC5	1,6682	PC5	1,7507	PC5	1,7170
P14	1,0890	P14	1,1065	P14	1,0810	P14	1,1945	P14	1,143	P14	1,0595	P14	1,1425	P14	1,1720
P15	1,0330	P15	1,0500	P15	1,0053	P15	1,1385	P15	1,087	P15	1,0038	P15	1,0870	P15	1,1170
P16	0,9400	P16	0,9565	P16	0,9115	P16	1,0452	P16	0,9937	P16	0,9102	P16	0,9932	P16	1,0230
PC6	1,0530	PC6	1,0175	PC6	0,9920	PC6	1,0538	PC6	1,002	PC6	1,01	PC6	0,9965	PC6	1,0325
PC7	1,1355	PC7	1,1000	PC7	1,0723	PC7	1,1330	PC7	1,081	PC7	1,0887	PC7	1,0748	PC7	1,0770
A1	1,0200	A1	0,9840	A1	0,9568	A1	1,0180	A1	0,9648	A1	0,9725	A1	0,9588	A1	0,9790
A2	1,0135	A2	0,9765	A2	0,9500	A2	1,0110	A2	0,959	A2	0,9655	A2	0,9515	A2	0,9833
A3	1,0085	A3	0,9722	A3	0,9460	A3	1,0065	A3	0,9545	A3	0,9613	A3	0,9473	A3	0,9800
				PC1	1,2460	PC1	1,2897	PC1	1,2047	PC1	1,209	PC1	1,2435	PC1	1,2325
				PC2	1,1760	PC2	1,2200	PC2	1,1345	PC2	1,1395	PC2	1,1730	PC2	1,1623
				PC3	1,1652	PC3	1,2090	PC3	1,1238	PC3	1,1283	PC3	1,1620	PC3	1,1520

Fonte: Próprio autor.

Na sequência, executava-se o cálculo do nivelamento geométrico dos pontos de nível (pilares e alvenaria) em relação aos seus respectivos pontos de controle (Figura 14, seção 5.2). Para isso, foi criado nesta planilha, ao lado dos dados de campo mostrados na figura anterior, um conjunto de blocos de dados dispostos em linhas (ponto de nivelamento) e colunas (número da campanha) cujas células foram configuradas para o cálculo do nivelamento geométrico (Equação 1). A Figura 21 ilustra o aspecto dos blocos de dados na planilha.

Figura 21 – Aspecto dos blocos para cálculo dos desníveis.

PC =>	PC1								PC2								PC3							
Pilar / Medição	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
P1	0,1392	0,1392	0,1388	0,1380	0,1376	0,1382	0,1380	0,1370	0,0687	0,0682	0,0685	0,0679	0,0676	0,0680	0,0670	0,0668	0,0580	0,0582	0,0583	0,0577	0,0570	0,0574	0,0565	0,0565
P2	0,6498	0,6493	0,6492	0,6485	0,6492	0,6492	0,6490	0,6475	0,5793	0,5783	0,5792	0,5788	0,5790	0,5797	0,5785	0,5773	0,5686	0,5683	0,5684	0,5678	0,5683	0,5685	0,5675	0,5670
P3	0,6548	0,6547	0,6535	0,6533	0,6521	0,6540	0,6545	0,6535	0,5843	0,5837	0,5832	0,5832	0,5821	0,5838	0,5835	0,5833	0,5736	0,5737	0,5730	0,5730	0,5715	0,5732	0,5730	0,5730
P4	0,2393	0,2412	0,2397	0,2383	0,2403	0,2390	0,2405	0,2427	0,1688	0,1702	0,1694	0,1682	0,1703	0,1688	0,1695	0,1725	0,1581	0,1602	0,1592	0,1580	0,1597	0,1582	0,1590	0,1622
P5	0,1915	0,1922	0,1912	0,1910	0,1908	0,1915	0,1915	0,1925	0,1210	0,1212	0,1209	0,1209	0,1208	0,1213	0,1205	0,1223	0,1103	0,1112	0,1107	0,1107	0,1102	0,1107	0,1100	0,1120
P6	0,5880	0,5880	0,5882	0,5873	0,5875	0,5875	0,5870	0,5870	0,5175	0,5170	0,5179	0,5172	0,5175	0,5173	0,5160	0,5168	0,5068	0,5070	0,5077	0,5070	0,5069	0,5067	0,5065	0,5065
P7	0,1982	0,1980	0,1970	0,1966	0,1965	0,1975	0,1975	0,1965	0,1277	0,1270	0,1267	0,1265	0,1265	0,1273	0,1265	0,1263	0,1170	0,1170	0,1165	0,1163	0,1159	0,1167	0,1160	0,1160
P8	0,1905	0,1905	0,1792	0,1788	0,1790	0,1795	0,1800	0,1790	0,1100	0,1095	0,1089	0,1097	0,1090	0,1093	0,1090	0,1086	0,0993	0,0995	0,0987	0,0985	0,0984	0,0987	0,0985	0,0985
P9	0,3485	0,3480	0,3480	0,3473	0,3471	0,3475	0,3475	0,3465	0,2780	0,2770	0,2777	0,2772	0,2771	0,2773	0,2765	0,2763	0,2673	0,2670	0,2675	0,2670	0,2668	0,2667	0,2660	0,2660
P10	0,2033	0,2038	0,2025	0,2025	0,2025	0,2030	0,2030	0,2030	0,1328	0,1328	0,1322	0,1324	0,1325	0,1328	0,1320	0,1328	0,1221	0,1228	0,1220	0,1222	0,1219	0,1222	0,1215	0,1225
P11	0,2925	0,2920	0,2920	0,2918	0,2918	0,2913	0,2925	0,2920	0,2220	0,2210	0,2217	0,2217	0,2218	0,2211	0,2215	0,2218	0,2113	0,2110	0,2115	0,2115	0,2112	0,2105	0,2110	0,2115
P12	0,2995	0,2992	0,2985	0,2986	0,2983	0,2985	0,2990	0,2985	0,2290	0,2282	0,2282	0,2285	0,2283	0,2283	0,2280	0,2283	0,2183	0,2182	0,2180	0,2183	0,2177	0,2177	0,2175	0,2180
P13	0,2415	0,2415	0,2410	0,2403	0,2421	0,2415	0,2412	0,2405	0,1710	0,1705	0,1707	0,1702	0,1721	0,1713	0,1702	0,1703	0,1603	0,1605	0,1605	0,1600	0,1615	0,1607	0,1597	0,1600
PC =>	PC3								PC4								PC5							
Pilar / Medição	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8(hora)
P14	0,0770	0,0768	0,0772	0,0760	0,0760	0,0765	0,0760	0,0755	0,0935	0,0930	0,0935	0,0917	0,0925	0,0925	0,0930	0,0920	0,6090	0,6093	0,6093	-	0,6082	0,6087	0,6082	0,6450
P15	0,1330	0,1333	0,1329	0,1320	0,1320	0,1322	0,1315	0,1305	0,1495	0,1495	0,1492	0,1477	0,1485	0,1482	0,1485	0,1470	0,6550	0,6558	0,6550	-	0,6542	0,6544	0,6537	0,6000
P16	0,2260	0,2266	0,2267	0,2253	0,2253	0,2258	0,2253	0,2245	0,2425	0,2430	0,2430	0,2410	0,2418	0,2418	0,2410	0,2410	0,7580	0,7590	0,7598	-	0,7575	0,7580	0,7575	0,6940
PC =>	PC6								PC7															
Pilar / Medição	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8								
A1	0,0330	0,0335	0,0352	0,0358	0,0372	0,0375	0,0377	0,0355	0,1155	0,1160	0,1155	0,1150	0,1162	0,1162	0,1160	0,0980								
A2	0,0395	0,0410	0,0420	0,0428	0,0430	0,0445	0,0450	0,0482	0,1220	0,1235	0,1233	0,1220	0,1220	0,1232	0,1233	0,0937								
A3	0,0445	0,0453	0,0460	0,0473	0,0475	0,0487	0,0492	0,0525	0,1270	0,1278	0,1263	0,1265	0,1265	0,1265	0,1274	0,1275	0,0970							

Fonte: Próprio autor.

Essas determinações eram feitas à medida que se dispunham dos dados de uma nova campanha, em que se inseria uma coluna identificada pelo número da campanha. Na Figura 21 observa-se que para cada um dos 16 pilares há três pontos de controle, e para cada um dos três pontos na alvenaria há dois pontos de controle, totalizando 8 blocos, cada qual relacionado a um ponto de controle.

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 6.1. INSPEÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE

Além da inspeção regular da integridade física dos pontos de controle em cada nova campanha, elaborou-se uma função para verificação do nível destas estações por meio do cálculo sistemático do desnível entre elas a fim de assegurar que não houve movimentações na estrutura física dos marcos durante o andamento da obra. A Tabela 6 apresenta os lances de nivelamento entre os pontos de controle e os desníveis calculados ao longo das 8 campanhas.

Tabela 6 – Verificação do desnível entre pontos de controle.

Ré=>Vante	Série do nivelamento (campanha)								Média	Desvio-padrão
	1	2	3	4	5	6	7	8		
PC1→PC2	0,0705	0,071	0,0703	0,0701	0,0700	0,0702	0,071	0,0702	0,0704	0,0004
PC2→PC3	0,0107	0,0100	0,0102	0,0102	0,0106	0,0106	0,0105	0,0103	0,0104	0,0002
PC1→PC3	0,0812	0,0810	0,0805	0,0803	0,0806	0,0808	0,0815	0,0805	0,0808	0,0004
PC3→PC4	-0,0165	-0,0162	-0,0163	-0,0157	-0,0165	-0,016	-0,017	-0,0165	-0,0163	0,0004
PC3→PC5	-0,532	-0,5325	-0,5321	-	-0,5322	-0,5322	-0,5322	-0,4695	-0,5322	0,0002
PC4→PC5	-0,5155	-0,5163	-0,5158	-	-0,5157	-0,5162	-0,5152	-0,453	-0,5158	0,0004
PC6→PC7	-0,0825	-0,0825	-0,0803	-0,0792	-0,079	-0,0787	-0,0783	-0,0445	-0,0801	0,0018
PC5→PC7	-	-	-	-	-	0,4032	0,4042	0,3405	0,3826	0,0365

Fonte: Próprio autor.

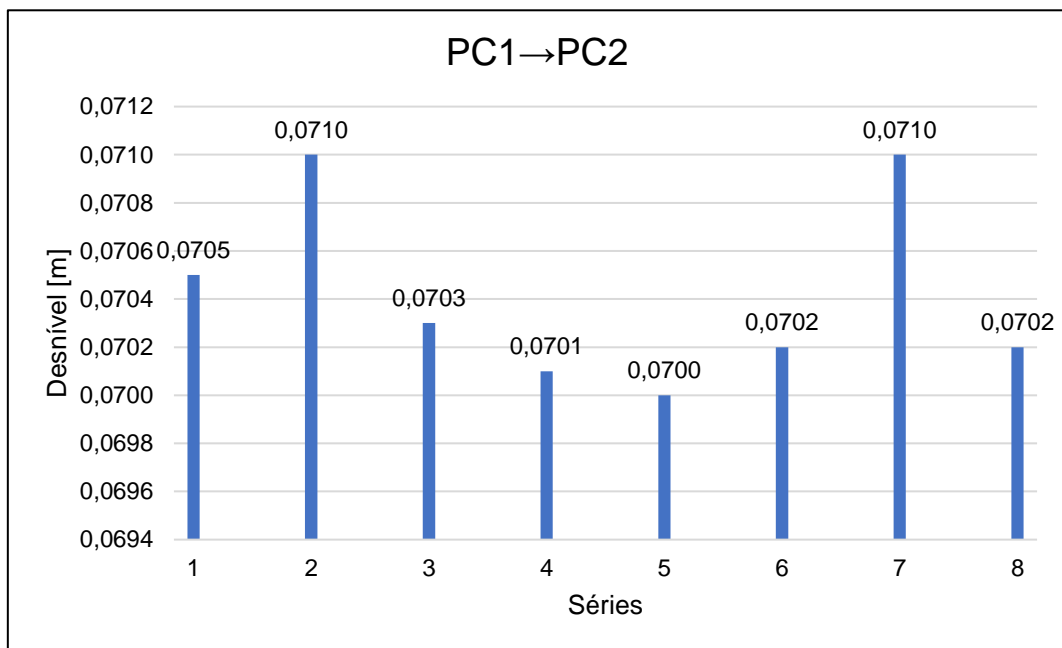
Com base nessas observações calculou-se a média aritmética e o desvio padrão dos desníveis em cada lance. O desvio-padrão é uma medida de dispersão que indica a uniformidade de um conjunto de dados:

$$DP = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Xi - Ma)^2},$$

(eq.4)

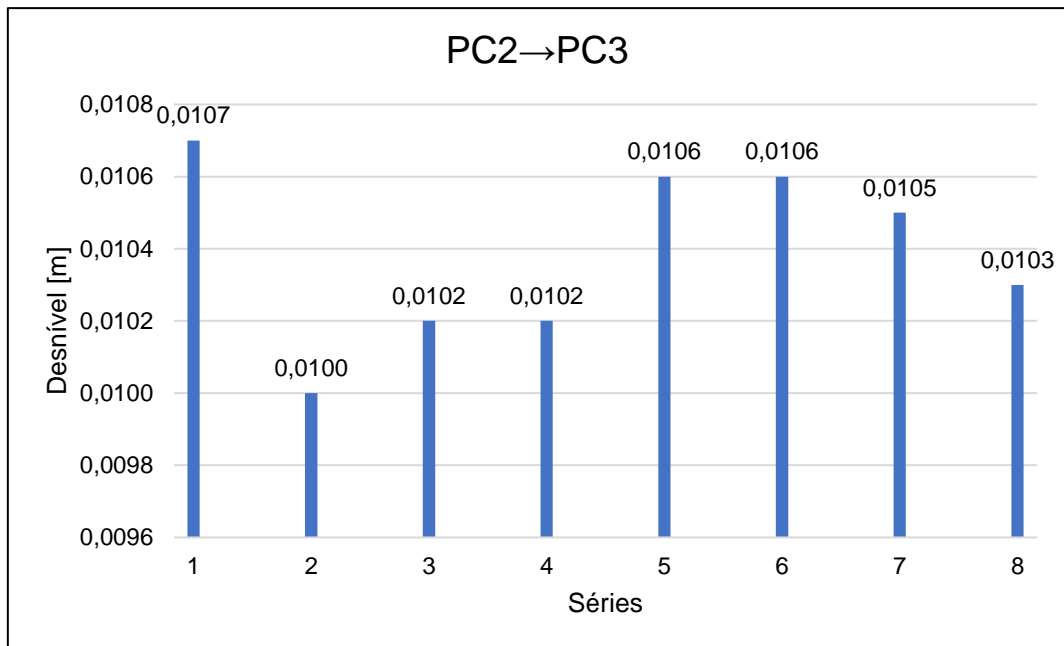
onde  $Xi$  é o valor na posição  $i$  no conjunto de dados,  $Ma$  é a média aritmética e  $n$  é a quantidade de dados. Observa-se que a dispersão dos desníveis foi de ordem submilimétrica com exceção dos lances PC6→PC7 e PC5→PC7 que apresentou desvio da média igual a 1,8 mm e 36,5 mm respectivamente. A partir dos dados da Tabela 6 foram gerados os gráficos dos desníveis entre os pontos de controle das oito campanhas. Valores positivos e negativos indicam deslocamento descendente e ascendente, respectivamente (seção 4.6).

Gráfico 1 - Desnível entre os pontos de controle PC1 e PC2.



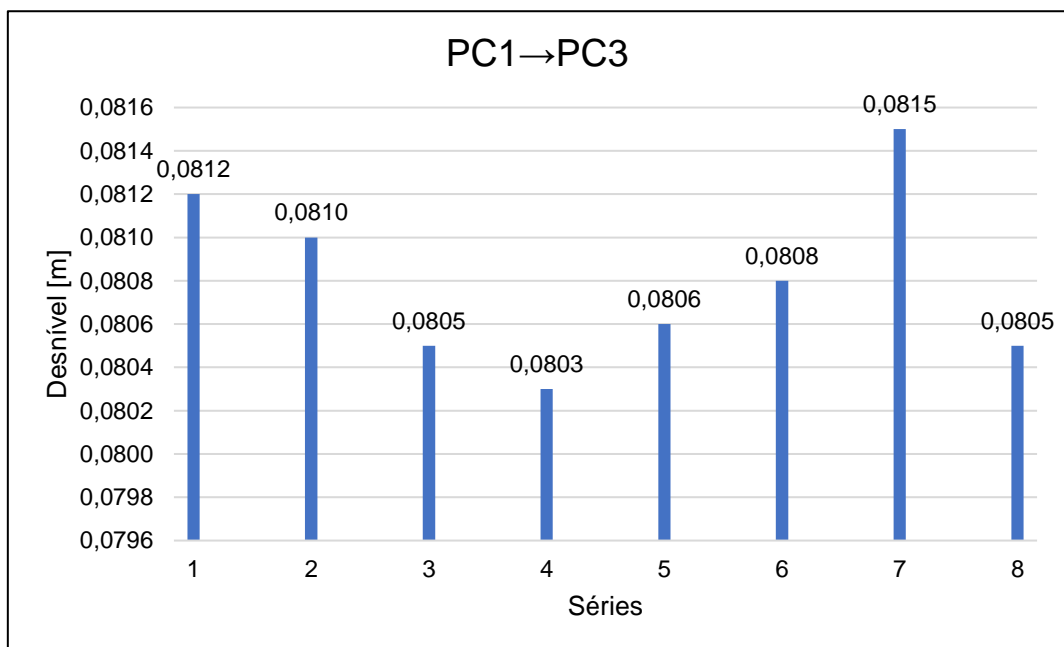
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 2 - Desnível entre os pontos de controle PC2 e PC3.



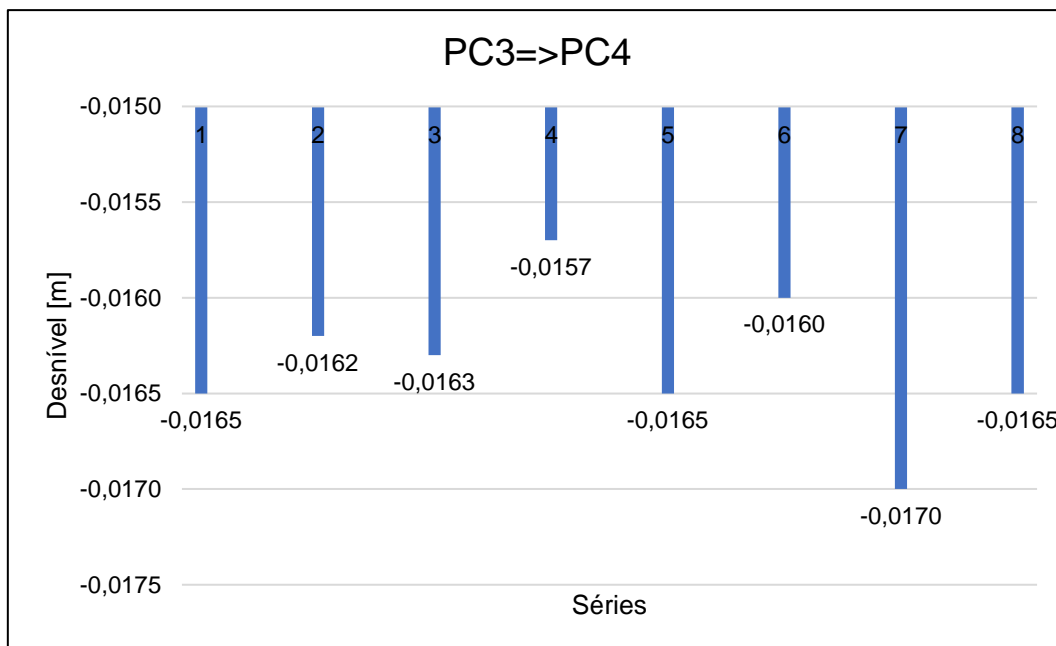
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 3 - Desnível entre os pontos de controle PC1 e PC3.



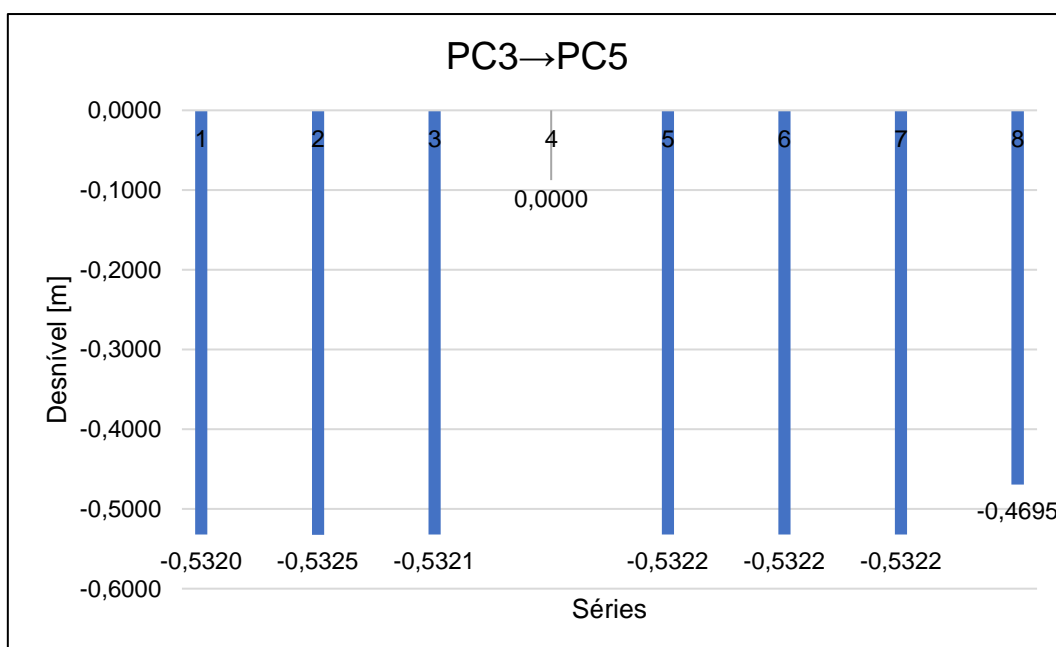
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 4 - Desnível entre os pontos de controle PC3 e PC4.



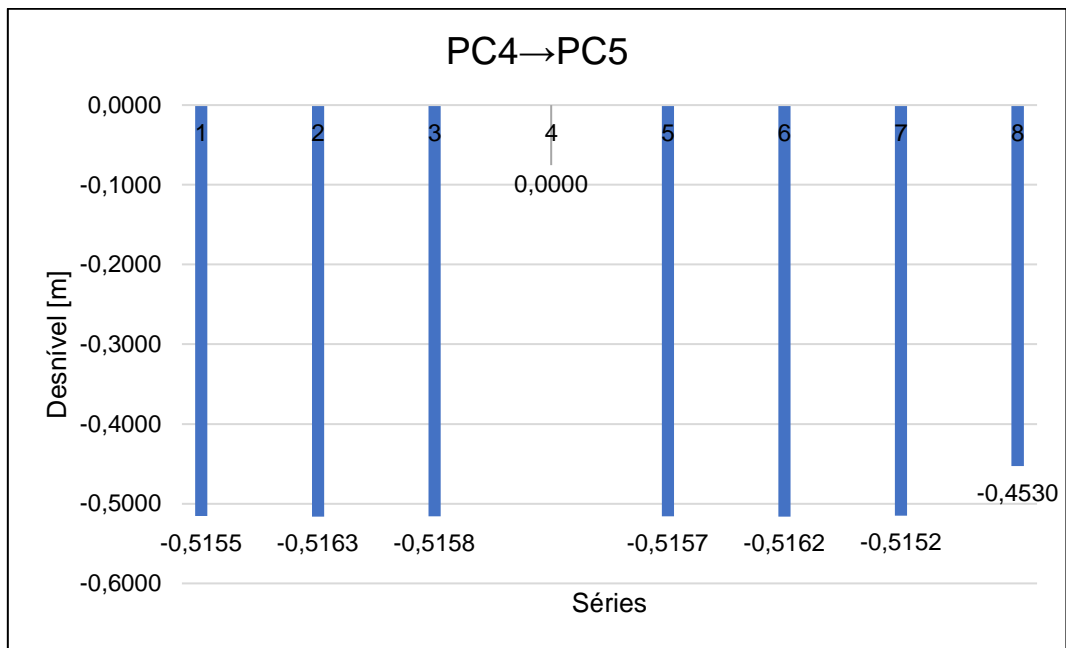
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 5 - Desnível entre os pontos de controle PC3 e PC5.



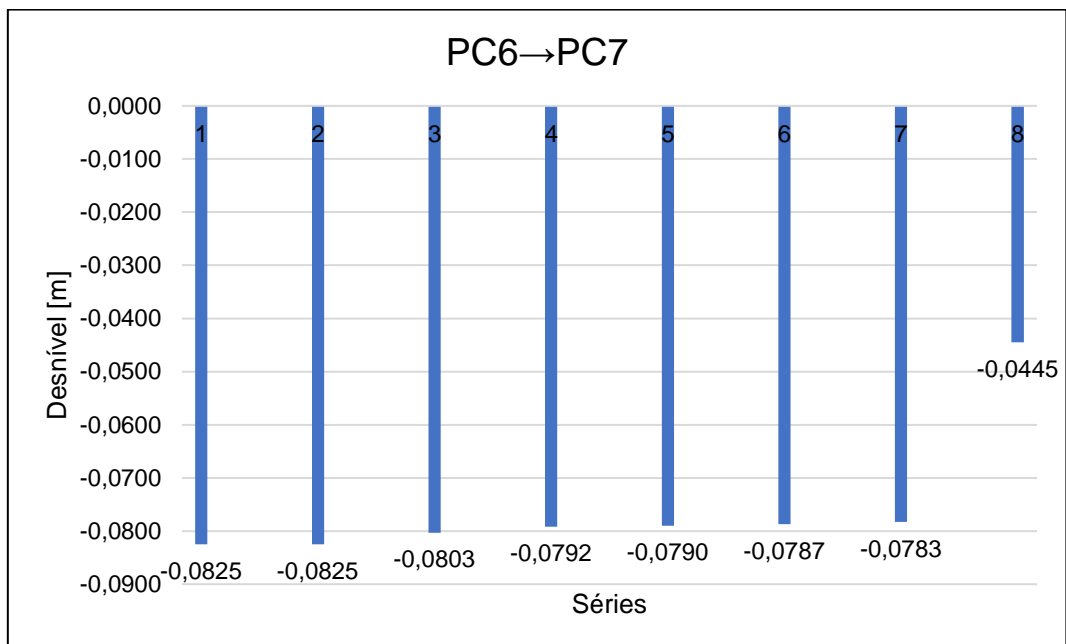
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 6 - Desnível entre os pontos de controle PC4 e PC5.



Fonte: Próprio autor.

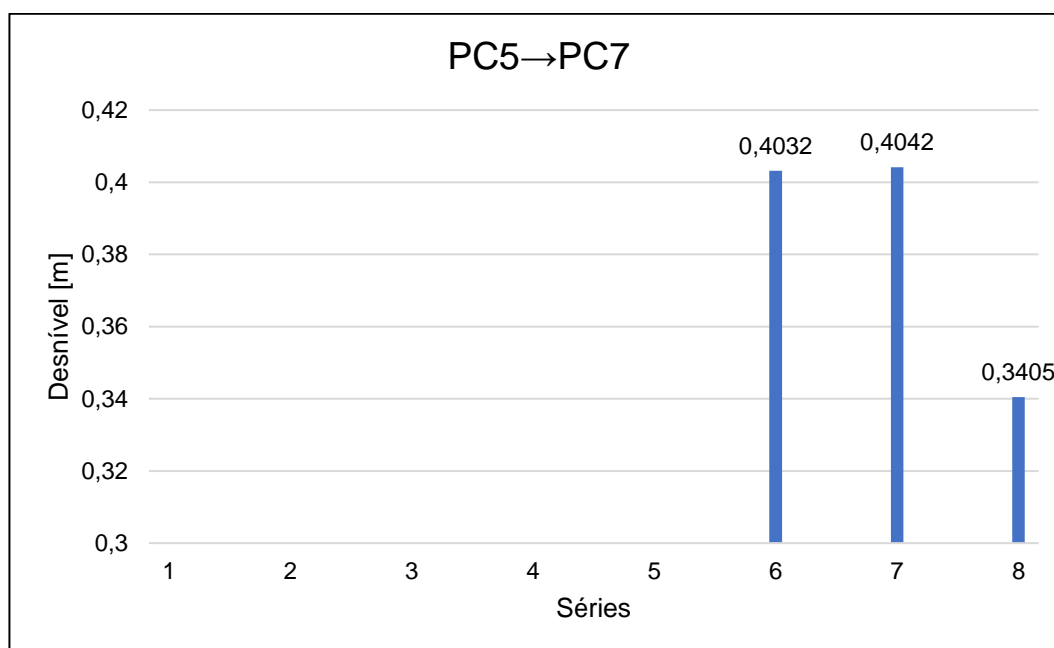
Gráfico 7 - Desnível entre os pontos de controle PC6 e PC7.



Fonte: Próprio autor.



Gráfico 8 - Desnível entre os pontos de controle PC6 e PC7.



Fonte: Próprio autor.

Constata-se que o nível dos pontos de controle se manteve constante ao longo dos levantamentos, com diferenças médias de 0,2 mm e 0,3 mm nas linhas PC3→PC5 e PC4→PC5, respectivamente. Entretanto, diferenças de até 0,6 mm ocorreram nas linhas PC1→PC2, PC1→PC3 e PC3→PC4 que podem ser explicadas pela constante movimentação de cargas móveis junto ao muro onde estes pontos estão fixados (seção 5.2). Trata-se de sobrecargas provenientes do acúmulo e armazenamento de armaduras e blocos de concreto que eram apoiados nos muros, e que podem ter causado instabilidade no solo. A Figura 22 e a Figura 23 ilustra o cenário típico da obra em que armações de laje se encontravam depositadas ao longo do muro, exatamente na região dos pontos de controle PC2 e PC3.

Figura 22 - Armaduras apoiadas no muro.



Fonte: Próprio autor.

Figura 23 – Local para depósito de blocos de concreto próximo às bases do muro.



Fonte: Próprio autor.

Caso semelhante de sobrecarga na região próxima ao ponto de controle foi constatado no ponto PC7, onde aconteciam as manobras de transporte das lajes pré-moldadas in loco. Verificou-se no lance PC6→PC7 (Gráfico 7) uma diferença média de 3,5 mm. A constante movimentação e rotatividade de materiais neste local podem ter causado adensamento do solo, contribuindo para a alteração do desnível nestes pontos de controle (seção 6.2). Este cenário é visualizado na Figura 24.

Observa-se no Gráfico 8 que foram executadas apenas três medições de controle de nível no lance PC5→PC7. Isto se deu porque no início das campanhas não se tinha certeza se o trabalho se estenderia aos pontos de nível nas alvenarias. Somente a partir da sexta campanha foram iniciados os nivelamentos para ligar todos os pontos da rede de controle. Verificou-se na última campanha deste lance uma diferença média de 31,9 mm em decorrência da demolição do muro no qual o PC5 estava implantado. Implantou-se um novo ponto PC5 próximo ao antigo local, resultando em um desnível diferente em relação ao anterior, perdendo-se assim a série histórica.

Figura 24 - Depósito de lajes pré-moldadas próximas ao muro (ponto PC7).



Fonte: Próprio autor.

## 6.2. DESLOCAMENTOS VERTICAIS

O monitoramento dos desníveis se deu pelo cálculo da diferença algébrica entre o desnível obtido nas campanhas subsequentes e o desnível inicial, calculado na primeira campanha:

$$\Delta\delta = \Delta h_i - \Delta h_1 \quad (\text{eq. 3})$$

A análise dos sinais de  $\Delta\delta$  mostra que valores positivos significam que a estrutura se movimentou no sentido descendente (recalque) enquanto valores negativos indicam que o movimento se deu no sentido ascendente (soerguimento). A Figura 25 apresenta a disposição desses resultados para os 19 pontos de nível, separados em blocos referentes aos respectivos pontos de controle utilizados como referência.

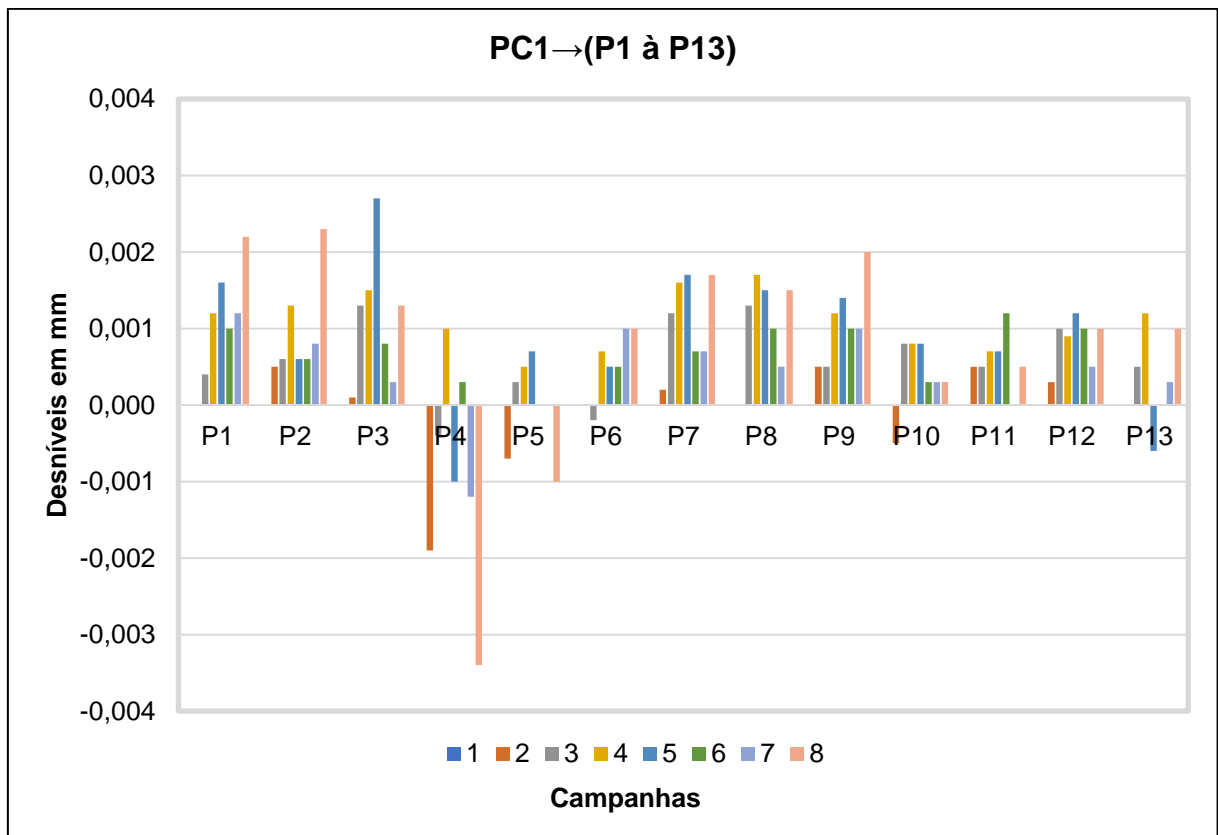
Figura 25 - Diferença algébrica  $\Delta\delta$  entre os desníveis.

Ponto de Nível	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
P1	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
P2	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002
P3	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,001	
P4	0,000	-0,002	0,000	0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,003	0,000	0,001	0,001	-0,001	0,001	0,000	0,001	0,004	0,000	-0,002	-0,001	0,000	-0,002	0,000	-0,001	-0,004
P5	0,000	-0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002
P6	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,001	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
P7	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001
P8	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	-0,001	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P9	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P10	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
P11	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
P12	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,001	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
P13	0,000	0,000	0,001	0,001	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,001	0,001	0,000
P14	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,002	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
P15	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,001	-0,001	-0,001	-0,003	0,000	-0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
P16	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A1	0,000	-0,001	-0,002	-0,003	-0,004	-0,005	-0,005	-0,021	0,000	0,001	0,000	-0,000	-0,001	0,001	0,001	-0,016	0,000	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A2	0,000	-0,002	-0,003	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,010	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	-0,028								
A3	0,000	-0,001	-0,002	-0,003	-0,003	-0,004	-0,005	-0,008	0,000	0,001	-0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000	-0,030								

Fonte: Próprio autor.

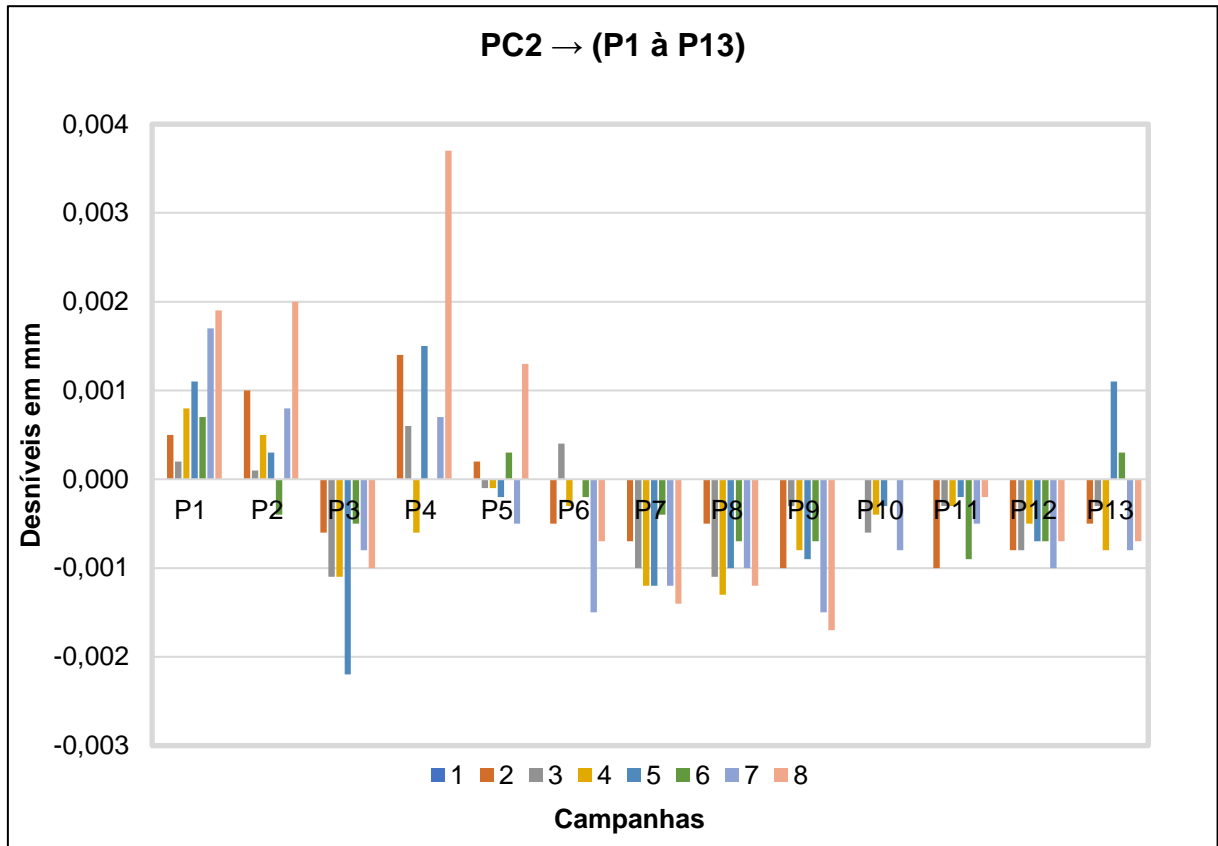
A evolução temporal dos valores de  $\Delta\delta$  (diferença entre desníveis) pode ser visualizada por meio de um gráfico de colunas. No eixo horizontal estão identificados os pontos de nível conforme as campanhas realizadas e no eixo vertical os correspondentes valores de  $\Delta\delta$ .

Gráfico 9 - Evolução de  $\Delta\delta$  – lances PC1 → P1 à P13.



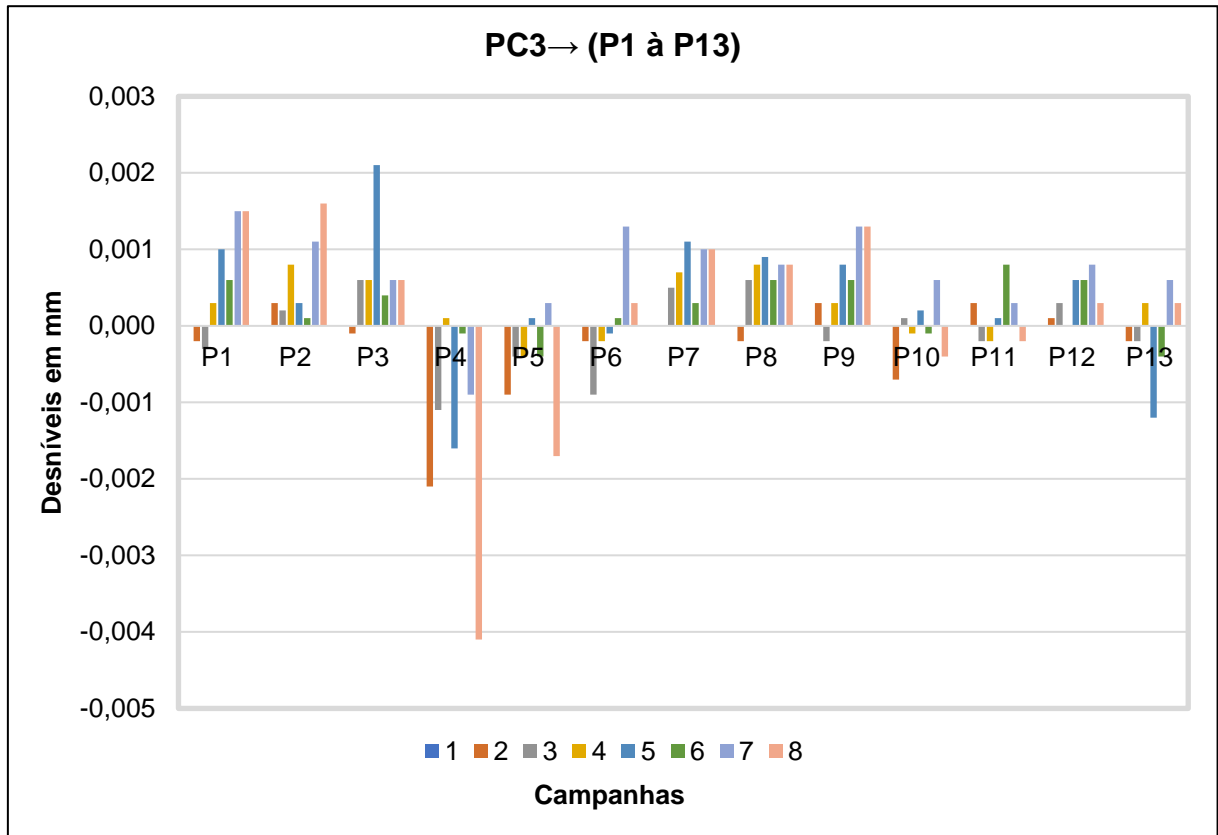
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 10 - Evolução de  $\Delta\delta$  – lances PC2 → P1 à P13.



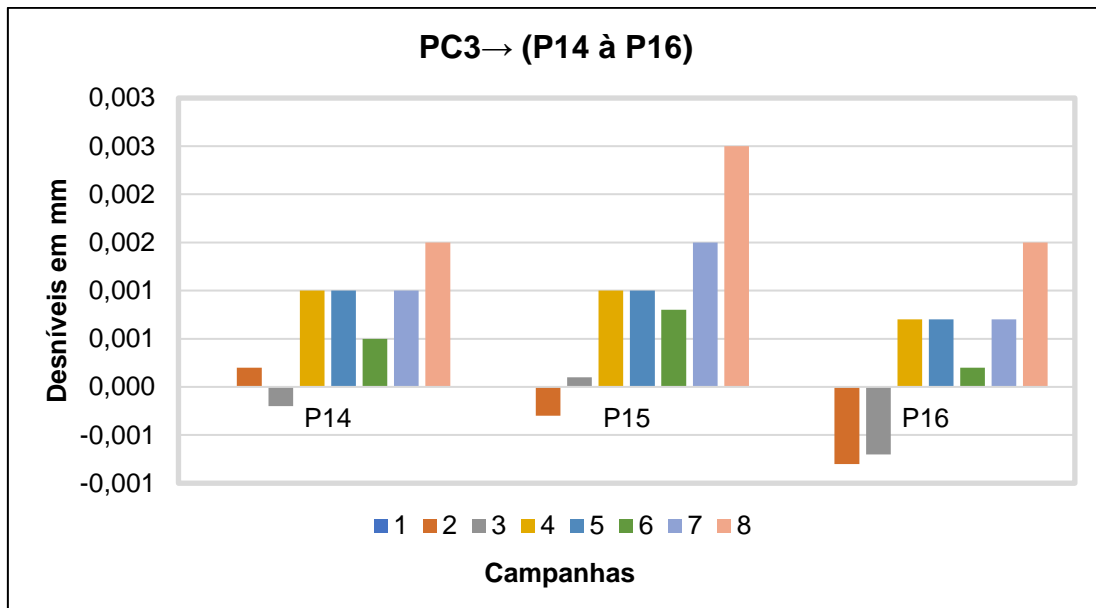
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 11 - Evolução de  $\Delta\delta$  – lances PC3 → P1 à P13.



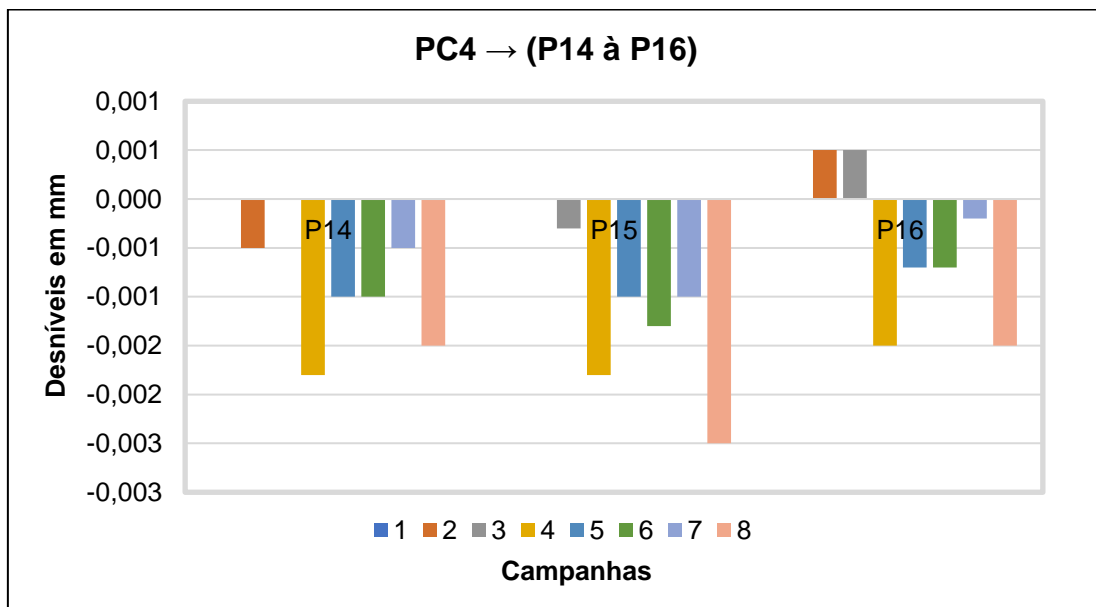
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 12 - Evolução de  $\Delta\delta$  – lances PC3 → P14 à P16.



Fonte: Próprio autor.

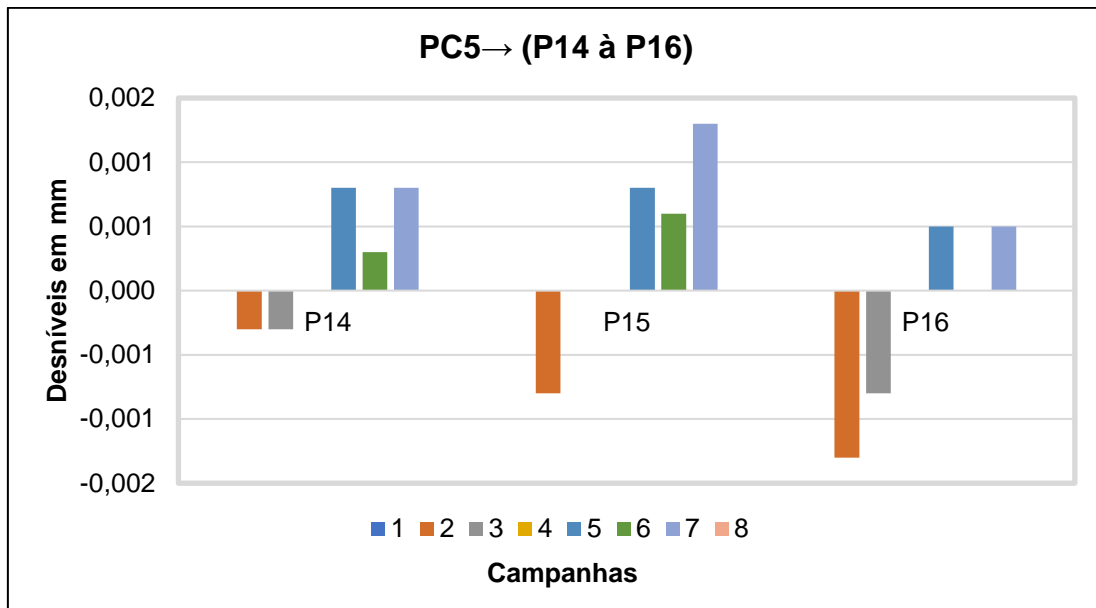
Gráfico 13 - Evolução de  $\Delta\delta$  – lances PC4 → P14 à P16.



Fonte: Próprio autor.

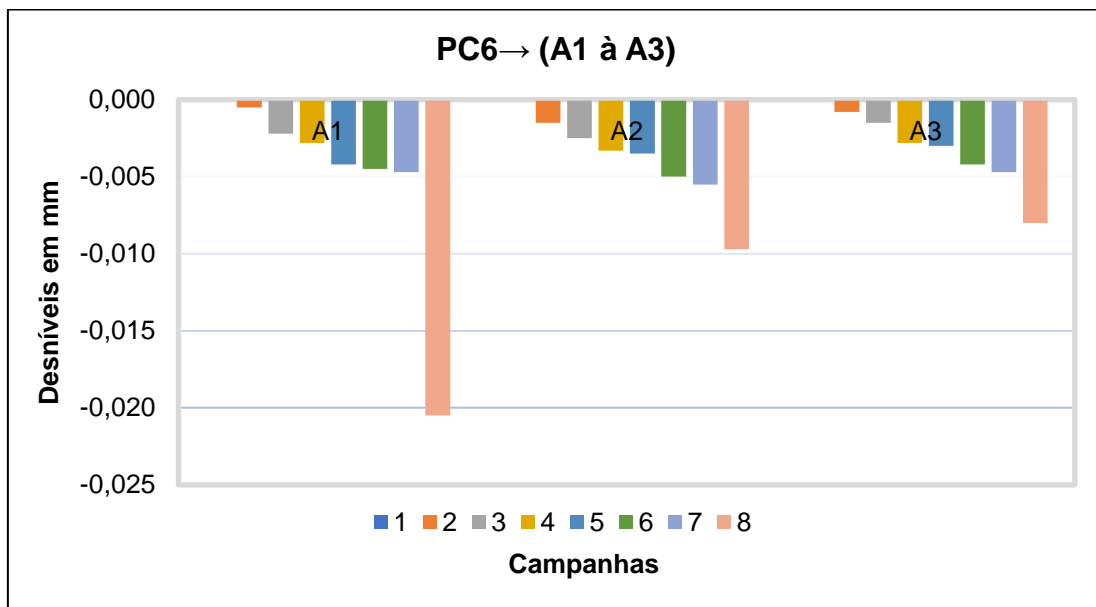


Gráfico 14 - Evolução de  $\Delta\delta$  – lances PC5 → P14 à P16.



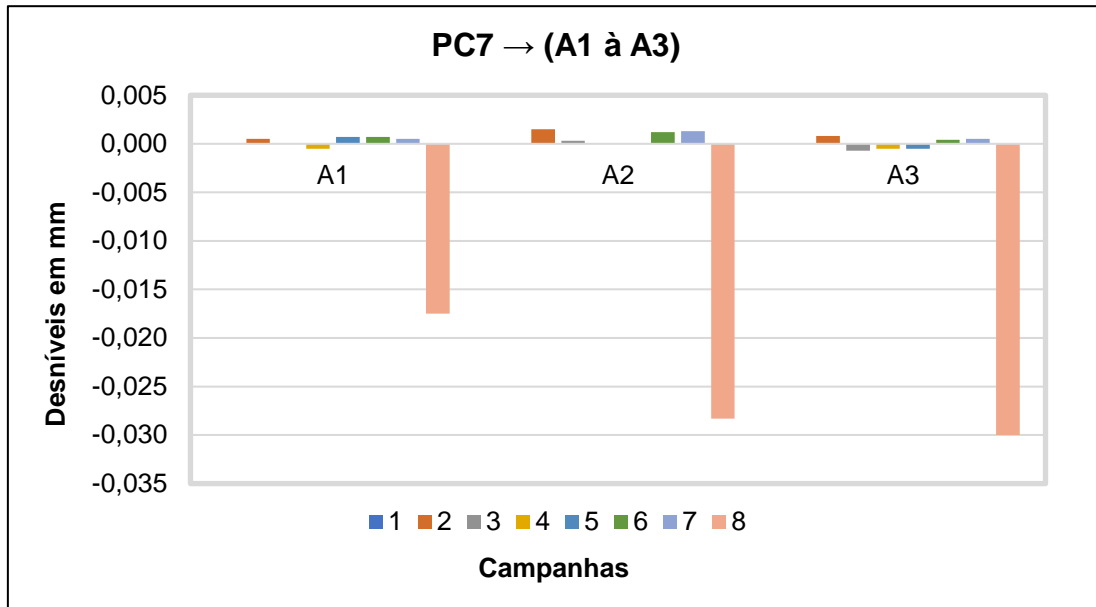
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 15 - Evolução de  $\Delta\delta$  – lances PC6 → A1 à A3.



Fonte: Próprio autor.

Gráfico 16 - Evolução de  $\Delta\delta$  – lances PC7 → A1 à A3.



Fonte: Próprio autor.

### 6.3. ANÁLISE DE CARGAS x DESLOCAMENTOS

As cargas dos pilares em tonelada-força, obtidas a partir do projeto estrutural, foram listadas na Tabela 7 com os correspondentes deslocamentos verticais máximos.

Tabela 7 – Pilares, cargas e deslocamentos máximos.

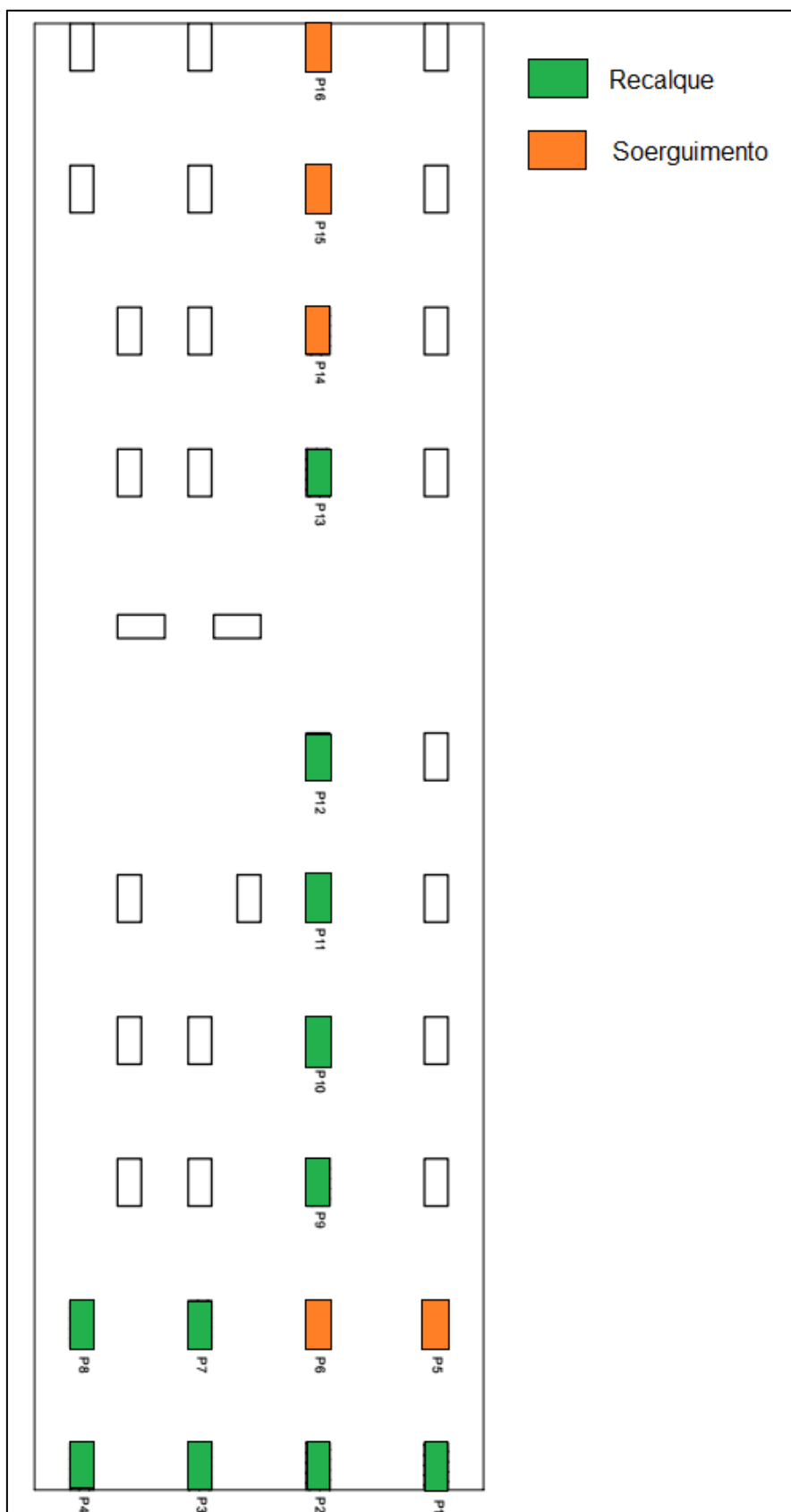
PILAR	CARGA (tf)	$\Delta\delta$ (m)
1	76	0,002
2	61	0,002
3	64	0,003
4	62,2	0,004
5	135,5	- 0,002
6	150	-0,002
7	136	0,002
8	112	0,002
9	137,5	0,002
10	135,5	0,001
11	41,5	0,001

12	100,5	0,001
13	151	0,001
14	154,5	- 0,002
15	118,5	-0,003
16	47	- 0,002

Fonte: Próprio autor.

Pela análise dos dados não foi possível encontrar uma correspondência da carga com o deslocamento. Houve casos de pilares com cargas menores apresentarem deslocamentos maiores que pilares com cargas mais elevadas, a exemplo dos pilares 4 e 10, respectivamente. Verificaram-se deslocamentos negativos em alguns pilares, significando, aparentemente, que houve soerguimento da estrutura. Estas inconsistências podem ser justificadas pela instabilidade dos pontos de controle localizados nos muros (descritos no item 6.1) referentes a esta rede de pilares. A Figura 26 ilustra as regiões onde os deslocamentos foram positivos (recalque) e negativos (soerguimento).

Figura 26 – Recalque e soerguimento da estrutura.



Fonte: Próprio autor.

## 7. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal aplicar técnicas de monitoramento e controle dos deslocamentos verticais de parte da estrutura do Edifício Vila Di Fiori, localizado na cidade de Santa Maria – RS. Foram detectadas e analisadas as evoluções dos desníveis entre os pontos de controle de nivelamento pela comparação de dados de nivelamento geométrico simples em um intervalo de oito meses, resultando em um deslocamento vertical médio da ordem de 2 a 3 mm. A possibilidade de se alcançar alta precisão nestes levantamentos, com desvios-padrões na ordem submilimétrica como foi demonstrado, sinaliza as potencialidades dos resultados esperados.

A determinação de recalques em estruturas pela metodologia proposta mostrou ser eficiente e precisa, podendo ser aplicada em diferentes tipos de construções e obras civis, visando a análise de movimentações verticais em estruturas. O ideal é que para este tipo de monitoramento seja utilizado um nível geodésico de classe de precisão muito alta (com desvio-padrão  $\leq 1$  mm/km) ao invés de classes inferiores.

Contudo, verificou-se a necessidade, neste trabalho, de estudos mais aprofundados principalmente sobre a escolha do local de implantação dos pontos de controle (referências de níveis) e aplicar ajustamento de observações para que erros resultantes da instabilidade dos pontos, também fossem evitados. A materialização das referências de nível e dos pontos de nível é um aspecto fundamental a se observar. Estas marcações devem estar fixadas junto a estrutura, de preferência com parafusos ou pinos para que se evitem erros de operação da régua mira, favorecendo a precisão das leituras realizadas.

Obstáculos físicos encontrados durante os levantamentos topográficos em canteiros de obras são reais e frequentes. Estas dificuldades podem servir como indicadores de necessidade de um planejamento mais eficiente do canteiro, conforme diretrizes estabelecidas em normas, além da necessidade de orientações técnicas que priorizem a agenda de procedimentos topográficos de controle.

Como tema para futuros trabalhos e projetos de pesquisa visando o monitoramento vertical de estruturas, novos levantamentos em obras e estruturas distintas podem ser realizados, considerando a possibilidade de se adotar métodos geodésicos precisos a exemplo do nivelamento geométrico composto com duplo nivelamento. Da mesma forma, o emprego de instrumentação que permita leituras

mais precisas, a exemplo de níveis e réguas miras empregadas nos nivelamentos de primeira ordem. A ser considerado também, sobretudo, um planejamento criterioso das campanhas a fim de se eleger a melhor estratégia de levantamento, evitando assim impasses logísticos, como por exemplo, o atraso ou a impossibilidade de medições por conta de obstáculos na obra.

Outro aspecto a ser considerado em uma obra é a dificuldade de se encontrar locais adequados para implantação de RN (referências de nível) destinadas ao monitoramento geodésico. Muitos erros grosseiros presentes nas medições poderiam ser evitados se houvesse preocupação dos gestores em disponibilizar condições para o estabelecimento de estruturas permanentes de monitoramento. São medidas técnicas, por vezes provisórias, mas que evitariam a implantação de marcos improvisados em locais de trânsito intenso e difícil acesso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, maio 1994. 3; 4 e 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, outubro 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, agosto 2014.

ALONSO, U. R. **Previsão e controle das fundações**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1991. 26 p.

ALVES, F. S. **Análise do comportamento estrutural de um conjunto de edifícios construídos com alvenaria resistente submetidos à ação de recalques**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006.

BARROS, R. A. **Avaliação do comportamento de fundações em estaca hélice através de medidas de recalques**. 2005. 9 e 30 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, 2005.

BRANCO, C. J. M. C.; TEIXEIRA, R.S; TEIXEIRA, S.H.C. Monitoramento de Recalques de Edificações – Análise dos Erros e dos Cuidados Necessários. **Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (Cobramseg)**, Salvador, 2008.

BUENO, R. F. **Monitoração, por GPS, de deslocamentos em estruturas com carga dinâmica**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

CHAVES, J. C. **Uso da tecnologia GPS na monitoração de deformação: sistemas, etapas e experimentos**. 2001. 27 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2001.

COASE, Construtora. Disponível em:  
<<http://site.coaseconstrutora.com.br/empreendimento/residencial-vila-di-fiori/>>.  
Acessado em: 16 de outubro de 2020.

CORRÊA, C. P. **Metodologia para controle de recalques em estruturas de concreto armado por meio de nivelamento geométrico de precisão**. 2012. Dissertação (Mestrado em Concentração e Construção Civil e Preservação Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

GUSMÃO, A. D. **Estudo da interação solo-estrutura e sua influência em recalques de edificações**. 1990. 2 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1990.

MIRANDA, F. D. A. **Metodologia para o monitoramento de pontes em áreas instáveis empregando-se estações totais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

NEVES, R.V. **Processamento e análise de levantamentos geodésicos aplicado ao monitoramento de estruturas civis**. 2008. 17; 27 e 28 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

PINTO, C.V. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 163 e 164 p.

SAVARIS, G. **Monitoração de recalques de um edifício e avaliação da interação solo-estrutura**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2008.

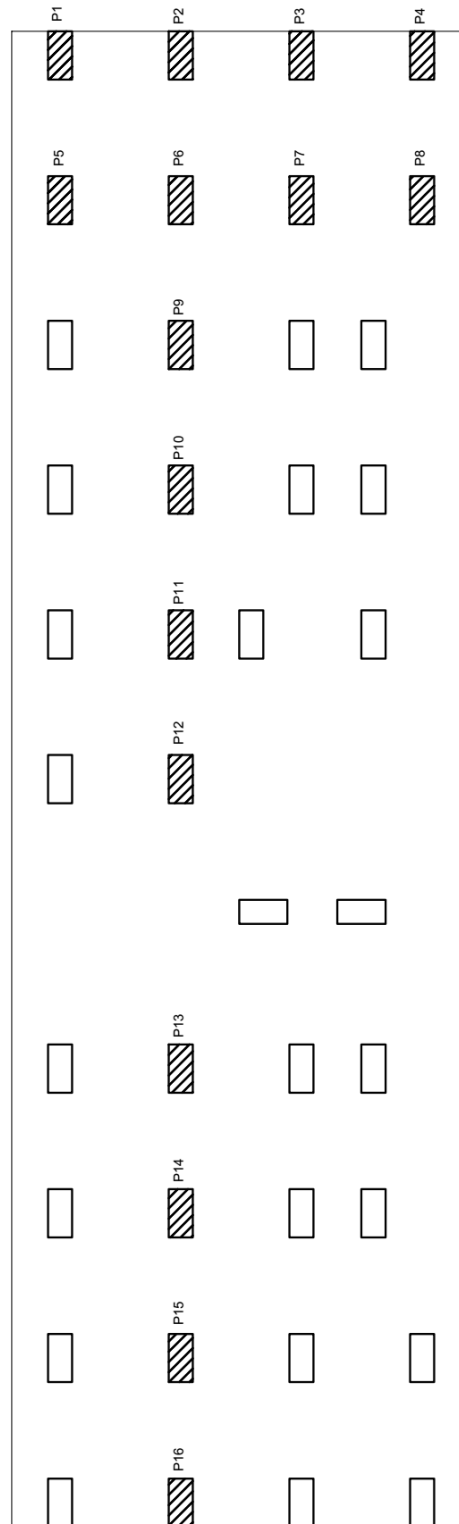
SCADELAI, M. A. **Dimensionamento de Pilares de acordo com a NBR 6118:2003**. 2004. 27 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2004.

VEIGA, L. A. K. et al. **Fundamentos de Topografia**. 2012. Apostila Didática para Engenharia Cartográfica e de Agrimensura – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.



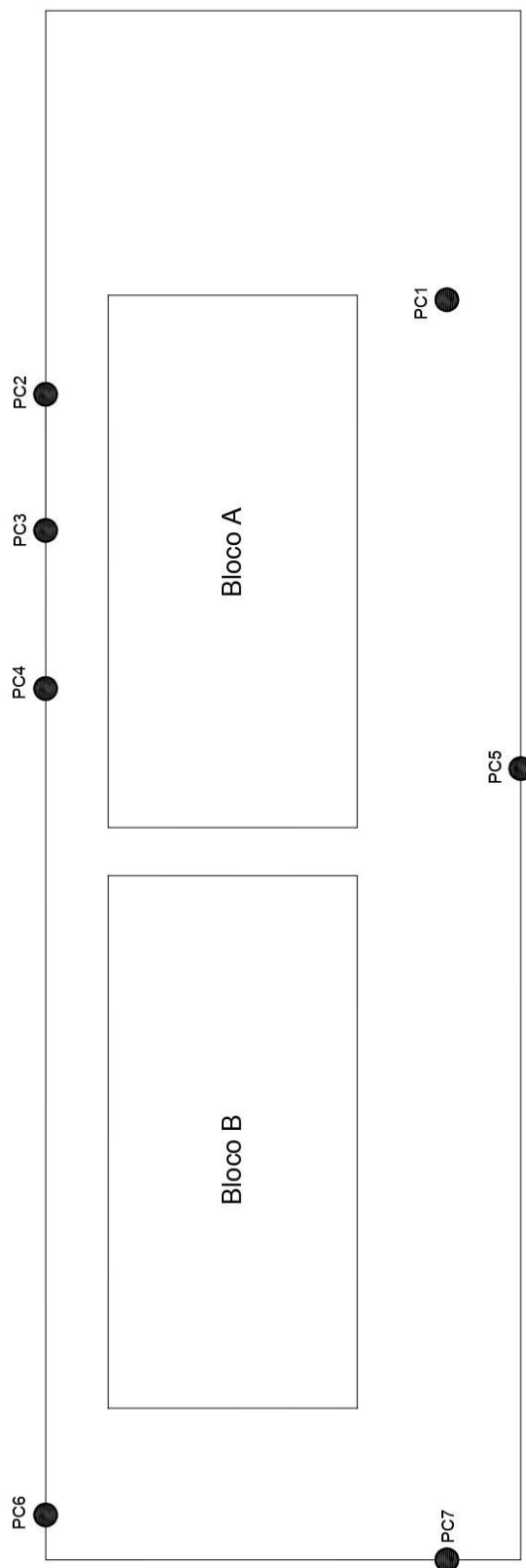
## APÊNDICE I

Figura 27 – Croqui de locação dos pilares – Bloco A.



Fonte: Próprio autor.

Figura 28 – Croqui de locação dos pontos de controle.



Fonte: Próprio autor.

Figura 29 - Localização do pontos de nível na alvenaria – Bloco B.



Fonte: Próprio autor.

Figura 30 - Acompanhamento da obra – Bloco A. Data: 17/09/2019.



Fonte: Próprio autor.

Figura 31 - Acompanhamento da obra – Bloco B. Data: 17/09/2019.



Fonte: Próprio autor.

Figura 32 - Acompanhamento da obra – Bloco A. Data: 24/04/2020.



Fonte: Próprio autor.

Figura 33 - Acompanhamento da obra – Bloco B. Data: 24/04/2020.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 8 - Dados de nivelamento (referência: 17/09/2019 e 01/10/2019).

<b>1ª série (17/09/2019)</b>		<b>2ª série (01/10/2019)</b>	
<b>VISADAS</b>	<b>LEITURA (m)</b>	<b>VISADAS</b>	<b>LEITURA (m)</b>
PC1	1,2595	PC1	1,2960
PC2	1,1890	PC2	1,2250
PC3	1,1783	PC3	1,2150
P1	1,1203	P1	1,1568
P2	0,6097	P2	0,6467
P3	0,6047	P3	0,6413
P4	1,0202	P4	1,0548
P5	1,0680	P5	1,1038
P6	0,6715	P6	0,7080
P7	1,0613	P7	1,0980
P8	1,0790	P8	1,1155
P9	0,9110	P9	0,9480
P10	1,0562	P10	1,0922
P11	0,9670	P11	1,0040
P12	0,9600	P12	0,9968
P13	1,0180	P13	1,0545
PC3	1,1660	PC3	1,1833
PC4	1,1825	PC4	1,1995
PC5	1,6980	PC5	1,7158
P14	1,0890	P14	1,1065
P15	1,0330	P15	1,0500
P16	0,9400	P16	0,9565
PC6	1,0530	PC6	1,0175
PC7	1,1355	PC7	1,1000
A1	1,0200	A1	0,9840
A2	1,0135	A2	0,9765
A3	1,0085	A3	0,9722

Fonte: Próprio autor.



Tabela 9 - Dados de nivelamento (referência 15/10/2019 e 29/10/2019).

<b>3ª série (15/10/2019)</b>		<b>4ª série (29/10/2019)</b>	
<b>VISADAS</b>	<b>LEITURA (m)</b>	<b>VISADAS</b>	<b>LEITURA (m)</b>
PC1	1,3090	PC1	1,3233
PC2	1,2387	PC2	1,2532
PC3	1,2285	PC3	1,2430
P1	1,1702	P1	1,1853
P2	0,5968	P2	0,6412
P3	0,6555	P3	0,6700
P4	1,0693	P4	1,0850
P5	1,1178	P5	1,1323
P6	0,7208	P6	0,7360
P7	1,1120	P7	1,1267
P8	1,1298	P8	1,1445
P9	0,9610	P9	0,9760
P10	1,1065	P10	1,1208
P11	1,0170	P11	1,0315
P12	1,0105	P12	1,0247
P13	1,0680	P13	1,0830
PC3	1,1382	PC3	1,2705
PC4	1,1545	PC4	1,2862
PC5	1,6703	PC5	-
P14	1,0610	P14	1,1945
P15	1,0053	P15	1,1385
P16	0,9115	P16	1,0452
PC6	0,9920	PC6	1,0538
PC7	1,0723	PC7	1,1330
A1	0,9568	A1	1,0180
A2	0,9500	A2	1,0110
A3	0,9460	A3	1,0065
PC1	1,2460	PC1	1,2897
PC2	1,1760	PC2	1,2200
PC3	1,1652	PC3	1,2090

Fonte: Próprio autor.

Tabela 10 - Dados de nivelamento (referência: 12/11/2019 e 26/11/2019).

5ª série (12/11/2019)		6ª série (26/11/2019)	
VISADAS	LEITURA (m)	VISADAS	LEITURA (m)
PC1	1,2423	PC1	1,2475
PC2	1,1723	PC2	1,1773
PC3	1,1617	PC3	1,1667
P1	1,1047	P1	1,1093
P2	0,5555	P2	0,5598
P3	0,5902	P3	0,5935
P4	1,002	P4	1,0085
P5	1,0515	P5	1,056
P6	0,6548	P6	0,66
P7	1,0458	P7	1,05
P8	1,0633	P8	1,068
P9	0,8952	P9	0,9
P10	1,0398	P10	1,0445
P11	0,9505	P11	0,9562
P12	0,944	P12	0,949
P13	1,0002	P13	1,006
PC3	1,219	PC3	1,136
PC4	1,2355	PC4	1,152
PC5	1,7512	PC5	1,6682
P14	1,143	P14	1,0595
P15	1,087	P15	1,0038
P16	0,9937	P16	0,9102
PC6	1,002	PC6	1,01
PC7	1,081	PC7	1,0887
A1	0,9648	A1	0,9725
A2	0,959	A2	0,9655
A3	0,9545	A3	0,9613
PC1	1,2047	PC1	1,209
PC2	1,1345	PC2	1,1395
PC3	1,1238	PC3	1,1283

Fonte: Próprio autor.

Tabela 11 - Dados de nivelamento (referência: 10/12/2019 e 27/04/2020).

7ª série (10/12/2019)		8ª série (27/04/2020)	
VISADAS	LEITURA (m)	VISADAS	LEITURA (m)
PC1	1,2025	PC1	1,4855
PC2	1,1315	PC2	1,4153
PC3	1,1210	PC3	1,4050
P1	1,0645	P1	1,0955
P2	0,5945	P2	0,5850
P3	0,5480	P3	0,8320
P4	0,9620	P4	1,2428
P5	1,0110	P5	1,2930
P6	0,6155	P6	0,8985
P7	1,0050	P7	1,2890
P8	1,0225	P8	1,3065
P9	0,8550	P9	1,1390
P10	0,9995	P10	1,2825
P11	0,9100	P11	1,1935
P12	0,9035	P12	1,1870
P13	0,9613	P13	1,2450
PC3	1,2185	PC3	1,2475
PC4	1,2355	PC4	1,2640
PC5	1,7507	PC5	1,7170
P14	1,1425	P14	1,1720
P15	1,0870	P15	1,1170
P16	0,9932	P16	1,0230
PC6	0,9965	PC6	1,0325
PC7	1,0748	PC7	1,0770
A1	0,9588	A1	0,9790
A2	0,9515	A2	0,9833
A3	0,9473	A3	0,9800
PC1	1,2435	PC1	1,2325
PC2	1,1730	PC2	1,1623
PC3	1,1620	PC3	1,1520

Fonte: Próprio autor.