



**FACULDADE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS – FAPAC
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

JACKELINE MARIA MACEDO

**ANÁLISE TERMOESTRUTURAL DA CATEDRAL NOSSA SENHORA DAS
MERCÊS**

**PORTO NACIONAL-TO
2019**

JACKELINE MARIA MACEDO

**ANÁLISE TERMOESTRUTURAL DA CATEDRAL NOSSA SENHORA DAS
MERCÊS**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil da FAPAC/ITPAC PORTO NACIONAL como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos.

JACKELINE MARIA MACEDO

**ANÁLISE TERMOESTRUTURAL DA CATEDRAL NOSSA SENHORA DAS
MERCÊS**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em ____/____/____ () APROVADO () REPROVADO
Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador (a): Professor Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos

Professora: Ana Paula Lustosa Ribeiro

Engenheiro Civil: Rirô Bandeira Mendes

PORTO NACIONAL-TO

2019

RESUMO

O adobe é uma técnica construtiva que foi bastante utilizada no século XVI. É constituído de solo, água, fibras e adições, possuindo baixa resistência a água e aos efeitos térmicos, essa técnica construtiva é mais indicada para regiões secas. Com o desenvolvimento tecnológico na construção civil o uso habitual do adobe foi reduzido, cedendo espaço aos materiais industrializados. No entanto, em algumas cidades pode-se encontrar estruturas históricas com a utilização do adobe, como a Catedral Nossa Senhora das Mercês em Porto Nacional no Estado do Tocantins. A Catedral foi construída no ano de 1894 e possui um sistema misto de adobe e pedra. O presente trabalho irá estudar o comportamento termoestrutural do adobe, por intermédio de medidores de temperatura e através de softwares utilizando o método de elementos finitos para verificar os impactos e manifestações patológicas que o efeito da temperatura pode causar a estrutura.

Palavras – chave: Patrimônio Histórico. Adobe. Termoestrutural. MEF.

ABSTRACT

The adobe is a building technique that was widely used in the 16th century, consists of soil, water, fibers and additions, having low resistance to water and thermal effects, this building technique is more suitable for dry regions. With the technological development in civil construction the usual use of adobe was reduced giving space to industrialized materials. However, in some cities you can find historical structures with the use of adobe, such as the Our Lady of Mercy Cathedral in Porto Nacional in the state of Tocantins. The Cathedral was built in 1894 and has a mixed adobe and stone system. The present work will study the thermostructural behavior of adobe, through temperature gauges and software using the finite element method to verify the impacts and pathological manifestations that the effect of temperature can cause the structure.

Key words: Historical Heritage. Adobe. Thermostructural. MEF.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Catedral Nossa Senhora das Mercês	12
Figura 2- Ilustração do processo de fabricação.....	14
Figura 3 - Representação da fundação de pedra em estruturas de adobe	15
Figura 4 - Vista direita da Catedral Nossa Senhora das Mercês.....	15
Figura 5- Igreja Nossa Senhora do Rosário no Tocantins.....	16
Figura 6 - Pedra na estrutura da Catedral.....	16
Figura 7 – Termo-higrômetro modelo HT4010	19
Figura 8 - Termômetro Infravermelho.....	19
Figura 9 - Tipos de Elementos Finitos.....	21
Figura 10 - Desgastes do revestimento e adobe.....	22
Figura 11 - Deslocamento	22
Figura 12 – Fissuras em estruturas de adobe	22
Figura 13 - Fissuras nos vãos de portas	22
Figura 14- Esmagamento	23
Figura 15 - Degradação provocada pelas ações climáticas	24
Figura 16 - Eflorescências.....	24
Figura 17 - Degradação provocada por líquenes	24
Figura 18 - Localização da Igreja Catedral Nossa Senhora das Mercês em Porto Nacional – TO	25
Figura 19 – Pavimento térreo da Catedral	26
Figura 20 – Pavimento superior da Catedral.....	26
Figura 21 – Exemplo do MEF na estrutura.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronograma da pesquisa29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
MEF	Método de Elementos Finitos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 CATEDRAL NOSSA SENHORA DAS MERCÊS	12
3.2 COMPORTAMENTO ESTRUTURAL	13
3.2.1 Adobe	13
3.2.2 Pedra	16
3.3 EFEITO TÉRMICO	17
3.4 EQUIPAMENTOS	18
3.5 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS.....	20
4 METODOLOGIA	25
4.1 PLANTA DA IGREJA NOSSA SENHORA DAS MÊRCES.....	25
4.2 EQUIPAMENTOS	26
4.2.1 Termo-Higrômetro Datalogger	26
4.2.2 Termômetro Infravermelho	26
4.3 PROCEDIMENTOS.....	27
5 CRONOGRAMA	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A igreja Catedral Nossa Senhora das Mercês é uma igreja histórica, situada em Porto Nacional no Estado do Tocantins, composta de pedra e principalmente de adobe. Atualmente no âmbito da construção civil existem grandes impactos no meio ambiente principalmente no processo de fabricação, impulsionando os meios alternativos de construção como o adobe, que dispõe como características ser um material renovável e econômico. O adobe é uma técnica construtiva que foi bastante utilizada durante séculos, possuindo em sua composição terra em estado plástico, água, palhas ou outras fibras naturais. As estruturas compostas por adobe sobreviveram durante anos, o solo foi um dos primeiros materiais moldados pelo homem, pois é uma matéria prima abundante e de fácil acesso, assim como a pedra.

A pedra é um bem disponível na natureza, sendo um material que possui as características de durabilidade e resistência, a mesma está empregada na construção civil desde a pré-história. Atualmente ainda se encontra estruturas formadas de pedras, principalmente em cidades históricas integrando edificações como as igrejas, castelos, monumentos, esculturas, pontes, entre outros. É comum verificar em estruturas de adobe a utilização de pedras, aplicadas como suporte, em grande parte, como base para a estrutura, o que auxilia na durabilidade e na constância do material.

Outrora, faz-se necessário a compreensão da duração e o comportamento desses materiais em relação a variação da temperatura. No Brasil, as principais regiões que se encontram estruturas compostas por adobe são as regiões com climas quentes e secos como o norte e o nordeste. Os principais materiais utilizados para a fabricação do adobe são o solo e a água, o mesmo possui um comportamento térmico diferente por regiões e assim é indicado para regiões de clima seco e que possuem um baixo índice pluviométrico. As alvenarias de pedras também variam o seu comportamento, tendo como fatores, o clima e suas características físicas e químicas.

Existem métodos que analisam as deformações e a condução de calor para verificar o comportamento e as patologias na estrutura. O Método de Elementos Finitos é um dos métodos que utilizam equações mediante a programas automáticos que empregam em sistemas físico e rígido (SORIANO, 2009).

Para tanto, é primordial o estudo do comportamento desses materiais para diagnosticar as causas do aparecimento de patologias e auxiliar na conservação e renovação de um patrimônio cultural.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender o comportamento termoestrutural da Catedral Nossa Senhora das Mercês composta de alvenaria de adobe e pedra.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar o comportamento térmico;
- Utilizar medidores de temperatura para verificação dos impactos termoestrutural;
- Avaliar o comportamento do adobe através do efeito térmico;
- Identificar manifestações patológicas relacionados ao efeito termoestrutural.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho baseia-se em pesquisas científicas e é estruturado nos tópicos: Catedral Nossa Senhora das Mercês, comportamento estrutural do adobe e da pedra, efeito térmico, equipamentos, método dos elementos finitos e manifestações patológicas comuns em estruturas de adobe.

3.1 CATEDRAL NOSSA SENHORA DAS MERCÊS

Localizada em Porto Nacional no Tocantins, a Catedral Nossa Senhora das Mercês é um monumento histórico, constituída por um sistema misto de pedra e adobe, englobando um estilo românico de Toulouse na França (IPHAN, 2018). A Figura 1 apresenta uma imagem frontal da Catedral.

Figura 1 - Catedral Nossa Senhora das Mercês



Fonte: Arquivo próprio (2019).

De acordo com Manduca (2007), a Catedral Nossa Senhora das Mercês foi construída em 1894. Atualmente é um dos principais pontos turísticos de Porto Nacional, é considerado patrimônio histórico da cidade há mais de 10 anos.

Na construção da catedral foram utilizados pedras e tijolos de adobe assentados com argamassa de cinza, areia e água. Foi utilizado arenito na base da estrutura, e rocha sedimentar que apresenta uma boa resistência à compressão. Empregando técnicas de construção do período colonial na parte superior da estrutura, foi usado tijolos de barro de alta resistência e pedra canga. A fundação possui mais de dois metros de profundidade, os pilares internos são integrados de pedras emparelhadas obtendo uma maior rigidez. As construções em adobe não necessitavam de revestimento, dessa forma, a fachada da igreja conservava um estilo romântico (MANDUCA, 2007; OLIVEIRA, 1997).

Segundo reportagem do Jornal G1 Tocantins (2019), no ano de 2018 a Catedral Nossa Senhora das Mercês foi interditada por recomendação do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), a mesma havia apresentado vários problemas estruturais, como exemplo, goteiras que promoveram estragos na estrutura, sendo necessário a intervenção, o local foi parcialmente interditado, obtendo reformas do telhado e forro do altar.

3.2 COMPORTAMENTO ESTRUTURAL

3.2.1 Adobe

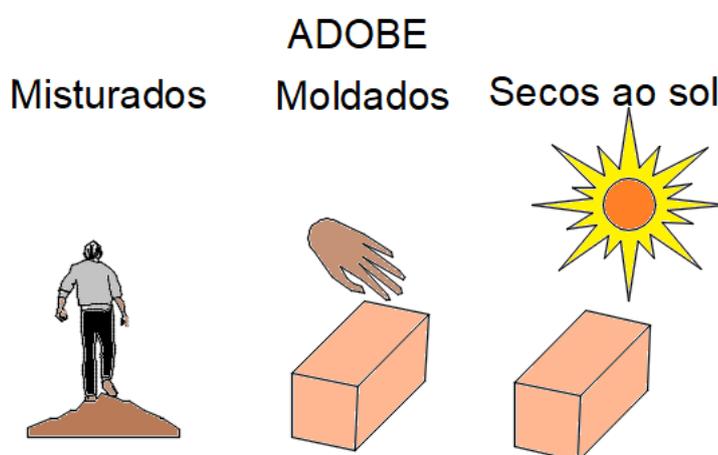
O adobe é um material constituído por: terra, água, palhas e fibras. A terra ideal possui uma coloração amarelada, mas podem ser utilizadas também as de coloração castanha e vermelha (PEREIRA *et al.*, 2014).

Para Neves e Farias (2011), na fabricação do adobe é indicado a utilização de solo areno-argiloso com pouco silte, pois se o solo possuir um comportamento muito plástico obtendo uma grande quantidade de argila ocorrerá fissuras no processo de secagem do adobe, ou se tem um exagerado teor de areia ou silte pode acontecer desagregação, pois faltará coesão interna satisfatória.

Sendo uma das técnicas de construção em terra mais utilizada no mundo, um dos processos mais comum de fabricação é determinado pelas fases de extração e

preparo do solo que obtém as características necessárias; utilização de moldes de madeiras para homogeneizar a mistura (terra, água e adições) a mesma deve apresentar a plasticidade adequada; moldagem dos blocos nos moldes de madeiras ocos; despejo da mistura de modo que a mesma esteja compacta; nivelamento da superfície, os blocos são moldados e secos ao sol (VARUM *et al.*, 2005). A figura 2 ilustra o processo de fabricação dos blocos de adobe.

Figura 2- Ilustração do processo de fabricação

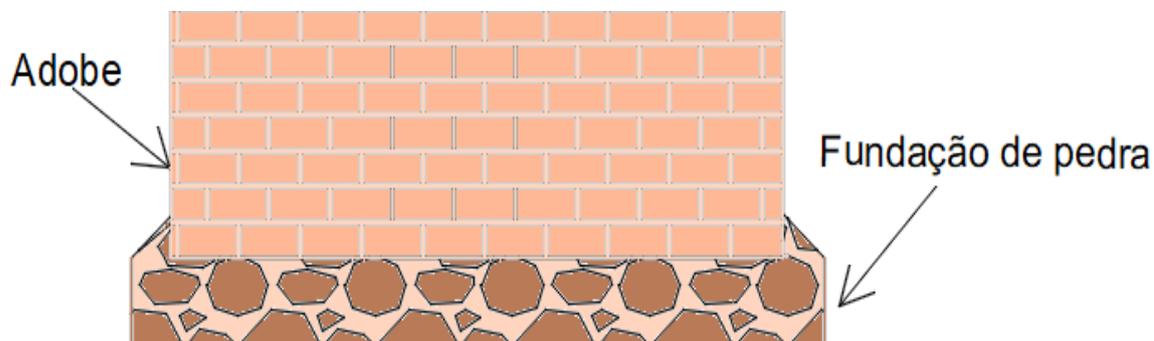


Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Varum *et al.* (2008) afirmam que, o adobe é bastante utilizado em regiões secas, pois é um elemento que possui pouca resistência a água, com isso, para evitar a humidade que é gerada entre o contato direto do adobe e o solo, construíam as estruturas compostas por adobe sobre pedras evitando a umidade que alça e danificaria o adobe, aumentando a durabilidade e evitando problemas estruturais.

A figura 3 exemplifica estrutura feita de adobe composta por fundação de pedra.

Figura 3 - Representação da fundação de pedra em estruturas de adobe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A figura 4 retrata a vista leste de projeto da Catedral obtendo uma base feita de pedra.

Figura 4 - Vista direita da Catedral Nossa Senhora das Mercês



Fonte: Arquivo próprio (2019).

No processo de construção para assentar os blocos é utilizado uma argamassa de terra, que garante a ligação entre os blocos. Nas paredes não é necessário acabamento exterior, mas quando imprescindível, também deve ser utilizado um reboco à base de terra. Além do mais, o adobe permite a construção de cúpulas arcos e abóbadas (SILVA, 2015).

A figura 5 apresenta a Igreja Nossa Senhora do Rosário da cidade de Natividade no Tocantins constituída de pedra e adobe, na qual exemplifica uma construção de adobe em arco.

Figura 5- Igreja Nossa Senhora do Rosário no Tocantins



Fonte: (IPHAN, 2019).

3.2.2 Pedra

Azevedo (2010) diz que, as construções de pedras ainda são numerosas, especialmente nas zonas rurais e nos centros de cidades históricas como em Porto Nacional no Tocantins. Outrora, a pedra era vista como um material de categoria superior aos outros materiais de construção, isso, por causa das suas características, então, era utilizada nas construções mais ricas e representativas, como por exemplo, os monumentos ou habitações da população que obtinham um maior capital econômico. A figura 6 demonstra parte da Catedral Nossa Senhora das Mercês composta por pedra.

Figura 6 - Pedra na estrutura da Catedral



Fonte: Arquivo próprio (2019).

Na estruturação a pedra era considerada o material mais resistente e durável, no entanto, não possuía uma boa trabalhabilidade. Com isso, foi crescendo o desenvolvimento de ferramentas para trazer formas para as estruturas, essas formas permitiam na construção um melhor acabamento das paredes (AZEVEDO, 2010).

3.3 EFEITO TÉRMICO

O adobe tem como composto fundamental a terra. A terra é um material que tem como característica a regulação da umidade ambiental, o barro possui a habilidade de absorver e perder a umidade de maneira rápida comparado aos outros materiais de construção. Outra característica da terra é o armazenamento do calor, o que também ocorre em outros materiais densos como as alvenarias de pedra, durante a exposição do barro aos raios solares ele armazena calor e perde lentamente quando há mudanças de temperatura (PISANI, 2013).

Segundo o mesmo autor uma importante observação em construções feitas com terra é que dependendo das características geológicas e climáticas da região pode variar a sua composição quanto a resistência mecânica, textura, coloração e comportamento estrutural. Outro fator a ser considerado é a permeabilidade das construções de terra, pois são afetadas com as águas, sejam pluviais, do solo ou de instalações, para isso, são tomadas algumas atitudes para evitar problemas na estrutura, exemplo disso, são detalhes construtivos ou com materiais e camadas impermeáveis.

Como dito o adobe não é um material muito resistente a água, na fabricação do adobe a umidade deve ser próxima ao limite de liquidez da mistura, quando o teor da água é baixo o solo poderá formar torrões que se acumulam de maneira independente, não se unindo às demais no molde. Também existem problemas quando tem excesso de água, isso porque o adobe poderá deformar acima do desejado, o que pode gerar uma grande probabilidade de retração, o solo dos blocos sofre deformações significativas durante a secagem, que além das fissuras, aumenta a porosidade por causa da evaporação da água diminuindo a resistência (AMARAL, 2017; PISANI, 2013).

Uma das principais causas de patologia nas construções feitas de adobe é a presença de água e a deficiência do planejamento das fundações, o que gera uma

ação direta ou indireta em quase todos os tipos de problemas estruturais (VARUM *et al.*, 2008). Ainda assim, a fabricação e construção de adobe quando bem planejada obtém-se uma grande durabilidade, tanto de conforto térmico quanto na regulação da umidade do ar (PEREIRA *et al.*, 2014).

De acordo com Neves e Faria (2011) existem algumas adições utilizadas atualmente, que auxiliam na estrutura para evitar patologias causadas pela temperatura. As adições de asfalto natural e palhas na mistura do adobe melhoram os efeitos da água e reduz a retração.

Para o comportamento térmico das paredes compostas por pedra natural, diz que, em geral, possui uma inferioridade em relação a alvenaria de tijolos cerâmicos ou de betão, se estes forem duplos. A estabilidade dos blocos de pedras é normal e adequada, possuindo uma relação com as ações das chuvas, vento e poeiras, assim como as ações dos agentes químicos e orgânicos dos materiais e dos solos. Porém, atualmente existem algumas ações que estão interferindo na duração desse material, como os gases do escape dos automóveis, chuvas ácidas, entre outros. Por outro lado, essas ações variam em função do tipo de pedra e da região, pois dependem dos fatores climáticos, físicos, químicos e microbiológicos. Então, para se obter alvenarias de pedras duradouras, devem possuir como características boa resistência a compressão, serem duras, compactas, não possuir argilas, não possuir impurezas como poeiras, terras e vegetais. No processo construtivo, devem ser regulares e bem aparelhadas, além de serem dispostas para que possam receber as cargas verticais (BRITO; FLORES, 2003).

3.4 EQUIPAMENTOS

Segundo Cortizo (2014), as paredes podem ser externas e internas, as paredes externas de estruturas são afetadas por intempéries como chuvas, ventilação e iluminação natural, além da exposição ao sol, o que não ocorre com as paredes internas. Para tanto, em paredes de adobe essas intempéries podem afetar diretamente a estrutura em relação a termoestrutura.

Para analisar o efeito que a temperatura e a umidade externa provocam sobre o adobe, são utilizados alguns equipamentos, como exemplo, o termo-higrômetros datalogger. Este equipamento é um coletor eletrônico de dados de temperatura e umidade relativa do ar, ele colhe dados conforme o intervalo de tempo escolhido pelo

observador, onde o mesmo pode ser programado para armazenar informações automaticamente (COLLISCHONN; FERREIRA, 2015). A figura 7 apresenta o equipamento Termo-higrômetro modelo HT4010.

Figura 7 – Termo-higrômetro modelo HT4010



Fonte: Arquivo próprio (2019).

Tonelli (2009) assegura que, o termômetro que possui a unidade infravermelha é sensibilizado pela energia lançada, reproduzida e conduzida, que for destacada no detector. O circuito eletrônico modifica a energia recebida em leitura que é indicada no visor do termômetro. Na utilização do equipamento, não há necessidade de contato com o mesmo. A figura 8 apresenta o equipamento Termômetro Infravermelho.

Figura 8 - Termômetro Infravermelho



Fonte: Arquivo próprio (2019).

3.5 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

O Método de Elementos Finitos (MEF) é uma excelente ferramenta na moldagem de sistemas estruturais, tendo como objetivo na área da engenharia estrutural o estudo e indicação do estado de tensões e de deformação de uma estrutura das figuras arbitrárias submetidas a ações externas, tentando antever o comportamento estrutural e diagnosticar problemas futuros (AZEVEDO, 2003; MORAES, 2015).

Soriano (2009) afirma que, através de softwares é possível analisar deformações e conduções de calor auxiliando na solução de problemas da engenharia e física pelo o Método de Elementos Finitos. Esses programas automatizados examinam o comportamento de praticamente qualquer sistema físico e rígido.

A esse respeito, Soriano (2009, p.8) declara:

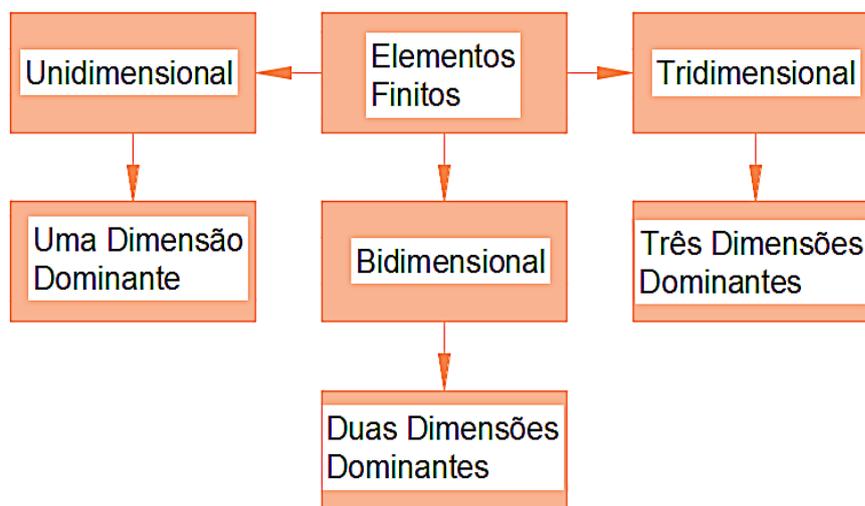
O presente método parte do arbítrio de leis simples (usualmente polinomiais) para as variáveis dependentes primárias em subdomínios denominados *elementos finitos*, em substituição às leis exatas de solução do modelo matemático (que são desconhecidas) e de maneira a se ter continuidade nas interfaces dos elementos, na grande maioria dos desenvolvimentos. Esses elementos são interconectados através de pontos nodais em seus contornos e, como as referidas leis são arbitradas em função de parâmetros nodais, os infinitos pontos, o que é chamado de *processo de discretização* do modelo matemático contínuo. Isto, sob uma condição matemático original, na medida em que se reduz o tamanho dos elementos ou se aumenta a ordem das leis arbitradas para as referidas variáveis.

Para verificar a problemática utilizando o Método de Elementos Finitos, Santos (2015) afirma que, é necessário dividir o elemento de pesquisa em vários elementos com dimensões inferiores, auxiliando na precisão do comportamento do elemento, obtendo um estudo mais real.

Segundo Azevedo (2003), o método de elementos finitos é fundamentado no método dos deslocamentos e na divisão em partes inferiores de uma estrutura. Essas subestruturas denominam-se por elementos finitos e o seu comportamento é conhecido, esse comportamento é considerado como a soma das partes. Os elementos finitos possuem n nós, é considerado os deslocamentos propagados nos nós, os deslocamentos no demais elementos finitos adquire-se por interpolação dos deslocamentos dos nós.

Soriano (2009) certifica que, existem três tipos de elementos finitos, uni, bi e tridimensionais. Os mesmos podem variar as formas, padrões, obtendo diferentes números de pontos nodais em suas laterais e faces, também se obtém variados números e graus de liberdade por ponto nodal. A figura 9 apresenta os tipos existentes de elementos finitos.

Figura 9 - Tipos de Elementos Finitos



Fonte: (Adaptado de SORIANO, 2009).

3.6 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS COMUNS EM ESTRUTURAS DE ADOBE

Nas estruturas mais antigas as patologias mais comuns são consequências de problemas estruturais ou por infiltração (ASSUMPÇÃO, 2018).

Segundo Varum *et al.* (2005), as construções feitas de adobe possuem algumas manifestações patológicas habituais, podendo citar algumas causas para o aparecimento de patologias na estrutura de adobe, como: Fissuras em estrutura de adobe e no seu revestimento; fissuras nos vãos de portas e janelas; fissuras na junção de paredes; esmagamento; deformações excessivas; empolamento e deslocamento; problemas com humidade, como manchas; degradação do adobe e do revestimento.

As figuras 10 a 13 apresentam algumas das patologias citadas.

Figura 10 - Desgastes do revestimento e adobe



Fonte: (VARUM *et al.*, 2005).

Figura 11 - Desplacamento



Fonte: (VARUM *et al.*, 2005).

Figura 12 – Fissuras em estruturas de adobe



Fonte: (VARUM *et al.*, 2005).

Figura 13 - Fissuras nos vãos de portas



Fonte: (VARUM *et al.*, 2005).

Em pontos em que existe concentração de cargas, pode ocorrer o esmagamento. Geralmente essa patologia aparece em pavimentos inferiores (PAVÃO, 2016). A figura 14 apresenta esmagamento em estruturas de adobe.

Figura 14- Esmagamento



Fonte: (VARUM *et al.*, 2005).

Varum *et al.* (2005) dizem que, as estruturas compostas por adobe possuem déficit quando existe presença de água, esse fator age de forma direta e indireta na geração de patologias na estrutura, além disso, outro fator que influencia nas patologias das estruturas de adobe são as fundações mal projetadas. É possível citar alguns dos fatores e patologias do adobe, como: Ineficiência nas coberturas; presença de água; erros construtivos; deficiência nas fundações; variação do comportamento de diferentes materiais; ação da temperatura; ação do tempo; envelhecimento dos materiais; esforços elevados; deformação excessiva; deficiência da alvenaria; ventilação insuficiente, entre outros.

Para Pavão (2016), as ações climáticas como a água da chuva, que gera infiltração locomovendo pelos pontos mais fracos ou umidade ascendente provocam a desagregação na estrutura. A desagregação é uma patologia comum em rebocos de baixa resistência mecânica.

A figura 15 apresenta degradação em estrutura composta de adobe.

Figura 15 - Degradação provocada pelas ações climáticas



Fonte: (VARUM *et al.*, 2005).

Pavão (2016) afirma que, a água libera sais que causam cristalização na superfície, geralmente possuindo uma cor branca ou bege, essa patologia é denominada de eflorescências. Quando a estrutura não possuir elementos impermeabilizantes causará manchas de umidade. As figuras 16 e 17 apresentam algumas das patologias citadas.

Figura 16 - Eflorescências



Fonte: (VARUM *et al.*, 2005).

Figura 17 - Degradação provocada por líquenes



Fonte: (VARUM *et al.*, 2005).

Para evitar e solucionar as patologias nas construções de adobe, seria necessário eliminar as causas que geram as patologias, obtendo uma estrutura durável. Existem técnicas que protegem as estruturas evitando possíveis patologias, sendo fundações feitas de pedras, revestimento para a proteção do adobe principalmente na parte externa (VARUM *et al.*, 2005).

4 METODOLOGIA

O estudo será realizado na Catedral Nossa Senhora das Mercês localizada na rua Doutor Francisco Aires, 273 Cruzeiro do Sul em Porto Nacional - TO, construída no século XIX e estruturada por adobe e pedra. A Figura 18 indica a localização da estrutura.

Figura 18 - Localização da Igreja Catedral Nossa Senhora das Mercês em Porto Nacional – TO



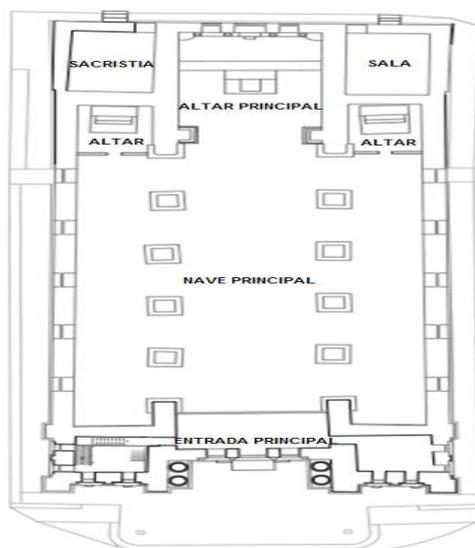
Fonte: Google Earth (2019).

4.1 PLANTA DA IGREJA NOSSA SENHORA DAS MÊRCES

A igreja Catedral Nossa Senhora das Mercês é composta por adobe e pedra, possui uma área construída de aproximadamente 825,43m², e tem em sua estrutura o pavimento térreo e o superior. O pavimento térreo é formado pela entrada principal, a nave principal, um altar principal e dois secundários, também possui uma sacristia, e uma sala próxima ao altar principal como pode ser verificado na figura 19.

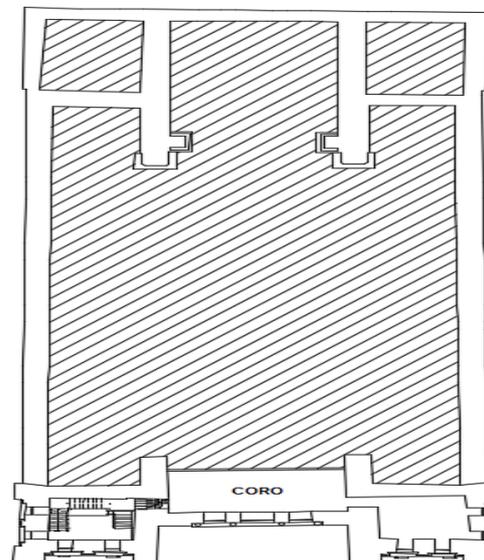
Para o pavimento superior, pode-se observar um coro que foi construído no nível das torres, sendo uma delas a do sino como apresentado na figura 20.

Figura 19 – Pavimento térreo da Catedral



Fonte: Arquivo próprio (2019).

Figura 20 – Pavimento superior da Catedral



Fonte: Arquivo próprio (2019).

4.2 EQUIPAMENTOS

4.2.1 Termo-Higrômetro Datalogger

O termo-higrômetro é um equipamento utilizado para medições de temperatura tanto internas como externas, porém, apresenta outras características como ponto de orvalho (DP), umidade e pressão atmosférica; memória para 12700 registros (datalogger) armazenando os valores das temperaturas e conexão USB. É um equipamento durável e de fácil manuseio.

4.2.2 Termômetro Infravermelho

O termômetro infravermelho é usado para medir a temperatura da superfície dos objetos, e possui como vantagem não obter contato físico com o objeto, dessa maneira facilita a medição da temperatura em objetos de difícil alcance, além disso, a leitura da temperatura pode ser observada instantaneamente, possui facilidade na medição sendo desprezados os erros de leituras. Outro fator, é que o mesmo equipamento pode ser utilizado em um objeto em movimento, ou em objetos de longa

distância e elevadas alturas, possui memória automática e configurações avançadas de leitura, registro de máximo e desligamento automático.

4.3 PROCEDIMENTOS

O procedimento para verificar o efeito da temperatura na estrutura será realizado por etapas, para isso, serão utilizados dois equipamentos, o termômetro infravermelho e o termo-higrômetro.

A primeira etapa refere-se à medição da temperatura superficial com o auxílio do termômetro infravermelho. As medições serão realizadas em vários pontos da estrutura, considerando os pontos mais críticos analisados de forma visual, sendo verificada nos períodos matutino, vespertino e noturno, também pretende-se realizar as medições em duas estações diferentes do ano, sendo a primeira no verão e a outra no inverno.

A coleta será realizada por dois meses, ocorrerá medições durante 5 a 10 dias aleatórios e em períodos de seca e chuva, obtendo medições em três horários diferentes. Esses horários serão definidos de maneira em que tenham variações de temperatura externa durante o dia, sendo possível obter os efeitos que as diferentes temperaturas geram na estrutura, esses horários serão padronizados para os períodos de seca e chuva. Os locais das coletas serão definidos através de inspeção visual, serão escolhidos pontos estratégicos nos quais o efeito térmico seja mais abundante, além de verificar se nos locais escolhidos já existem patologias.

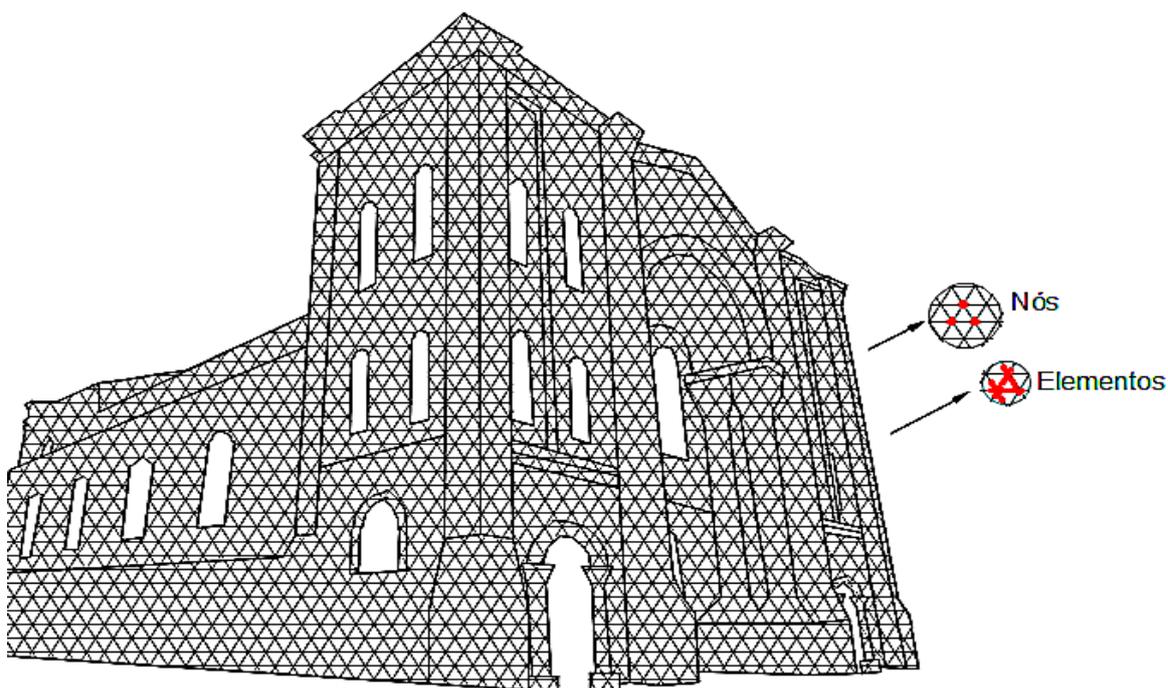
Na utilização do termo-higrômetro serão feitas as medições para obter a temperatura, as medições serão realizadas tocando o equipamento na estrutura, com isso, será programado o instrumento para armazenar os dados coletados para cada ponto medido.

O termo-higrômetro será utilizado para medir a temperatura na parte inferior da estrutura, pois é um equipamento que necessita de contato direto com a estrutura, já o termômetro infravermelho será utilizado para medir a temperatura da parte central e superior da estrutura, pois não necessita de contato com a mesma.

Após medir a temperatura dos pontos escolhidos na estrutura, será verificado o comportamento do adobe e analisado os efeitos que a variação de temperatura gera no mesmo.

Para obter a análise termoestrutural da Catedral Nossa Senhora das Mercês, após a coleta de dados das temperaturas nos pontos determinados, será utilizado o método de elementos finitos bidimensional, o mesmo, permite identificar pontos de tensões, deformações e deslocamento, dividindo a estrutura em diversos nós como exemplifica na figura 21, sendo capaz de obter os deslocamentos por interpolação dos nós.

Figura 21 – Exemplo do MEF na estrutura



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

5 CRONOGRAMA

Quadro 1 - Cronograma da pesquisa

PASSOS	2019				2020				
	AGO	SET	OUT	NOV	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Escolha do Tema									
Pesquisa Bibliográfica									
Elaboração do projeto de pesquisa									
Elaboração da apresentação									
Apresentação do Projeto									
Realização da Metodologia									
Elaboração do Artigo									
Apresentação final do Artigo									

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se verificar que os efeitos térmicos contribuem para o surgimento de patologias.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Francisco Armond do. **Bloco de Adobe: Efeitos da Adição de Fibra do Epicarpo do Babaçu**. 2017. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Mestre em Design, Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Maranhão Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, São Luís, 2017. Disponível em: <<http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/bitstream/tede/1916/2/FranciscoAmaral.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

ASSUMPÇÃO, Amanda de Araujo. **REABILITAÇÃO DE RESTAURO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS: A INTERVENÇÃO NO PALÁCIO UNIVERSITÁRIO**. 2018. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenheiro Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024119.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2019.

AZEVEDO, Álvaro F. M.. **Método dos Elementos Finitos**. 2003. 258 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Portugal, Portugal, 2003. Cap. 1. Disponível em: <http://alvaroazevedo.com/publications/books/Livro_MEF_AA_1ed/doc/Livro_MEF_AA.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2019.

AZEVEDO, Hélder Daniel de Sousa. **REFORÇO DE ESTRUTURAS DE ALVENARIA DE PEDRA, TAIPA E ADOBE COM ELEMENTOS DE MADEIRA MACIÇA**. 2010. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~jmfaria/TesesOrientadas/MIEC/HelderAzevedopdf/Refor_AlvTapAdob_Madeira.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

BRITO, Jorge de; FLORES, Inês. **Paredes De Alvenaria De Pedra Natural**. Instituto Superior Técnico Cadeira de Construção de Edifícios. 2003.

COLLISCHONN, Erika; FERREIRA, Caio Vinícius de Oliveira. O Fator de Visão do Céu e Sua Influência Sobre as Características Térmico-Higrométricas Intraurbanas em Pelotas/Rs, Brasil. **Geographia Meridionalis - revista eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas**. Rio Grande do Sul. 2015.

CORTIZO, Eduardo Cabaleiro. **AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESTRUTURAS OCULTAS E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS EM EDIFICAÇÕES: Ênfase em Edificações do Patrimônio Histórico**. 2007. 178 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-graduação Engenharia Mecânica, Universidade

Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://dominiopublico.mec.gov.br/download/texto/cp042436.PDF>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

EARTH, Google. Localização da Catedral Nossa Senhora das Mercês de Porto Nacional (TO). **GOOGLE EARTH**. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-10.707737,-48.4170276,232.22530318a,1035.97952321d,35y,0h,0t,0r>>. Acesso em: 25 de outubro de 2019.

G1 Tocantins. Após ficar interditada, catedral histórica de Porto Nacional será reaberta com missa de cinzas. **G1, Tocantins**, 06 de março de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2019/03/06/apos-ficar-interditada-catedral-historica-de-porto-nacional-sera-reaberta-com-missa-de-cinzas.ghtml>>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

IPHAN. Natividade (TO). **IPHAN TOCANTINS**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/106>>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

IPHAN. Catedral Nossa Senhora das Mercês de Porto Nacional (TO) receberá ações de restauração. **IPHAN TOCANTINS**, 11 de outubro de 2018. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/to/noticias/detalhes/4859/catedral-nossa-senhora-das-merces-de-porto-nacional-to-recebera-acoes-de-restauracao>>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

MANDUCA, Talles. **Tombamento do Centro Histórico de Porto Nacional**. Porto Nacional. 2007.

MORAES, Ademir José. **O Método dos Elementos Finitos e a Engenharia Civil**. Revista Especialize On-line IPOG. Goiânia. 2015.

NEVES, Céllia; OBEDE, Borges Faria. **Técnicas de construção com terra**. FEB-UNESP / PROTERRA: Rede Ibero-Americana Proterra. Bauru-SP. 2011. Disponível em: < https://www.promemoria.indaiatuba.sp.gov.br/arquivos/proterra-tecnicas_construcao_com_terra.pdf >. Acesso em: 22 out. 2019.

OLIVEIRA, Maria de Fátima. **Um Porto no Sertão: Cultura e cotidiano em Porto Nacional 1880/1910**. 1997. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de História, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997. Cap. 5. Disponível em: <https://pos.historia.ufg.br/up/113/o/OLIVEIRA__Maria_de_F_tima._1997.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.

PAVÃO, Ricardo Costa. **Catálogo de técnicas de diagnóstico em edifícios antigos**. 2016. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Técnico

Lisboa, Lisboa, 2016. Cap. 6. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/281870113703432/Catalogo%20de%20tecnicas%20de%20diagnostico%20em%20edificios%20antigos.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

PEREIRA, Daniel Augusto de Moura *et al.* PROJETO DE UMA BIOALVENARIA DE VEDAÇÃO A PARTIR DE TERRA CRUA: O CASO DO TIJOLO DE ADOBE. **Revista Saúde e Ciência**, p.64-75, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.ufcg.edu.br/revistasaudeeciencia/index.php/RSCUFCG/article/view/174/111>>. Acesso em: 18 out. 2019.

PISANI, Maria Augusta Justi. **Taipas: A Arquitetura De Terra**. EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.

SANTOS, Douglas Freitas Augusto dos. **Análise da Resistência à Punção de Sapatas de Concreto Armado**. Instituto de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Belém. 2015.

SILVA, Miguel Francisco Costa Granja da. **Blocos de terra compactada com e sem materiais cimentícios**. 2015. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Técnico Lisboa, 2015. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090414529/Blocos%20de%20Terra%20Compactada%20com%20e%20sem%20materiais%20cimenticios%20-%20Miguel%20FCG%20da%20Silva.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SORIANO, Humberto Lima. **Elementos Finitos - Formulação e Aplicação na Estática e Dinâmica das Estruturas**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda.,2009.

TONELLI, João Marcelo de Moraes. **Monitoramento e Controle de Temperatura e Umidade de Ambientes**. Centro Universitário de Brasília – UNICEUB. Brasília. 2009.

VARUM, Humberto et al. CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE PAREDES DE ALVENARIA DE ADOBE. **Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões**, Portugal, v. 15, n. 10, p.1-10, 2008. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15566652.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2019.

VARUM, Humberto et al. Caracterização mecânica e patológica das construções em Adobe no distrito de Aveiro como suporte em intervenções de reabilitação. **Convento da Orada, Monsaraz, Portugal**, Portugal, v. 1, n. 22, p.1-22, nov. 2005. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15567117.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2019.