



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS RUSSAS**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**TALLIS DEYVIDE MAIA RUBENS**

**CARACTERIZAÇÃO ULTRASSÔNICA DE BLOCOS HISTÓRICOS CEARENSES**

**RUSSAS - CE**  
**2019**

TALLIS DEYVIDE MAIA RUBENS

CARACTERIZAÇÃO ULTRASSÔNICA DE BLOCOS HISTÓRICOS CEARENSES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita.

RUSSAS - CE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- R83c Rubens, Tallis Deyvide Maia.  
Caracterização ultrassônica de blocos históricos cearenses / Tallis Deyvide Maia Rubens. – 2019.  
79 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,  
Curso de Curso de Engenharia Civil, Russas, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita.
1. Construções históricas. 2. Velocidade do pulso ultrassônico . 3. Alvenarias. 4. Resistência à compressão axial. I. Título.

CDD 620

---

TALLIS DEYVIDE MAIA RUBENS

CARACTERIZAÇÃO ULTRASSÔNICA DE BLOCOS HISTÓRICOS CEARENSES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Fabiana Lopes de Oliveira  
Universidade de São Paulo (USP)

---

Arq. Esp. Murilo Cunha Ferreira

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)

A Deus.

Aos meus amados pais, Eliene e Aldemir.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, por me proporcionar vitórias após longos anos de estudos e aprendizagens, me dando forças e sabedoria para romper as barreiras que me pareciam intransponíveis e concluir esta etapa.

À minha família pela confiança, dedicação e motivação, e por tudo que cada um significa na minha história. Aos meus avós Adenilza e Edmar, de coração, toda a minha gratidão. À minha mãe Eliene, que apesar das limitações, com todo carinho e cuidado, me estendeu os braços e estava presente nos momentos em que mais precisei. A meu pai Aldemir, minha base, meu alicerce. A meu irmão Tayrisson, pela ajuda mútua. A vocês, meu amor e gratidão. Em palavras e atos, pelo resto da vida.

Beto e Bibi, por todo apoio e contribuição, ficando aqui registrado, meu obrigado!

Aos colegas de curso, com quem comecei e terminei esse curso. O mais importante foi o que se passou no meio desses dois extremos, pelo que vivemos e aprendemos. Trilhamos uma etapa importante de nossas vidas, agradeço o convívio (mesmo nos momentos tensos), pelas noites e dias virados, e pelas experiências que juntos vivenciamos. Obrigado por compartilharem o tempo de vocês comigo. Foram grandes anos de aprendizagem e descobertas.

Aos meus professores, alguns em especial que fizeram a diferença. Ao meu amigo e orientador, Esequiel Mesquita, obrigado por despertar em mim a vontade de pesquisar e a certeza de que é possível mudar. Vou continuar pesquisando e acreditando.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração que foi primordial em relação a esta jornada. Obrigado por se fazerem presentes, e fazerem parte disso.

Pelos últimos 5 anos, pelos últimos 29 anos, pelo tempo ainda indeterminado que está por vir, para sempre alterado pela contribuição de tantos, o meu muito obrigado!

“A cultura de um povo é o seu maior patrimônio. Preservá-la é resgatar a história, perpetuar valores, é permitir que as novas gerações não vivam sob as trevas do anonimato.”

Nildo Lage

## RESUMO

As construções históricas têm sido um tema de elevado interesse para a comunidade científica devido a sua variabilidade e complexidade estrutural, bem como seu valor cultural. Considerando os desgastes naturais dos materiais e as ações dos carregamentos, mecanismos de reabilitação e manutenção devem ser utilizados para garantir a integridade das estruturas. Contemporaneamente, novas metodologias despontam com o propósito de caracterizar as estruturas de alvenarias. A caracterização dos parâmetros físicos e mecânicos por meio da utilização das ondas ultrassônicas é uma alternativa inovadora para projetos de conservação de construções históricas. O presente trabalho teve como objetivo estudar a velocidade de propagação do pulso ultrassônico em tijolos cerâmicos maciços de edificações históricas das cidades cearenses de Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral e Viçosa do Ceará pertencentes a quatro períodos distintos e identificar funções de correlação entre as propriedades mecânicas dos blocos e velocidade de propagação de pulso ultrassônico. As amostras tiveram suas propriedades físicas e mecânicas caracterizadas, bem como foi realizada a caracterização ultrassônica. Foram obtidas a resistência à compressão axial das amostras e a velocidade do pulso ultrassônico, e outras informações de massa e geometria. Para a realização dos ensaios foram selecionados 3 tijolos de Icó referentes ao século XVIII, 3 tijolos de Sobral referentes à primeira metade do século XIX, 5 tijolos de Fortaleza e 3 tijolos de Irauçuba referentes à segunda metade do século XIX, 3 tijolos de Beberibe e 5 tijolos de Viçosa do Ceará referentes ao século XX. Os resultados demonstraram uma boa correlação entre a resistência à compressão axial e a velocidade de propagação de ondas ultrassônicas das amostras. Observou-se que apenas a correlação retornada pelo ensaio nas amostras da cidade de Sobral referentes ao primeiro período do século XIX, apresentou grau de relacionamento linear razoável. Nos demais ensaios foram identificados valores de  $R^2$  superiores a 0,8, o que comprova que a VPU e a resistência à compressão axial têm considerável correlação. Com isso, considera-se que o método de caracterização ultrassônica de blocos de alvenaria com tijolos maciços uma eficiente ferramenta de investigação estrutural de construções históricas luso-brasileiras.

**Palavras-chave:** Construções históricas. Velocidade do pulso ultrassônico. Alvenarias. Resistência à compressão axial.

## ABSTRACT

Heritage constructions have been a relevant topic for technical community due to high variability and complexity of the structural systems, as well the high cultural value. Considering the natural degradation of the materials and the variation of loadings actions over the time, the maintenance and rehabilitation measures are needed in order to keep the structure under safety. Current, new technologies have emerged aiming the characterization of ancient masonries. The physic and mechanic characterization through ultrasonic pulse velocity (UPV) is a alternative do interventions on heritage constructions. Thus, this work presents as the main aim to characterize the UPV of historic clay bricks from Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral and Viçosa do Ceará. These cities are integrated with 4 distinct ages of Ceara and the results were employed to state a correlation between UPV and compressive strength of the clay bricks blocks. The samples were characterized according with physic and mechanic properties, as UPV were measured in each one sample. The experimental allowed the obtainment of compressive strength, weight, geometrical information and UPV. For the experimental 3 samples of XVIII century from Icó were employed, while where used 3 samples from first half of the XIX century from Sobral, 5 samples from Fortaleza and 3 samples from Irauçuba both from the second half of XX century. 3 samples from Beberibe and 5 samples from Viçosa do Ceará from XX century were used too. The results showed a good correlation between UPV and compressive strength of the analyzed samples. Only the Sobral samples from first half of the XIX century presented correlation in the limit of acceptance. All others result presented a linear correlation higher than 0,80. So, the UPV can be an interesting and relevant tool for investigate the properties of heritage constructions.

**Keywords:** Heritage constructions. Ultrasonic pulse velocity. Masonries. Compressive strength.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Igreja Matriz da Sagrada Família.....	21
Figura 2 – Biblioteca Pública de Beberibe.....	22
Figura 3 – Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção (CE).....	24
Figura 4 – Estação Ferroviária Dr. João Felipe.....	24
Figura 5 – Estação Ferroviária da Parangaba.....	25
Figura 6 – Casa do Barão de Camocim.....	26
Figura 7 – Mercado dos Pinhões.....	26
Figura 8 – Santa Casa da Misericórdia.....	27
Figura 9 – Teatro Ribeira dos Icó.....	30
Figura 10 – Casa de Câmara e Cadeia.....	30
Figura 11 – Teatro Municipal São João.....	36
Figura 12 – Museu Diocesano Dom José de Sobral.....	37
Figura 13 – Poligonal de Tombamento.....	39
Figura 14 – Igreja Matriz Nossa Senhora da Assunção.....	40
Figura 15 – Igreja Nossa Senhora das Vitórias.....	40
Figura 16 – Teatro D. Pedro II.....	41
Figura 17 – Representação do movimento harmônico.....	44
Figura 18 – Esquema do espectro acústico.....	45
Figura 19 – Esquema de ensaio sônico.....	47
Figura 20 – Esquema de ensaio ultrassônico.....	47
Figura 21 – Esquema de ensaio ultrassônico.....	49
Figura 22 – Blocos de tijolos iniciando o processo de capeamento.....	56
Figura 23 – Aparelho de ultrassom.....	57
Figura 24 – Aplicação do método de transmissão direta.....	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Convenção das direções para medição.....	58
Gráfico 2 – Valores de VPU para o eixo X.....	60
Gráfico 3 – Valores de VPU para o eixo Y.....	61
Gráfico 4 – Valores de VPU para o eixo Z.....	62
Gráfico 5 – VPU x Resistencia à compressão axial da cidade de Icó.....	66
Gráfico 6 – VPU x Resistencia à compressão axial da cidade de Sobral.....	67
Gráfico 7 – VPU x Resistencia à compressão axial da cidade de Irauçuba.....	67
Gráfico 8 – VPU x Resistencia à compressão axial da cidade de Fortaleza.....	68
Gráfico 9 – VPU x Resistencia à compressão axial da cidade de Beberibe.....	69
Gráfico 10– VPU x Resistencia à compressão axial da cidade de Viçosa do Ceará.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas dos tijolos cerâmicos.....	59
Tabela 2 – Resultados do ensaio ultrassônico.....	62
Tabela 3 – Valores da resistência à compressão axial das amostras.....	63
Tabela 4 – Resultados de VPU e resistência à compressão axial.....	64
Tabela 5 – Classificação qualitativa do coeficiente de correlação.....	65

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNB	Banco do Nordeste
ECOA	Escola de Comunicação, Ofícios e Artes
END	Ensaio Não Destrutivo
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
NBR	Norma Técnica
SPHAN	Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
SR	Superintendência Regional
UNESNO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VPU	Velocidade do Pulso Ultrassônico

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	15
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
<b>3.1</b>	<b>Patrimônio histórico</b> .....	18
<b>3.1.1</b>	<b>Beberibe</b> .....	20
<b>3.1.1.1</b>	<i>Monumentos tombados Beberibe – (CE)</i> .....	21
<b>3.1.2</b>	<b>Fortaleza</b> .....	22
<b>3.1.2.1</b>	<i>Monumentos tombados – Fortaleza (CE)</i> .....	24
<b>3.1.3</b>	<b>Icó</b> .....	27
<b>3.1.3.1</b>	<i>Monumentos tombados - Icó</i> .....	29
<b>3.1.4</b>	<b>Irauçuba</b> .....	30
<b>3.1.5</b>	<b>Sobral</b> .....	32
<b>3.1.5.1</b>	<i>Monumentos tombados - Sobral</i> .....	35
<b>3.1.6</b>	<b>Viçosa do Ceará</b> .....	37
<b>3.1.6.1</b>	<i>Monumentos tombados – Viçosa do Ceará</i> .....	39
<b>3.2</b>	<b>Métodos de ensaios não destrutivos</b> .....	41
<b>3.2.1</b>	<b>Métodos sônicos e ultrassônicos</b> .....	42
<b>3.2.1.1</b>	<i>Modo de funcionamento dos equipamentos na obtenção da velocidade de propagação das ondas</i> .....	46
<b>3.2.1.1.1</b>	<i>Método sônico</i> .....	46
<b>3.2.1.1.2</b>	<i>Método ultrassônico</i> .....	47
<b>3.2.1.1.3</b>	<i>Configuração dos transdutores nos ensaios sônicos e ultrassônicos</i> .....	47
<b>3.2.2</b>	<b>Termografia infravermelha</b> .....	49
<b>3.2.3</b>	<b>Inspeção visual</b> .....	50
<b>3.2.4</b>	<b>Radiografia</b> .....	51
<b>3.2.5</b>	<b>Método georadar</b> .....	51
<b>3.3</b>	<b>Caracterização de alvenarias históricas através do método ultrassônico</b> ....	52
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	55
<b>4.1</b>	<b>Materiais e equipamentos</b> .....	55
<b>4.2</b>	<b>Preparação das amostras</b> .....	55
<b>4.3</b>	<b>Ensaio ultrassônico</b> .....	56

4.4	Ensaio de compressão axial.....	58
5	RESULTADOS.....	59
5.1	Caracterização física das amostras.....	59
5.2	Ensaio ultrassônico.....	60
5.3	Ensaio de resistência a compressão axial.....	63
5.4	Correlação entre os resultados dos ensaios destrutivo e não destrutivo.....	64
6	CONCLUSÃO.....	70
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

## 1 INTRODUÇÃO

A velocidade com que se modificam os espaços naturais e urbanos atualmente, revela a necessidade de estudar novas soluções de ocupação sustentável em consonância com a utilização do meio ambiente e a valorização de patrimônios históricos e a memória de um povo.

O patrimônio histórico e cultural é um legado que deve ser preservado e transmitido às gerações futuras, porque carrega consigo a identidade de uma sociedade e destruí-lo acarretaria a perda de características sociais, econômicas, artísticas e culturais importantes. Devido ao elevado valor cultural, heterogeneidade e ausência de informações sobre as propriedades dos materiais, complexo sistema e comportamento estrutural, fazem das construções históricas, assuntos que estimulam o estudo por parte da comunidade técnico-científica (MESQUITA, 2019).

Essas construções podem ser submetidas a ações de carregamentos variáveis, decorrentes de intervenções que alteraram a utilização da edificação, e às intempéries, causando o desgaste dos materiais e da estrutura do patrimônio. Devido a isso, existe a necessidade de elaborar projetos de manutenção, restauro e reabilitação dos elementos que a compõem, visando a preservação da integridade das construções.

As intervenções propostas por esses projetos devem considerar o conhecimento dos métodos construtivos adotados e dos materiais utilizados à época da construção. Essa preocupação parte da necessidade de manter os aspectos originais dessas edificações e compatibilizar os elementos estruturais existentes com os projetados. A falta de compreensão sobre como se comportam os elementos estruturais torna ainda mais complexo o processo de manutenção e reabilitação dessas edificações. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a utilização de ferramentas que não causem danos à estrutura, por se tratar de construção histórica.

Nos últimos anos uma série de métodos não-destrutivos possibilitaram a caracterização de estruturas de concreto (RUBENS et al., 2019), de madeira (CHAPMAN et al., 2006), bem como pesquisas realizadas em argamassas (WICIAK, 2017) e também estudos que visam desenvolver métodos de investigação e os aplicar em construções históricas. Dentre esses métodos não-destrutivos, desponta como importante ensaio a aplicação do pulso ultrassônico como método de caracterização de tijolos cerâmicos maciços, sendo permitida a sua aplicação em diversas situações e garantida sua repetibilidade, além de oferecer dados para o desenvolvimento de correlações entre os parâmetros físicos e os mecânicos das

alvenarias. Nesse procedimento, é obtida a velocidade de propagação do pulso ultrassônico por meio de medições do tempo de propagação da onda ultrassônica em um determinado material e sua divisão pela distância percorrida pela onda (distância entre os transdutores de emissão e recepção). A velocidade ultrassônica que passa através de um meio sólido é teoricamente proporcional ao módulo dinâmico, ao coeficiente de Poisson e à densidade do material (BINDA; SAISI; TIRABOSCHI, 2001). No que se refere ao Brasil, o procedimento de ensaio ultrassônico deve seguir os procedimentos estabelecidos pela NBR 8802/2019 para aplicações em concreto, enquanto que para aplicações sem alvenarias e painéis, tem-se a recente ABNT NBR 16805:2019 - Ensaio não destrutivo — Ultrassom — Caracterização de painéis por velocidade de propagação de onda ultrassônica (ainda em fase de consulta), e que entre outras indicações, tem como objetivo orientar sobre a disposição correta dos transdutores emissor e receptor de acordo com a finalidade do ensaio.

Os transdutores podem ser dispostos no modo direto, semidireto e indireto. No modo direto, os transdutores emissor e receptor estão localizados em faces opostas; no modo semidireto os transdutores estão perpendiculares entre si; já no modo indireto, os transdutores estão dispostos no mesmo plano (lado a lado) (ABNT, 2019).

No trabalho apresentado por KOROTH (1998), é estudada a correlação entre velocidade de pulso ultrassônico com a durabilidade dos tijolos, para isso, o autor correlacionou os resultados obtidos com a porosidade das amostras, bem como com os valores de resistência à compressão. A caracterização mecânica por meio da obtenção da resistência à compressão axial dos tijolos que constituem as alvenarias, é extremamente importante para quantificar a capacidade resistente e compreender o comportamento da estrutura quando submetido à ação de outros carregamentos. Todavia, o ensaio de resistência à compressão axial é um procedimento que destrói parcial ou totalmente a amostra, sendo conhecido como ensaio destrutivo, por vezes torna-se inviável a sua execução em algumas estruturas históricas.

No mundo existem instituições de diferentes níveis que classificam e são responsáveis por proteger e preservar os patrimônios históricos. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO é a instituição responsável pela classificação a nível mundial. No Brasil, a nível nacional, a classificação fica a cargo do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN. Existem também órgãos em municípios e estados que desempenham esse papel.

O estado do Ceará localizado no nordeste brasileiro possui um extenso acervo de bens históricos tombados. Segundo o IPHAN (2019), o Ceará possui quatro conjuntos

histórico e urbanístico classificados fora da capital, quais sejam: Aracati, Icó, Sobral e Viçosa do Ceará. Outras construções históricas como: o teatro José de Alencar em Fortaleza, a Casa de Câmara e Cadeia de Jaguaribe, o Mercado de Carne e Lojas Adjacentes de Aquiraz e as fachadas da Igreja de Santana em Iguatu também fazem parte do acervo classificado do Estado.

Além dessas cidades, existem outras que apesar de não possuírem conjuntos ou edificações patrimoniais classificadas, detém construções históricas que desempenham considerável papel no entendimento do desenvolvimento do Estado, como Irauçuba e Beberibe. Dessa forma, enfatiza-se a compreensão das características construtivas dos patrimônios cearenses e a necessidade de desenvolver estratégias que utilizem métodos investigativos que contribuam para a correta elaboração de projetos de manutenção e reabilitação dessas construções que em grande parte são constituídas de alvenarias de tijolos cerâmicos maciços. Esse tipo de estrutura foi fortemente utilizado devido à fácil execução, ótima vedação e estabilidade, além de ser econômica, pois os tijolos foram adquiridos em olarias próximas.

Como forma de contribuição ao desenvolvimento e aplicação de ensaios não-destrutivos em alvenarias históricas de tijolos cerâmicos maciços, o presente trabalho teve como objetivo estudar a velocidade de propagação do pulso ultrassônico em tijolos cerâmicos maciços de edificações históricas das cidades cearenses de Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral e Viçosa do Ceará pertencentes a quatro períodos distintos e identificar funções de correlação entre as propriedades mecânicas dos blocos e velocidade de propagação de pulso ultrassônico. Para isso, foram realizadas a caracterização física para conhecer a tipologia dos tijolos, a caracterização mecânica para obter a resistência à compressão axial e a caracterização ultrassônica para estudar a VPU. Para a realização desses ensaios foram selecionados 3 tijolos de Icó referentes ao século XVIII, 3 tijolos de Sobral referentes à primeira metade do século XIX, 5 tijolos de Fortaleza e 3 tijolos de Irauçuba referentes à segunda metade do século XIX, 3 tijolos de Beberibe e 5 tijolos de Viçosa do Ceará referentes ao século XX.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Caracterizar a velocidade de propagação do pulso ultrassônico em tijolos cerâmicos maciços de edificações históricas das cidades cearenses de Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral e Viçosa do Ceará.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Caracterizar as propriedades físicas e mecânicas de exemplares de tijolos históricos das cidades de Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral e Viçosa do Ceará do Estado do Ceará;
- Caracterizar ultrassônica de tijolos cerâmicos maciços das cidades históricas cearenses de Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral e Viçosa do Ceará.
- Analisar a correlação entre a velocidade do pulso ultrassônico e a resistência à compressão axial das amostras.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Patrimônio histórico

A origem do termo “patrimônio” vem do latim *patrimonium*, que significa herança, propriedade paternal. Ao longo dos tempos, este significado estendeu-se aos bens de determinados grupos sociais, que eram passados para as gerações futuras a fim de transmitir seus conhecimentos e seu poder de dominação (MURGUIA e YASSUDA, 2007).

Segundo Londres (2005), existe uma analogia entre o termo “patrimônio” e o processo que ocorre na família quando os bens são repassados de pais para filhos. No entanto, não evolue apenas valores econômicos, mas simbólicos e afetivos. Tratando-se dos patrimônios históricos, pode-se dizer que esse processo de selecionar, guardar, conservar e transmitir se caracteriza por uma dimensão mais ampla, necessariamente coletiva, que integra o modo como os grupos sociais organizam sua memória. Não se refere a coisas, a uma ou algumas classes de objetos, e sim ao resultado de ações humanas, selecionando, guardando, conservando e transmitindo determinados bens, materiais e imateriais, a que se atribuem determinados valores.

Os primeiros representantes da prática de preservação foram humanistas eruditos antiquários, pesquisadores das antigas civilizações (Choay, 2001). Canclini (1994) nos relata que na década de 1930 ocorreram as primeiras ações do Estado Brasileiro para preservação dos bens patrimoniais no Brasil. Contudo, apesar dessas iniciativas pontuais na área federal, foi no âmbito municipal, mais especificamente na cidade de São Paulo, em 1935, com a criação do Departamento de Cultura e Recreação da Cidade de São Paulo, que surgiu “a primeira experiência efetiva de gestão pública implementada no campo da cultura”.

Com uma proposta de vanguarda, e visando transformar o setor cultural público em um elemento humanizador, o órgão continha muitas das ideias presentes no movimento modernista (Calabre, 2009). À frente do departamento ficou por conta de Mário de Andrade, que também acumulava a gestão da Divisão de Expansão Cultural. Além disso, ele teve papel importante na elaboração do anteprojeto de criação do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN) em 1936, a pedido de Gustavo Capanema.

A partir do documento elaborado pelo modernista, caberia ao SPHAN “determinar e organizar o tombamento, sugerir a conservação e defesa, determinar a conservação e

restauração, sugerir aquisição e fazer os serviços de publicidade necessários para a propagação e o conhecimento do patrimônio artístico nacional”.

Mesmo com as contradições ao anteprojeto de Mário de Andrade, foi criado, em 13 de janeiro de 1937, o Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN). Além disso, o Decreto-Lei de nº 25, do mesmo ano, 1937, foi o responsável por organizar o serviço de proteção ao patrimônio e ainda permanece em vigência atualmente, com poucas alterações. Cabe ressaltar de que o Serviço de Patrimônio já vinha funcionando de forma provisória desde 1936. Ele atualmente se chama IPHAN, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e está vinculado ao Ministério da Cultura (Bispo 2011).

Entretanto, para Cabral e Oliveira (2005), para ser salvo da destruição não basta apenas o bem ser tombado. A educação patrimonial e a existência de políticas públicas de preservação são fundamentais para a manutenção desse patrimônio. Entretanto, para que haja uma preservação consciente e socialmente comprometida, é preciso somar essas políticas com os interesses da comunidade de seu entorno, sendo primordial para a existência de uma vitalidade desse patrimônio, a exemplo da restauração e utilização dos prédios já tombados, que é considerado de fundamental importância para sua conservação e sustentabilidade. Portanto, a preservação do patrimônio será significativa para que o cidadão consiga se afirmar enquanto participante de uma sociedade e de sua cultura, sendo portador de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade.

Notoriamente, não existe a possibilidade de preservar completamente uma estrutura urbana antiga em intacto estado de conservação, visto que transformação, preservação e destruição é um fluxo retórico que transpõe a dinâmica das cidades contemporâneas. Assim sendo, a ideia de preservar o patrimônio histórico das cidades não deve servir apenas como um meio de tentar “resgatar” um passado e uma “felicidade” que se perdeu, isto é, preservar não serve para alimentar uma simples nostalgia, mas sim manter um diálogo entre passado e presente como um suporte das identidades individuais e coletivas de uma sociedade. Compreender a preservação do patrimônio é conhecer a história e a memória suscitadas a partir de lembranças evocadas pela existência desse patrimônio, e a preservação dos chamados lugares de memória deve possuir um sentido para a coletividade, ou seja, o patrimônio histórico deve ter um papel social, e não servir apenas de exaltação dos nomes daqueles que os construíram. Por isso o estudo desses lugares pode e deve ser significativo para a construção de saberes históricos (Rolim, 2013).

Conservando estilos e formas, memórias da vida comum, cotidiana, que vivia a

sociedade em determinado espaço de tempo, a preservação de bens patrimoniais deve ter por objetivo dar continuidade a história, pois o valor do objeto a ser preservado será sempre considerado pela sua importância, seja pelo valor do material de que é composto, seja por uma herança histórica ligada a uma personalidade ilustre e por isso mesmo dominadora. A conservação de bens patrimoniais deve ter por objeto edificações que tenham um significado coletivo para determinada comunidade, pois se perpetua a memória de uma sociedade preservando-se os espaços utilizados por ela na construção de sua história. Uma política de preservação não pode ter como objeto apenas a preservação dos bens patrimoniais em si, embora as situações em que essa política muitas vezes é estabelecida a forcem a isso (Fonseca, 2003).

Nesse contexto, este trabalho apresenta um estudo sobre parte do patrimônio histórico, arquitetônico e urbanístico do estado do Ceará, destacando as cidades de Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral e Viçosa do Ceará.

### **3.1.1 *Beberibe***

Segundo a tradição oral, as primeiras expedições de portugueses religiosos e militares chegaram ao local no século XVII, devido ao naufrágio de uma embarcação portuguesa. Iniciando os processos de aldeamento e catequização dos índios, e a proteção contra invasões de outros europeus.

De acordo com o IBGE, as terras das sesmarias concedidas ao capitão Domingos Ferreira Chaves, João Carvalho Nóbrega, Manuel Nogueira Cardoso e Sebastião Dias Freire, firmaram a localidade da cidade de Beberibe como um núcleo urbano português, em 16 de agosto de 1691.

Em 1875, na área doada por Brasiliano Ferreira de Araújo, foi erguida a igreja que deu origem ao povoado, sede do Município atualmente. Em decorrência da riqueza oriunda da cana de açúcar, o que ocasionou um expressivo desenvolvimento econômico, por certo tempo, Beberibe recebeu o nome de Vila Real. Com a falência dos engenhos devido a decadência da indústria da rapadura, essa denominação ficou apenas na memória de seus antepassados.

De acordo com Sebok (1974), antes da chegada da civilização, parte do seu território era conhecido por Uruanda. Os índios, entre eles os Potyguara e os Jenipapo-Kanyndé, primeiros habitantes, foram os responsáveis por esta denominação. Catequizados,

extintos ou simplesmente expulsos, os últimos índios de Beberibe foram apreendidos na Lagoa Achada e levados para o aldeamento de (São Sebastião da) Paupina, Mecejana (Messejana), um bairro de Fortaleza.

Beberibe já foi distrito de Cascavel, século XIX, com o nome de Sítio Lucas, por oferecer melhores condições de povoamento. A data de criação do Município, 5 de julho de 1892, se dá pela sua primeira autonomia política, sendo instalado em 18 de setembro de 1893. Em 1920, tornou-se novamente distrito de Cascavel, voltando a ser reinstalado (autonomia) em 21 de outubro de 1926. Cinco anos depois, em 20 de maio de 1931, novamente foi reduzido à condição de distrito de Cascavel. Restaurado definitivamente, em 22 de novembro de 1953, como município, e instalado oficialmente a 25 de março de 1955. Nesta última autonomia conquistada merece destaque, dentre outros, o desembargador Boanerges de Queiroz Facó (REMÍGIO, 2017).

Situada a 79 km da capital, Fortaleza. A cidade possui uma biodiversidade privilegiada, além do litoral mais disputado da costa leste do Estado. Suas dunas, falésias, coqueirais, fontes naturais, riachos, córregos, um mar de águas límpidas e mornas, e uma rica vegetação diversificada são verdadeiros cartões postais cearenses. Cenário para a locação de filmes e comerciais.

### 3.1.1.1 Monumentos tombados – Beberibe

Figura 1 - Igreja Matriz da Sagrada Família

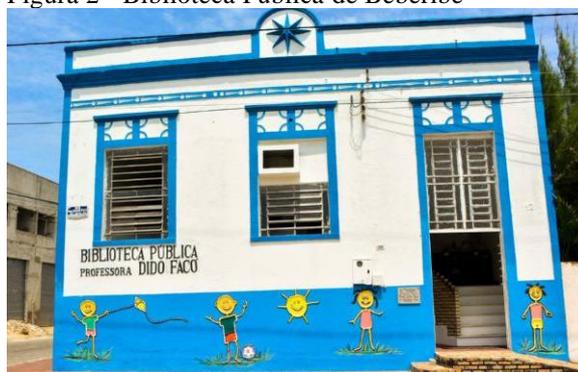


Fonte: Colégio Mazé Bessa (2019).

Dentre os bens históricos de Beberibe, está a Igreja Matriz da Sagrada Família. Segundo conta a tradição popular, quando houve um naufrágio onde na embarcação estava a

Dona Maria Calado, devota da Sagrada família, no desespero do momento fez uma promessa, se chegasse à terra com vida faria uma capela em nome de Jesus-Maria-Jose. Assim sendo, chegou à praia de Morro Branco onde se fez moradora, construiu ali a capela Jesus-Maria-Jose como prometida, tempos depois Ferreira de Araújo, neto de Baltazar Ferreira constrói outra capela com a mesma devoção na cidade de Beberibe, que com uma grande reforma promovida por Baltazar Ferreira tornou-se a Igreja matriz da cidade de Beberibe (PARÓQUIA DE BEBERIBE, 2011).

Figura 2 - Biblioteca Pública de Beberibe



Fonte: Prefeitura de Beberibe (2018).

Outro importante monumento histórico é a Biblioteca Pública Professora Dida Facó, que funciona na antiga Casa de Câmara e Cadeia do município.

### 3.1.2 Fortaleza

Segundo o IPHAN, o processo de expansão de Fortaleza (CE) e do aumento de sua população intensificou-se a partir da década de 1950. Tornando-a uma das principais cidades brasileiras. O núcleo original de Fortaleza é do século XVII. Sua origem se deu com o intuito de estabelecer, no local, um forte para defender a região contra estrangeiros e facilitar o contato de Portugal com as terras da Região Norte. Durante o período colonial, holandeses dominaram a província, interrompendo o domínio português.

Fortim São Sebastião, a fortaleza que originou à cidade, começou a ser construído em 1612, na barra do Rio Ceará, pelos colonizadores portugueses. Durante anos, foi o centro de confrontos dos portugueses contra indígenas e holandeses. Em 1812, recebeu o nome de

Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção e, em 1910, perdeu as funções militares e se transformou em monumento histórico. (IPHAN, 2014)

Percorrendo o Centro Histórico, o centro de Fortaleza caracteriza tanto um bairro da capital cearense, quanto a região em que ele está inserido. Abrigando os prédios mais antigos da cidade.

Uma das principais atividades econômicas de Fortaleza é o turismo. “O Centro é um barril de cultura, um barril histórico”, como explica o professor universitário e turismólogo Gerson Linhares (2018), sobre o patrimônio da capital cearense. “É imprescindível a beleza dos seus 34 km de praia, porém Fortaleza também possui um patrimônio que vem sendo preservado desde o século XVIII, obras que contam séculos de história, com inúmeras edificações, monumentos, praças, e equipamentos culturais.”

Reconhecidos como patrimônio nacional, em 1964, o Teatro José de Alencar, que recebeu o nome em homenagem ao escritor e romancista José de Alencar (autor dos livros *Iracema* e *O Tronco do Ipê*), e a casa do escritor, construída no século XVIII, estão entre os bem tombados pelo IPHAN na capital.

Ofuscada por seu litoral, os visitantes não exploram a própria cidade, tão pouco seu patrimônio. Contudo, além de patrimônio histórico, é também uma questão cultural, pois trata-se da culinária tradicional, as feiras ao ar livre, o artesanato oriundo de mais de 184 municípios diferentes do interior do estado.

Atualmente, existem várias formas de conhecer o conjunto arquitetônico e urbanístico de Fortaleza. Partindo da Praça do Ferreira, no coração do Centro de Histórico, existem diversos roteiros diferentes, passando por lugares como o Teatro José de Alencar, construído em 1910 com uma arquitetura *Art Nouveau*, ou o Cine São Luiz, um cartão-postal da cidade idealizado por Luiz Severiano Ribeiro. As praças também são pontos de parada. Só no Centro da capital existem 32, como o Passeio Público, do final do século XIX, que remonta ao período da *Belle Époque* em Fortaleza.

Observando como esses lugares eram há décadas, é possível atentar quais foram as principais mudanças arquitetônicas naquelas praças e edificações ao longo da história. Outra forma de explorar a cidade é através de seus personagens, como a romancista Rachel de Queiroz e o escritor José de Alencar, colocando na prateleira os grandes vultos da literatura, da política e das artes plásticas que estão presentes na cultura da cidade.

Descobrimo cada pedaço da cidade, é possível entrar em alguns dos prédios,

igrejas e museus pelo caminho. Constatando a vivência e as riquezas daquela terra. Incentivando o turismo cultural e a valorização do patrimônio.

A história dessa cidade precisa ser reconhecida, valorizada e divulgada pelo maior número de pessoas possível. Fortaleza também faz história.

Figura 3 - Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção (CE)



Fonte: IPHAN.

### 3.1.2.1 Monumentos tombados – Fortaleza

Figura 4 - Estação Ferroviária Dr. João Felipe



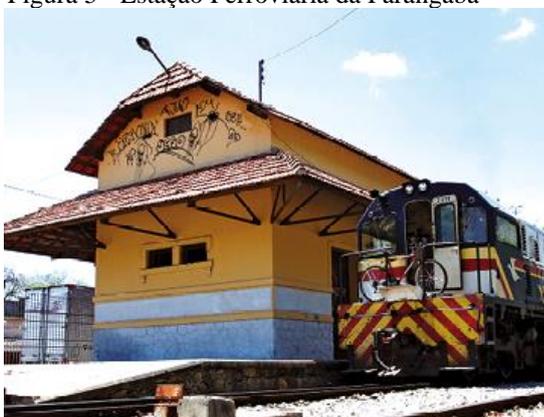
Fonte: Rubens et al. (2019).

Dentro os bens tombados do século XX, a Estação Ferroviária João Felipe foi inaugurada em 1873 com o nome de Estação Central, sendo projetada pelo engenheiro Henrique Foglare, após dois anos de obras. A atual titularidade foi outorgada pelo Dr. José Linhares, presidente do Supremo Tribunal Federal do Brasil e natural de Baturité, Ceará, em

1946, em homenagem ao engenheiro ferroviário, João Felipe, natural de Tauá.

Através das visitas realizadas à edificação constatou-se que o método de construção em alvenaria portante utilizou tijolos cerâmicos maciços. Visando a preservação da estação, a edificação foi classificada no ano de 1980 pelo Programa de Preservação do Patrimônio e em 1983 pelo Estado do Ceará. Atualmente a estação passa por medidas de reabilitação com o objetivo de abrigar a exposição de projetos culturais e de preservação de patrimônios históricos, sendo de responsabilidade do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN.

Figura 5 - Estação Ferroviária da Parangaba



Fonte: Anuário do Ceará (2019).

Inaugurada em 1873, a estação recebeu o nome de Arronches, nome este do antigo município que a abrigava, anexado a Fortaleza em 1920. Arronches passaria a ser conhecida como, Parangaba, somente em 1944. A estação, construída após a Estação Central, foi a segunda do estado do Ceará.

Tombada em 2007, para manter a sua estrutura original intacta, na obra de construção do metrô de Fortaleza (Metrofor), o prédio foi rebaixado em três metros e meio, permitindo que a linha passe por cima da velha estação.

Figura 6 - Casa do Barão de Camocim



Fonte: Mapa cultural do Ceará (2015).

Como um presente do comerciante Geminiano Maia, o Barão de Camocim, para a esposa francesa Rose Nini Liabastre, a baronesa de Camocim, o casarão foi construído da década de 1880, em estilo renascença, a edificação localiza-se em frente à Praça Clóvis Beviláqua, local de importantes reuniões entre a elite da época.

Por meio do Decreto Municipal 12.304, reconhecendo seu valor simbólico, histórico e cultural, a edificação foi tombada como patrimônio municipal em 2007.

Figura 7 - Mercado dos Pinhões



Fonte: Anuário do Ceará (2019).

Fabricada na França, a estrutura do Mercado de Ferro, trata-se de uma estrutura portátil que pode ser montada, desmontada e transportada para diferentes lugares.

Inaugurado em 1897, seu primeiro endereço foi a Praça Carolina, hoje chamada de Waldemar Falcão. Em 1938, a estrutura foi desmembrada. Uma de suas metades tornou-se a estrutura do Mercado dos Pinhões; a outra está na Aerolândia. Após a reforma, o Mercado dos Pinhões, chamado de Mercado das Artes e Mercado da Carne, tornou-se um palco para a cultura. Sua programação inclui manifestações afro-brasileiras, dança, música, literatura e fotografia (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2017).

Figura 8 - Santa Casa da Misericórdia



Fonte: Anuário do Fortaleza (2012).

Idealizada ainda no início do século XIX por Dom João da Purificação Marques Perdigão, bispo de Recife e Olinda, somente em 1847, deu-se a construção do hospital no Largo do Paiol, em terreno doado por Dona Maria Guilhermina Gouveia. O espaço era denominado, em 1824, de Largo da Misericórdia e Praça dos Mártires, em virtude da Confederação do Equador, reconhecido atualmente por Passeio Público (1880). Os recursos foram oriundos de doações da corte imperial do Rio de Janeiro para ajudar a sanar os problemas sociais e políticos causados pela seca de 1845, e por ordem do presidente da Província, Ignácio Corrêa Vasconcelos (ANUÁRIO DO CEARÁ, 2019).

Denominada a princípio como Hospital da Caridade, sua estrutura com apenas um andar térreo foi concluída em 1857. Por motivos financeiros, após essa data a casa de saúde passou cerca de quatro anos fechada, disponibilizando salas para o Liceu do Ceará. Ao longo de sua história, implementou e abrigou uma maternidade (1928), um serviço de pronto-socorro (1932-1936), o hospital escola da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará (UFC – 1957) e um ambulatório de prevenção do câncer ginecológico (1992), entre outros serviços aliados aos processos de cura de caráter missionário, religioso e medicinal. A instituição filantrópica continua em atividade, apesar das constantes crises (ANUÁRIO DO CEARÁ, 2019).

### **3.1.3 Icó**

O centro histórico de Icó retoma o período colonial, seu conjunto arquitetônico e urbanístico é considerado pelo IPHAN, como o melhor da arquitetura tradicional realizada no Ceará, inclusive no âmbito popular.

Reconhecido, em 1998, Icó veio a ser a primeira cidade a obter este tipo tombamento (conjuntos urbanos protegidos pelo IPHAN). De acordo com os registros do IPHAN, o Processo de Nº 968-T-1978 foi inserido no Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico: Insc. Nº 118, de 04/12/1998 e 05/10/2015, e no Livro do Tombo Histórico: Insc. Nº 551, de 04/12/1998 e 05/10/2015. (IPHAN, 2015)

De acordo com IPHAN (2014), Icó conta com um centro histórico bastante expressivo, concentra seu patrimônio e o acervo de maior relevância em suas principais ruas, estas delimitadas pelo desenho urbano imposto pelo regime da Coroa Portuguesa, no século XVIII. A simplicidade em suas obras é imprescindível, assim com toda a arquitetura ancestral produzida na antiga Província do Ceará. A área delimitada para proteção possui um precioso acervo arquitetônico com, aproximadamente, 320 imóveis, conservados com bastante integridade.

Sua formação se deu basicamente por portugueses e franceses, herdando uma arquitetura com características próprias da Região Nordeste, rica no estilo barroco e com linhas do neoclássico francês, notando-se a capacidade dessa arquitetura de adaptar o repertório básico da arquitetura brasileira do período colonial ao meio agreste e à escassez do sertão. Centralizando o caminho das boiadas, Icó progrediu bastante durante a exploração do ouro e a produção do charque, nos séculos XVIII e XIX, como importante mercado comercial do interior da Província do Ceará. Datam desse período inúmeras construções que permanecem até os dias atuais, como a construção de igrejas, da cadeia, do mercado e de sobrados com belos azulejos portugueses, verdadeiros documentos históricos da ocupação do sertão nordestino pela pecuária. (IPHAN, 2014)

Seu progresso enfraqueceu com a queda da exportação dos produtos provenientes da criação de gado, em consequência das sucessivas secas e da entrada no mercado nacional do gado criado nas pastagens do Sul e Sudeste do Brasil.

O declínio econômico e político teve sua contribuição para a preservação de grande parte do patrimônio arquitetônico e urbanístico da cidade. Poucando o núcleo histórico de maiores alterações, a nova área de expansão urbana surgiu a leste do rio Salgado. Uma das suas características é o traço marcante do urbanismo colonial da região, seu valioso acervo arquitetônico encontra-se conservado, em sua maior parte, apesar da descaracterização na paisagem, testemunho da ocupação do sertão nordestino (IPHAN, 2014).

A história de Icó, inicialmente, data-se do século XVIII, onde a região era habitada por tribos indígenas que se opuseram veemente aos colonizadores. Entre as serras do Pereiro e os amplos sertões do Cedro, o capitão-mor Gabriel da Silva Lago mandou suspender uma paliçada de defesa e proteção dos moradores da ribeira do rio Salgado contra as ofensivas dos índios. Neste local, surgiu um arraial, a atual Icó. Após confrontos sangrentos entre sesmeiros<sup>1</sup>, colonizadores e indígenas, o padre João de Matos Serra, prefeito das Missões, obteve a conciliação. (IPHAN, 2014)

Com o fim dos conflitos, o Arraial da Ribeira dos Icó se desenvolveu nos arredores da Capela de Nossa Senhora da Expectação. O povoamento e o desenvolvimento da região couberam às famílias Monte e Feitosa, que desfrutavam de grande prestígio e dominavam vastas áreas do território. Em 1736, o arraial foi elevado à categoria de vila, transformando-se em Vila do Icó (PREFEITURA DE ICÓ, 2019).

Situada em uma área maior progresso da Capitania do Ceará, um ponto estratégico do cruzamento de duas importantes vias de comunicação colonial: a Estrada das Boiadas ou dos Inhamuns (ligação do Ceará com o Piauí e a Paraíba) e a Estrada Geral do Jaguaribe, que ligava o Ceará a Pernambuco (Porto de Aracati-Icó-Cariri). Também convergia para Icó, a Estrada Nova das Boiadas que provinha de Sobral e percorria o sertão central do Ceará.

Posteriormente, em meados do século XVIII, Francisco Monte ergueu a Capela de Nossa Senhora do Ó (padroeira do povoado), marcando o período em que a vila alcançou um grande desenvolvimento econômico promovido pela pecuária, em todo o Nordeste. A vila funcionava como um enérgico centro de comercialização do gado mediante sua posição de polo coletor e distribuidor no sertão. Fruto desta prosperidade é o conjunto de sobrados construídos no núcleo histórico. No século XIX, como um dos centros comerciais e culturais mais importantes do Ceará, a vila foi elevada à condição de cidade, em 1842.

### *3.1.3.1 Monumentos tombados - Icó*

---

<sup>1</sup> Encarregado de distribuir as sesmarias.  
Magistrado Português que dividia e distribuía as sesmarias.  
Aquele que recebeu uma sesmaria para cultivar.  
Aquele a quem era doada uma sesmaria.

Figura 9 - Teatro da Ribeira do Icó



Fonte: Anuário do Ceará (2019).

Construído no século XIX (1860) pelo médico francês Doutor Pedro Thebérge, é o mais antigo teatro do Ceará, guardando características neoclássicas. Palco de espetáculos cinematográficos durante anos, acabou sofrendo algumas descaracterizações. Praticamente em ruínas, sua cobertura chegou a ser totalmente destruída. Listado no Programa Cidades Históricas, a parte posterior do edifício, ou de complemento, foi alterada, conferindo ao prédio feições hoje predominantes. O teatro foi totalmente recuperado no período entre 1979 e 1980, e tombado definitivamente pelo IPHAN, em 1983 (DIÁRIO DO NORDESTE, 2012).

Figura 10 - Casa de Câmara e Cadeia



Fonte: IPHAN (2014)

Localizada na Praça da Matriz, e uma das maiores e mais importantes do estado do Ceará, a edificação detém um sistema original de grades de ferro para isolamento das celas. Construída entre fins do século XVIII e início do século XIX, hoje é a Cadeia Pública e Fórum.

Devido à utilização do barro para seus alicerces, sua construção foi paralisada em 1780, e retomada pelo capitão Roberto Correia da Silva, em 1800, utilizando pedra e cal. Posteriormente, seria transformada em Capela de Nossa Senhora da Expedição (1862), servindo como enfermaria para as vítimas da epidemia de cólera. No pátio, estão a capela e dois alojamentos para soldados.

### **3.1.4 Irauçuba**

O Município de Irauçuba está localizado no Sertão Centro Norte do Estado do Ceará, com uma área de 1.451 km<sup>2</sup>. Sua população atual é de aproximadamente 23.000 habitantes. A cidade tem em suas áreas limítrofes os municípios de Mirafíma, Canindé, Tejuçuoca, Itapajé e Sobral. (MOTA, 2006)

A cidade teve grande importância na rota agrícola e pecuária do estado, participando efetivamente do crescimento de Sobral. Distante da capital, Fortaleza, 149 km, o acesso ao município se dá pela BR-222. Devido ao clima semiárido na maior parte do ano, a vegetação predominante é a caatinga.

Numa planície, cercada por uma cadeia de montes ao longe, terras entre as serras de São Caetano, Uruburetama e das Lanchinhas, e os morros de Missi e do Urubu, habitadas por diversas etnias tupis e tapuias, antes de consistir o povoado de puras características do sertão, que se desenvolveu ao redor da capela de São Luiz de Gonzaga, surgiu a povoação denominada, de início, Cacimba do Meio. (ARAGÃO, 1994)

A história de Irauçuba teve início com a compra da Fazenda Cacimba do Meio, em 1812, pelo Sr. Luís da Mota e Melo e seu irmão Herculano Rodrigues Mota. Oriundos de Pernambuco, os irmãos e famílias chegaram ao local passando por várias dificuldades, encontrando uma faixa de terra coberta de mata brava e totalmente desabitada. Luis da Mota e Melo e sua comitiva fizeram seu rancho debaixo de um pé de juazeiro (o juazeiro ficava onde hoje é a atual Igreja Matriz e a Casa Paroquial). O local que deu origem à cidade de Irauçuba foi este juazeiro. (IBGE, 2017)

A primeira casa, única feita de tijolos na época, pertencia a Luis da Mota e Melo, onde hoje tem a honra de possuir uma rua em seu nome; depois, foram construídas várias casas de taipa por seus irmãos, estas que seriam habitadas por moradores que vinham de

longe, à margem da estrada real, uma carroçal<sup>2</sup> que ligava Fortaleza a Sobral, hoje BR-222. A casa de Luis da Mota e Melo foi um rancho de repouso para todos os viajantes que aqui passavam.

Segundo Mota (2006), a localidade recebeu o nome de “Cacimba do Meio”, que prevaleceu até junho de 1899, quando Álvaro de Alencar, desembargador e juiz de Itapajé, comandou um movimento popular, mudando a antiga denominação para a atual, que, na língua tupi antiga, significa "amizade". Contudo, segundo outros relatos, esta denominação se deu pelo fato que, de acordo com a língua indígena Irauçuba também significa “mel de abelha”, e achavam que a residência de Luís da Mota e Melo parecia-se bastante com uma colmeia, pois a mesma, era cheia de filhos, netos, noras, genros e viajantes que lá se hospedavam, por isso a ideia de colocar este nome.

Dentre as famílias fundadoras de Irauçuba, estão: Mota, Bastos, Braga, Vasconcelos, Ramos, Salustiano, Domingues, Bezerra, Araújo, Azevedo, Barbosa, Melo, Gomes, Rodrigues, e a Cavalcante.

Irauçuba que figurava como distrito de São Francisco, este que em 1943 muda seu nome para Itapajé, tornou-se município de Irauçuba em 20 de maio de 1957, pela a Lei Nº 3.598, emancipando-se politicamente, desmembrando-se do município de Itapajé e passando à categoria de cidade.

Algumas edificações, principalmente o casario que originou a cidade, até hoje desempenham grande importância em seu registro histórico.

### **3.1.5 Sobral**

Apontado como Monumento Nacional, e reconhecido por seu valor histórico-cultural, o centro histórico de Sobral convida a um cenário que encanta moradores e visitantes.

A Cidade, margeada pelo rio Acaraú e ao pé da Serra da Meruoca, além das belezas naturais que atribuem relevância ao seu patrimônio, conserva um conjunto arquitetônico, protegido por lei, que abriga 1.247 imóveis dos séculos XVIII, XIX E XX, contemplando igrejas, sobrados, casarões antigos e praças bem cuidadas no centro histórico da

---

<sup>2</sup> Palavra cearense, usada quando se fala sobre estradas, ou seja, são estradas de terra, barro, areia e pedra.

cidade. Segundo os registros do IPHAN, O Processo Nº 1379-T-1997 foi inserido no Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico: Insc. Nº 123, de 23/06/2000 e no Livro do Tombo Histórico: Insc. Nº 558, de 23/06/2000. Esse conjunto fez com que o sítio histórico de Sobral fosse tombado como Patrimônio Nacional pelo IPHAN, em 12 de agosto de 1999. (IPATRIMONIO, 2015)

Segundo uma publicação de O POVO (2017), na gestão do então prefeito Cid Gomes, em 1997, o arquiteto Antônio Carlos Campelo e sua equipe, foram os responsáveis pelo levantamento e a delimitação de áreas de valor histórico e cultural de Sobral, necessários para a solicitação de tombamento junto ao IPHAN. O pedido, embasado por mapeamentos, relatórios e fotografias, foi aceito por unanimidade pelos conselheiros do instituto.

A proteção do seu conjunto arquitetônico e urbanístico é definida por uma poligonal que compreende uma área total de 5,33 km. A arquitetura dispõe de estilos diferenciados, com um patrimônio rico e variado onde se destacam, o Neoclássico (Teatro São José), Barroco (Sé Catedral), Colonial (Casa do Capitão-Mor), *Art Déco* (agência dos Correios e Telégrafos) e *Art Nouveau* (residências da rua Lúcia Sabóia), entre outros.

O tombamento, que garante a continuidade da história visual de formação da cidade, também busca preservar e proteger esses bens e seu sítio histórico, abrindo espaço para ampliação do planejamento urbano, norteando futuras intervenções e guiando para que a cidade se desenvolva de forma ordenada, respeitando sua história. Com grande repercussão, não só em nível local e estadual, mas nacionalmente, afora o reconhecimento público do valor histórico-cultural do município, o tombamento do Centro Histórico de Sobral efetivou uma grande conquista. (COELHO NETO, 2000)

No pacote de reformas realizadas nos anos seguintes ao tombamento, foram executadas obras na área de preservação do sítio histórico e seu entorno, como a restauração do Teatro São João e da Casa do Capitão-Mor; requalificação do Largo das Dores; reforma do Boulevard do Arco; urbanização da margem esquerda do rio Acaraú; e criação da Escola de Comunicação, Cultura, Ofícios e Artes (Ecoa), que ocupou antigos galpões de uma fábrica (UECE, 2016).

Estimulando a ocupação dos espaços públicos, algumas melhorias, como a criação de parques (Parque da Cidade e Parque Mucambinho) e a reforma de praças, somam-se ao conjunto turístico, cultural e de lazer, beneficiando a relação da população com a cidade. Os moradores passaram a se apoderar ainda mais do espaço em que vivem. Em alguns trechos do

centro histórico, as calçadas foram alargadas e padronizadas, o asfalto quente deu lugar a blocos intertravados de concreto, que ajudam a filtrar a água das chuvas, proporcionando uma melhoria climática para minimizar o efeito do calor, tornando o passeio mais agradável. Outra ação é a internalização em dutos, da fiação elétrica e telefônica de todos os postes do Sítio Histórico, diminuindo a poluição visual, recebendo novas as luminárias de estilo colonial.

No início, devido ao fato que, na área preservada, apenas após a análise do IPHAN e da Prefeitura que podem ser realizadas alterações em edificações particulares, o que acarretou descontentamento em alguns moradores. Mas isso se deu apenas no início. Depois, a população começou a apoiar 100%, sem restrições. Construindo uma espécie de autoestima e amor próprio, que são muito característicos da cidade. Sobral tem zelo por sua importância histórica, econômica e política. Hoje, se tiver algo errado, alguém derrubando um imóvel, as pessoas já ligam para os órgãos competentes denunciando (O POVO, 2017).

O reconhecimento da importância do patrimônio de Sobral não é de hoje. Segundo Liberal de Castro<sup>3</sup> (1973), seus espaços urbanos, considerados como conjunto, dispõem-se em harmonia, os velhos traçados medievais lusitanos se misturam com as novas formas, estas difundidas sistematicamente a partir da época do Marquês de Pombal, das cidades de xadrez.

O escritor cearense Antônio Bezerra Menezes havia feito seu relato décadas antes, em 1884, no livro *Notas de Viagem - Norte do Ceará*. “As esquinas das ruas e travessas não terminam como nas outras localidades, mas se erguem em frontão, simulando andar superior com portas e grades de ferro, defronte um do outro, e pela altura das paredes dão à paisagem ar elegante e imponente. Esta originalidade por si torna Sobral uma cidade excepcional, atrativa e grandiosa.”

Promovendo o turismo, os recursos arrecadados, por meio de uma parceria do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) com os governos Municipal, Estadual e Federal, representam a maior intervenção em áreas históricas do Nordeste do País. Com um olhar voltado ao turismo histórico, essas obras incorporam não apenas a valorização de monumentos tombados, mas a melhoria da qualidade de vida da população, inclusive, no que se refere à acessibilidade.

Ao longo dos anos, por meio desses investimentos, o Sítio Histórico, além de seus monumentos, com edificações de estimado peso cultural, tem obtido uma importante

---

<sup>3</sup> Estudioso da arquitetura e do urbanismo colonial cearense.

valorização de sua área. É notório que com essas mudanças, oferecendo mais locais de visitação, a cidade atrai mais pessoas, gerando renda para o município.

Um projeto lançado pelo Banco do Nordeste (BNB), em dezembro de 2016, tinha o objetivo de financiar, mediante o preenchimento de alguns requisitos, a reforma de imóveis privados para aquelas proprietários de comércios, ou pessoas residentes dentro do perímetro histórico, disponibilizando o valor total de R\$ 1,8 milhão para os trabalhos de requalificação predial, que incluíram alvenaria e parte elétrica. (O POVO, 2017)

Percorrendo o Centro Histórico, seguindo os caminhos apresentados no livro Sobral Solar (2015), o passeio pelo centro histórico de Sobral nos revela um verdadeiro acervo que conta a história da cidade.

Começando por um dos monumentos que mais caracterizam a cidade, Arco do Triunfo de Nossa Senhora de Fátima, projetado por Falb Rangel, substituiu, em 1953, o antigo Cruzeiro ou Cruz das Almas, que marcou a passagem peregrina de Frei Vidal da Penha em suas andanças pelos sertões nos fins do século XVIII.

No centro da cidade, a praça São João é rodeada de cultura e de história, erguendo o imponente Teatro São João, construído entre 1875 e 1880, palco de apresentações de várias companhias vindas da Europa, desembarcadas no porto do Camocim e transportadas até Sobral pelos trens da Estrada de Ferro. Nos arredores da praça, destacam-se a Igreja do Menino Deus, o Museu Dom José, o prédio da Escola de Música e o sobrado que sedia a Casa da Cultura.

Boa parte do casario centenário encontra-se ao descer pela avenida Dom José, como o imenso sobrado onde fica o Colégio Sant'Ana, que foi residência do senador Paulo Pessoa e do próprio Dom José. Se deparando mais abaixo, com o prédio onde funcionou a Academia Sobralense de Estudos e Letras. Ainda na mesma avenida, destaca-se a Praça Dr. José Saboya de Albuquerque, com a nova Coluna da Hora, onde funcionou o antigo mercado.

Bem próximo, no centro da cidade, se localiza o famoso Becco do Cotovelo e a Igreja do Rosário, da antiga Irmandade de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos.

Outro monumento é o Palace Club, que, no passado, serviu aos bailes e festas da aristocracia sobralense. Hoje Palácio de Ciências e Línguas Estrangeiras.

Com seus casarões em estilo Art Nouveau, a Praça João Pessoa é outro espaço a ser apreciado. Da mesma, bifurcam-se diversos caminhos. Um deles é a Praça do Patrocínio,

onde se localiza a igreja de mesmo nome e onde se pôde comprovar a Teoria da Relatividade, de Albert Einstein, em 1919. Hoje, o local também abriga o Museu do Eclipse. É nessa área que também fica o prédio onde funciona o Centro Educacional Maria Imaculada, com seus azulejos portugueses.

### *3.1.5.1 Monumentos tombados - Sobral*

Segundo o IPHAN, no antigo conjunto arquitetônico de Sobral, entre as edificações religiosas remanescentes, destacam-se a Igreja de São Francisco, a Igreja da Nossa Senhora do Patrocínio, a Igreja do Menino Deus (erguida por duas irmãs Carmelitas no começo do século XIX), a Igreja de São José do Sumaré, e a Igreja de Nossa Senhora das Dores.

Figura 11 - Teatro Municipal São João



Fonte: Diocese de Sobral.

Começou a ser construído em 1875, sob a inspiração do estilo neoclássico, é um dos raros exemplos brasileiros do período. Inaugurado em 1880, sua finalidade era promover o desenvolvimento cultural da cidade. Esse teatro, juntamente com o Teatro José de Alencar, em Fortaleza, e o Teatro da Ribeira dos Icós, em Icó, formam a tríade dos teatros-monumentos existentes no Ceará. A Praça do Teatro São João é um dos mais importantes espaços culturais de Sobral.

Figura 12 - Museu Diocesano Dom José de Sobral



Fonte: Diocese de Sobral.

Possuindo um acervo com mais de trinta mil peças, é considerado o quinto museu mais importante do Brasil em arte sacra e decorativa, pelo Conselho Internacional de Museus (Icom). Fundado em 1951 e inaugurado em 1971, o Museu Diocesano, atual Museu Dom José, está instalado num palacete de estilo luso-brasileiro construído em 1844 pelo major João Pedro Bandeira de Melo, e conserva a memória de Sobral e dos municípios norte-cearenses.

### **3.1.6 Viçosa do Ceará**

De acordo com Viana (2015), em 2002, por iniciativa da 4ªSR/IPHAN<sup>4</sup>, foram iniciados os tramites do Processo Nº 1496-T-2002 no Livro do Tombo Histórico do IPHAN, que tratava do requerimento de reconhecimento como patrimônio nacional do “sítio urbano” de Viçosa do Ceará. Inscrito no Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico, em 02/2005.

Tombado por sua importância cultural, em 2003, seu conjunto histórico e arquitetônico é um dos mais importantes aldeamentos indígenas do Brasil do século XVIII, guardando vestígios que remontam o passado colonial. A cidade, concebida sobre o desenho urbano do século XVIII, consolidou-se entre fins do século XIX e início do século XX, sendo o testemunho vivo de três séculos de história do local.

Primeiro município originado na Serra da Ibiapaba, aquele aldeamento indígena católico, onde os jesuítas, em pleno trabalho de catequese dos índios, ergueram a magnífica Igreja da Nossa Sra. da Assunção e ocorreu a fundação da Aldeia da Nossa Senhora da Assunção, conhecida também como Aldeia da Ibiapaba, futura cidade de Viçosa, cuja

---

<sup>4</sup> 4ª Superintendência Regional do IPHAN, atual Superintendência Estadual do IPHAN no Ceará.

fundação é datada de 1700, estabeleceria esse trecho urbano do interior cearense como um importante capítulo da história da ocupação colonial. (VIANA 2016)

Seus trezentos anos, sendo a edificação da igreja mais antiga que se tem conhecimento no Ceará, atribuem grande relevância ao patrimônio nacional. Importância esta, estendida em seus contornos. Como matéria de requerimento de tombamento federal, para além do aspecto da religiosidade, foram ressaltados características e elementos formais, em torno dos quais valores estéticos se agregam. Assim, na medida da tramitação do processo, para além de templo, lugar de prática religiosa, aquela Igreja Matriz se tornava lugar “da arte”, bem como lugar “da história”.

Portanto, pode-se dizer que o olhar inicialmente originado aquela edificação religiosa, como elemento central do conjunto urbano, gerou o interesse pela composição de um “conjunto histórico e arquitetônico”. Viana (2016) relata que o processo de “*patrimonialização*” que se foi ambientando naquela cidade exerceu influências também sobre os usos do espaço urbano. De certo modo, este posicionamento recria uma configuração para a cidade. Sustentada sobre determinada apropriação do espaço, essa configuração (re)fundamenta ruas, praças e imóveis selecionados, congregando-os como lugar de uma, também selecionada, memória.

Delineando uma poligonal de tombamento que envolve, em seu entorno, a Igreja Matriz de Nossa Senhora da Assunção, esta que deu origem a Aldeia da Ibiapaba, uma das principais missões jesuítas do Brasil, no século XVIII, o perímetro tombado corresponde, em linhas gerais, a praça Clóvis Beviláqua (Praça da Matriz), nomeada devido ao ilustre cidadão viçosense, o jurista Clóvis Beviláqua, e seu patrimônio arquitetônico colonial, e General Tibúrcio, agregando ainda trechos de ruas adjacentes, preservando o panorama paisagístico que envolve a igreja. (VIANA 2015)

Ainda segundo Viana (2015), nesse contexto, quando se toma a igreja como “componente central”, é instituída uma conexão entre dois personagens históricos especificamente identificados naquele trecho: índios e colonizadores, e o “conjunto arquitetônico”.



Figura 14 - Igreja Matriz de Nossa Senhora da Assunção



Fonte: Paróquia Nossa Senhora da Assunção.

Construída pelos jesuítas, entre 1691 e 1700, é a mais antiga do estado do Ceará. Parte do seu acervo móvel e integrado continua preservado, contudo, ao longo dos anos, devido a mudança de párocos, a igreja, em estilo barroco e fachada eclética, sofreu reformas e foi sendo descaracterizada, perdeu o altar do coral, e houve a inclusão de cerâmicas em seus interior e pedras na fachada. Os painéis do teto, que representavam os sete pecados capitais, desabaram em 1917, restando apenas os pintados na altar-mor.

Figura 15 - Igreja de Nossa Senhora das Vitórias



Fonte: Diálogos Políticos.

Também conhecida como Igreja do Céu, foi construída pelo Monsenhor José Carneiro da Cunha em conjunto com a população viçosense, e dedicada à Nossa Senhora das Vitórias. Inaugurada em 14 de agosto de 1938, sendo batizada pelo bispo de Sobral Dom José Tupinambá da frota.

Um ano após sua inauguração (1939) foi construído o Cristo Redentor, obra esculpida pelo italiano Agostinho Ódisio Baomé. Existem duas maneiras para se chegar ao local da igreja: uma subida que somam 334 degraus ao todo, ao redor das margens das 15 estações da via sacra, representando o martírio de Jesus Cristo, e acessível pela estrada asfaltada às margens do cemitério municipal.

Neste ano de 2019, devido a fortes chuvas, a estrutura da torre do Cristo não suportou seu peso e tombou. Considerada um marco na identidade cultural e histórica de Viçosa, atualmente a igreja passa por uma reconstrução afim de recuperar suas características originais e manter sua história.

Figura 16 - Teatro D. Pedro II



Fonte: Site da Prefeitura de Viçosa do Ceará.

Sendo um dos mais antigos do Ceará, construído em 1909 e, tombado pelo IPHAN, em 2003, a edificação preserva traços da arquitetura civil do início do século XX. Antes mesmo de sua inauguração, a cidade já era palco de exposições culturais variadas. Por falta de espaço adequado, as apresentações de peças teatrais aconteciam nos salões da maioria das casas. Assim, com sua inauguração em 1910, o Teatro D. Pedro II passou a ser um dos principais espaços culturais locais, contando com exibição de filmes e peças de companhias estrangeiras.

Em 2008 a Prefeitura Municipal de Viçosa obteve posse sobre o edifício, iniciando em 2010 as obras de ampliação e restauro, concluídas em outubro de 2011. Um dos poucos teatros que existem no interior do estado, mesmo pequeno, com apenas 287,44m<sup>2</sup> de área construída, é um dos mais imponentes monumentos da cidade. Conserva muito da sua arquitetura original, que realça o conjunto eclético dos imóveis tombados.

### **3.2 Métodos de ensaios não destrutivos**

Os ensaios não destrutivos (END) possibilitam a identificação de propriedades físicas e mecânicas de um determinado material sem causar danos em suas características físicas, químicas, mecânicas e dimensionais, e alterar a sua capacidade de uso. O seu emprego torna possível o conhecimento de discontinuidades e ou defeitos em elementos estruturais ou não, proporcionando a aplicação de medidas interventivas e de reforço adequadas (MELO, 2016).

Segundo Mesquita (2016), a implementação dos métodos não destrutivos se deu a partir da década de 1960, com o desenvolvimento de técnicas de reforço de pequeno impacto para edificações existentes e técnicas não destrutivas para a avaliação estrutural.

De acordo com Binda (2001), a correta implantação de técnicas não destrutivas e a confiável interpretação de seus dados fornecem uma importante ferramenta diagnóstica, de caracterização e monitoramento estrutural de edificações novas e antigas, podendo classificá-las acerca da sua estabilidade, integridade e durabilidade. Essa classificação é necessária por diversos motivos, destacam-se: determinação do coeficiente de segurança da estrutura (após a ocorrência de eventos excepcionais, como: furacões, terremotos, incêndios, entre outros); a mudança no uso ou reformas na edificação; a avaliação da eficácia de técnicas de reabilitação de estruturas ou materiais e o monitoramento a longo prazo do seu desempenho.

A etapa de caracterização estrutural de um edifício histórico ou não, que engloba as caracterizações geométrica, material e de danos, tem por finalidade obter informações mais específicas do edificado, com o intuito de melhor diagnosticar as patologias e os danos identificados através da utilização dos ensaios não destrutivos e inspeções, e propor o tipo mais adequado e eficaz de reabilitação (MESQUITA et al.).

De acordo com Matos (2016), os ensaios não destrutivos mais utilizados para a caracterização estrutural de edificações, são:

- Métodos sônicos e ultrassônicos;

- Termografia infravermelha;
- Inspeção visual;
- Radiografia;
- Método do georadar.

### 3.2.1 Métodos sônicos e ultrassônicos

Os ensaios sônicos foram utilizados pela primeira vez no final da década de 30 para caracterizar qualitativamente e determinar o módulo de elasticidade de elementos de concreto através do conhecimento do tempo de propagação de uma onda sônica (MAIERHOFER; KÖPP; WENDRICH, 2005). Anos depois os ensaios sônicos foram aplicados em estruturas de concreto com o objetivo de identificar falhas e vazios, obtendo resultados satisfatórios quando comparados com os resultados de imagens termografias (BINDA; SAISI, 1996).

As estruturas de alvenaria foram caracterizadas utilizando o método sônico na década de 60 e apenas resultados qualitativos foram interpretados, tendo em vista a dificuldade de compreensão de resultados em materiais heterogêneos, tendo como exemplo as alvenarias que são compostas por várias camadas e materiais de composições diferentes. Com o aprofundamento da técnica foi possível interpretar melhor os resultados gerados e caracterizar não apenas uma parte de uma determinada estrutura, mas todo o seu estado global (BINDA; SAISI, 1996).

Em síntese, o método sônico fornece o tempo de percurso que pulsos acústicos levam para percorrer dois pontos de uma dada estrutura (MAIERHOFER; KÖPP; WENDRICH, 2005). Para uma melhor compreensão do ensaio é necessário o conhecimento de um conjunto de detalhes e fenômenos complexos que o originam e que podem influenciar os resultados obtidos (MIRANDA, 2011).

As partículas de um material qualquer quando não submetidas às influências exteriores encontram-se em equilíbrio, porém quando solicitadas por fenômenos exteriores, essas partículas oscilam em relação ao seu ponto de equilíbrio e conseqüentemente afetam as adjacentes (vice-versa). Por mais que uma partícula oscile diferente simultaneamente, esse movimento pode ser explicado pela teoria ondulatória, onde o movimento harmônico simples é o mais simples encontrado na natureza e comporta-se como um senoide (MIRANDA, 2011).

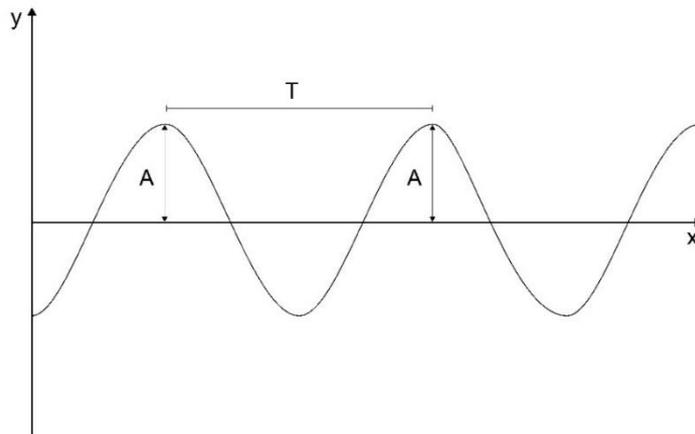
Segundo Mesquita *et al.* (2018), o transporte de energia através de um corpo pode

ser explicado pelas ondas harmônicas, tendo em vista que essas apresentam características de comprimento ( $\lambda$ ), velocidade e amplitude ( $A$ ) definidas, sendo descritas pela Equação (1), onde  $\delta$  é a constante de fase e  $y(x)$  a função que representa o movimento harmônico para qualquer posição “x”, e apresentada pela Figura 17.

$$y(x) = A \sin[2\pi (x/\lambda) + \delta] \quad (1)$$

De acordo com Miranda (2011), a amplitude e a frequência de uma onda são fatores determinantes para a qualidade da energia transportada. A frequência ( $f$ ) refere-se ao número de ciclos realizados por segundo por uma partícula, mas pode ser definida também como sendo o inverso do período ( $T$ ) que consiste no intervalo de tempo que um determinado ponto leva para concluir uma oscilação, ou seja, obter duas vezes consecutivas a amplitude em uma mesma direção, conforme ilustrado pela Figura 17.

Figura 17 - Representação do movimento harmônico



Fonte: Elaborado pelo autor.

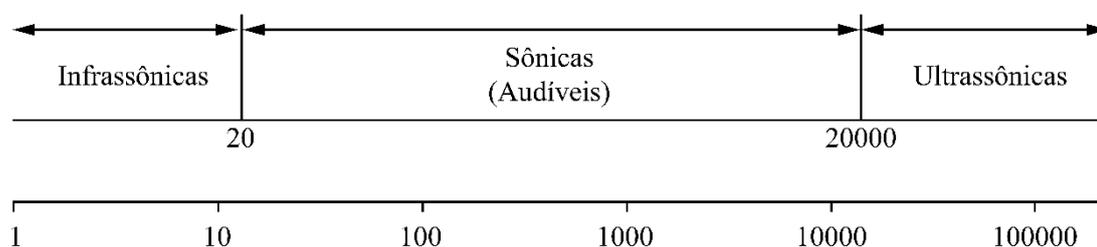
As ondas podem ser divididas em ondas mecânicas e eletromagnéticas. A necessidade de um campo magnético e de um campo elétrico são características das eletromagnéticas. Outra forte peculiaridade desse tipo de onda é que ela é capaz de se propagar no vácuo, o que não é possível quando se trata das ondas mecânicas. São exemplos de ondas eletromagnéticas: o georadar, o raio-x, o raio-gama, as câmaras infravermelhos, entre outros (MIRANDA, 2011).

Segundo Halliday *et al* (2016), as ondas do mar, as sonoras e as sísmicas, são exemplos de ondas mecânicas. Esse tipo de onda se propaga apenas em um meio material,

como por exemplo: as paredes, o ar, a água, a madeira, entre outros. As ondas mecânicas são utilizadas nos ensaios sônicos e ultrassônicos, onde são conhecidas como ondas acústicas (MIRANDA, 2011).

A Figura 18 representa o espectro acústico que está classificado de acordo com a frequência de propagação da onda e está dividido em três zonas. O trecho do espectro que engloba as frequências de 0 até 20Hz (Hertz, medida de frequência) são denominadas infrassônicas, entre 20Hz e 20kHz (20000Hz) são classificadas como sônicas e com valores de frequência superiores a 20kHz, as ondas são chamadas de ultrassônicas.

Figura 18 - Esquema do espectro acústico



Fonte: Adaptado (Miranda, 2011).

De acordo com Mesquita *et al* (2018), as ondas ainda podem ser divididas conforme o seu comportamento de propagação em um material. As ondas que se propagam no sentido longitudinal são chamadas de ondas P (longitudinais, primárias ou de compressão). Essas ondas têm alta velocidade de transmissão e podem atuar em líquidos, sólidos e gases. Uma característica importante desse tipo de onda é que ela se propaga no interior do material permitindo avaliar melhor a qualidade da sua composição, sendo classificada como onda volumétrica (GROSSI, 2013).

Segundo Miranda (2011), as ondas P são as mais rápidas quando comparadas com os demais tipos e a sua velocidade é alterada quando muda de meio de propagação. A velocidade de propagação ( $v$ ) é dada pelo quociente da distância ( $d$ ) do corpo em avaliação e do tempo ( $t$ ) que a onda leva para percorrê-lo.

$$v = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Outro tipo de onda com característica volumétrica são as ondas transversais ou de cisalhamento (S). Nelas, as partículas dos materiais apresentam movimento perpendicular à

direção de propagação da onda e se propagam apenas em meios sólidos (GROSSI, 2013).

Diferentemente das ondas volumétricas P e S, existe um tipo de onda que desempenha movimentos elípticos retrógrados e se propagam na superfície do material e nas camadas subjacentes, são as ondas Rayleigh (R). Esse tipo de onda diminui seu efeito exponencialmente com o aumento da profundidade (MIRANDA, 2011).

Ainda existem as ondas Love que se apresentam em situações menos comuns. Segundo Miranda (2011), essas ondas se propagam apenas em um meio onde a superfície superior está em contato com o ar e a superfície inferior quando a velocidade da onda S no meio seja superior.

A identificação do comportamento de propagação das ondas fornece relevantes informações, tendo em vista que a configuração de propagação pode afetar variáveis como: a velocidade, energia e comprimento de onda (MIRANDA, 2011). Porém, o presente trabalho limitou-se à verificação da velocidade de propagação utilizando as ondas longitudinais (P).

### *3.2.1.1 Modo de funcionamento dos equipamentos na obtenção da velocidade de propagação das ondas*

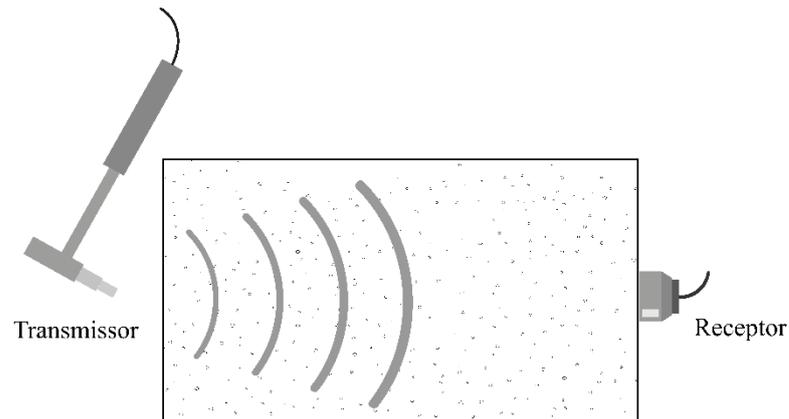
A velocidade de propagação de uma onda acústica num dado material é determinada utilizando o ensaio de propagação de ondas. Esse método é uma alternativa de ensaio não destrutivo, ou seja, que não causa nenhum tipo de dano ao corpo avaliado. Para a obtenção da velocidade são utilizados um emissor que transmite uma perturbação ao material e um receptor localizado em um outro ponto do corpo que recebe o efeito da perturbação gerada. Os principais ensaios de propagação de onda acústica utilizados na área da engenharia civil, mais precisamente no âmbito do patrimônio histórico, são os ensaios sônico e ultrassônico.

#### *3.2.1.1.1 Método sônico*

As ondas propagadas pelo método sônico utilizam frequências na faixa do audível (20Hz a 20kHz), sendo transmitidas por um martelo de impacto cuja ponta é geralmente constituída de alumínio e recepcionada por um acelerômetro (receptor) que é fixado em um outro local do corpo avaliado (Figura 19). Os dois equipamentos contêm um dispositivo piezoelétrico que converte o sinal elétrico em mecânico e vice-versa. O tempo de propagação

da onda é medido por um dispositivo temporizador que no final do ensaio apresenta em um display o tempo que a onda percorreu o material. Com o conhecimento da distância entre os dois equipamentos a velocidade de propagação da onda sônica é obtida (ALVES, 2017; MARTINI et al., 2018).

Figura 19 - Esquema do ensaio sônico

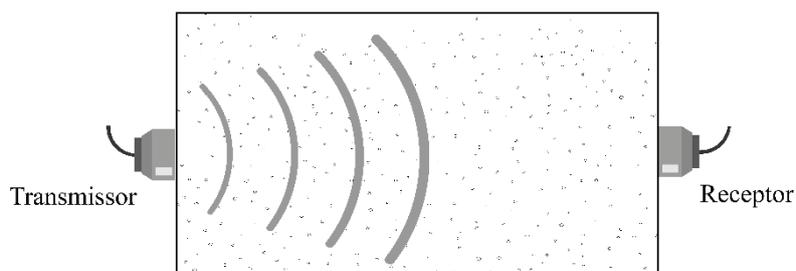


Fonte: Adaptado (Miranda, 2011).

#### 3.2.1.1.2 Método ultrassônico

O método ultrassônico é similar ao sônico, difere apenas na faixa de frequência da onda utilizada (a partir de 20kHz no ultrassônico) e no fato de que o martelo de impacto passa a ser um transdutor eletroacústico. O processo de emissão e recebimento da onda, e de determinação do tempo de viagem acontece de forma análoga ao método sônico. A Figura 20 apresenta o esquema de funcionamento do ensaio para a obtenção da velocidade ultrassônica.

Figura 20 - Esquema do ensaio ultrassônico



Fonte: Adaptado (Miranda, 2011).

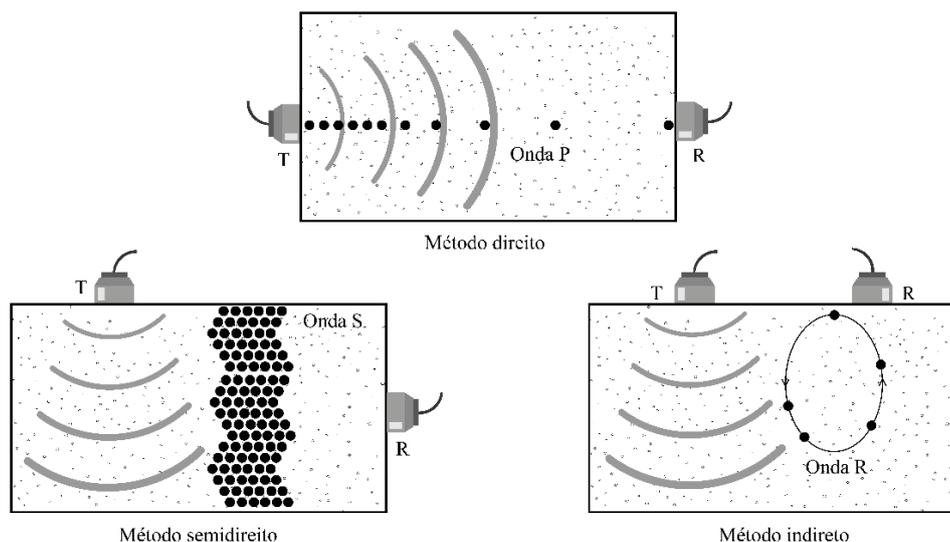
### 3.2.1.1.3 *Configuração dos transdutores nos ensaios sônicos e ultrassônicos*

A geometria do corpo a ser estudado e o tipo de ondas requeridas são fatores que determinam a posição dos transdutores de emissão e recebimento da onda (MARTINI et al., 2018). Segundo a NBR 8802/2019, para a execução dos ensaios sônicos, convencionalmente, adotam-se três configurações no que se refere à posição dos transdutores e em conformidade com os tipos de ondas que se pretende estudar (Figura 21):

- Direta: os transdutores são posicionados ortogonalmente nas faces opostas da parede ou do material em estudo de forma alinhada;
- Indireta: os transdutores são posicionados ortogonalmente no mesmo lado da parede ou face do material em estudo de forma alinhada ou não;
- Semidireta: os transdutores são posicionados em lados adjacentes. No caso específico de avaliação do canto de uma parede, o transdutor transmissor é posicionado ortogonalmente em uma das faces do canto e o transdutor receptor na face perpendicular, do outro lado do canto.

Conforme exposto anteriormente sobre a configuração dos transdutores, entende-se que pelo fato de as ondas P se propagarem longitudinalmente, o posicionamento que mais se adequa a esse comportamento é o direto, tendo em vista que os transdutores estão em lados opostos. Já os movimentos transversais gerados pelas ondas S podem ser aplicados em estudos que utilizam a configuração semidireta, onde os transdutores estão em faces concorrentes do material avaliado. Por fim, as ondas R (Rayleigh) fazem as partículas da superfície do material vibrarem, nesse caso, o transdutor receptor deve ser posicionado na mesma superfície da transmissão da onda, logo a configuração que mais se adapta é a indireta (MIRANDA, 2011).

Figura 21 - Esquema do ensaio ultrassônico



Fonte: Adaptado (Miranda, 2011).

### 3.2.2 Termografia infravermelha

A termografia é um método não destrutivo de avaliação que utiliza a emissão de radiação infravermelha da superfície de um corpo para determinar e apresentar a sua temperatura, bem como identificar danos relacionados à variação de temperatura desse material e/ou estrutura em relação a um padrão preestabelecido. (GIL, 2015; IAEA, 2002).

Segundo (MALDAGUE, 2002), em um ensaio termográfico podem ser utilizados estímulos térmicos artificiais para aumentar o nível de contraste térmico entre as estruturas e o meio em teste. Dessa forma, a termografia pode ser classificada em ativa e passiva no que diz respeito a existência ou não dessa fonte térmica. No método passivo, a presença de um diferencial natural de temperatura entre a estrutura avaliada e o meio é suficiente para o ensaio, ou seja, não há necessidade de utilização do estímulo artificial. Já na abordagem ativa, a aplicação do estímulo artificial é indispensável para que se possa obter contrastes térmicos relevantes entre a estrutura e o ambiente.

Na área da engenharia civil a aplicação do ensaio termográfico está comumente ligada a manutenção e reabilitação de edifícios e a sua eficiência energética. A identificação dos gradientes de temperatura da superfície dessas estruturas podem denunciar a existência de manifestações patológicas, tais como: fissuras, manchas causadas pela umidade, biodeterioração, infiltrações não aparentes, entre outras. No caso das fissuras e zonas úmidas, a evaporação da água nessas regiões apresentam temperaturas reduzidas em comparação com o restante da estrutura, sendo facilmente identificadas (BAUER; PAVÓN, 2015).

De acordo com (BAUER et al., 2015), existem dificuldades que tornam a aplicação da termografia infravermelha na identificação de manifestações patológicas uma tarefa complexa e que podem causar interpretações incorretas dos resultados. As principais influências estão na definição do horário do dia (ou da noite) da execução do método, pois o fluxo térmico é uma variável que não pode ser contida no ensaio termográfico passivo, ou seja, quando o teste é realizado em campo e sem a presença de um estímulo artificial, na reflexividade de materiais que utilizam acabamentos lisos e com brilho, no ângulo e na geometria da estrutura em estudo, tendo em vista que elementos arredondados ou regiões com ângulos maiores que 45° fornecem temperaturas equivocadas e nos valores de emissividade (razão entre a energia emitida por um corpo qualquer e por um corpo negro à mesma temperatura) de materiais de composições e texturas superficiais diferentes (concreto, madeira, metais, polímeros).

### ***3.2.3 Inspeção visual***

A inspeção visual é o ensaio não destrutivo que tem como objetivo principal a coleta de informações gerais da estrutura no que tange o seu estado de conservação e é realizado preferencialmente antes de qualquer outro ensaio. Nele são identificadas as estruturas ou sistemas susceptíveis às manifestações patológicas, vistoriando o interior e o exterior da edificação, e realizando o registro fotográfico dos danos encontrados (IAEA, 2002; MESQUITA et al., 2015).

De acordo com (MESQUITA et al., 2015), é imprescindível o conhecimento do histórico da construção, incluindo possíveis intervenções e reformas. Essas informações e as plantas estruturais da edificação são relevantes para familiarizar a equipe com a estrutura. A Carta de Cracóvia recomenda que a equipe responsável pela inspeção seja composta por engenheiros, arquitetos e arqueólogos que devem emitir laudo com informações de acordo com as suas respectivas áreas (ICOMOS, 2000).

Segundo (PAUPÉRIO et al., 2013), dependendo do objetivo da inspeção visual, quer seja parte de um projeto de avaliação de segurança ou até mesmo para a reabilitação e/ou reforço estrutural de uma construção, o ensaio deverá cobrir uma série de aspectos, que de modo geral servem para todos os tipos de construções. Elenca-se abaixo os principais objetivos do ensaio.

- Definição geométrica;

- Identificação de esquemas de funcionamento estrutural;
- Definição dos elementos estruturais chave;
- Identificação de todas as patologias;
- Registro fotográfico;
- Definição de eventuais ensaios a realizar;
- Identificação e estabelecimento de modelos estruturais adequados.

Se obtidas de forma correta, as informações acima se tornam importantes ferramentas para o estabelecimento de causas e diagnósticos. Apesar de ser realizada uma única vez no início de uma avaliação estrutural, a inspeção pode ser repetida quantas vezes for necessário (MESQUITA et al., 2015; PAUPÉRIO et al., 2013).

#### **3.2.4 Radiografia**

A radiografia é um método que pode ser utilizado para caracterizar diversas estruturas da engenharia civil, construídas utilizando o concreto, concreto armado e protendido, alvenarias de tijolos cerâmicos e de pedras, aço, entre outras (BREYSSE, 2012).

A técnica que deve acessar as faces opostas da estrutura, transmite raio-x e gama através da estrutura em estudo com o objetivo de obter uma imagem fotografia do seu interior. Em uma face é colocado o dispositivo artificial emissor de raios e na outra um filme sensível à radiação. A intensidade dos raios diminuem ao passo que atravessam a estrutura e emergem na face oposta registrando os elementos constituintes no filme de acordo com a sua densidade (BREYSSE, 2012; IAEA, 2002).

Através desse método pode-se localizar espaços vazios, fissuras, falta de amarração entre alvenarias, defeitos em cabos protendidos, armadura de elementos de concreto armado, entre outros (IAEA, 2002). No entanto, o método apresenta como desvantagens a exposição à radiação por parte do operador e a necessidade de acessar as duas faces da estrutura, o que por muitas vezes são impossibilitadas pela sua espessura (BREYSSE, 2012).

#### **3.2.5 Método do georadar**

O GPR (*Ground Penetrating Radar*) ou comumente georadar, é uma técnica

geofísica não destrutiva de propagação de ondas eletromagnéticas ou ondas de rádio de alta frequência (20MHz a 8GHz) para avaliação geológica do subsolo e atualmente para a caracterização de estruturas da área de engenharia civil (FERNANDES, 2006; IAEA, 2002; SHAARI, A; MILLARD, S. G; BUNGEY, 2003). Na engenharia civil, a técnica é amplamente empregada em estruturas de concreto, madeira e pavimentações asfálticas (FERNANDES, 2006). No entanto, com o aperfeiçoamento do método, estudos para a identificação da geometria, fissuras, espaços vazios e presença de umidade em alvenaria históricas estão sendo desenvolvidos (FERNANDES, 2006; MAIERHOFER; KÖPP; WENDRICH, 2005).

Atualmente, o sistema do georadar é constituído de uma unidade central que inclui um sistema de armazenamento de dados e um monitor de exibição de resultados em tempo real, uma ou várias antenas, cabos e dispositivos de suprimento de energia (BREYSSE, 2012).

A técnica consiste na emissão de ondas eletromagnéticas por meio de uma antena através da estrutura em estudo que são refletidas de volta para a mesma antena (ou outra, dependendo do arranjo) quando encontram materiais de propriedades dielétricas contrastantes. A profundidade da penetração das ondas e a resolução das imagens geradas dependem da frequência de trabalho das antenas. Antenas que emitem ondas de 200MHz, por exemplo, a profundidade de investigação será de 2 a 7 metros com imagens de baixa a média resolução. Já quando são utilizadas antenas com frequências de 1500MHz, a profundidade será de até 0,5 metros e a qualidade das imagens da estrutura avaliada será alta (FERNANDES, 2006).

### **3.3 Caracterização de alvenarias históricas através do método ultrassônico**

A alvenaria é uma estrutura que pode ser construída utilizando tijolos cerâmicos, pedras, argamassa e abordar diferentes configurações de assentamento, bem como adotar duas ou mais folhas de tijolos em uma mesma parede. Essas características fazem da alvenaria um material de elevada heterogeneidade e conseqüentemente de difícil avaliação mesmo utilizando materiais e técnicas de construção com alto padrão de qualidade e uniformidade. No âmbito das alvenarias históricas, as avaliações são ainda mais complexas. O desconhecimento da composição dos seus materiais, reparos ou reformas, carregamentos de uso passado, eventos sísmicos e outros excepcionais corroboram tal afirmação (BINDA, 2009 E SCHULLER, 1995).

Para o desenvolvimento de trabalhos de reabilitação e conservação desse tipo de

construção é necessário estabelecer um diagnóstico correto e preciso do estado atual e passado, e o desempenho estrutural das alvenarias com o intuito de interferir minimamente na historicidade do edifício e propor materiais de reparo que sejam compatíveis com a composição já existente (BINDA, 2009).

A acertada compreensão do desempenho estrutural de alvenarias históricas parte do conhecimento dos seguintes fatores:

- Geometria da estrutura e textura dos materiais;
- Quantidade de folhas e modelo de amarração, e se as juntas estão vazias ou preenchidas de argamassa;
- Caracterização física, mecânica e químicas dos tijolos, pedras e argamassas;
- Caracterização da alvenaria como um material único.

As recomendações supracitadas necessitam de uma metodologia sistematizada para a realização da avaliação das construções históricas. Segundo (ICOMOS, 2000; MESQUITA et al., 2015), após definir o que será avaliado, é fundamental a escolha de diferentes técnicas de inspeção, sendo importante primeiramente contemplar a evolução da construção no tempo e seu estado atual através da análise documental. É nessa etapa que são colhidas informações acerca de possíveis intervenções, reparos e reformas.

A próxima etapa consiste na inspeção visual que é um tipo de ensaio não destrutivo e como visto anteriormente, tem o objetivo de levantar informações no interior e no exterior da construção sobre o estado de conservação das alvenarias estruturais, incluindo a sua geometria, fissuramento, zonas úmidas e deterioradas, e caminhos de carregamento estrutural (MESQUITA et al., 2015).

Devido à complexidade e a peculiaridade apresentadas pelas alvenarias históricas, algumas características importantes e danos podem passar por despercebidos ou estarem ocultos, como vazios e falhas na seção da parede, e com isso não serem vislumbrados na etapa de inspeção visual. Para contornar esse cenário é proposto o uso de ensaios não destrutivos com tecnologia avançada. Esses ensaios além de conseguir identificar características ocultas ao olhar profissional, possibilita qualificar o estado de preservação da alvenaria, detectar a existência de diversas folhas e possíveis vazios entre si, o teor de umidade e o avanço da capilaridade, bem como o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas de tijolos, pedras e argamassa (BINDA; SAISI; TIRABOSCHI, 2000).

Na engenharia civil são utilizados diversos ensaios não destrutivos para a caracterização das estruturas e propriedades dos materiais constituintes. Atualmente, os

métodos sônicos e ultrassônicos são aplicados em alvenarias de construções históricas para detectar informações não coletadas em etapas anteriores ou em outros ensaios (ZANZI et al., 2001). As ondas sônicas podem identificar padrões de danos, variação de material e de densidade, o que fornece informações importantes para a caracterização de grandes áreas das alvenarias. Esses dados são obtidos porque a velocidade e a atenuação da onda são fatores que dependem da compacidade granular do material (CASCANTE; NAJJARAN; CRESPI, 2008).

Em oposição às vantagens, os métodos sônicos podem se tornar desvantajosos, em alguns casos: devido ao custo da operação em casos que requeiram muitas leituras; a heterogeneidade da alvenaria; e a calibração do método para diferentes tipos de alvenaria (ZANZI et al., 2001).

Na aplicação do método sônico, principalmente para determinar a velocidade do pulso ultrassônico em alvenarias históricas, devem ser levados em consideração alguns parâmetros. Inicialmente deve ser definido qual o tipo de transmissão será utilizado no ensaio. Para paredes mais espessas que é o caso da alvenaria histórica e que na maioria das vezes não é possível acessar ambas as faces, a configuração mais adequada é a indireta. Mesmo nos casos de paredes mais finas, o método indireto pode ser recomendado, já que a transmissão direta avalia apenas um tijolo/pedra individualmente. Apresentada anteriormente, a transmissão indireta necessita apenas de uma face da parede e tem como vantagem, o fato de que as ondas S percorrem regiões mais significativas da parede, caracterizando as propriedades de tijolos e argamassa como um material compósito (MIRANDA et al., 2012).

Outro fator determinante para ter êxito na execução do ensaio ultrassônico é a escolha da frequência utilizada pelos transdutores. De acordo com a Equação (3), para uma determinada velocidade ( $v$ ), o aumento da frequência acarretaria a diminuição do comprimento de onda, o que permitiria identificar com precisão os espaços vazios, tendo em vista que a descoberta de vazios no ensaio ultrassônico está condicionada ao comprimento de onda, que deve ser sempre menor ou igual ao tamanho do vazio (MIRANDA, 2011).

$$v = \lambda x f \tag{3}$$

O aumento da frequência das ondas ultrassônicas altera também outro fator importante, a atenuação. Esse parâmetro consiste no quanto a onda perderá energia enquanto percorre a alvenaria. Nesse caso, quanto maior for a frequência, maior será a atenuação, o que limitaria a profundidade e o tamanho da parede investigada (ZANZI et al., 2001).

O local de aplicação do ensaio pode influenciar nos resultados obtidos (BINDA et al., 2003; MIRANDA et al., 2010). Em trabalhos desenvolvidos por Binda (2003) e Miranda (2010) foi constatado que a altura de execução do ensaio ultrassônico influencia nos valores de velocidade da onda. À medida que a investigação alcança zonas mais altas, verifica-se que a velocidade do pulso ultrassônico tende a obter valores mais baixos. Para (MIRANDA et al., 2010), as regiões mais baixas das alvenarias sofrem mais compressão, logo, haverá menos espaços vazios, fazendo com que a onda percorra com maior velocidade.

Por fim, a presença de reboco na parede pode influenciar a velocidade do pulso ultrassônico. Quando não há uma boa ligação entre o reboco e o substrato, é possível que entre esses dois materiais exista a presença de ar, o que acarretaria na diminuição da velocidade da onda (MIRANDA, 2011).

## **4 METODOLOGIA**

A metodologia de pesquisa adotada no presente trabalho foi de abordagem quantitativa, tem objetivo explicativo e utilizou-se das pesquisas bibliográfica e experimental como procedimentos técnicos.

O procedimento experimental desta pesquisa, teve como intuito a caracterização ultrassônica das amostras de blocos de tijolos maciços de quatro períodos distintos, pertencentes a seis cidades (Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral e Viçosa do Ceará) referentes às construções históricas cearenses. Foram selecionados 3 tijolos de Icó referentes ao século XVIII, 3 tijolos de Sobral referentes à primeira metade do século XIX, 5 tijolos de Fortaleza e 3 tijolos de Irauçuba referentes à segunda metade do século XIX, 3 tijolos de Beberibe e 5 tijolos de Viçosa do Ceará referentes ao século XX.

### **4.1 Materiais e equipamentos**

Para a realização do experimento foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais:

- Aparelho de ultrassom;
- Bandeja metálica;
- Placa de vidro;
- Paquímetro;

- Cimento Portland CII;
- Areia média fina;
- Arisco;
- Água;
- Espátula metálica e plástica;
- Nível de bolha;
- Serra;
- Vaselina.

#### **4.2 Preparação das amostras**

Inicialmente foi realizada a raspagem dos tijolos para que fossem retirados resquícios de argamassa e outros materiais que pudessem interferir a execução do ensaio. Posteriormente procedeu-se com pesagem e a coleta das medidas de largura, comprimento e espessura com o auxílio de um paquímetro. Por fim, realizou-se a serragem dos tijolos e a montagem dos blocos com argamassa.

A argamassa de assentamento utilizada para unir os blocos de tijolos maciços foi elaborada conforme indica a ABNT NBR 6460 de 1983 – Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria: Verificação da Resistência à Compressão (Cancelada). Na produção foi usado um traço em quantidade de massa de 1:2:4 (Cimento, areia média fina e arisco) e 750 ml de água para cada 1 kg de cimento. O capeamento dos blocos também atendeu as especificações da NBR 6460 e a argamassa utilizada teve um traço em quantidade de massa de 1:2 (Cimento e areia média fina) e 500 ml de água para cada 1 kg de cimento.

A Figura 22 mostra os blocos após a preparação das amostras.

Figura 22 - Blocos de tijolos iniciando o processo de capeamento



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 4.3 Ensaio ultrassônico

Para a execução do ensaio ultrassônico foi utilizado o equipamento PUNDIT 2000®, da marca Proceq®, de modelo TICO de 54kHz com dois transdutores emissor e receptor (Figura 23). O ensaio consistiu em se obter a velocidade de propagação da onda ultrassônica nos blocos. O tipo de transmissão empregada foi a direta, onde os transdutores ficam posicionados ortogonalmente em faces opostas do bloco, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 23 - Aparelho de ultrassom



Fonte: Elaborada pelo autor.

O ensaio foi realizado após 24h da montagem dos blocos. As medições foram efetuadas nas três direções ortogonais dos blocos com o emprego de um acoplante sólido (vaselina) com o objetivo de melhorar o contato dos transdutores com a superfície dos blocos.

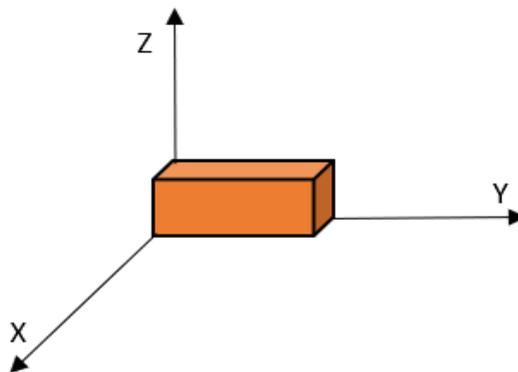
Figura 24 - Aplicação do método de transmissão direta



Fonte: Elaborada pelo autor.

Convencionou-se as direções X, Y e Z, conforme apresenta o Gráfico 1 para a melhor análise das medições e controle dos eixos em que os transdutores foram posicionados.

Gráfico 1 - Convenção das direções para medição



Fonte: Elaborada pelo autor

#### **4.4 Ensaio de compressão axial**

O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado utilizando uma prensa universal da Emic®, com velocidade e deslocamentos controlados. O procedimento experimental foi realizado conforme especifica a norma ABNT NBR 6460 de 1983 (CANCELADA) – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Caracterização física das amostras

A Tabela 1 apresenta os dados das medições e pesagens dos tijolos cerâmicos nas direções convencionadas anteriormente.

Tabela 1 - Características físicas dos tijolos cerâmicos.

	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Espessura (mm)	Massa (Kg)
TIC18-1	170	340	45	2,826
TIC18-2	170	310	50	1,823
TIC18-3	150	240	40	0,845
TS19-1	170	360	45	4,878
TS19-2	170	350	50	4,954
TS19-3	170	355	50	4,789
TIR19-1	205	340	45	2,712
TIR19-2	205	362	50	3,415
TIR19-3	204	320	45	2,676
TF19-1	103	190	50	0,866
TF19-2	94	188	40	0,854
TF19-3	94	200	44	0,820
TF19-4	100	196	44	0,812
TF19-5	92	188	45	0,882
TB20-1	118	290	59	2,432
TB20-2	102	280	51	2,358
TB20-3	94	294	47	2,405
TV20-1	125	270	43	2,325
TV20-2	130	275	42	2,306
TV20-3	120	270	38	2,422
TV20-4	125	250	42	2,435
TV20-5	130	280	40	2,521

Fonte: Dados da pesquisa.

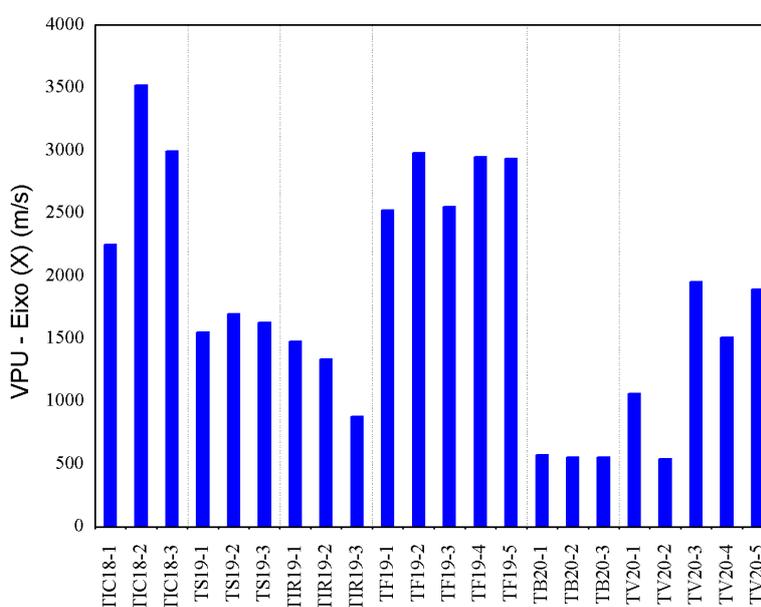
A partir da análise dos dados provenientes da caracterização físicas dos tijolos cerâmicos históricos, observou-se que os tijolos com maior massa em média foram da primeira metade do século XIX, pertencentes à cidade de Sobral com média de 4,87 kg. Já os tijolos com menor massa, fazem parte da segunda metade do século XIX e são da cidade de Fortaleza com valor médio de 0,84 kg.

Analisando as medidas dos tijolos, notou-se que os valores médios máximos de comprimento, largura e espessura são respectivamente, 355,00 mm, 204,67 mm e 52,33 mm, pertencentes nessa ordem às cidades de Sobral, Irauçuba e Beberibe. Os valores médios mínimos de comprimento, largura e espessura são respectivamente, 194,67 mm, 95,33 mm e 40mm, pertencentes as duas primeiras medidas à cidade de Fortaleza e a última à cidade de Viçosa do Ceará. Sobre as medidas dos tijolos no tempo, constatou-se que houve mudanças em seus tamanhos. A largura dos tijolos diminuíra 29,70% do século XVIII para o século XX, e o comprimento teve uma diminuição de 6,55% no mesmo período. Já a espessura aumentou em 3,21% entre os séculos XVIII e XIX, mas reduziu algo em torno de 0,60% no século XX.

## 5.2 Ensaio ultrassônico

As medições para a determinação da velocidade do pulso ultrassônico foram realizadas três vezes em cada eixo dos blocos de tijolos com o intuito de obter a média e reduzir possíveis erros no procedimento. Nas medições referentes ao eixo X observou-se baixa variação de valores nas amostras do século XX da cidade de Beberibe, onde o desvio padrão foi de 9,93. Nos demais períodos notou-se uma considerável variação, chegando a 531,89 e 521,5 de desvio padrão nas amostras de Viçosa do Ceará (século XX) e Icó (século XVIII), respectivamente. Os valores médios máximos e mínimos de VPU foram coletados nas amostras de Icó com 2921 m/s e 561 m/s em Beberibe.

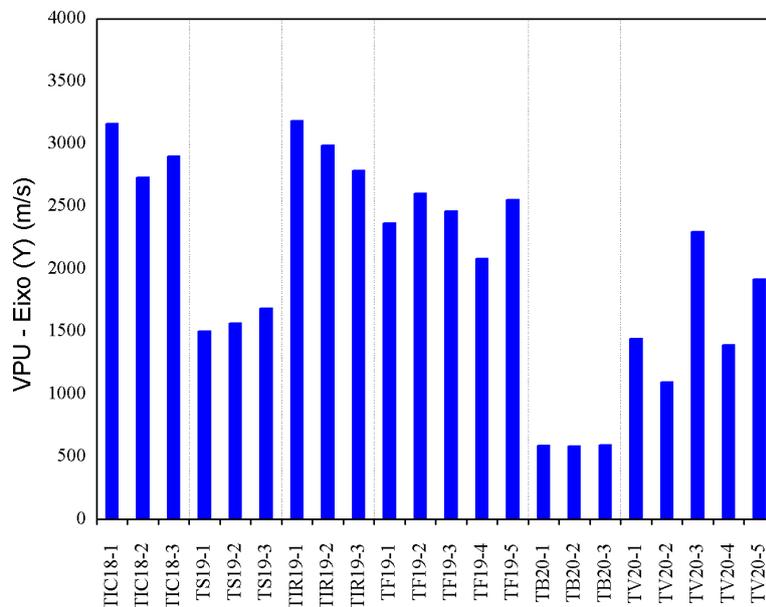
Gráfico 2 - Valores de VPU para o eixo X



Fonte: Elaborada pelo autor.

De forma análoga ao eixo X, o ensaio no eixo Y forneceu baixa variação nos valores das amostras da cidade de Beberibe com desvio padrão de 3,27 e alta variação nas velocidades das amostras de Viçosa do Ceará (424,95). Nos demais períodos as variações foram reduzidas, exceto para o período da primeira metade do século XIX que teve o desvio padrão aumentado em 18% quando comparado com o eixo X. Os valores médios máximos e mínimos de VPU foram identificados nas cidades de Irauçuba e Beberibe atingindo velocidades de 2987 m/s e 589 m/s, respectivamente. Vale ressaltar que os valores médios de VPU das amostras de Irauçuba aumentaram 58,74% quando comparados com os valores obtidos no ensaio aplicado ao eixo X.

Gráfico 3 - Valores de VPU para o eixo Y

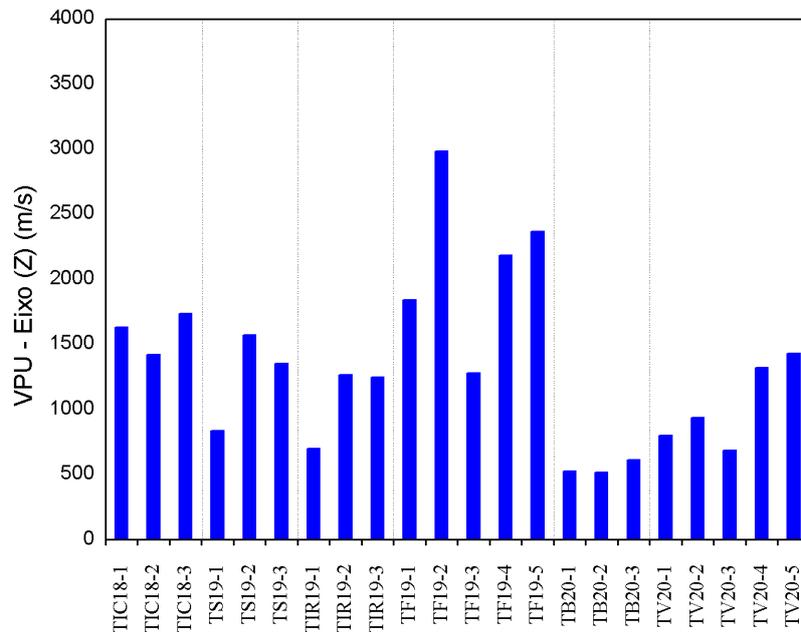


Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, os resultados obtidos com o emprego do método no eixo Z mostram que houve uma redução nos valores médios de VPU em todos os períodos quando comparados com os resultados apresentados pelos eixos X e Y. Isso se dá pelo fato de que o pulso emitido através do eixo Z percorreu as camadas de capeamento, tijolos e junta de argamassa, o que proporcionou perda de energia da onda devido aos fenômenos de reflexão e deflexão. Tomando o eixo X como comparação, a diminuição para o período do século XVIII, por exemplo, foi de 45,36%. Em relação a variação dos valores em um mesmo período, o maior desvio padrão observado foi fornecido pelas amostras de Fortaleza com 563,77 e o menor da cidade de Beberibe com 44,70. Os valores médios máximos e mínimos de VPU observados

foram 2131 m/s e 551 m/s das cidades de Fortaleza (segunda metade do século XIX) e Beberibe (século XX), respectivamente.

Gráfico 4 - Valores de VPU para o eixo Z



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 2 apresenta as médias dos valores de VPU dos ensaios realizados em cada amostra.

Tabela 2 - Resultados do ensaio ultrassônico

Velocidade de pulso ultrassônico (m/s)			
Amostras	Eixos		
	x	y	z
TIC18-1	2249	3161	1633
TIC18-2	3520	2734	1419
TIC18-3	2995	2902	1737
TS19-1	1550	1503	835
TS19-2	1700	1569	1571
TS19-3	1629	1684	1354
TIR19-1	1478	3183	700
TIR19-2	1338	2989	1266
TIR19-3	881	2788	1248
TF19-1	2527	2366	1842

Continua

<b>Velocidade de pulso ultrassônico (m/s)</b>			
<b>Amostras</b>	<b>Eixos</b>		
	x	y	z
TF19-2	2982	2603	2982
TF19-3	2554	2461	1281
TF19-4	2952	2083	2184
TF19-5	2938	2556	2368
TB20-1	575	589	524
TB20-2	555	585	515
TB20-3	553	593	614
TV20-1	1063	1446	799
TV20-2	541	1096	937
TV20-3	1955	2297	684
TV20-4	1511	1392	1322
TV20-5	1893	1917	1429

Fonte: Dados da pesquisa.

### 5.3 Ensaio de resistência à compressão axial

A partir da análise dos resultados do ensaio de resistência à compressão axial, notou-se que as amostras do século XX tem resistência maior que as amostras do século XVIII em 46,50% e valores médios semelhantes às amostras do século XIX.

As amostras que apresentaram valores médios máximos de resistência pertencem à cidade de Irauçuba (segunda metade do século XX) com 11,01 MPa e mínimos à cidade de Icó (século XVIII) com 4,32 MPa. Em todos os períodos foi observado uma variação consideravelmente pequena dos valores de resistência, onde as amostras do século XX relacionadas à Viçosa do Ceará apresentaram maior similaridade, com desvio padrão de 0,58. As demais cidades apresentam variação na faixa entre 1 e 2,2.

Tabela 3 - Valores de resistência à compressão axial das amostras

<b>Resistência à compressão axial</b>	
<b>Amostras</b>	<b>Resistência à compressão axial (MPa)</b>
TIC18-1	3,78
TIC18-2	2,86
TIC18-3	6,33
TS19-1	6,53

Continua

<b>Resistência à compressão axial</b>	
<b>Amostras</b>	<b>Resistência à compressão axial (MPa)</b>
TS19-2	10,58
TS19-3	7,07
TIR19-1	9,43
TIR19-2	11,87
TIR19-3	11,72
TF19-1	4,00
TF19-2	8,86
TF19-3	2,39
TF19-4	5,36
TF19-5	6,29
TB20-1	7,10
TB20-2	6,40
TB20-3	10,20
TV20-1	7,73
TV20-2	8,25
TV20-3	7,53
TV20-4	8,66
TV20-5	9,09

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 5.4 Correlação entre os resultados dos ensaios destrutivo e não destrutivo

A partir da execução e coleta dos dados dos ensaios ultrassônico e de resistência à compressão axial, foi realizada uma análise da correlação dos seus resultados. Para a análise foram utilizadas as VPU obtidas pelo ensaio aplicado ao eixo Z que segue a mesma direção do ensaio de compressão axial. A Tabela 5 apresenta os resultados dos dois ensaios.

Tabela 4 - Resultados de VPU e resistência à compressão axial

<b>Resultados de VPU e resistência à compressão axial</b>		
<b>Amostras</b>	<b>VPU (m/s)</b>	<b>Resistência à compressão axial (MPa)</b>
TIC18-1	1633	3,78
TIC18-2	1419	2,86
TIC18-3	1737	6,33
TS19-1	835	6,53
TS19-2	1571	10,58

Continua

<b>Resultados de VPU e resistência à compressão axial</b>		
<b>Amostras</b>	<b>VPU (m/s)</b>	<b>Resistência à compressão axial (MPa)</b>
TS19-3	1354	7,07
TIR19-1	700	9,43
TIR19-2	1266	11,87
TIR19-3	1248	11,72
TF19-1	1842	4,00
TF19-2	2982	8,86
TF19-3	1281	2,39
TF19-4	2184	5,36
TF19-5	2368	6,29
TB20-1	524	7,10
TB20-2	515	6,40
TB20-3	614	10,20
TV20-1	799	7,73
TV20-2	937	8,25
TV20-3	684	7,53
TV20-4	1322	8,66
TV20-5	1429	9,09

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da Tabela 4 observa-se que quanto maior a VPU maior será a resistência à compressão axial das amostras. Com isso, foi calculado o índice de correlação ( $R^2$ ) ou grau de relacionamento linear e uma função que explique a relação entre as duas variáveis.

Segundo Almeida (1993), a associação entre duas variáveis pode ser classificada qualitativamente por meio do índice de correlação, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação qualitativa do coeficiente de correlação

<b>Valores de <math>R^2</math></b>	<b>Classificação</b>
0,81 a 1,00	Bom
0,50 a 0,80	Razoável
0,25 a 0,49	Baixo
0,00 a 0,24	Muito baixo

Fonte: (Almeida, 1993).

Os Gráficos 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam a relação entre a VPU e a resistência à compressão axial das amostras das cidades estudadas e seus respectivos períodos.

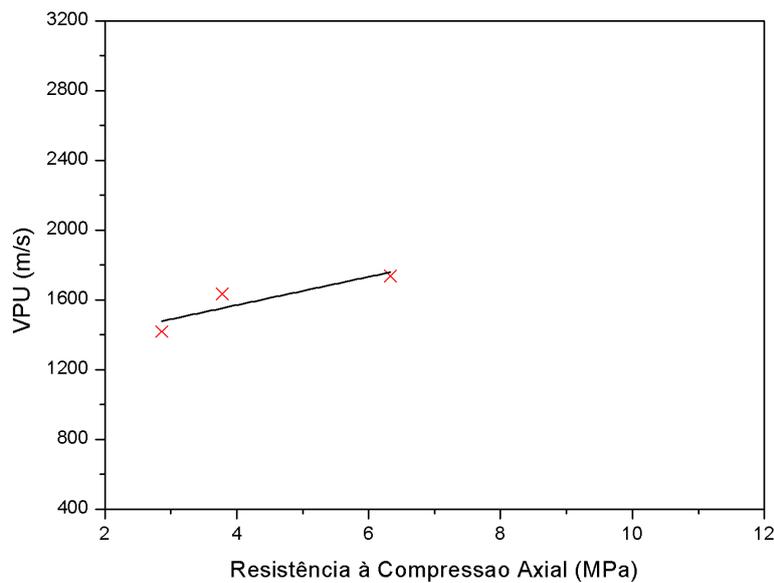
As medições realizadas nas amostras de Icó (Século XVIII) apresentaram um

índice de correlação de 0,80, o que qualitativamente representa um bom grau de relacionamento linear entre as variáveis consideradas.

A Equação 4 apresenta a função da curva do Gráfico 5, onde V é a velocidade do pulso ultrassônico e  $f_c$  é a resistência à compressão axial.

$$V = 80,85f_c + 1246,70 \quad (4)$$

Gráfico 5 - VPU x Resistência à compressão axial da cidade de Icó



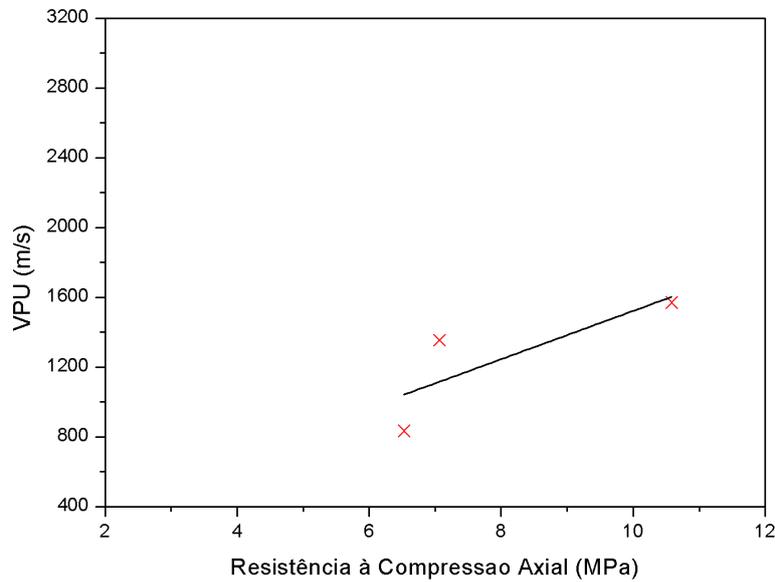
Fonte: Elaborado pelo autor.

A relação entre os resultados das amostras do século XIX pertencentes à cidade de Sobral forneceu um índice de correlação igual a 0,65. Entende-se que o índice obtido é considerado razoável e apresentou esse valor provavelmente pelo fato de que em uma das medições, a velocidade registrada foi de 835 m/s, valor 33,40% abaixo da média.

A Equação 5 apresenta a função da curva do Gráfico 6.

$$V = 138,33f_c + 138,49 \quad (5)$$

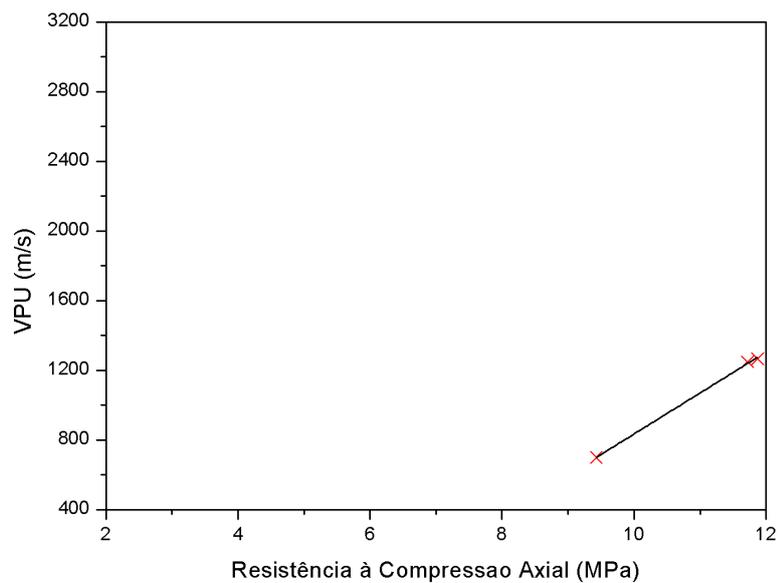
Gráfico 6 - VPU x Resistência à compressão axial da cidade de Sobral



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 7 apresenta a curva gerada a partir da relação entre os parâmetros e o cálculo do índice de correlação retornou um valor igual a 0,99, o que garante um bom relacionamento linear entre as duas variáveis.

Gráfico 7 - VPU x Resistência à compressão axial da cidade de Irauçuba



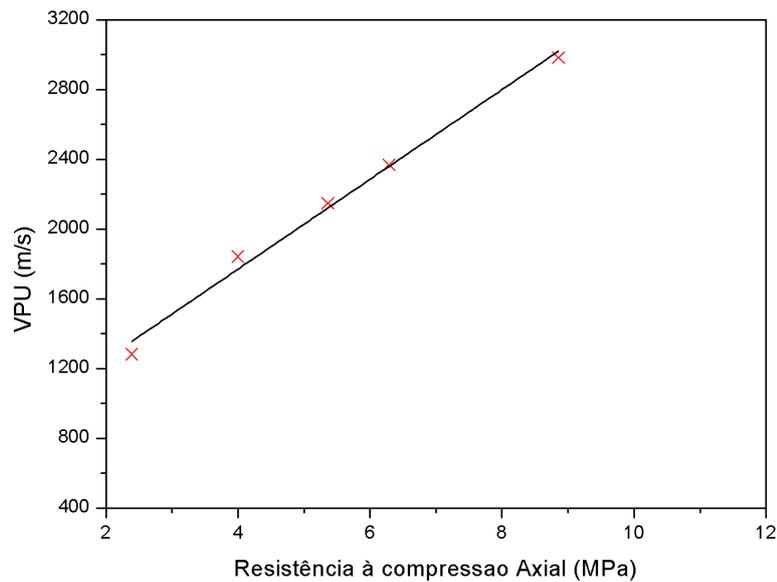
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Equação 6 apresenta a função da curva do Gráfico 7.

$$V = 235,87fc + 1524,6 \quad (6)$$

Foi observado um índice de correlação para a medição realizada nas amostras da cidade de Fortaleza, também pertencente ao século XIX, igual a 0,99. O que apresenta um resultado consistente de associação entre as duas variáveis analisadas.

Gráfico 8 - VPU x Resistência à compressão axial da cidade de Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Equação 7 apresenta a função da curva do Gráfico 8.

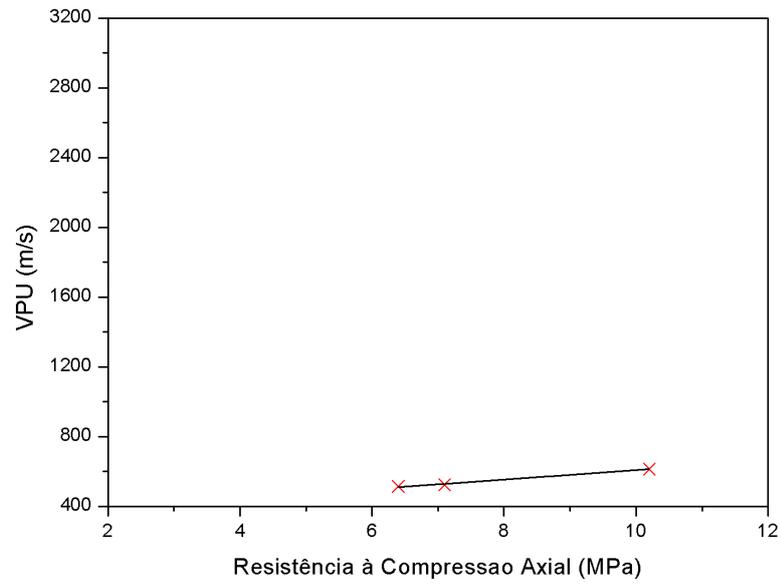
$$V = 257,28fc + 740,78 \quad (7)$$

As medições realizadas nas cidades de Beberibe e Viçosa do Ceará, ambas com amostras do século XX, forneceram índices de correlação respectivamente iguais a 0,99 e 0,96. Estabelecendo uma boa associação entre os parâmetros.

A Equação 8 apresenta a função da curva do Gráfico 9.

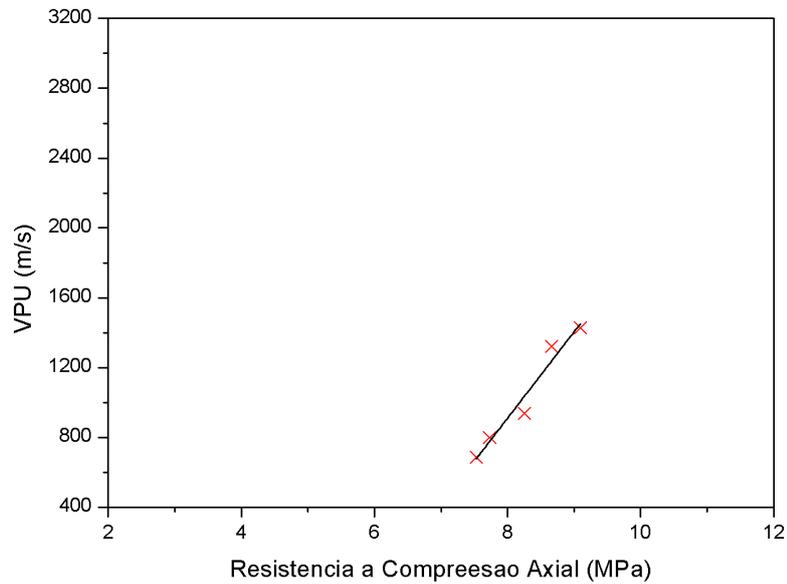
$$V = 26,96fc + 338,05 \quad (8)$$

Gráfico 9 - VPU x Resistência à compressão axial da cidade de Beberibe



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 10 - VPU x Resistência à compressão axial da cidade de Viçosa do Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Equação 9 apresenta a função da curva do Gráfico 10.

$$V = 493,89f_c + 3040,50$$

(9)

## 6 CONCLUSÃO

A heterogeneidade dos materiais constituintes e da metodologia de produção de tijolos cerâmicos maciços e argamassas, tornam a caracterização de alvenarias uma atividade complexa. A tarefa se torna ainda mais complicada quando se trata de alvenarias de edificações históricas, onde a agressividade ambiental e outros fatores de desgaste ao longo do tempo dificultam o entendimento do seu comportamento estrutural. Todavia, existem procedimentos de trabalho e métodos tecnológicos que podem permitir, mesmo com todas essas limitações, obter informações relevantes para a construção de projeto de preservação e reabilitação dessas estruturas. Um exemplo de método que desponta atualmente como ensaio não-destrutivo capaz de fornecer características importantes acerca do comportamento e composição das alvenarias históricas é o ultrassom. As ondas sonoras podem identificar padrões de danos, densidade e detalhes estruturais indispensáveis para a elaboração de projetos de reabilitação. O presente trabalho teve como objetivo estudar a velocidade do pulso ultrassônico em tijolos cerâmicos maciços de edificações históricas das cidades cearenses de Beberibe, Fortaleza, Icó, Irauçuba, Sobral e Viçosa do Ceará. Além da aplicação do método ultrassônico, foram realizadas as caracterizações física e mecânica desses materiais e uma análise histórica das cidades.

A caracterização física mostrou que os tijolos com maior e menor massa em média são, respectivamente, das cidades de Sobral (primeira metade do século XIX) com 4,87 kg e Fortaleza (segunda metade do século XIX) com 0,84 kg. Em relação às medidas dos tijolos, observou-se que houve mudanças ao longo do tempo. As dimensões de largura e comprimento foram diminuídas em 29,70% e 6,55% respectivamente, do século XVIII para o século XX. Já a espessura aumentou 3,21% entre os séculos XVIII e XIX, sendo que no século XX apresentou uma diminuição de 0,60% em comparação com o período anterior.

Para a realização dos ensaios ultrassônico e mecânico foram confeccionados blocos de tijolos com junção de argamassa de assentamento e capeamento com argamassa das faces em teste com o intuito de regularizar a superfície dos tijolos para proporcionar melhor acoplamento dos transdutores do aparelho ultrassônico aos blocos.

O ensaio ultrassônico teve como objetivo obter a velocidade do pulso ultrassônico. Para isso foram utilizados transdutores com frequência de 54kHz posicionados conforme especifica a configuração de transmissão direta. O eixo X forneceu valores médios de VPU com uma grande variabilidade quando considerado os períodos envolvidos no estudo. Analisando individualmente as cidades, observou-se que as amostras de Beberibe pouco

variaram, apresentando desvio padrão de 9,93. Já as amostras de Viçosa do Ceará e Icó apresentaram altos valores de variação, respectivamente, 513,89 e 521,50. As maiores e menores velocidades em média obtidas nesse eixo foram 2921 m/s e 561 m/s, das cidades de Icó e Beberibe, nessa ordem.

Os resultados obtidos através da aplicação do ensaio no eixo Y apresentaram igualmente baixa variabilidade para as amostras de Beberibe (3,27) e alta para Viçosa do Ceará (424,95). Os valores máximos e mínimos médios de VPU foram de 2987 m/s e 589 m/s para as amostras de Irauçuba e Beberibe, respectivamente. Por fim, no eixo Z, foi identificada uma redução nos valores de VPU levando em consideração os resultados dos eixos X e Y.

Em comparação com os resultados das amostras do eixo X do século XVIII, o eixo Z apresentou uma redução de 45,36% nos valores de VPU do mesmo período. Isso se deu pelo fato de que no eixo Z o pulso ultrassônico foi emitido através de múltiplas camadas (Argamassa de capeamento e junção, e tijolos), o que proporcionou a perda de energia da onda por fenômenos de reflexão e deflexão.

A caracterização mecânica das amostras se deu pela aplicação de método destrutivo para aquisição da resistência à compressão axial dos blocos. Notou-se que a resistência das amostras do século XX são maiores em 46,50% quando confrontados com os valores médios do século XVIII. Já em relação com o século XIX, os valores médios de resistência são similares. Por mais que seja observada uma tendência de aumento de resistência desses blocos ao longo do tempo, não se pode concluir que essa característica abranja todas as alvenarias históricas do Estado do Ceará.

A partir dos dados coletados nos ensaios ultrassônico e mecânico foi estudada a associação entre a VPU obtida no eixo Z e a resistência à compressão axial nas amostras de todas as cidades. A análise retornou o índice de correlação ou grau de relacionamento linear, onde foi possível verificar qualitativamente a relação entre esses dois parâmetros. Observou-se que apenas a correlação retornada pelo ensaio nas amostras da cidade de Sobral referentes ao primeiro período do século XIX, apresentou grau de relacionamento linear razoável. Nos demais ensaios foram identificados valores de  $R^2$  superiores a 0,8, o que comprova que a VPU e a resistência à compressão axial tem considerável correlação.

Com isso o trabalho demonstrou que o método não-destrutivo de caracterização de blocos de alvenaria de tijolos cerâmicos maciços é uma ferramenta que pode fornecer informações importantes acerca da resistência à compressão axial desse tipo de estrutura, o que possibilita o conhecimento do seu comportamento estrutural e a criação de projetos de preservação e reabilitação de edificações consideradas patrimônio histórico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8802: Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16805: Ensaio não destrutivo - Ultrassom - Caracterização de painéis por velocidade de propagação de onda ultrassônica** (ainda em fase de consulta), Rio de Janeiro: ABNT, 2019

ALVES, A. **Proposição de um método de caracterização de alvenarias de edificações históricas por meio de avaliação ultrassônica.** Trabalho de conclusão de curso - Universidade Estadual Vale do Acaraú, 2017.

ANUÁRIO DO CEARÁ 2019 – 2020. **Bens tombados pelo município de Fortaleza.** Disponível em: <<http://www.anuariodoceara.com.br/bens-tombados-pelo-municipio-fortaleza/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

ANUÁRIO DO CEARÁ 2019 – 2020. **Bens tombados pelo Estado.** Disponível em: <<http://www.anuariodoceara.com.br/bens-tombados-pelo-estado/>>. Acesso em: 24 out. 2019.

ANUÁRIO DE FORTALEZA 2012 – 2013. **Os maiores hospitais públicos.** 2012. Disponível em: <<http://www.anuariodefortaleza.com.br/saude/os-maiores-hospitais-publicos.ph>>. Acesso em: 20 out. 2019.

ARAGÃO, R. B. **Índios do Ceará e Topônimos Índigenas.** Fortaleza. Barraca do Escritor Cearense. 1994.

BAUER, E. et al. Infrared thermography – evaluation of the results reproducibility. **Structural Survey**, n. April, 2015.

BAUER, E.; PAVÓN, E. **Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios.** Concreto e construções - IBRACON, 2015.

BINDA, L. et al. **Application of sonic and radar tests on the piers and walls of the Cathedral of Noto.** v. 17, n. 03, p. 613–627, 2003.

BINDA, L.; SAISI, A. **State of the Art of Research on Historic Structures in Italy.** January 2001, 1996.

BINDA, L.; SAISI, A.; TIRABOSCHI, C. **Application of sonic tests to the diagnosis of damaged and repaired structures.** v. 34, p. 123–138, 2001.

BINDA, L. U.; SAISI, A.; TIRABOSCHI, C. **Investigation procedures for the diagnosis of historic masonries.** *Construction and Building Materials*, v. 14, p. 199–233, 2000.

BISPO, MARIANA. **Políticas públicas e o patrimônio histórico das primeiras ações a economia cultural.** *Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 34-57, out. 2011.

BREYSSE, D. **Non-Destructive Assessment of Concrete Structures : Reliability and Limits of Single and Combined Techniques: State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 207-INR.** Springer Science & Business Media, 2012.

CABRAL, ANA KARINA PEREIRA & OLIVEIRA, CARLA MARY S. **Políticas de Preservação do Patrimônio Histórico no Brasil e na Paraíba: o IPHAN, o IPHAEP e o Turismo Cultural.** *Anales del 3er Congreso Virtual de Turismo Cultural NAYa*. Buenos Aires: Naya, 2005. Disponível em: <<http://www.naya.org.ar/turismo/congreso2005/>>. Acesso em: 27 out. 2019.

CALABRE, LIA. **Políticas Culturais no Brasil dos anos 1930 ao século XXI.** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2009.

CANCLINI, NÉSTOR GARCIA. **O Patrimônio Cultural e a construção imaginária do nacional.** *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico*, Rio de Janeiro: IPHAN, n.º 23, 1994.

CASTRO, JOSÉ LIBERAL DE CASTRO. Viçosa do Ceará – Parecer sobre tombamento federal de trecho urbano. In: **Revista do Instituto do Ceará.** 2002.

CHAPMAN MJ, NORTON B, TAYLOR JM, LAVERY DJ. **The reduction in errors associated with ultrasonic non-destructive testing of timber arising from differential pressure on and movement of transducers.** *Constr Build Mater* [Internet]. 2006 Nov 1 [cited 2019 Aug 20];20(9):841–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061805001236>

CHOAY, F. **A alegoria do patrimônio.** São Paulo: Editora UNESP, 2001. 282 p.

COLÉGIO MAZÉ BESSA. **O Beberibe.** 2019. Disponível em: <<https://colegiomazebessa.com.br/o-beberibe/>>. Acesso em: 31 out. 2019.

DÍALOGOS POLÍTICOS. **Arte & cultura, atualidades, Ceará e nordeste, ciências naturais & sociais, saúde e comportamento, sociedade.** Disponível em: <<https://dialogospoliticos.wordpress.com/2013/03/26/igreja-do-ceu-em-vicosa-do-ceara/>> Acesso em: 27 out. 2019.

DIOCESE DE SOBRAL. **Diocese Centenária.** Disponível em:

<<http://www.diocesedesobral.com/nv/index.php/museu-dom-jose>>. Acesso em: 25 out. 2019.

FERNANDES, F. M. C. P. **Part II NDT in masonry using Ground Penetrating Radar**. University of Minho, 2006.

FERNANDES, J.; AMARAL, K.; BRANDÃO, F.; BETTI, M.; SILVA, M.; MESQUITA, E. **Caracterização dos danos da igreja de nossa senhora das vitórias**. 2018.

FONSECA, CECÍLIA LONDRES. **O Patrimônio em processo: trajetória da política federal de preservação no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/IPHAN, 1997. Hellier, Charles - **Handbook of Nondestructive Evaluation** - McGraw-Hill, 2003. NDT Education resources. Disponível em: <<http://www.ndted.org/EducationResources/educationresource.htm>> Acesso em: 27 out. 2019.

GIL, A. M. **Análise das manifestações patológicas em uma edificação do patrimônio histórico por meio de termografia infravermelha e inspeção visual – estudo de caso**. 11º Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas, 2015.

GROSSI, D. **Análise do estado de conservação do Monumento Ramos de Azevedo com utilização de métodos não destrutivos**. Universidade de São Paulo, 2013.

HALLIDAY, DAVID; WALKER, JEARL; RESNICK, R. **Fundamentos de Física - Volume 2 - Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 10ª ed.

IAEA, I. A. E. A. **Guidebook on non-destructive testing of concrete structures**. Vienna, 2002.

IBGE. **Prefeitura de Beberibe**. 2015. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/beberibe/historico>> Acesso em: 25 out. 2019.

IBGE. **Cidade de Irauçuba**. 2017 Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/irauçuba/historico>> Acesso em: 31 out. 2019.

ICOMOS. **The Cracow charter for the conservation and restoration of monuments and sites**. Cracow, 2000.

IPATRIMÔNIO, PATRIMÔNIO CULTURAL BRASILEIRO. **Icó – Conjunto Arquitetônico e Urbanístico**. 2015. Disponível em: <<http://www.ipatrimonio.org/ico-conjunto-arquitetonico-e-urbanistico/#!/map=38329&loc=-6.3913466480964,-38.8670539855957,14>> Acesso em: 12 set. 2019.

\_\_\_\_\_. **Viçosa do Ceará – Conjunto Arquitetônico e Urbanístico**. 2015. Disponível em: <http://www.ipatrimonio.org/?p=19611#!/map=38329&loc=-3.564168050537627,-41.09162449836731,16>> Acesso em: 15 set. 2019.

\_\_\_\_\_. **Sobral – Conjunto Arquitetônico e Urbanístico**. 2015. Disponível em: <http://www.ipatrimonio.org/?p=19609#!/map=38329&loc=-23.54193699482044,-406.65372133255005,15>> Acesso em: 15 set. 2019.

IPHAN. **Bens Tombados e Processos de Tombamentos em Andamento, 2016**. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/2016-1125\\_Lista\\_Bens\\_Tombados.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/2016-1125_Lista_Bens_Tombados.pdf).> Acesso em: 27 out. 2019.

\_\_\_\_\_. **Conjuntos Urbanos Tombados – Icó**. 2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/240>> Acesso em: 30 out. 2019.

\_\_\_\_\_. **PAC Cidades Históricas - Sobral**. 2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/235>> Acesso em: 25 out. 2019.

\_\_\_\_\_. **PAC Cidades Históricas - Fortaleza**. 2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/258>> Acesso em: 26 out. 2019.

LINHARES, GERSON. **Fortaleza e arredores: caminhada pelo centro histórico**. 2018. <https://thesummerhunter.com/fortaleza-caminhada-centro-historico/>> Acesso em: 19 out. 2019.

LONDRES, CECÍLIA. **O patrimônio histórico na sociedade contemporânea**. Rio de Janeiro, Escritos, 2005.

MAIERHOFER, C.; KÖPP, C.; WENDRICH, A. On-site investigation techniques for the structural evaluation of historic masonry buildings - a European research project. **Structural Analysis of Historical Constructions**, p. 313–320, 2005.

MALDAGUE, X. **Introduction to NDT by Active Infrared Thermography 1**. Quebec.

MARTINI, R. et al. Improvement of sonic tests methodology for the characterization of stone masonry. v. 36, n. August, 2018.

MATOS, S. R. P. R. **Caracterização de estruturas de alvenaria de pedra por recurso aos métodos do georadar, resistividade eléctrica e ensaios sínicos - Tese de mestrado**.

Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016.

MELO, A. V. DE. **Determinação da resistência à compressão em alvenaria de tijolos cerâmico e cimentício pelos métodos não destrutivos através de ultrassom e esclerometria**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

MESQUITA, E. et al. 11º Boletim Técnico ALCONPAT: Caracterização, avaliação e recuperação estrutural de construções históricas. **Alconpat-Brasil**, v. 11, p. 19, 2015.

MESQUITA, E. et al. Heterogeneity detection of Portuguese–Brazilian masonries through ultrasonic velocities measurements. **Journal of Civil Structural Health Monitoring**, v. 8, n. 5, p. 847–856, 2018.

MESQUITA, E. F. T. **Engenharia do Patrimônio**. 1ª ed. Curitiba.

MIRANDA, L. et al. **Stone Masonry Characterization Through Sonic Tests**. Porto.

MIRANDA, L. F. et al. Sonic Impact Method - A new technique for characterization of stone masonry walls. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 27–35, 2012.

MIRANDA, L. F. B. **Ensaio acústico e de macacos planos em alvenarias resistentes**. [s.l.] Universidade do Porto, 2011.

MOTA, LEONETE VASCONCELOS. **Mapeamento das expressões culturais**. 2006. Disponível em: <<http://iraucubaemrede.blogspot.com/p/conheca-mais-sobre-historia-de-iraucuba.html>> Acesso em: 27 out. 2019.

MURGUIA, E. I.; YASSUDA, S. N. Patrimônio histórico-cultural: critérios para tombamento de bibliotecas pelo iphan. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 12, n. 3, p. 54-64, 2007. Disponível em: <<http://www.brapci.ufpr.br/brapci/v/a/6558>> Acesso em: 27 out. 2019.

NUNES, M. G. **Caracterização ultrassônica como ferramenta de suporte à análise de estruturas de alvenaria**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, 2017.

O POVO. **Centro histórico de Sobral é reconhecido culturalmente**. 2017. Disponível em: <<https://www20.opovo.com.br/app/revistas/cultura/2017/01/03/notrcultura,3677676/centro-historico-de-sobral-tem-valor-historico-cultural-reconhecido.shtml>> Acesso em: 19 out. 2019.

PAUPÉRIO, E. et al. **Inspeção e diagnóstico de estruturas: Contributo para a sua**

**preservação.** p. 1–23, 2013.

PREFEITURA DE BEBERIBE. 2019. Disponível em:  
<<https://beberibe.ce.gov.br/informa.php?id=619>> Acesso em: 31 out. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOBRAL. **Sobral Solar.** 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VIÇOSA DO CEARÁ. Disponível em:  
<<https://www.vicosa.ce.gov.br/>> Acesso em: 25 out. 2019.

REMÍGIO, ONÉSIMO. **Nomes e histórias: Beberibe e seus distritos.** 2017. Disponível em:  
<<http://emblogone.blogspot.com/2017/11/curiosidade-nome-e-historiasde-beberibe.html>>  
Acesso em: 26 out. 2019.

ROLIM, ELIANA. **Patrimônio Histórico, Memória, História e Construção de Saberes.** In: XXVII SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 2013, Rio Grande do Norte, p. 1-3, jan. 2017.

RUBENS, T. et al. **Avaliação não-destrutiva dos pilares da ponte da localidade de Peixe Gordo, Tabuleiro do Norte-CE.** Fortaleza, 2019.

RUBENS, TALLIS; OLIVEIRA, FABIANA; PINTO, MARCELO; MESQUITA, ESEQUIEL. **Caracterização de tijolos históricos luso-brasileiros pelo método ultrassônico.** 2019.

SECULTFOR, SECRETARIA MUNICIPAL DA CULTURA DE FORTALEZA. **Mapa cultural do Ceará.** 2015. Disponível em: <<https://mapacultural.secult.ce.gov.br/espaco/214/>>  
Acesso em: 20 out. 2019.

SEBOK. LOU. **Atlases published in the Netherlands in the rare atlas collection.** Compiled and edited by Lou Seboek. National Map Collection (Canada), Ottawa. 1974.

SHAARI, A; MILLARD, S. G; BUNGEY, J. H. **Gpr antenna medium coupling effects: experimental and 2d fdtd modelling results.** Malaysia: [s.n.].

WICIAK P, CASCANTE G, POLAK MA. **Sensor and Dimensions Effects in Ultrasonic Pulse Velocity Measurements in Mortar Specimens.** Procedia Eng [Internet]. 2017 Jan 1 [cited 2019 Aug 20];193:409–16. Available from:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817327959>

Koroth BSR, Fazio P, Feldman D. **Evaluation of Clay Brick Durability Using Ultrasonic**

**Pulse Velocity.** 1998;4(2):142–7.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará.** Fortaleza, 2013.

VIANA, Monalisa Freitas. **Conjunto histórico e arquitetônico da cidade de viçosa do Ceará: sobre a produção de um patrimônio cultural. SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA**, 28., 2015, Florianópolis-SC. Florianópolis: ANPUH, 2015. Disponível em: [http://www.snh2015.anpuh.org/resources/anais/39/1439785411\\_ARQUIVO\\_MonalisaFreitasViana\\_ArtigoAnpuh\\_SC.pdf](http://www.snh2015.anpuh.org/resources/anais/39/1439785411_ARQUIVO_MonalisaFreitasViana_ArtigoAnpuh_SC.pdf). Acesso em: 24 out. 2019.

VIANA, Monalisa Freitas. **Conjunto histórico e arquitetônico da cidade de viçosa do Ceará: dos percursos da patrimonialização (1997-2006).** Orientador: Marco Aurélio Ferreira da Silva. Fortaleza. 2016. Dissertação (Mestrado em História e culturas) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de humanidades, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.uece.br/mahis/dmdocuments/monalisa.pdf>. Acesso em: 27. out. 2019.