FUNDAÇÃO CARMELITANA MÁRIO PALMÉRIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THIAGO ANTÔNIO ROSA MENDES

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS GEODÉSICAS PARA MONITORAMENTO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO CARMELITANO EM MONTE CARMELO-MG

MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018.

THIAGO ANTÔNIO ROSA MENDES

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS GEODÉSICAS PARA MONITORAMENTO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO CARMELITANO EM MONTE CARMELO-MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério – FUCAMP, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Professora Me. Jaqueline Vicente Matsuoka

MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018

Dedico este trabalho primeiramente à Deus e também
aos meus pais e meu irmão, obrigado
por estarem sempre do meu lado,
me dando forças e me incentivando em tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus por tudo, por me dar forças e condições de concluir o curso, só eu sei o quanto foi difícil, mas graças a Deus o meu sonho pode ser tornar realidade.

Quero agradecer também de todo meu coração aos meus pais Luiz Mendes e Maria do Carmo pelo apoio, pela confiança, pelas orações e por estarem sempre do meu lado quando eu mais precisei de vocês.

Obrigado também meu irmão Túlio Mendes, nós dois sabemos que não foi nada fácil para nós, mas graças a Deus conseguimos, somos Engenheiros!

Não podia de deixar de agradecer meus amigos que não só me apoiaram todos esses anos, mas também caminharam junto comigo, sem vocês com certeza teria sido mais difícil, obrigado a todos.

Agradeço também aos alunos e professores da UFU, Tomio Matsuoka e Vinicius Roffato, João Batista, Ana Ramos, Maria Luísa, Caio e Monara que me ajudaram, tanto no uso da estação total como na coleta dos dados em todas as campanhas.

E por fim agradeço aos meus professores Kevin Motta, Jaqueline Matsuoka, por compartilharem seus conhecimentos, por toda orientação, pela paciência e compromisso que tiveram comigo.

Obrigado a todos vocês por tudo!

“Procure ser uma pessoa de valor, em vez de procurar ser uma pessoa de sucesso. O sucesso é consequência”.

Albert Einstein

RESUMO

Durante e principalmente após a construção de uma edificação a mesma sofre algumas deformações e função do calor, do frio, da acomodação do solo, entre outros. O monitoramento de tais deformações é extremamente relevante para evitar grandes desastres que podem afetar o meio ambiente e gerar a perda de inúmeras vidas. O monitoramento de estruturas utilizando técnicas de topografia é muito utilizado na área da construção civil devido à sua alta precisão nas medidas realizadas, trazendo assim confiabilidade para o trabalho. Nesse contexto, o objetivo principal desse trabalho foi avaliar se a edificação em questão (Edifício Carmelitano em Monte Carmelo - MG) estava sofrendo movimentos horizontais em função de ventos e/ou falhas de construção. Utilizando o método de levantamento planimétrico por irradiação, foram realizadas três campanhas de medições, medindo prismas na fachada do prédio em diferentes condições climáticas, em dias e períodos diferentes. Para fazer o controle do equipamento e monitorar os possíveis erros causados por eventual falta de calibragem foram realizadas medidas extras nas mesmas condições, porém sem os prismas, tais medidas foram realizadas em alvos pintados no prédio. As medições foram realizadas, utilizando uma Estação Total Ruide 822, que utiliza em simultâneo, um feixe laser invisível para medição de distâncias e um feixe laser visível, para identificar o ponto de medição. Através dos experimentos realizados e dos resultados obtidos, constatou-se que o equipamento utilizado atende as normas de precisão e confiabilidade e que a edificação não está sofrendo movimentos laterais, visto que as variações entre uma campanha e outra não ultrapassaram 6 mm.

PALAVRAS-CHAVE: Topografia, Estação Total e Monitoramento Estrutural.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Deslocamentos. 16
Figura 2- Deslocamentos entre tempos distintos. 17
Figura 3-Deformações entre tempos distintos. 17
Figura 4- Mapa de localização da área de estudo. 21
Figura 5- Edifício Carmelitano. 22
Figura 6- Ponto estático da estação total. 22
Figura 7- Vista aérea dos pontos fixos. 23
Figura 8- Localização do ponto estático da estação total e prismas. 23
Figura 9- Tipos de movimentos estruturais. 24
Figura 10- Estação Total Ruide 822. 25
Figura 11- Tripé de apoio. 25
Figura 12- Mini Prismas. 26
Figura 13- Piquete e Trena Métrica. 26
Figura 14- Ponto da sacada. 31
Figura 15- Ponto da grade. 32
Figura 16- Limitações dos deslocamentos. 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Limites de deslocamentos. 28
Tabela 2- Datas das leituras de campo. 29
Tabela 3- Determinações de posições planimétricas. 29
Tabela 4- Determinações de posições planimétricas. 30
Tabela 5- Determinações de posições planimétricas. 30
Tabela 6- Desvio Padrão e Média para os pontos observados na campanha 1 31
Tabela 7-Desvio Padrão e Média para os pontos observados na campanha 2. 31
Tabela 8- Desvio Padrão e Média para os pontos observados na campanha 3. 31

SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DIN	Deutsches Institut Fur Normung
FUCAMP	Fundação Carmelitana Mário Palmério
GNSS	Sistema de Navegação Global por Satélite (Global Navigation Satellite System)
NBR	Normas Brasileiras
PS	Ponto da sacada
PG	Ponto da grade
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 Objetivo geral 13
1.1.1 Objetivos específicos **13**
2 REFERENCIAL TEÓRICO **14**
2.1 O Monitoramento Geodésico 14
2.2 Rede absoluta (referência) 16
2.3 Rede relativa (objeto) 16
2.4 Deslocamentos da geometria externa da estrutura 16
2.5 Estação Total 18
2.5.1 Características e erros da Estação Total 19
3 MATERIAL E MÉTODOS 21
3.2 Objeto de estudo 22
3.3 Levantamento 22
3.4 Equipamentos utilizados 24
3.5 Deslocamentos limites 27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29
4.1 Medições das campanhas realizadas 29
4.2 Cálculos de desvio padrão e média aritmética 31
4.3 Avaliações de deslocamentos 31
4.3.1 Deslocamentos obtidos nas campanhas 31
4.3.3 Deslocamentos calculados segundo a NBR 6118 (2004) 33
4.3.4 Comparação de deslocamentos obtidos e deslocamentos limites 33
5 CONCLUSÃO 32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 35

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento de estruturas é uma técnica de fundamental importância para identificar movimentos 3D (três dimensões) em grandes edificações. Este controle pode evitar problemas decorrentes do grande peso das estruturas sobre o solo, um exemplo é o recalque que provoca trincas, rebaixamento e rachaduras nas estruturas (deformações verticais) ou influências externas tanto naturais (ventos) quanto ações humanas (deformações horizontais). Essas instabilidades podem ocorrer em barragens, represas, pontes, edifícios, viadutos, dentre outras construções não menos importantes que as citadas. Desta forma, a prática do monitoramento das edificações é de extrema importância para garantir estabilidade à estrutura. Tal processo pode ser realizado a fim de proporcionar segurança e controle das obras, quando utilizado equipamentos como a Estação Total ou o Nível (SANTOS, 2000).

Para validar a confiabilidade dos dados com equipamentos topográficos, os mesmos devem ser instalados em locais permanentes, isto é, em marcos materializado distante da estrutura a ser monitorada, garantindo total estabilidade ao equipamento, deste modo pode-se garantir que as coordenadas coletadas por tal aparelho permanecerão em uma rede de referência consistente, simplificando a detecção de movimento dos pontos monitorados (MIRANDA, 2007).

As estruturas edificadas estão sujeitas a movimentos distintos (horizontal e ou vertical), segundo os conceitos de Aguierre e Gemael (2001) o controle da variação das distâncias horizontais e desníveis verticais são obtidas com precisão milimétrica quando se faz o emprego da Estação Total.

Segundo os conceitos de Veiga e Faggion (2007) o monitoramento de deformações das estruturas edificadas utilizando técnicas topográficas é uma alternativa viável em relação aos equipamentos tradicionais (pêndulos e ou extensômetros), pois permitem a constatação dos movimentos estruturais de um modo geral. Tal monitoramento é realizado em análises temporais determinando as coordenadas X, Y e Z, sendo assim o mesmo ponto é rastreado em datas e em condições climáticas diferentes para realizar as devidas comparações e posteriormente avaliar se os dados coletados estão sofrendo variações.

É de grande relevância o monitoramento de grandes edificações, este processo pode prever com antecedência a ocorrência de deslocamentos que poderá afetar diretamente as estruturas com um todo. Caso confirmado à variação das coordenadas deverá ser realizado operações de manutenção e acompanhamento periódico da estrutura, esse processo de prevenção de certo modo irá resguardar vidas humanas, evitar desastres ambientais e perdas

econômicas. Um exemplo atual é o rompimento da barragem de rejeito no município de Mariana/ MG que provocou várias mortes, impactos socioeconômicos e principalmente ambientais. Assim sendo, esse fato corrobora a grande importância do monitoramento estrutural.

1.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é realizar o monitoramento estrutural da edificação presente no município de Monte Carmelo–MG, o Edifício Carmelitano situado no Centro da cidade na Avenida Joao Pinheiro número 271.

1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar a potencialidade do monitoramento topográfico;
- Verificar se a metodologia permite obter resultados que descrevem com confiança a movimentação de estruturas;
- Analisar e minimizar os tipos de erros inerentes na Estação Total; (erros que possam ser ocasionados por falha do operador ou erros de calibragem do equipamento).
- Avaliar os possíveis deslocamentos dos pontos de monitoramento através da comparação entre as coordenadas coletadas em diferentes datas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Monitoramento Geodésico

É evidente que grandes estruturas como prédios, barragens, pontes e dentre outras edificações se deformam com o passar do tempo. Com isso, há a necessidade de realizar o monitoramento estrutural para prevenir qualquer desastre que possa ocorrer. O monitoramento é um processo que pode evitar que estruturas armadas sejam responsáveis por desastres em casos de acidente.

O histórico do monitoramento estrutural realizado por metodologias geodésicas ocorre assunto. Chaves (2001) destacam o GNSS e a Estação Total como sendo duas técnicas mais poderosas utilizadas no monitoramento de estruturas.

Monitorar é acompanhar o comportamento de um objeto em escalas temporais. No caso particular do monitoramento geodésico, a análise é conduzida pela comparação das coordenadas de um mesmo ponto em épocas diferentes. Deste modo, a partir de técnicas geodésicas podem-se determinar as variações das coordenadas de um objeto fornecendo parâmetros confiáveis para a tomada de decisões (MIRANDA, 2007). As variações que podem ocorrer nas estruturas são resultantes da ação de agentes externos às obras como, por exemplo, o vento, variações de temperatura, abalos sísmicos, cargas móveis, a própria carga da edificação, projetos executivos falhos e etc. Caso essas variáveis externas extrapolem o limite projetado podem provocar o colapso estrutural de qualquer obra (NEGRI, 2012).

As estruturas podem ser classificadas quanto aos movimentos estáticos ou dinâmicos. Os movimentos estáticos podem ser detectados em barragens, edifícios, etc. Já os movimentos dinâmicos são detectados em pontes, viadutos, torres de grande porte dentre outros. Mesmo que o projeto estrutural de um edifício seja projetado para suportar deformações e vibrações em um limite determinado, é de grande valia que haja o monitoramento dessas edificações para confirmar se os limites projetados correspondem com a realidade local (FAZAN, 2010).

O monitoramento geodésico aplicado às estruturas civis emprega métodos geodésicos, buscando observar movimentos relativos entre pontos com coordenadas distintas, para isto deve-se instalar um pino de centragem forçada na estrutura que se deseja monitorar e outro pino como referência localizado fora da área de influência da estrutura a ser analisada (NEVES, 2008).

Com todas as fontes de erros e os efeitos que interferem no sistema geodésico, ainda sim a Estação Total é uma técnica de grande eficiência, os benefícios devem ser levados em consideração em comparação com outros tipos de monitoramento.

A topografia, com sua tecnologia e metodologia colaboram para definir a posição espacial dos elementos estruturais, a partir de pontos de referência externos e independentes das estruturas, contribuindo assim com informações para o modelo de resposta das mesmas, (BUENO, 2007)

Apesar das vantagens em comparação a metodologia GNSS, podem-se destacar os seguintes aspectos que ainda deixam a desejar nos métodos topográficos:

há vários anos. No passado para obter as informações necessárias para este estudo utilizavam-se procedimentos como: a triangulação, trilateração e o nivelamento que apesar de serem técnicas eficazes eram métodos morosos (BUENO, 2007). Nas últimas décadas, o monitoramento estrutural vem crescendo significativamente com o auxílio de técnicas GNSS e topográficas. Fato este pode ser ratificado ao verificar as publicações relacionadas a este

> 1. As mensurações são muito localizadas e podem ser afetadas por perturbações locais, que não representam as deformações atuais;
> 2. Sendo as observáveis de caráter local, não conectadas geometricamente às demais medições em outros pontos de monitoração, a análise da tendência global das deformações de estruturas é mais difícil, a menos que os pontos observados sejam densamente espaçados, (BUENO, 2007).

Outro equipamento bastante difundido no monitoramento estrutural é o Nível Ótico que pode determinar com agilidade o recalque estrutural presente na edificação. O nível é um aparelho de grande importância quando combinado a outras técnicas, como o GNSS e a Estação Total. Apesar dos dois últimos serem equipamentos com excelência no monitoramento, o GNSS apresenta uma limitação no que diz respeito à altimetria. Por outro lado, a Estação Total é um equipamento que pode determinar com precisão as variações verticais e horizontais.

O monitoramento estrutural não se fundamenta em apenas coletar dados e posteriormente compará-los para analisar se houve um deslocamento na estrutura a partir da variação das coordenadas, é necessária a aplicação de um grande trabalho estatístico e de ajustamento nos conjuntos de dados coletados em distintas épocas. Os testes e metodologias

estatísticas e de ajustamento irá proporcionar uma confiabilidade maior na coleção das informações levantadas em campo e em alguns casos a minimização de erros, e assim determinar se ocorreu ou não o deslocamento estrutural.

2.2 Rede absoluta (referência)

A rede absoluta consiste nos pontos de referência determinada distantes do corpo deformado, estes pontos irão determinar os deslocamentos absolutos dos pontos do objeto monitorado. A maior dificuldade em analisar geometricamente uma rede absoluta (ou uma rede de referência) é a identificação dos pontos que permanecem estáveis (CHAVES, 2001).

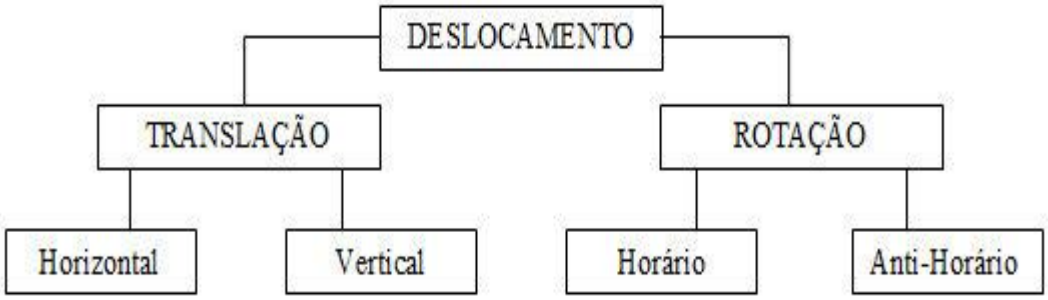
2.3 Rede relativa (objeto)

Na rede relativa os pontos estão no corpo da estrutura a ser monitorada, com a finalidade de identificar o modelo de deformação determinado pelas deformações, deslocamentos relativos do corpo rígido e pelos deslocamentos pontuais. A averiguação de uma rede relativa depara-se com a determinação do modelo de deformação nos domínios espaciais e temporais (CHAVES, 2001).

2.4 Deslocamentos da geometria externa da estrutura

Quando há deslocamento em estruturas tem-se a presença de movimentos de translação ou rotação de um corpo rígido, esse movimento pode ser identificado por meio de um referencial fixo. Geralmente os deslocamentos das edificações podem ser decompostos em translações e rotações (CHAVES, 1994). Conforme Figura 1, apresentadas as variações da geometria externa da estrutura.

Figura 1- Deslocamentos.



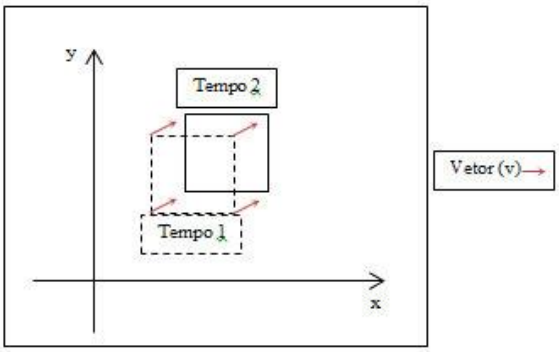
Fonte: O autor (2018).

Segundo Bueno (2007), algumas variáveis que podem ocasionar o deslocamento nas estruturas, é:

i. O próprio peso das edificações;
ii. Variações climáticas;
iii. Abalos sísmicos e dentre outros.

De acordo com a Figura 2 e Figura 3, tem-se a ideia de como o deslocamento poderá ocorrer em uma determinada edificação.

Figura 2: Deslocamentos entre tempos distintos.

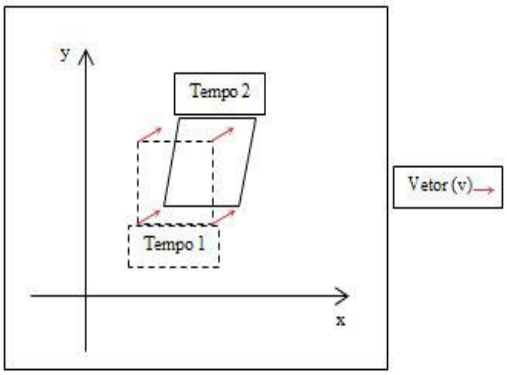


Fonte: O autor (2018)

2.4 Deformações da geometria interna da estrutura

As deformações causam a alteração do formato inicial de um corpo sólido. É qualquer variação da configuração geométrica do corpo levando a alterações de suas dimensões originais devido a ações externas.

Figura 3- Deformações entre tempos distintos.



Fonte- O autor (2018).

De acordo com Chaves (1994) as deformações podem ser classificadas de acordo com suas dimensões, ou seja, em escala local, regional e global. Citadas a seguir:

- As deformações de natureza local ocorrem em estruturas artificiais como: área de mineração de carvão e petróleo;
- Deformações da crosta terrestre com proximidade aos limites de uma placa são de natureza regional;
- E por fim, a deformação global, que está relacionada ao movimento da crosta terrestre.

2.5 Estação Total

Uma Estação Total é constituída por um teodolito com um distanciômetro e um coletor de dados acoplados, podendo desta maneira medir e gravar ângulos e distâncias ao mesmo tempo.

Para a utilização de metodologias topográficas é de necessidade compreender as vantagens e desvantagens que este tipo de técnica proporciona aos levantamentos.

- Técnicas geodésicas convencionais: suas características se fundamentam por observações diretas de distâncias, ângulos verticais, direções horizontais e diferenças de altitudes.

- Vantagens: fornecem o estado global de um corpo deformável; aquisição de dados de forma autônoma; possibilidade de monitoramento em ambientes fechados, como cavernas e minas.
- Desvantagens: esta técnica é morosa na coleta de observações, (MIRANDA, 2007).

Para o monitoramento de estrutura é necessário associar diferentes equipamentos para obter resultados relevantes, o GNSS é indiscutivelmente um equipamento que determina coordenadas planimétricas para determinados interesses com precisão satisfatória, porem a altimetria não é adquirida com precisão em relação aos níveis óticos. Sendo assim os níveis são de fundamental importância para o monitoramento de recalques em estruturas pré-moldadas. Segundo a NBR 6122, o recalque é um movimento que ocorre na vertical descendente, em um elemento estrutural. Quando o movimento ocorrer na vertical

ascendente, denomina-se levantamento. Convenciona-se representar o recalque com o sinal positivo (ABNT, 1996).

- Nível ótico: é basicamente constituída por uma luneta que poderá ser girada horizontalmente ao redor do eixo vertical, sua utilização se fundamenta em criar uma linha de visada horizontal de maneira a permitir a determinação de diferenças entre cotas e a realização de locações de pontos. Os métodos mais comuns no nivelamento compreendem em geométrico (mais preciso) e o trigonométrico.

- Vantagens: fornecem o estado global de um corpo deformável**,** adequados para qualquer meio ambiente e situação de operação, detectam distancias e nivelamento com grande precisão, a principal vantagem do método de visadas iguais é a minimização dos erros causados pela curvatura terrestre, de colimação residual e da condição atmosférica, a redução de tais erros ocorre através da instalação do equipamento entre dois pontos o mais equidistante possível e é de fácil manipulação.

- Desvantagens: seu movimento é limitado realizando apenas leituras horizontais, é muito comum erros cometidos pelo operador com a equivocada leitura das miras graduadas (nível ótico).

2.5.1 Características e erros da Estação Total

Neste item serão apresentados os erros inerentes à Estação Total. Em um levantamento topográfico pode haver três erros básicos relacionados às condições climáticas, equipamentos e do operador. Por mais confiantes que sejam os aparelhos e por mais cuidado que o operador tome ao proceder a um levantamento topográfico, as medidas obtidas jamais estarão isentas de erros, (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2007). As fontes de erros poderão ser:

- Condições ambientais: são causados por alterações nas condições ambientais, como o vento e temperatura. Um exemplo clássico é a alteração do comprimento da trena com a variação da temperatura.
- Instrumentais: causados por problemas de ajuste do equipamento. Uma grande parte dos erros oriundos dos aparelhos pode ser reduzida adotando técnicas de

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

- Pessoais: originados por falhas do operador, como falta de atenção ao executar uma medição e cansaço.

Todos os três erros citados anteriormente são mais conhecidos como: Erros grosseiros, sistemáticos e aleatórios que serão detalhados a seguir:

- Erros Grosseiros: Originados por engano na medida, leitura errada nos instrumentos e ou identificação de alvo, geralmente relacionados com a falta de atenção do observador ou falha no equipamento, é de responsabilidade do operador ter cuidados para impedir a sua ocorrência ou detectar a sua presença. A forma mais eficaz de verificar as falhas é realizar a repetição de leituras.
- Erros Sistemáticos: São erros cuja intensidade e sinais algébricos podem ser determinados, adotando leis matemáticas ou físicas. Por serem erros com causas conhecidas eles podem ser evitados a partir de técnicas de observação ou até mesmo eliminados com a aplicação de fórmulas específicas. Esses tipos de erros são acumulativos ao longo do trabalho.
- Erros Aleatórios: São aqueles que permanecem mesmo após a eliminação dos erros grosseiros e sistemáticos. 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.

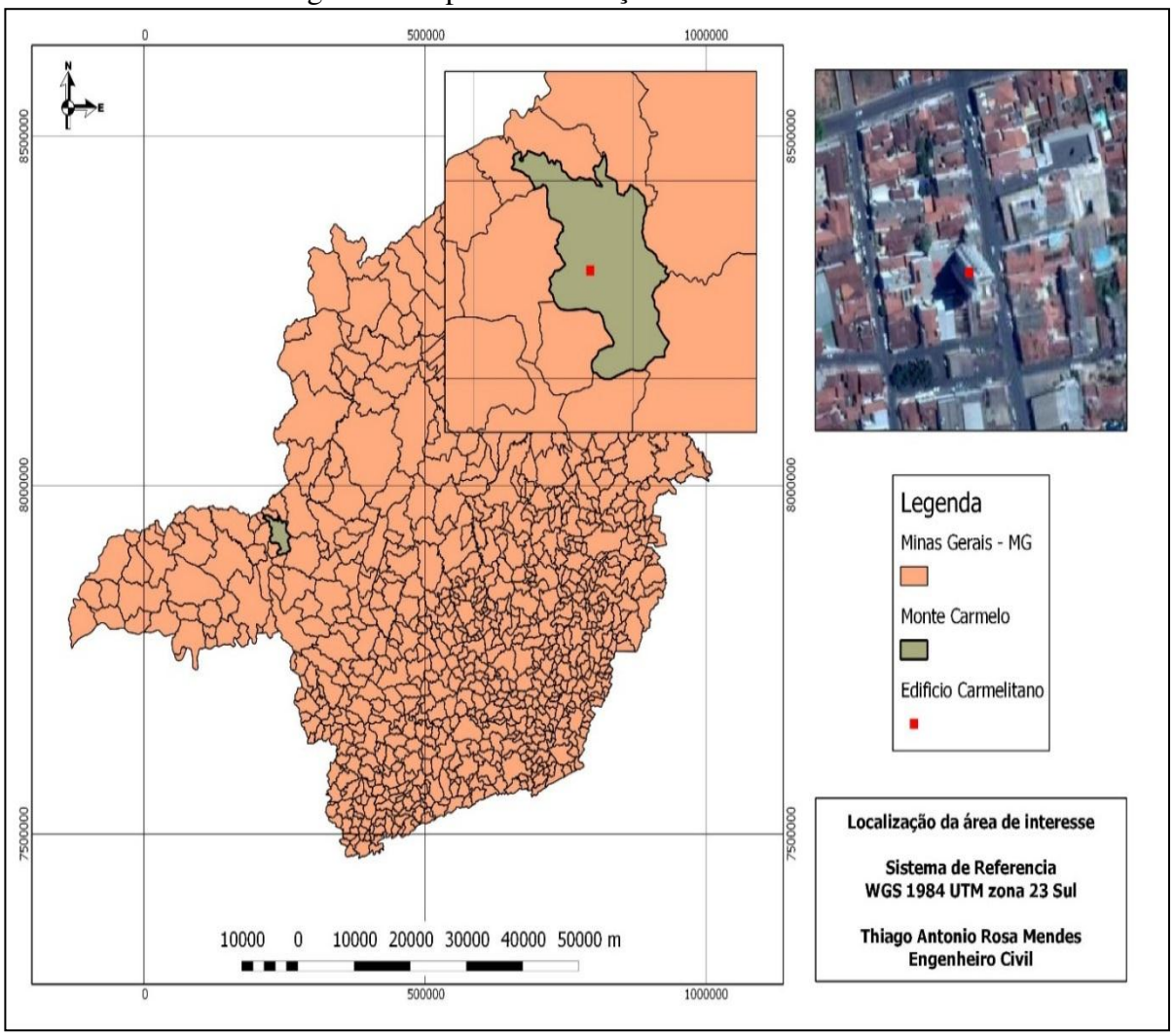
É importante lembrar que alguns erros se anulam durante a medição ou durante o processo de cálculo. Deste modo, um levantamento que visivelmente não apresenta erros, não significa estar necessariamente correto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Monte Carmelo é um município brasileiro do estado de Minas Gerais. Sua população estimada, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) em 2016, é de 48 096 habitantes. A principal atividade econômica da cidade é a produção de telhas, tijolos, artefatos cerâmicos e também é destaque na produção de curtume e de embalagens e ainda na produção de café. O trabalho consiste em realizar o monitoramento vertical e horizontal de uma estrutura edificada situada no município em questão. Segue na Figura 4, o mapa de localização com indicação do estado de Minas Gerais.

Figura 4- Mapa de localização da área de estudo.



Fonte- O autor (2018).

3.2 Objeto de estudo

O objeto de estudo é o Edifício Carmelitano, o qual se localiza no centro da cidade de Monte Carmelo-MG, mais precisamente na Avenida João Pinheiro número 271 e possui 14 pavimentos como mostra a Figura 5.

Figura 5- Edifício Carmelitano.

Fonte- O autor (2018)

3.3 Levantamento

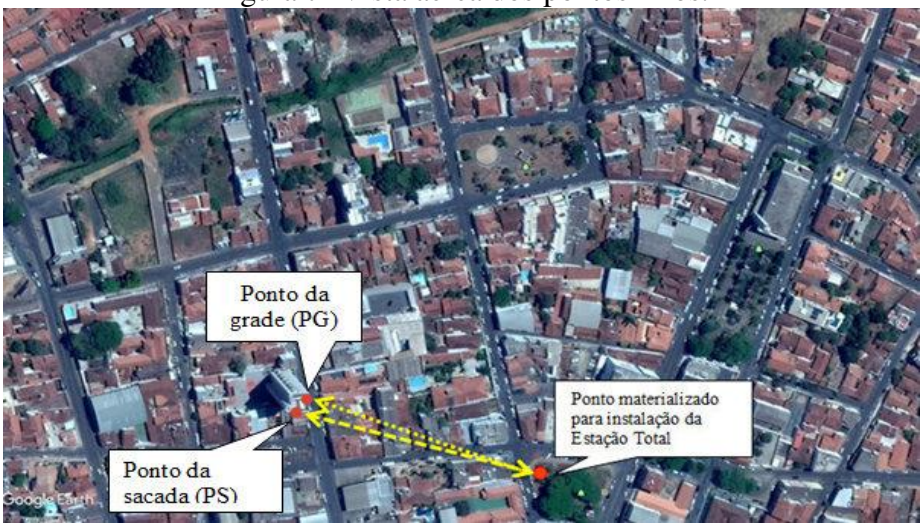
Após a escolha da edificação a ser monitorada foi necessário a demarcação de um ponto estático fora da área de estudo, tal ponto deve ser materializado com um prego ou marco.

Figura 6- Ponto estático da estação total.

Fonte- O autor (2018).

Essa materialização se faz necessária para que o responsável técnico possa sempre instalar o equipamento (Estação Total) no mesmo local minimizando assim os erros grosseiros, já que o acompanhamento da movimentação (horizontal e vertical) da estrutura deverá ser realizado preferencialmente em horários distintos (levando em consideração as variações de posicionamento devido às condições climáticas) por um período de dias a ser determinado. Esse procedimento garante dados suficientes para realizar as análises do movimento horizontal e vertical.

Figura 7- Vista aérea dos pontos fixos.



Fonte- Adaptado, Imagem Google Earth, 2018.

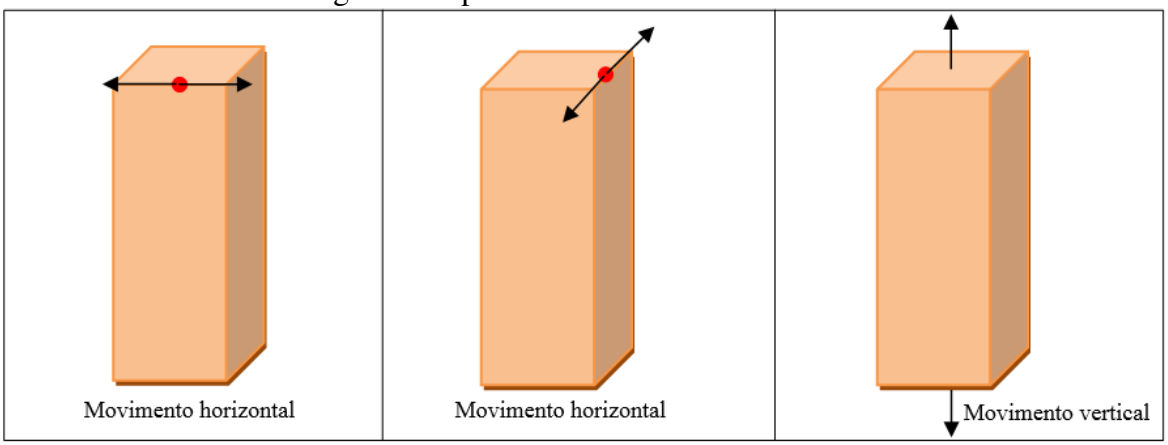
Posteriormente a escolha dos pontos de instalação da Estação Total se faz necessário anexar dois prismas refletores de sinal.

Figura 8- Localização do ponto estático da estação total e prismas.

Fonte- O autor (2018).

Tais prismas devem ser fixados na parte superior da estrutura e que possa ser visível ao ponto de instalação da Estação Total, a materialização desses dois pontos fixos nos proporciona informações para a análise de movimentação da estrutura, e ao mesmo tempo nos fornecem um estado global de deformação do objeto de estudo, Figura 9.

Figura 9- Tipos de movimentos estruturais.



Fonte- O autor (2018).

Com os pontos fixos indicados e o refletor fixado na parte superior da estrutura, a rede de trabalho já se encontra planejada. Dessa forma, o passo a seguir é a realização de leitura por um período a determinar. A princípio as leituras deverão ser coletadas em dias distintos e nas mais variadas condições climáticas correspondendo assim em uma média de cinco leituras por dia de levantamento. Lembra-se que quanto maior a redundância de informações melhor para que a média final seja mais próxima do valor correto.

3.4 Equipamentos utilizados

A Estação Total Ruide 822A utiliza em simultâneo, um feixe laser invisível para medição de distâncias e um feixe laser visível, para identificar o ponto de medição. O laser visível pode ser facilmente ativado ou desativado conforme necessário. O laser é uma ajuda efetiva para o nivelamento correto durante a instalação e identificar o ponto de medição sem prisma.

Para a realização do trabalho foram necessários o emprego de alguns equipamentos relacionados a topografia. São eles:

- ✓ Estação Total Ruide: A Estação Total Ruide RTS 822 (Figura 9), possui duplo características: precisão angular de 2” atendendo a norma DIN 18723, alcance com 1

prisma de até 2.000 metros (m), precisão linear de 2mm + 2ppm e prumo óptico,teclado e display, realizando medições angulares e lineares. Com as seguintes

Figura 10- Estação Total Ruide 822.

Fonte- O autor (2018).

- ✓ Tripé de estação: este acessório é utilizado para estacionar e nivelar o equipamento de medição.

Figura 11- Tripé de apoio.

Fonte- O autor (2018).

- ✓ Mini prismas: são refletores de sinais eletrônicos enviados pela Estação Total possibilitando a medição eletrônica da distância entre a Estação e o ponto de interesse, de maneira bastante precisa.

Figura 12- Mini Prismas.

Fonte- O autor (2018).

- ✓ Acessórios gerais: piquetes de madeira para materialização dos pontos tomados como apoio, trena para medição da altura do equipamento.

Figura 13- Piquete e Trena Métrica.

Fonte- O autor (2018).

3.5 Deslocamentos limites

Segundo a (NBR6118/2004), deslocamentos limites são valores práticos utilizados para verificação em serviço do estado limite de deformações excessivas da estrutura.

São classificados nos quatro grupos básicos a seguir relacionados:

a) aceitabilidade sensorial: caracterizado por vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável. A limitação da flecha para prevenir essas vibrações, em situações especiais de utilização.

b) efeitos específicos: os deslocamentos podem impedir a utilização adequada da construção;

c) efeitos em elementos não estruturais: deslocamentos estruturais podem ocasionar o mau funcionamento de elementos que, apesar de não fazerem parte da estrutura, estão a ela ligados;

d) efeitos em elementos estruturais: os deslocamentos podem afetar o comportamento do elemento estrutural, provocando afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas. Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-as ao modelo estrutural adotado.

A NBR6118/2004 limita os valores de deslocamento limite em elementos estruturais para movimento lateral provocado pela ação do vento de H/1700, conforme Tabela 1:

Tabela 1- Limites de deslocamentos.

Tipo de Efeito	**Razão da Limitação**	**Exemplo**	**Deslocamento a considerar**	**Deslocamento Limite**
Aceitabilidade Sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	ℓ/250
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	ℓ/350
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	ℓ/250[a]
	Pavimentos que devem permanecer plano	Ginásios e pistas de boliche	Total	ℓ/350+contraflecha[b]
	Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com a recomendação do fabricante do equipamento
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos.	Após a construção da parede	ℓ/500[e] 10 mm e θ=0,0017 rad[d]
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	ℓ/250[c] e 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação frequente (ψ=0,30)	H/1700 e H/850[e] entre pavimentos
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	ℓ/400[g] e 15 mm

Fonte- ABNT (2004)

As estruturas de concreto devem ser projetadas de modo a manter sua segurança, estabilidade e aptidão perante as solicitações que sofrerá durante o seu período de projeto. Desta forma, é fundamental que os deslocamentos que ocorrem em uma estrutura sejam limitados de forma a garantir a qualidade da obra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Medições das campanhas realizadas

Para o monitoramento estrutural do edifício as leituras das campanhas foram feitas em datas distintas, em diferentes horários e condições climáticas.

As campanhas de leituras do monitoramento da estrutura foram realizadas nas seguintes datas e horários de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2- Datas das leituras de campo.

Data	Horário	Temperatura
27/09/2018	15h30min às 18h18min	Ti=36ºC e Tf=32ºC
28/09/2018	17h25min às 18h26min	Ti=33ºC e Tf=28ºC
29/09/2018	06h28min ás 11h32min	Ti=26ºC e Tf=32ºC

Fonte- O autor (2018).

No dia 27/09/2018 foi realizada a primeira campanha com oito determinações de posições planimétricas conforme dados da Tabela 3.

Tabela 3- Determinações de posições planimétricas.

Ponto da Sacada (PS)		Ponto da Grade (PG)	
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
1197,868238	978,755015	1199,135615	961,225326
1197,872199	978,763808	1199,139197	961,230641
1197,870433	978,75672	1199,137202	961,223013
1197,872508	978,766686	1199,137348	961,228997
1197,869405	978,761197	1199,139406	961,229097
1197,872199	978,763808	1199,1395	961,22958
1197,869525	978,767006	1199,140951	961,231803
1197,871274	978,769244	1199,136764	961,22861

Fonte- O autor (2018).

No dia 28/09/2018 foi realizada a segunda campanha com quatro determinações de posições planimétricas conforme dados da Tabela 4

Tabela 4- Determinações de posições planimétricas.

Ponto da Sacada (PS)		**Ponto da Grade (PG)**	
X (m)	**Y (m)**	**X (m)**	**Y (m)**
1197,871823	978,769671	1199,142194	961,235569
1197,866148	978,768339	1199,133119	961,230822
1197,865754	978,769351	1199,134665	961,233527
1197,864605	978,768019	1199,134821	961,226483

Fonte- O autor (2018).

No dia 29/09/2018 foi realizada a terceira campanha com quinze determinações de posições planimétricas.

Tabela 5- Determinações de posições planimétricas.

Ponto da Sacada (PS)		**Ponto da Grade (PG)**	
X (m)	**Y (m)**	**X (m)**	**Y (m)**
1197,870314	978,764981	1199,139176	961,23315
1197,871805	978,764821	1199,139573	961,232572
1197,869765	978,764555	1199,139458	961,234598
1197,869731	978,768925	1199,139834	961,236529
1197,869422	978,766047	1199,137703	961,233437
1197,872765	978,769084	1199,140763	961,230837
1197,871959	978,76626	1199,140742	961,233346
1197,872696	978,763755	1199,140836	961,233829
1197,873794	978,764607	1199,142496	961,234508
1197,873245	978,764181	1199,142423	961,231516
1197,872217	978,768658	1199,13974	961,236047
1197,871445	978,761463	1199,140366	961,231415
1197,872765	978,769084	1199,140648	961,232864
1197,872902	978,765673	1199,139949	961,234503
1197,873571	978,771909	1199,141609	961,235182

Fonte- O autor (2018).

4.2 Cálculos de desvio padrão e média aritmética

Totalizando três campanhas e vinte e sete determinações de coordenadas planimétricas dos pontos sacada e grade, após analise dos dados coletados foram calculados o desvio padrão e a média.

Tabela 6- Desvio Padrão e Média para os pontos observados na campanha 1

Ponto da Sacada (PS)				**Ponto da Grade (PG)**			
DESVIO PADRÃO		**MÉDIA**		**DESVIO PADRÃO**		**MÉDIA**	
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)		X (m)	Y (m)
0,001571	0.00502	1197,871	978,7629	0,001779	0,002862	1199,138	961,2284

Fonte- O autor (2018).

Tabela 7-Desvio Padrão e Média para os pontos observados na campanha 2.

Ponto da Sacada (PS)				**Ponto da Grade (PG)**			
DESVIO PADRÃO		**MÉDIA**		**DESVIO PADRÃO**		**MÉDIA**	
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
0,003227	0,00079	1197,867	978,7688	0,004069	0,003927	1199,136	961,2316

Fonte- O autor (2018).

Tabela 8- Desvio Padrão e Média para os pontos observados na campanha 3.

Ponto da Sacada (PS)				**Ponto da Grade (PG)**			
DESVIO PADRÃO		**MÉDIA**		**DESVIO PADRÃO**		**MÉDIA**	
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
0,001453	0,00273	1197,872	978,7663	0,001246	0,001656	1199,14	961,2336

Fonte- O autor (2018).

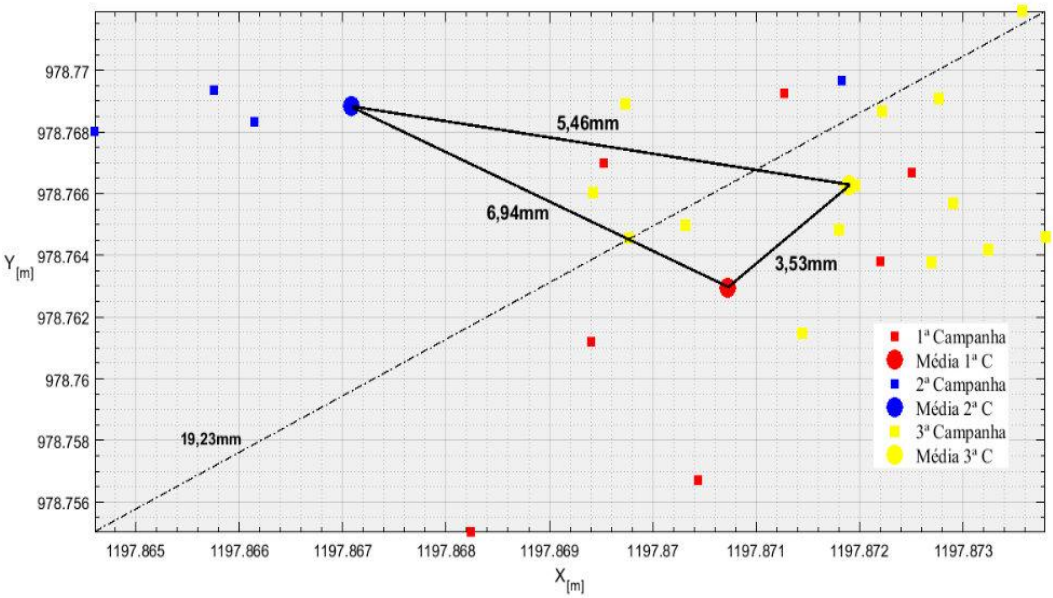
4.3 Avaliações de deslocamentos

4.3.1 Deslocamentos obtidos nas campanhas

Com base nos dados das tabelas 6,7 e 8 foram gerados os gráficos mostrados nas Figuras 14 e 15.

No gráfico da Figura 14, tem-se a representação das coordenadas planimétricas para as três campanhas realizadas para a medição do ponto localizado na sacada do prédio, assim como suas respectivas médias. As variações observadas para tais medições entre uma campanha e outra foram extremamente satisfatórias, sendo encontrado o valore mínimo de variação de 3,53 mm entre a segunda e a terceira campanha e o máximo de 6,94 mm entre primeira e a segunda campanha.

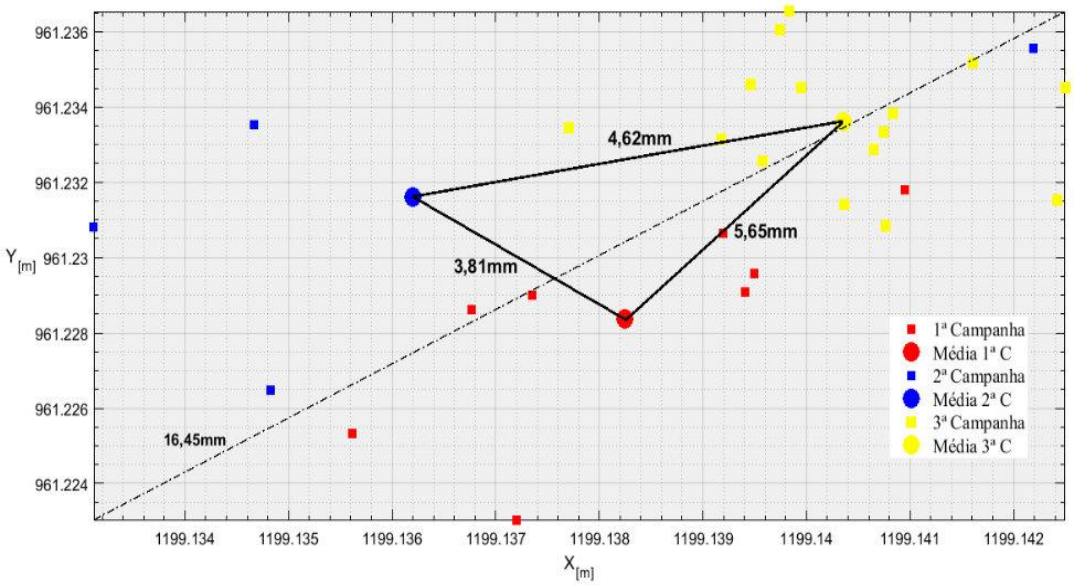
Figura 14- Ponto da sacada.



Fonte- O autor (2018).

O mesmo procedimento foi aplicado para gerar o gráfico mostrado na Figura 15, onde também se tem a representação das coordenadas planimétricas para as três campanhas realizadas para a medição do ponto agora localizado na grade do prédio, assim como suas respectivas médias. As variações observadas para as medições entre uma campanha e outra também se apresentaram extremamente satisfatórias, sendo encontrados o valore mínimo de variação de 3,81mm entre a primeira e a segunda campanha e o máximo de 5,65mm entre primeira e a terceira campanha.

Figura 15- Ponto da grade.

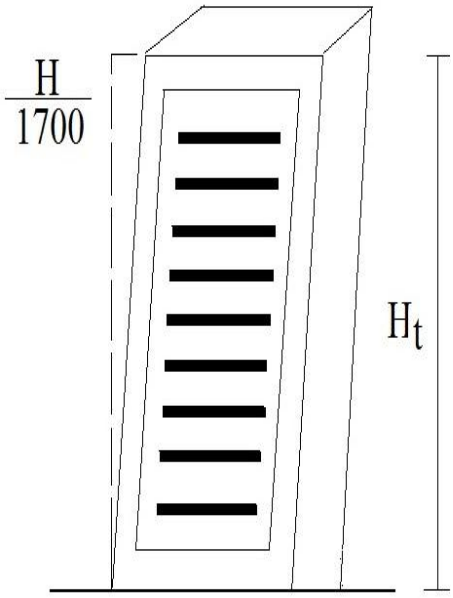


Fonte- O autor (2018).

4.3.2 Deslocamento calculado segundo a NBR 6118.

Para o cálculo dos deslocamentos a Figura 16 mostra o esquema da edificação a ser analisada e fórmula a ser utilizada nos cálculos.

Figura 16- Limitações dos deslocamentos.



Fonte- O autor (2018).

Segue abaixo dados da edificação analisada para cálculo de deslocamento, onde:

H= altura total do edifício (45 metros)

$\frac{H}{1700} = \frac{45}{1700}$= 0,0264705882352941 metros, ou seja, temos um deslocamento de 2,64 centímetros considerando movimento lateral máximo provocado pela ação do vento. (NBR 6118,2004)

4.3.3 Comparação de deslocamentos obtidos e deslocamentos limites

Calculando a média entre as campanhas obteve-se um valor de 5,31 milímetros para o ponto da sacada e 4,69 milímetros para o ponto da grade, considerando o valor encontrado de 2,64 centímetros segundo cálculos da norma NBR 6118, indica que o deslocamento encontrado está dentro dos padrões estabelecidos pela norma, não oferecendo danos nenhum à estrutura.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar uma metodologia eficaz para monitoramento estrutural, aplicando técnicas de Topografia e avaliando sua eficiência com o uso de uma estação total em que os valores das medições são obtidos de forma direta utilizando o método de levantamento planimétrico por irradiação.

Assim, como já era esperada a estabilidade desta edificação, conclui-se que o método utilizado é de grande confiabilidade, podendo ser aplicado também à outros tipos de estruturas, monitorando-as desde o início da construção, podendo de forma prática constatar qualquer tipo de movimentação (recalque) na estrutura evitando até um possível colapso estrutural.

Para trabalhos futuros, recomenda-se que sejam coletados dados em intervalos de tempo maiores, em outras estações do ano, com diferentes níveis de pressão atmosférica, para que seja possível realizar essas análises em condições climáticas variadas.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, P.A.; GEMAEL, C.; Análise de Deslocamento em uma Mina a Céu Aberto. **Revista Brasileira de Cartografia**. Nº. 53, p. 92-96, dezembro 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** (Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**.)** Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 13133:** Execução de Levantamentos Topográficos. Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: <http://www.abnt.org.br>. Acesso em: 22 de set, 2015.

_____. **NBR 6122:** Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.fp.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/NBR6122.pdf>. Acesso em: 24 fev, 2016.

BUENO, R. F.; **Monitoração, por GPS, de deslocamentos em estruturas com carga dinâmica.** Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. p. 212. 2007.

CALDAS, F. L. Análise de deformação da rede geodésica GNSS/SP com base na teoria da elasticidade. 94p. Presidente Prudente: **[s.n]**, 2014.

CHAVES, J. C. **Uso da tecnologia GPS na monitoração de deformação: sistemas, etapas e experimentos.** São Carlos. 155p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001.

NADAL, C. A. **Nivelamento geométrico**. Setor de ciências da terra - Departamento de Geomática - Universidade Federal Do Paraná.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de topografia. 2007.