



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

LORRAYNE SOUSA PARENTE

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TELHAS CERÂMICAS DO CENTRO
HISTÓRICO DE PORTO NACIONAL - TO, CONFORME A NBR 15310:2009**

PALMAS

2024

LORRAYNE SOUSA PARENTE

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TELHAS CERÂMICAS DO CENTRO
HISTÓRICO DE PORTO NACIONAL - TO, CONFORME A NBR 15310:2009**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil
do Instituto Federal do Tocantins, Campus
Palmas.

Orientador: Prof.º Me. Rodrigo Araujo Fortes

**PALMAS
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

- P228a Parente, Lorryne Sousa
 Avaliação da qualidade de telhas cerâmicas do centro histórico de Porto Nacional - TO, conforme a NBR 15310:2009 / Lorryne Sousa Parente. – PALMAS, TO, 2024.
 53 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, PALMAS, TO, 2024.
- Orientador: Me. Rodrigo Araújo Fortes
1. Telha. 2. Cerâmica. 3. Porto Nacional. I. Fortes, Rodrigo Araújo. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LORRAYNE SOUSA PARENTE

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE TELHAS CERÂMICAS DO CENTRO
HISTÓRICO DE PORTO NACIONAL - TO, CONFORME A NBR 15310:2009**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil
Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas,
como exigência à obtenção do grau em
Engenheiro Civil.

Aprovado em: 05/04/2024

BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente



RODRIGO ARAUJO FORTES

Data: 06/08/2024 14:05:09-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Rodrigo Araujo Fortes (Orientador)
IFTO – Campus Palmas

Documento assinado digitalmente



ELEN OLIVEIRA VIANNA

Data: 06/08/2024 20:19:27-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Elen Oliveira Vianna
IFTO – Campus Palmas

Documento assinado digitalmente



CEJANE PACINI LEAL MUNIZ

Data: 08/08/2024 12:29:12-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Cejane Pacini Leal Muniz
IPHAN - TO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, minha vizinha
que está no céu, meus pais, meu irmão, meus colegas
de aula que me apoiaram e toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força que me deu, fé e coragem para não desistir no meio do caminho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Rodrigo Araujo Fortes, pela sabedoria e apoio com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala, cuja colaboração e apoio foram fundamentais ao longo deste processo.

Aos demais professores que tive o prazer de conhecer ao longo do Curso de Engenharia Civil.

Gostaria de agradecer também o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer este desafio.

Especialmente à minha vovozinha, que sonhou comigo todos esses anos por este momento e hoje comemora esta conquista comigo do céu, vó, todo meu esforço foi por você.

Enfim, a todos os que, por algum motivo, contribuíram para a realização desta pesquisa, o meu sincero agradecimento.

RESUMO

A crescente necessidade de práticas construtivas sustentáveis e ambientalmente responsáveis, em consonância com as políticas globais de preservação, direciona a atenção para a utilização de materiais cerâmicos, como as telhas, no setor da construção civil. Neste contexto, o objetivo geral deste estudo foi avaliar a qualidade das telhas cerâmicas no centro histórico de Porto Nacional - TO, com ênfase na conformidade com a NBR 15310:2009. A metodologia adotada foi a de estudo de caso, envolvendo a coleta de 19 amostras de telhas cerâmicas de cinco imóveis em Porto Nacional - TO, após autorização do IPHAN. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção do Campus Palmas do IFTO, incluindo inspeção visual, análise de dimensões básicas, teste de carga de ruptura à flexão, impermeabilidade e absorção de água. Porto Nacional preserva fortemente as características do período colonial, refletindo sua relevância histórica. Todos os resultados dos ensaios realizados conforme a NBR 15310:2009 foram minuciosamente analisados. No entanto, os resultados referentes aos requisitos geométricos não foram tão satisfatórios, devido ao fato de lidarmos com telhas coloniais de fabricação antiga, enquanto a norma é contemporânea, estabelecida no século XXI, e as telhas remontam ao século XX. Apesar dessa disparidade temporal, é importante ressaltar que, em termos de trabalhabilidade e desempenho prático, as telhas coloniais apresentaram resultados significativos. Isso sugere que, apesar de sua antiguidade, essas telhas ainda possuem características notáveis em termos de uso e funcionalidade. Portanto, pode-se concluir que as telhas cerâmicas coloniais analisadas atenderam em sua maior parte às exigências da norma NBR 15310:2009, com exceção dos requisitos geométricos, que ficaram aquém das especificações. No entanto, considerando os resultados obtidos, esses desvios não impactaram negativamente a trabalhabilidade e a resistência das telhas. Assim, pode-se concluir que as telhas estão em conformidade com a norma.

Palavras-chave: cerâmica; telha; Porto Nacional; qualidade; construção civil; restauração.

ABSTRACT

The growing need for sustainable and environmentally responsible construction practices, in line with global preservation policies, directs attention to the use of ceramic materials, such as tiles, in the construction sector. In this context, the general objective of this study was to evaluate the quality of ceramic tiles in the historic center of Porto Nacional - TO, with an emphasis on compliance with NBR 15310:2009. The methodology adopted was a case study, involving the collection of 19 samples of ceramic tiles from five properties in Porto Nacional - TO, after authorization from IPHAN. The tests were carried out at the Construction Materials Laboratory of the IFTO Palmas Campus, including visual inspection, analysis of basic dimensions, flexural load-breaking test, impermeability, and water absorption. Porto Nacional strongly preserves the characteristics of the colonial period, reflecting its historical relevance. All test results performed according to NBR 15310:2009 were meticulously analyzed. However, the results regarding geometric requirements were not as satisfactory, due to the fact that we are dealing with old colonial tiles, while the standard is contemporary, established in the 21st century, and the tiles date back to the 20th century. Despite this temporal disparity, it is important to note that in terms of workability and practical performance, the colonial tiles presented significant results. This suggests that, despite their antiquity, these tiles still possess remarkable characteristics in terms of use and functionality. Therefore, it can be concluded that the analyzed colonial ceramic tiles mostly met the requirements of the NBR 15310:2009 standard, except for the geometric requirements, which fell short of the specifications. However, considering the obtained results, these deviations did not negatively impact the workability and resistance of the tiles. Thus, it can be concluded that the tiles comply with the standard.

Keywords: ceramics; tiles; Porto Nacional; quality; civil construction; restoration.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados ensaio de ruptura à flexão.....	45
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados ensaio de comprimento (cm).....	33
Tabela 2 - Resultados ensaio de planaridade (mm).....	34
Tabela 3 - Resultados ensaio de retilineidade (mm).....	35
Tabela 4 - Resultados ensaio de altura maior (mm)	38
Tabela 5 – Resultados ensaio de altura menor (mm).....	38
Tabela 6 - Resultados ensaio de largura maior (mm).....	39
Tabela 7 - Resultados ensaio de largura menor (mm).....	39
Tabela 8 - Resultados ensaio de espessura na altura maior (mm)	39
Tabela 9 - Resultados ensaio de espessura na altura menor (mm)	40
Tabela 10 - Resultados ensaio de absorção de água (AA).....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Artes rupestres do Período Mesolítico.....	16
Figura 2 - Fábrica de cerâmica	17
Figura 3 - As Revoluções Industriais	22
Figura 4 - Localização dos imóveis.....	23
Figura 5 - Fluxograma do trabalho	25
Figura 6 - Dimensões telha colonial.....	32
Figura 7 - Ensaio de planaridade	34
Figura 8 - Ensaio de retilineidade.....	35
Figura 9 - Ensaio de ruptura à flexão	44

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Centro Histórico de Porto Nacional - TO.....	19
Fotografia 2 - Avenida Beira Rio, Porto Nacional -TO	19
Fotografia 3 - Catedral Nossa Senhora das Mercês	20
Fotografia 4 - Nova Praia de Porto Real	20
Fotografia 5 - Colégio Sagrado Coração de Jesus.....	20
Fotografia 6 - Imóvel 1 e Fotografia 7 - Imóvel 2	23
Fotografia 8 - Imóvel 3 e Fotografia 9 - Imóvel 4	24
Fotografia 10 - Imóvel 5.....	24
Fotografia 11 - 19 peças amostradas	25
Fotografia 12 - Ensaio de características dimensionais	32
Fotografia 13 - Ensaio de planaridade.....	34
Fotografia 14 - Ensaio de retilineidade	35
Fotografia 15 e Fotografia 16 - Ensaio de inspeção visual imóveis 1(a) e 2(b)	37
Fotografia 17 - Ensaio de inspeção visual imóvel 3.....	37
Fotografia 18 e Fotografia 19 - Ensaio de inspeção visual imóveis 4(a) e 5(b)	37
Fotografia 20 - Ensaio de inspeção visual imóvel 6.....	38
Fotografia 21 - Ensaio de absorção de água, massa seca	40
Fotografia 22 e Fotografia 23 - Ensaio de absorção de água, massa úmida	41
Fotografia 24 - Ensaio de impermeabilidade, secagem das telhas em estufa	42
Fotografia 25 - Ensaio de impermeabilidade, resfriamento natural	42
Fotografia 26 - Ensaio de impermeabilidade, molduras	43
Fotografia 27 - Ensaio de impermeabilidade, molduras preenchidas com água.....	43
Fotografia 28 - Ensaio de ruptura à flexão	44
Fotografia 29 e Fotografia 30 - Imóvel 1	47
Fotografia 31 e Fotografia 32 - Imóvel 2.....	48
Fotografia 33 e Fotografia 34 - Imóvel 3.....	48
Fotografia 35 e Fotografia 36 - Imóvel 4.....	48
Fotografia 37 e Fotografia 38 - Imóvel 5.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 CERÂMICA NA ARQUITETURA BRASILEIRA.....	16
2.2 CONTEXTO HISTÓRICO DE PORTO NACIONAL.....	18
2.3 HISTÓRICO DA TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E SUA INFLUÊNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
3.1 NBR 15310:2009	26
3.1.1 Requisitos geométricos.....	27
3.1.2 Requisitos específicos.....	28
3.1.3 Métodos de ensaio e inspeção	28
3.1.4 Inspeção visual	29
3.1.5 Dimensões básicas	29
3.1.6 Absorção de água.....	29
3.1.7 Impermeabilidade (estanqueidade).....	30
3.1.8 Carga de ruptura à flexão.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 Resultados em conformidade com a NBR 15310:2009.....	31
4.1.1 Requisitos geométricos.....	31
4.1.2 Requisitos específicos.....	33
4.1.3 Métodos de ensaio e inspeção	33

4.1.4 Inspeção visual	36
4.1.5 Dimensões básicas	38
4.1.6 Absorção de água.....	40
4.1.7 Impermeabilidade (estanqueidade).....	42
4.1.8 Carga de ruptura à flexão.....	43
4.2 RECOMENDAÇÃO DE RESTAURAÇÃO	45
4.3 IMPACTO ARQUITETÔNICO	46
4.3.1 Contexto histórico e estético	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da terceira revolução industrial, onde a produtividade dita as novas formas de produção, os edifícios começam a ser considerados produtos e os materiais de construção, componentes essenciais. Isso leva à necessidade de integrar novos sistemas de produção no setor da construção civil. Global e nacionalmente, as políticas ambientais estão direcionando os setores produtivos para o uso de componentes recicláveis e ambientalmente amigáveis (FERREIRA, 1992).

Nesse contexto, materiais cerâmicos ganham relevância estratégica devido à sua interação benéfica com o meio ambiente e matérias-primas. Assim, produtos feitos de materiais cerâmicos estão se tornando mais adequados e alinhados com as políticas ambientais vigentes para a década atual (FERREIRA, 1992). Além disso, Souza (2017) aponta que elas conferem beleza e caráter aos edifícios, desempenhando ainda um papel funcional crucial: proteger as estruturas dos rigores climáticos.

As telhas cerâmicas, com suas formas, cores e texturas variadas, se tornaram um componente distintivo da arquitetura local, integrando-se harmoniosamente ao ambiente urbano (SOUZA, 2017). Esta avaliação justifica-se não apenas para preservar a integridade das construções históricas, mas também para estabelecer diretrizes de restauração e conservação que respeitem e valorizem o patrimônio cultural da cidade. A relevância deste estudo, portanto, ultrapassa a avaliação técnica; ele tem implicações diretas quanto à preservação do patrimônio histórico de Porto Nacional. Além disso, o estudo propicia uma maior compreensão da importância dos materiais de construção, como as telhas cerâmicas, na estética e na sustentabilidade das edificações.

Isso pode incentivar práticas de construção mais conscientes e ambientalmente responsáveis, alinhadas com as tendências globais de preservação e sustentabilidade. Ao avaliar a qualidade das telhas cerâmicas, o estudo oferece uma base sólida para políticas públicas e iniciativas privadas voltadas à conservação do patrimônio arquitetônico, promovendo uma integração mais harmônica entre o novo e o antigo.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: após esta introdução, o segundo capítulo aborda brevemente a história da terceira revolução industrial, analisando sua influência na construção civil, bem como a cerâmica na arquitetura brasileira e sua correlação

com o contexto histórico de Porto Nacional. Posteriormente, são discutidas as diretrizes da NBR 15310:2009 a respeito da qualidade de telhas cerâmicas. Na sequência, tem-se a descrição da metodologia adotada para a execução do trabalho, e, finalmente, os resultados e conclusões desta pesquisa.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Qual é o grau de conformidade das telhas cerâmicas empregadas nas edificações do centro histórico de Porto Nacional - TO com os critérios estabelecidos pela NBR 15310:2009 em relação à sua qualidade, sustentabilidade e integração com o patrimônio cultural?

1.2 JUSTIFICATIVA

A avaliação da qualidade das telhas cerâmicas no centro histórico de Porto Nacional, conforme a NBR 15310:2009, se justifica pela necessidade de preservação do patrimônio arquitetônico da região. As telhas desempenham um papel crucial na estética e na integridade das edificações históricas, e garantir sua conformidade com as normas técnicas é essencial para manter a autenticidade e a durabilidade desses monumentos. Além disso, a avaliação contribui para promover práticas construtivas responsáveis e sustentáveis, alinhadas com os princípios de conservação do meio ambiente e valorização da cultura local, impulsionando o desenvolvimento socioeconômico da comunidade.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo do estudo é avaliar a qualidade das telhas cerâmicas utilizadas no centro histórico de Porto Nacional, garantindo sua conformidade com a norma técnica NBR 15310:2009, com o propósito de preservar o patrimônio arquitetônico, promover a sustentabilidade e valorizar a identidade cultural da região.

1.3.2 Objetivos Específicos

a) Conduzir testes de conformidade com os requisitos estabelecidos pela NBR 15310:2009 para telhas cerâmicas, avaliando parâmetros como absorção de água, resistência mecânica e características físicas, a fim de verificar a adequação do material analisado aos padrões técnicos estabelecidos pela norma.

b) Realizar uma análise detalhada do contexto histórico que deu origem às telhas cerâmicas, investigando os materiais utilizados, as técnicas de produção e o papel dessas telhas na arquitetura tradicional da região.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CERÂMICA NA ARQUITETURA BRASILEIRA

A história da cerâmica na arquitetura brasileira é rica e diversificada, refletindo as influências culturais, históricas e ambientais do país. A origem da cerâmica como um produto tecnológico remonta ao período mesolítico, há cerca de cinco a dez mil anos atrás. Durante essa época, os humanos primitivos começaram a utilizar as mãos para misturar, modelar e decorar objetos feitos de matérias-primas argilosas. A invenção do torno, um instrumento crucial para a conformação de vasos de argila, ocorreu na Mesopotâmia entre 4000 e 3000 a.C., marcando um avanço significativo na produção de cerâmica (OLIVEIRA; HOTZA, 2015).

Figura 1 - Artes rupestres do Período Mesolítico



Fonte: Mundo educação

Com o tempo, o uso da cerâmica se expandiu, evidenciado pelos primeiros tijolos queimados datados de cerca de 3000 a.C. A queima desses tijolos, provavelmente a temperaturas não superiores a 500 °C, já oferecia propriedades mecânicas suficientes para resistir às chuvas. Entre 2200 e 2000 a.C., na Babilônia, houve uma diversificação na produção de itens de argila queimada, incluindo ânforas, garrafas e tijolos. O uso do torno para a fabricação de vasos de argila se tornou comum em várias civilizações, como na Índia, China e Egito, antes de 2500 a.C. Os egípcios, em particular, desempenharam um papel importante no desenvolvimento da cerâmica e do vidro, introduzindo técnicas avançadas por volta de 1300 a.C. (OLIVEIRA; HOTZA, 2015).

A evolução da cerâmica continuou com os gregos, que aprimoraram as técnicas de purificação de argilas e introduziram fornos fechados circulares para queimas no século XIII a.C. Além disso, entre os séculos VI e VII a.C., eles desenvolveram vasos com engobes de argilas vermelhas e decorações em esmalte preto, criando uma estética única. Essas inovações foram posteriormente aperfeiçoadas pelos romanos (OLIVEIRA; HOTZA, 2015).

Durante o século XVII, o avanço nas técnicas de fabricação e moldagem nas indústrias de cerâmica em Portugal levou a uma crescente chegada de peças cerâmicas ao Brasil. Estas peças se destacavam pela diversidade de cores e desenhos, refletindo as tendências globais e o progresso em outras formas de expressão artística (BARATA, 1995). Conforme apontado por Barata (1955), apesar de sua condição colonial, o Brasil se mantinha atualizado com as inovações e tendências do azulejo que emergiam na metrópole, demonstrando um dinamismo cultural significativo no campo das artes cerâmicas.

Já no século XXI, a cerâmica na arquitetura brasileira tem abraçado a sustentabilidade e a inovação. Novas técnicas de fabricação e materiais cerâmicos avançados estão permitindo a criação de designs mais eficientes em termos energéticos e ambientalmente responsáveis. A utilização de telhas cerâmicas, por exemplo, é uma escolha popular devido à sua durabilidade e capacidade de oferecer isolamento térmico, contribuindo para edificações mais sustentáveis (FONTOURA, 2023).

O processo histórico da cerâmica, portanto, reflete um progresso constante e significativo nas técnicas de produção e decoração, influenciando diversas culturas ao longo dos séculos (OLIVEIRA; HOTZA, 2015).

Figura 2 – Fábrica de cerâmica



Fonte: <https://sites.google.com/site/lehist09/home/idade-moderna/seculo-xviii/seculoxviii-arevolucaoindustrial>

2.2 CONTEXTO HISTÓRICO DE PORTO NACIONAL

A narrativa histórica de Porto Nacional, localizado no Tocantins, está profundamente enraizada na navegação fluvial no rio Tocantins e na corrida do ouro do século XVI, atraindo garimpeiros e aventureiros. Um português de nome Félix Camôa, reconhecido como barqueiro de destaque, teve um papel essencial no estabelecimento do núcleo primordial da cidade. A exploração da região pelos bandeirantes e a descoberta de ouro por Bartolomeu Bueno da Silva, em 1738, culminaram na formação do povoado Porto Real, que mais tarde seria conhecido como Porto Nacional. A presença militar também desempenhou um papel vital no desenvolvimento inicial do local (IPHAN, s.d.).

No término do século XVIII, Porto Real, estrategicamente situado entre os centros mineradores de Pontal e Carmo, vivenciou um crescimento substancial com a implementação de rotas comerciais e postos militares por Thomaz de Souza Villa Real. Em 1831, o povoado foi promovido a vila, adquirindo o nome de Vila de Porto Imperial. A chegada da família real portuguesa ao Brasil em 1808 catalisou ainda mais seu crescimento, estabelecendo a vila como um núcleo comercial vital, principalmente para comerciantes no rio Tocantins (IPHAN, s.d.).

O século XIX testemunhou transformações marcantes em Porto Nacional. A cidade, outrora Porto Imperial, emergiu como um polo comercial importante, destacando-se no comércio fluvial e hospedando mais de 4.000 habitantes até a década de 1860. Em 1861, foi elevada à categoria de cidade, assumindo o nome Porto Nacional. A fundação da Companhia de Navegação do Araguaia por Couto Magalhães em 1868 enfatizou a relevância do transporte fluvial. A chegada dos primeiros missionários dominicanos em 1886 também contribuiu para o desenvolvimento urbano e arquitetônico (IPHAN, s.d.). Segundo Geo (2019), os principais atrativos turísticos incluem:

- Centro Histórico: com suas ruas estreitas e edifícios majoritariamente do século XIX;

Fotografia 1 – Centro Histórico de Porto Nacional - TO



Fonte: Portal do IPHAN.

- Lago da Usina de Lajeado: ideal para esportes náuticos e pesca esportiva, localizado diante da cidade;
- Avenida Beira Rio: uma via expressa com mais de 3Km na orla da cidade;

Fotografia 2 - Avenida Beira Rio, Porto Nacional -TO



Fonte: Portal do IPHAN.

- Catedral Nossa Senhora das Mercês: erguida pelos frades dominicanos franceses, com pedra fundamental colocada em 1884;

Fotografia 3 - Catedral Nossa Senhora das Mercês



Fonte: Portal do IPHAN.

- Nova Praia de Porto Real: equipada para eventos culturais e esportivos de junho a setembro;

Fotografia 4 - Nova Praia de Porto Real



Fonte: Portal da Prefeitura Municipal de Porto Nacional.

- Colégio Sagrado Coração de Jesus: construção das irmãs dominicanas nos anos 1950, com estilo francês.

Fotografia 5 - Colégio Sagrado Coração de Jesus



Fonte: Autora.

Martimon (2019) aponta que o centro histórico abriga o Museu Histórico Cultural, a antiga Prefeitura, o Arquivo Municipal, o Abrigo João XXIII e a Biblioteca Municipal Eli Brasiense.

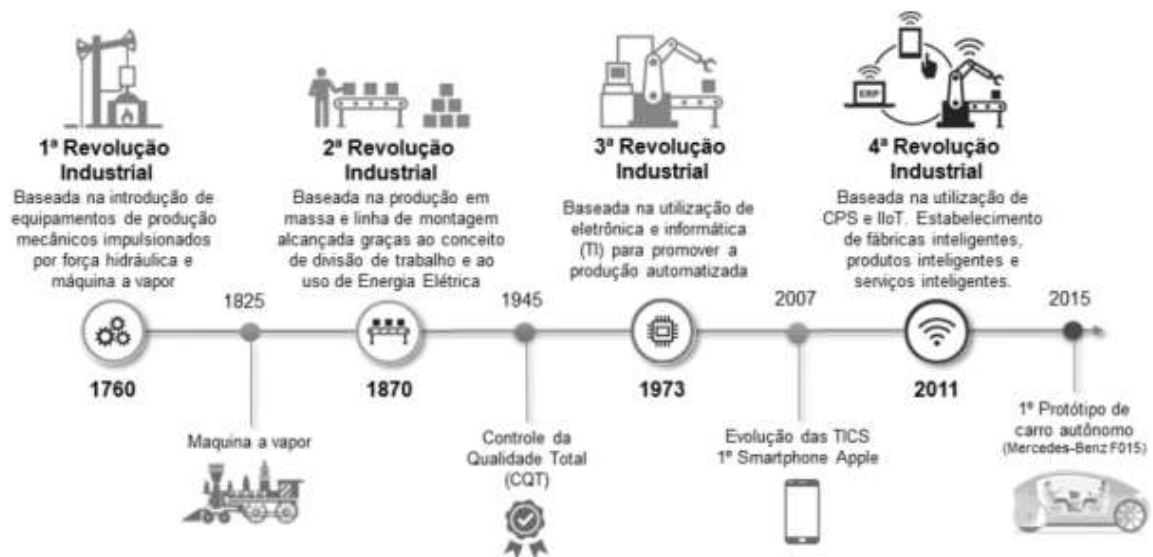
Nas estruturas antigas da cidade, observam-se detalhes como as eiras e beiras, janelas, lajotas e telhas artesanais. Esses casarões serviram a variados propósitos, incluindo comércio, hospedagem, teatro, redação de jornais e até moradia de escravos. No Museu Histórico e Cultural, localizado na antiga Intendência, estão expostas cerca de duzentas peças que ilustram a história e a memória dos antigos habitantes de Porto Nacional (BALSAN; Ribeiro; BRESSANIN, 2020).

As telhas das edificações antigas, feitas artesanalmente sem muitos detalhes de fabricação, resultando em dimensões irregulares, eram comumente dispostas em duas águas, uma voltada para a rua e outra para o quintal. Em algumas casas de esquina, era possível encontrar mais de duas águas, como é o caso de certas construções próximas à catedral e ao casarão dos Pedreiras. Estudos indicam a singularidade dessas telhas moldadas manualmente, evidenciando sua origem artesanal (BALSAN; Ribeiro; BRESSANIN, 2020).

2.3 HISTÓRICO DA TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E SUA INFLUÊNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para entender as revoluções industriais, é importante traçar sua evolução desde a primeira até a quarta. A primeira revolução, no final do século XVIII e início do XIX na Inglaterra, marcou o início da mecanização da produção e o uso de máquinas a vapor, acelerando a urbanização. A segunda revolução, no final do século XIX e início do XX, trouxe eletricidade e motores de combustão interna, ampliando a produção em massa e redes de transporte. A terceira revolução, a partir da década de 1950, introduziu eletrônica e automação, facilitando a globalização. Atualmente, a quarta revolução, iniciada no século XXI, é caracterizada por inovações como inteligência artificial e internet das coisas, que estão transformando digitalmente indústrias e serviços e integrando sistemas cibernéticos e físicos.

Figura 3 - As Revoluções Industriais



Fonte: Rodrigues (2021, p.32).

Rifkin (2016) descreve a Terceira Revolução Industrial que ocorreu em meados do século XX, a partir da década de 1950, como uma era definida pelo surgimento da automação e das tecnologias de informação e comunicação. Esse período foi caracterizado por avanços revolucionários em áreas como computação, robótica e telecomunicações, transformando radicalmente as operações industriais. A integração de sistemas digitais nas atividades de fabricação e administração resultou em um aumento exponencial da eficiência produtiva, marcando uma mudança significativa nas operações industriais e impactando a economia global de maneira profunda.

No setor da construção civil, essas transformações tiveram um impacto marcante, conforme observado por Silva Bento (2023). A introdução de tecnologias avançadas e softwares de design inovadores revolucionou as práticas construtivas. A automação e a modelagem de informações de construção (BIM) proporcionaram métodos mais precisos e eficientes de planejamento e execução de projetos, minimizando erros e desperdícios. A adoção de novos materiais e métodos construtivos, suportados por tecnologias avançadas, possibilitou a realização de projetos arquitetônicos mais complexos e sustentáveis.

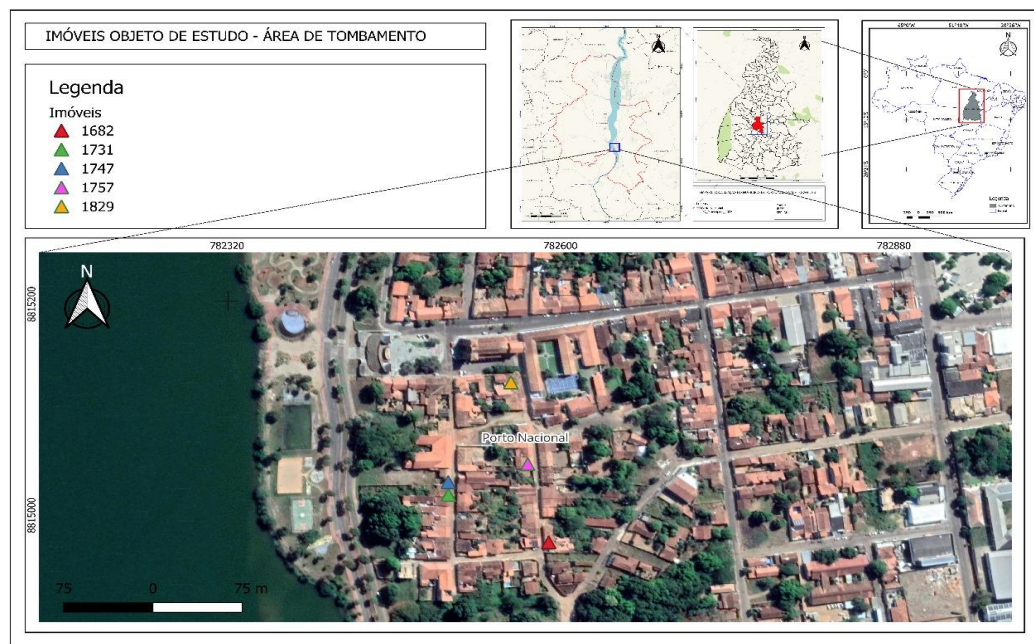
Nesse contexto de inovação, os materiais cerâmicos emergiram como elementos fundamentais na construção civil. Lessa (2009) aponta que a cerâmica oferece uma mistura única de durabilidade, eficiência térmica e estética. Segundo Silveira (2019) embora o uso de cerâmicas na construção não seja uma novidade, a Quarta Revolução Industrial, surgida no

século XXI, abriu caminho para aplicações e designs inovadores desses materiais, ampliando seu uso em diversos contextos arquitetônicos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa é do tipo estudo de caso, uma vez que visa-se avaliar a qualidade das telhas cerâmicas presentes no centro histórico de Porto Nacional - TO. Para tal, foram coletadas amostras de cinco imóveis, localizados em Porto Nacional - TO (Figura 4).

Figura 4 - Localização dos imóveis



Fonte: Autora (2024).

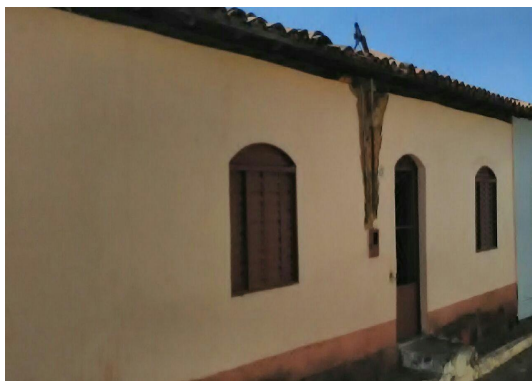
Fotografia 6 - Imóvel 1



Fotografia 7 - Imóvel 2



Fonte: Portal da Prefeitura Municipal de Porto Nacional (2017).

Fotografia 8 - Imóvel 3**Fotografia 9 - Imóvel 4**

Fonte: Portal da Prefeitura Municipal de Porto Nacional (2017).

Fotografia 10 - Imóvel 5

Fonte: Portal da Prefeitura Municipal de Porto Nacional (2017).

É importante ressaltar que, conforme estabelece o Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937 e a Portaria Iphan nº 420, de 22 de dezembro de 2010, foi necessário buscar junto ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) uma autorização para a coleta das telhas nos imóveis tombados, sendo coletados de edificações com tombamento municipal, estadual ou federal, conforme demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Quantidade de amostras coletadas

Imóvel	Quantidade coletada
1	3 telhas (novas)
1	1 telha (antiga)
2	5 telhas
3	3 telhas
4	3 telhas
5	4 telhas

Fonte: Autora (2023).

Na sequência, foram realizados ensaios com as amostras coletadas no Laboratório de Materiais de Construção, localizado no Campus Palmas, do IFTO, de acordo com as diretrizes da NBR 15310:2009. Neste sentido, as propriedades avaliadas serão:

1. Inspeção visual;
2. Dimensões básicas;
3. Carga de ruptura à flexão;
4. Impermeabilidade; e
5. Absorção de água.

Para cada ensaio, foram utilizadas amostras de telha cerâmica cedidas pelo IPHAN. Um total de 19 peças amostradas foram analisadas ao fim dos ensaios. Para facilitar a compreensão, cada fabricante foi designado por uma letra ‘A, B, C, D e E’, respectivamente.

Fotografia 11 - 19 peças amostradas



Fonte: Autora (2023).

Na Figura 5 apresenta-se o fluxograma de etapas desenvolvidas nesta pesquisa.

Figura 5 - Fluxograma do trabalho



Fonte: Autora (2023).

A análise dos dados foi feita a partir do delineamento inteiramente casualizado. Os dados levantados serão processados e apresentados em forma de tabelas e/ou de gráficos. Para as variáveis quantitativas serão determinadas medidas de:

- a) Tendência central;
- b) Dispersão;
- c) Assimetria; e
- d) Curtose;

Em intervalos com 95% de confiabilidade para estimar as verdadeiras medidas destas variáveis, sendo que os ensaios foram feitos de acordo com as diretrizes da NBR 15310:2009 e cada processo foi esclarecido pela norma, conforme demonstrado nos subcapítulos abaixo.

3.1 NBR 15310:2009

Haja vista o uso frequente das telhas de cerâmica, sua regulamentação mostrou-se necessária para garantir a qualidade do material. A NBR 15310 de 2009, neste sentido, foi criada com objetivo de estabelecer uma série de requisitos e métodos de ensaio para telhas cerâmicas utilizadas em telhados de edificações. São os requisitos descritos na normativa:

- 1. Gerais;
- 2. Geométricos; e
- 3. Específicos.

Os principais aspectos abordados pela norma são demonstrados no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 - Requisitos Gerais

Fabricação	As telhas cerâmicas devem ser feitas de argila conformada, por prensagem ou extrusão, e queimadas de acordo com as condições especificadas pela norma.
Identificação	Cada telha cerâmica deve ter informações como identificação do fabricante, modelo da telha, rendimento médio, dimensões e galga média, gravadas em relevo ou reentrância
Características Visuais e Sonoridade	Admite-se a presença de certas imperfeições superficiais que não afetem o desempenho da telha, como esfoliações, quebras, lascados e rebarbas. A telha deve emitir um som semelhante ao metálico quando suspensa por uma extremidade e percutida.

Fonte: NBR 15310:2009.

3.1.1 Requisitos geométricos

As telhas são categorizadas em quatro tipos distintos, cada um com características únicas de seção transversal e detalhes específicos para a junção na estrutura do telhado:

- a) Telhas planas de encaixe.



- b) Telhas compostas de encaixe.



- c) Telhas simples de sobreposição.



- d) Telhas planas de sobreposição.



Em relação às dimensões, as características incluem a largura e o comprimento padrão de fabricação, a posição do pino ou do furo de amarração, a altura do pino, o rendimento médio e a galga média. Cada tipo de telha fabricada deve ter um projeto de modelo próprio, cuja responsabilidade é do fabricante. Este deve assegurar a conformidade com todos os requisitos normativos.

3.1.2 Requisitos específicos

- a. **Peso:** O peso seco da telha não deve exceder 6% do valor especificado no projeto do modelo.
- b. **Tolerância Dimensional:** As dimensões de fabricação permitem uma tolerância de $\pm 20\%$, com diretrizes específicas para a altura do pino em telhas prensadas e extrudadas.
- c. **Absorção de Água:** O valor máximo permitido de absorção de água é de 20%.
- d. **Impermeabilidade:** As telhas devem ser totalmente impermeáveis, sem apresentar vazamentos ou acúmulo de gotas na face inferior
- e. **Resistência à Flexão:** As telhas devem cumprir com os valores mínimos de resistência à flexão estipulados para os diferentes tipos.

3.1.3 Métodos de ensaio e inspeção

Os métodos de teste são projetados para avaliar as características dimensionais das telhas, incluindo:

1. Rendimento médio;
2. Planaridade; e
3. Retitude.

Referente à aceitação ou rejeição, na inspeção por ensaios de carga e ruptura à flexão, a aceitação ou rejeição do lote fica condicionada ao disposto no Quadro 3.

Quadro 3 - Aceitação e rejeição por dupla amostragem na inspeção por ensaios

Nº de telas constituintes		Unidades não-conformes			
		1ª amostragem		2ª amostragem	
Amostragem	Amostragem	Nº aceitação	Nº rejeição	Nº aceitação	Nº rejeição

Fonte: NBR 15310:2009.

Na realização dos testes para avaliar as características dimensionais das telhas, incluindo a largura de fabricação (L), comprimento de fabricação (C), posição do pino (LP), altura do pino (HP), retilineidade e planaridade, além da absorção de água e impermeabilidade, a decisão de aceitar ou rejeitar um lote específico de telhas será determinada conforme as diretrizes estabelecidas no Quadro 4.

Quadro 4 - Aceitação e rejeição na inspeção por amostragem simples na inspeção por ensaios

Número de telhas constituintes	Unidades não-conformes	
	Nº aceitação	Nº rejeição
Amostragem simples		

Fonte: NBR 15310:2009.

Já a inspeção por ensaios de rendimento médio (R_m) deve atender à tolerância admitida, para o valor do rendimento médio (R_m) é de $\pm 1\%$ para que o lote seja aceito.

3.1.4 Inspeção visual

A telha pode exibir pequenas imperfeições, tais como esfoliações, rachaduras, lascas e rebarbas, desde que estas não afetem seu funcionamento adequado. Da mesma forma, são toleráveis riscos, arranhões e marcas superficiais resultantes do atrito que podem ocorrer nas telhas durante os processos de fabricação, embalagem, armazenamento ou transporte.

3.1.5 Dimensões básicas

A margem de tolerância aceitável é de $\pm 2,0\%$. No caso das telhas prensadas, o pino deve apresentar uma altura mínima (H_p) de 7mm. Já para as telhas extrudadas, o pino deve ter no mínimo 3mm de altura (H_p). A margem de tolerância para o rendimento médio é de $\pm 4\%$.

O propósito do teste para determinar as características dimensionais e o rendimento médio é confirmar se as dimensões do componente estão de acordo com as especificações mencionadas anteriormente. Para isso, é fundamental utilizar equipamentos de medição precisos como paquímetro, deflectômetro, régua metálica graduada com sensibilidade máxima de 1,0mm e pente de folga com espessura mínima de 1mm.

3.1.6 Absorção de água

O coeficiente de absorção de umidade está ligado ao clima da área onde a telha está instalada. De acordo com o padrão, a absorção de água é descrita como a relação entre a quantidade de água absorvida pelo material quando saturado e a massa original seca da telha.

3.1.7 Impermeabilidade (estanqueidade)

A estanqueidade refere-se à habilidade da telha em resistir à passagem de água. Durante o teste de estanqueidade, a telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, embora seja tolerada a presença de manchas de umidade. É importante notar que qualquer eventual formação de gotas na face inferior das telhas, devido à permeabilidade, não deve ser confundida com a formação de gotas na face inferior das telhas devido à condensação da umidade do ar ambiente.

Para realizar o teste, a norma NBR 15310:2009 especifica a criação de uma estrutura à prova d'água, com o suporte correspondente, que cubra pelo menos 65% da área determinada pelo comprimento e largura útil dos corpos de prova. Além disso, é necessário uma estufa com temperatura ajustável de $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ e um espelho com área superficial igual ou superior à área da estrutura.

O processo preliminar envolve as seguintes etapas:

- a. As telhas devem ser submersas em água à temperatura ambiente por no mínimo 24 horas ou por no mínimo 2 horas em água fervente;
- b. Em seguida, as telhas devem ser secas a uma temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- c. A massa de cada corpo de prova deve ser medida em intervalos de 1 hora, até que duas medições consecutivas de cada corpo de prova não difiram em mais de 0.25%. As medições devem ser feitas imediatamente após a remoção da estufa;
- b) Após a estabilização das medições de acordo com o critério mencionado acima, os corpos de prova devem esfriar naturalmente até atingirem a temperatura ambiente;
- c) As estruturas à prova d'água devem ser aplicadas às superfícies superiores dos corpos de prova e seladas. Em seguida, devem ser preenchidas com água suficiente para que a coluna de água em cada estrutura atinja as indicações. A altura da coluna de água deve ser mantida constante durante o teste através da reposição de água;
- d) Os corpos de prova devem ser submetidos à pressão da coluna d'água por no mínimo 24 horas;
- e) A presença de marcas de água na superfície do espelho em qualquer momento indica a permeabilidade do corpo de prova.

3.1.8 Carga de ruptura à flexão

A determinação da resistência à flexão simples (ensaios de três pontos ou ensaio dos três apoios) tem como objetivo replicar situações típicas de transporte, uso, construção e manutenção. Os equipamentos necessários para este teste são os seguintes:

- a. Um dispositivo capaz de aplicar cargas de forma contínua a uma taxa máxima de 50 N/s (ou 5 kgf/s), equipado com um sistema de leitura de carga, podendo ser analógico ou digital, com sensibilidade de 10 N (ou 1 kgf);
- b. Uma barra de aço de seção circular ou semicircular, com diâmetro de (20 ± 2) mm e comprimento mínimo maior que a largura total do corpo de prova, conectada ao dispositivo de aplicação de carga por meio de uma articulação;
- c. Uma trena metálica, com sensibilidade mínima de 1 mm;
- d. Apoios e suportes.

Os procedimentos para a determinação da resistência à flexão simples são específicos para cada tipo de telha. Os seguintes modelos de telha são abordados na referida norma já citados no item 3.1.1.

As telhas analisadas neste estudo são do tipo simples de sobreposição. O ensaio foi desenvolvido de acordo com as orientações da NBR 15310:2009.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados em conformidade com a NBR 15310:2009

4.1.1 Requisitos geométricos

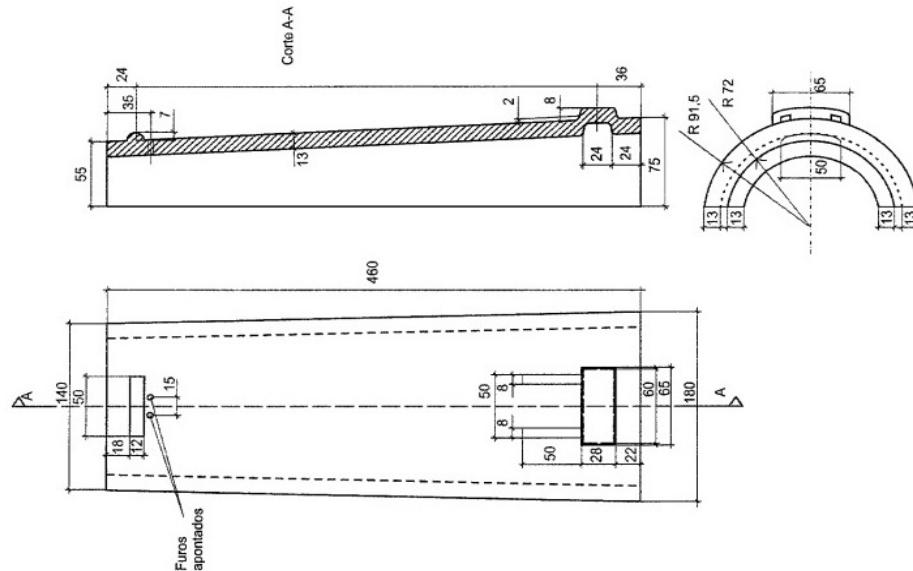
A avaliação dos requisitos geométricos foi conduzida em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela norma NBR 15310:2009. Esta norma aborda formas, tipos e características dimensionais das telhas, com o tipo avaliado sendo o de sobreposição simples.

Entre as características dimensionais mencionadas na norma, incluem-se a largura e comprimento de fabricação, a posição do pino ou furo de amarração, a altura do pino, o rendimento médio e a galga mínima. Devido à natureza artesanal da produção de telhas coloniais, nem todos os aspectos puderam ser avaliados em sua totalidade.

Para a medição das dimensões lineares, utilizamos um paquímetro com sensibilidade mínima de 1 mm. Cuidadosamente, realizamos medições precisas do

comprimento e largura das telhas cerâmicas. Todos os dados foram meticulosamente registrados, garantindo uma avaliação precisa das dimensões das telhas. A figura a seguir ilustra as dimensões descritas em normas.

Figura 6 - Dimensões telha colonial



Fonte: NBR 15310:2009.

Fotografia 12 - Ensaio de características dimensionais



Fonte: Autora (2023).

Os resultados obtidos foram documentados na tabela abaixo:

Tabela 1 - Resultados ensaio de comprimento (cm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	46,70	48,80*	46,85	50,30*	-
Imóvel 2	40,20*	42,30*	44,30*	44,40*	43,90*
Imóvel 3	46,00	47,30*	46,50	-	-
Imóvel 4	43,95*	43,90*	43,60*	-	-
Imóvel 5	45,30	43,00*	44,30*	42,70*	-

*Telhas com características dimensionais que não atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Esses resultados fornecem uma base para avaliar a conformidade das telhas com os requisitos dimensionais especificados pela norma.

Ao analisar os resultados apresentados na tabela, observamos que, dos 19 corpos de prova testados, apenas 5 estão em conformidade com a norma. Esta norma estipula que o comprimento, expresso em centímetros, deve situar-se entre 45,1 cm e 46,9 cm para ser considerado dentro dos padrões estabelecidos.

4.1.2 Requisitos específicos

Os requisitos específicos estão divididos em cinco categorias distintas já citadas no item 3.1.2. De acordo com a norma, o peso e a tolerância dimensional devem seguir o projeto de modelo fornecido pelo fabricante. No entanto, no caso das telhas coloniais, essas informações não estão disponíveis, o que torna difícil obter resultados precisos para esses dois tópicos. Por outro lado, os ensaios relacionados à absorção de água, impermeabilidade e resistência à flexão podem ser encontrados nos itens 4.1.6, 4.1.7 e 4.1.8, respectivamente.

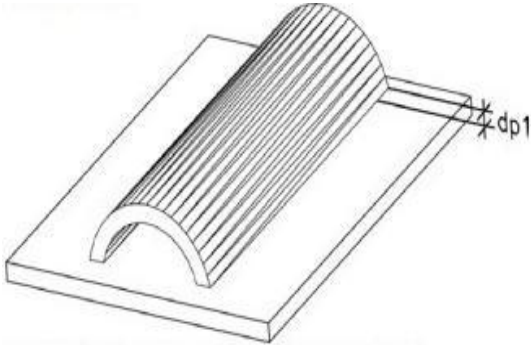
4.1.3 Métodos de ensaio e inspeção

Os métodos de ensaio e inspeção são concebidos para avaliar diversas características dimensionais das telhas, tais como rendimento médio, planaridade e retitude. No entanto, devido à quantidade limitada de telhas fornecidas para a realização dos ensaios, não foi viável conduzir o teste de rendimento médio.

O ensaio de planaridade é conduzido da seguinte maneira: Após a preparação dos corpos de prova, estes são colocados sobre uma superfície plana e resistente à deformação, que seja maior que as telhas em dimensão. As medições são realizadas nas telhas planas de

encaixe, planas de sobreposição e simples de sobreposição, apoiando-as em três pontos e registrando o afastamento máximo da superfície de uma das extremidades do corpo de prova em relação à superfície de apoio, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Ensaio de planaridade



Fonte: NBR 15310:2009.

Fotografia 13 - Ensaio de planaridade



Fonte: Autora (2023).

Tabela 2 - Resultados ensaio de planaridade (mm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	1,58	16,29*	0,94	14,01*	-
Imóvel 2	9,14*	7,64*	11,44*	10,44*	1,65
Imóvel 3	8,57*	6,45*	13,91*	-	-
Imóvel 4	1,81	1,57	8,58*	-	-
Imóvel 5	5,47*	10,42*	10,87*	15,08*	-

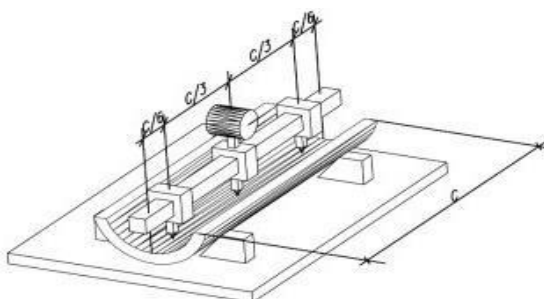
*Telhas com planaridade que não atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Para o ensaio de retilineidade antes de iniciar a orientação, é essencial que o defletômetro esteja ajustado para zero e posicionado sobre uma superfície plana. A avaliação da retilineidade é realizada no sentido longitudinal das telhas.

Para todos os tipos de telhas, a retilineidade é medida em um ponto central em relação a dois outros pontos fixos, conforme ilustrado esquematicamente na Figura 8.

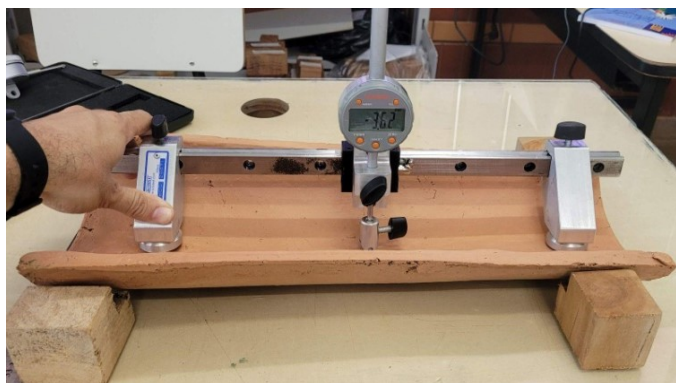
Figura 8 - Ensaio de retilineidade



Fonte: NBR 15310:2009.

Todos os valores individuais medidos devem ser registrados, acompanhados de um sinal correspondente: se houver um desvio para baixo, descer uma borda côncava, é adotado um sinal positivo; caso haja um desvio para cima, rebaixado uma borda convexa, é adotado um sinal negativo.

Fotografia 14 - Ensaio de retilineidade



Fonte: Autora (2023).

Tabela 3 - Resultados ensaio de retilineidade (mm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	0,19	-0,15	-0,16	-2,63	-
Imóvel 2	1,45*	-2,68	-1,19	1,13*	-0,38
Imóvel 3	1,68*	0,06	0,54	-	-
Imóvel 4	-3,12	-2,90	-3,20	-	-
Imóvel 5	-3,88	-0,81	-3,50	-3,80	-

*Telhas com retilineidade que não atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Com base nos resultados dos ensaios de planaridade e retilineidade, podemos observar um melhor resultado em relação à retilineidade. No ensaio de planaridade, tivemos 14 amostras reprovadas e somente 5 amostras foram aprovadas, enquanto no ensaio de retilineidade das 19 amostras apenas 3 foram reprovadas.

De acordo com a norma 15310:2009, o valor da retilineidade para telhas simples de sobreposição e telhas compostas de encaixe não deve ser superior a 1% do comprimento efetivo, e que o valor da planaridade não deve exceder 5 mm, independentemente do tipo de telha, podemos concluir que, embora as amostras tenham obtido melhores resultados no ensaio de retilineidade, ainda é necessário melhorar a planaridade em algumas delas para garantir a conformidade com os padrões estabelecidos pela norma.

4.1.4 Inspeção visual

As telhas podem apresentar pequenas imperfeições, como esfoliações, rachaduras, lascas e rebarbas, desde que estas não comprometam seu desempenho adequado. Além disso, são toleráveis riscos, arranhões e marcas superficiais que podem ocorrer durante os processos de fabricação, embalagem, armazenamento ou transporte.

É importante ressaltar que as telhas artesanais, especialmente as históricas ou antigas, podem apresentar diversas imperfeições devido ao seu processo de fabricação manual e ao longo tempo de uso sem manutenção adequada. Mesmo nas telhas mais novas, é comum encontrar algumas imperfeições, embora possam ser menos evidentes.

No caso dos 5 imóveis que foram avaliados, apenas no imóvel 1 foram encontradas telhas mais recentes com identificação do fabricante. No entanto, essas mesmas telhas ainda apresentam algumas imperfeições, o que é comum devido à natureza do material e ao processo de fabricação.

Fotografia 15 e Fotografia 16 - Ensaio de inspeção visual imóveis 1(a) e 2(b)



(a)

(b)

Fonte: Autora (2023).

Fotografia 17 - Ensaio de inspeção visual imóvel 3



Fonte: Autora (2023).

Fotografia 18 e Fotografia 19 - Ensaio de inspeção visual imóveis 4(a) e 5(b)



(a)

(b)

Fonte: Autora (2023).

Fotografia 20 - Ensaio de inspeção visual imóvel 6



Fonte: Autora (2023).

4.1.5 Dimensões básicas

Para determinar as características dimensionais, utilizamos instrumentos de medição precisos, como paquímetro e régua metálica graduada. As medidas foram realizadas para determinar a altura maior e menor, largura maior e menor, bem como a espessura na altura maior e menor, todas expressas em milímetros.

Tabela 4 - Resultados ensaio de altura maior (mm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	72,87	77,77	73,56	71,31	-
Imóvel 2	59,56	80,07	70,93	78,35	86,49
Imóvel 3	78,53	73,14	75,93*	-	-
Imóvel 4	79,59	83,45	81,72	-	-
Imóvel 5	66,78	78,60	77,09	68,36	-

*Telhas com altura maior que atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Nas Tabelas 4 e 5, respectivamente, podemos verificar os valores coletados da altura maior e menor de cada amostra, na altura maior o valor deve estar entre 75mm e na altura menor entre 55mm.

Tabela 5 – Resultados ensaio de altura menor (mm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	58,62	66,68	57,97	59,63	-
Imóvel 2	51,18	53,77	49,65	51,67	48,90
Imóvel 3	63,99	56,29	75,55	-	-
Imóvel 4	59,34	62,04	62,29	-	-
Imóvel 5	46,00	44,63	48,38	47,47	-

*Telhas com altura menor que atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Nas Tabelas 6 e 7 podemos conferir os resultados de cada amostra para largura maior e menor. Na largura maior o resultado precisa estar entre 176mm e 184mm e na largura menor entre 137mm e 143mm.

Tabela 6 - Resultados ensaio de largura maior (mm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	199,17	201,61	202,34	254,31	-
Imóvel 2	194,83	213,91	195,82	197,40	204,20
Imóvel 3	229,07	220,53	224,50	-	-
Imóvel 4	214,89	220,23	217,28	-	-
Imóvel 5	199,43	179,89*	171,02	187,86	-

*Telhas com largura maior que atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Tabela 7 - Resultados ensaio de largura menor (mm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	162,10	158,45	163,18	201,14	-
Imóvel 2	144,27	148,16	154,19	143,51	145,98
Imóvel 3	181,20	164,07	175,58	-	-
Imóvel 4	180,49	179,52	179,37	-	-
Imóvel 5	126,88	136,80	137,81*	138,14*	-

*Telhas com largura menor que atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Nas Tabelas 8 e 9 estão demonstrados os resultados das espessuras na altura maior e menor, respectivamente. Os resultados precisam estar entre 12mm e 14mm, independente, da altura ser a maior ou a menor. Esse ensaio teve resultados melhores sendo 7 amostras com espessura na altura maior de acordo com a norma e na altura menor 12 amostras.

Tabela 8 - Resultados ensaio de espessura na altura maior (mm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	15,91	16,90	16,47	16,33	-
Imóvel 2	14,96	18,03	13,11*	15,51	15,97
Imóvel 3	13,15*	10,90	15,04	-	-
Imóvel 4	13,90*	13,37*	12,43*	-	-
Imóvel 5	15,35	13,14*	14,58	12,93*	-

*Telhas com espessura na altura maior que atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Tabela 9 - Resultados ensaio de espessura na altura menor (mm)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	14,14	14,76	14,40	15,88	-
Imóvel 2	15,84	12,87*	13,91*	12,87*	13,42*
Imóvel 3	13,30*	12,18*	13,95*	-	-
Imóvel 4	13,10*	13,62*	14,68	-	-
Imóvel 5	12,73*	11,97	12,16*	13,02*	-

*Telhas com espessura na altura menor que atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

Verificamos que, em relação às larguras, quase nenhum item atendeu aos requisitos da norma. Apenas uma amostra atendeu às especificações para a largura maior e duas para a menor. Já em relação às espessuras, os resultados foram mais satisfatórios.

4.1.6 Absorção de água

Para o ensaio de absorção de água é necessário determinar a massa seca (ms), o procedimento envolve remover quaisquer resíduos soltos dos corpos de prova, seguido pela secagem em estufa a $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$. As pesagens individuais são realizadas em intervalos de 1 hora até que duas pesagens consecutivas não diferem em mais de 0,25%, imediatamente após a remoção da estufa. A massa seca (ms) é então medida e expressa em gramas.

Fotografia 21 - Ensaio de absorção de água, massa seca

Fonte: Autora (2023).

Após a determinação da massa úmida (μ), os corpos de prova são imersos em água à temperatura ambiente por 24 horas. Em seguida, são retirados, permitindo que o excesso de água escorra, e a água remanescente é removida com um pano limpo e úmido. A

massa úmida (μ), expressa em gramas, é determinada pela pesagem de cada corpo de prova saturado.

Fotografia 22 e Fotografia 23 - Ensaio de absorção de água, massa úmida



Fonte: Autora (2023).

Os resultados das pesagens das massas secas e úmidas devem ser expressos em gramas e os índices de absorção de água (AA) devem ser expressos em porcentagem inteiras.

Dos corpos de prova amostrados, a maioria apresentou resultados satisfatórios, com apenas 6 das 19 amostras sendo reprovadas. No entanto, o imóvel 4 levantou preocupações significativas, já que nenhum dos resultados estava dentro dos padrões da norma, ultrapassando o limite máximo de 20% estabelecido. Na tabela 10 podemos conferir os resultados encontrados.

Tabela 10 - Resultados ensaio de absorção de água (AA)

Imóveis	Corpo de Prova A	Corpo de Prova B	Corpo de Prova C	Corpo de Prova D	Corpo de Prova E
Imóvel 1	20%*	16%*	20%*	16%*	-
Imóvel 2	17%*	16%*	23%	17%*	17%*
Imóvel 3	17%*	15%*	20%*	-	-
Imóvel 4	21%	21%	21%	-	-
Imóvel 5	26%	16%*	22%	16%*	-

*Telhas com absorção de água que atendem a norma.

Fonte: Autora (2024).

4.1.7 Impermeabilidade (estanqueidade)

Para realizar o teste de impermeabilidade, foi construída uma moldura à prova d'água, cobrindo aproximadamente 65% da área determinada pelo comprimento e largura útil dos corpos de prova.

O procedimento começou com as telhas sendo submersas em água à temperatura ambiente por 24 horas. Em seguida, as telhas foram secas em uma estufa ajustada a uma temperatura de $(105^{\circ}\text{C} \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Após a estabilização das pesagens, os corpos de prova foram deixados para resfriar naturalmente até atingirem a temperatura ambiente. Então, as molduras foram aplicadas e seladas, sendo posteriormente preenchidas com água suficiente para manter uma coluna de água que atendesse às especificações, com a altura mantida constante durante o ensaio por meio da reposição de água.

Fotografia 24 - Ensaio de impermeabilidade, secagem das telhas em estufa



Fonte: Autora (2023).

Fotografia 25 - Ensaio de impermeabilidade, resfriamento natural



Fonte: Autora (2023).

Fotografia 26 - Ensaio de impermeabilidade, molduras



Fonte: Autora (2023).

Fotografia 27 - Ensaio de impermeabilidade, molduras preenchidas com água



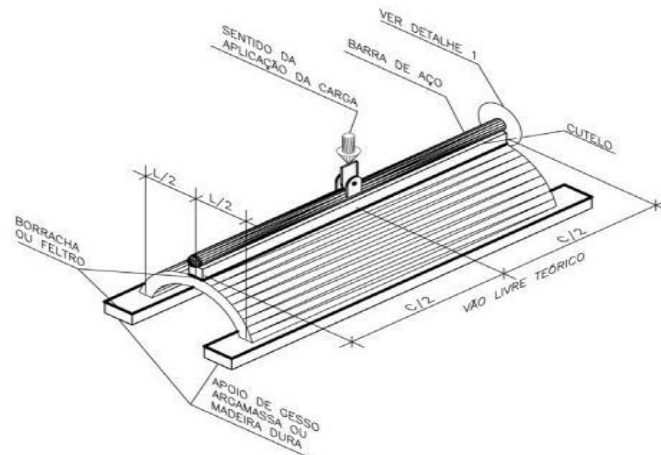
Fonte: Autora (2023).

Após o período mínimo de 24 horas, foi observado que todos os corpos de prova não apresentaram marcas de água na superfície do espelho. Portanto, todas as amostras passaram no teste de impermeabilidade, todas foram impermeáveis.

4.1.8 Carga de ruptura à flexão

Para realizar o ensaio de flexão, foram necessários os seguintes itens: um dispositivo de carga com leitura analógica ou digital e sensibilidade de 10 N, capaz de aplicar carga de até 50 N/s; uma barra de aço com diâmetro de 20 mm; uma trena metálica sensível a 1 mm, apoios e cutelo, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Ensaio de ruptura à flexão

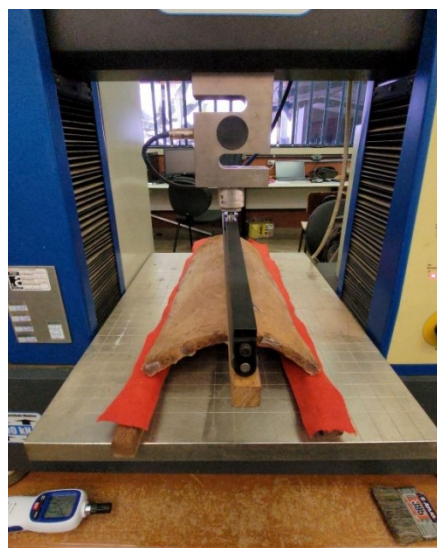


Fonte: NBR 15310:2009.

O ensaio de flexão de telhas simples de sobreposição foi conduzido da seguinte maneira:

- a. Um cutelo de madeira dura foi colocado a meio caminho entre as duas bordas longitudinais do corpo de prova.
- b. A carga foi aplicada a uma velocidade constante de (50 ± 5) N/s, sem choques, até a ruptura do corpo de prova, em um ponto correspondente à metade do comprimento da telha, conforme indicado na Fotografia 28.

Fotografia 28 - Ensaio de ruptura à flexão



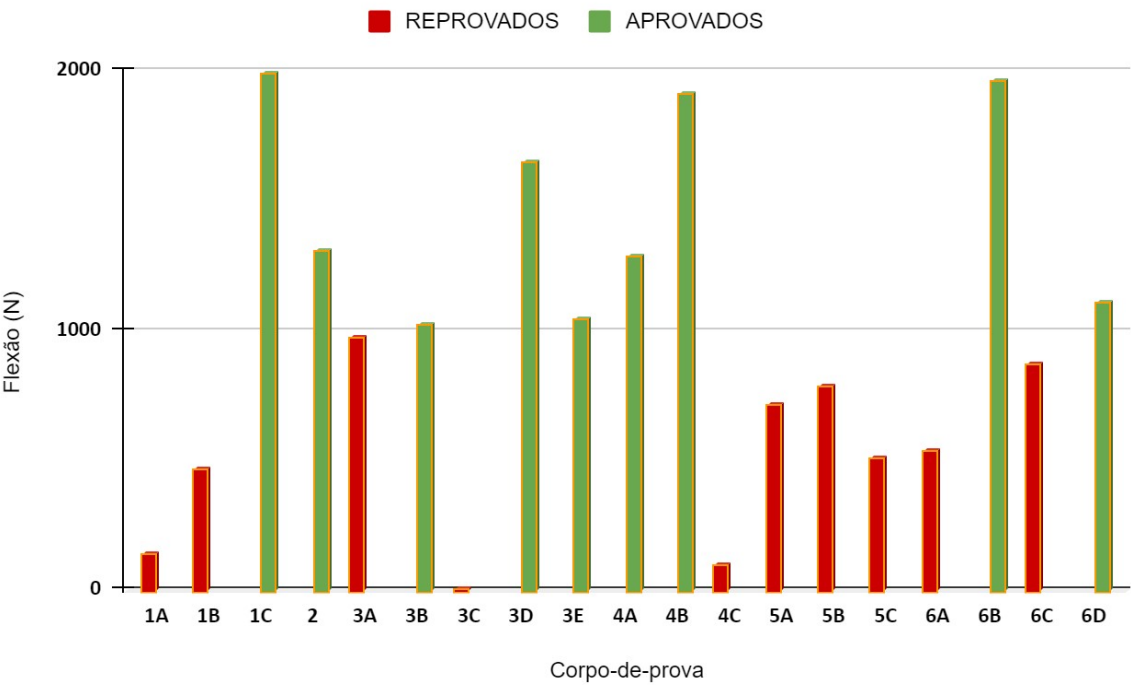
Fonte: Autora (2023).

- c. O valor da carga máxima de ruptura de cada corpo de prova foi registrado em N, arredondado para uma casa decimal.

- d. A carga média de ruptura dos corpos de prova foi determinada e registrada em N, arredondada para uma casa decimal.
- e. A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar foram registradas durante a realização dos ensaios.

De acordo com a norma ABNT NBR 15310:2009, a carga de ruptura admissível para telhas cerâmicas coloniais em ensaios de flexão simples não deve ser inferior a 1000 N (ou 100 kgf), no gráfico a seguir podemos verificar esses dados.

Gráfico 1 - Resultados ensaio de ruptura à flexão



Fonte: Autora (2024).

Dos 19 corpos de prova submetidos ao ensaio de flexão, 10 foram considerados reprovados, enquanto 9 foram aprovados. Isso sugere que há uma variação na resistência das telhas, com algumas delas não atingindo os critérios de resistência estabelecidos pela norma. É importante investigar as razões para as falhas e considerar possíveis melhorias no processo de fabricação ou seleção das telhas.

4.2 RECOMENDAÇÃO DE RESTAURAÇÃO

Reutilizar telhas coloniais é uma maneira eficaz de preservar a história e promover a sustentabilidade. Para isso, é necessário inspecionando todas as telhas disponíveis, descartando aquelas que estão severamente danificadas e limpando as restantes

para remover sujeira e detritos. Telhas com pequenas rachaduras podem ser reparadas com argamassa ou cola específica para cerâmica, enquanto peças faltantes podem ser substituídas por telhas similares.

As telhas coloniais podem ser reutilizadas em novas construções, especialmente em telhados, para conferir um charme rústico e histórico. Elas também são ideais para projetos de restauração, mantendo a autenticidade de construções históricas. Além disso, essas telhas podem ser empregadas em diversas aplicações alternativas, como decoração de jardins, criação de paredes de destaque, mobiliário ou projetos de arte e artesanato.

Na instalação, utilize materiais compatíveis para garantir a durabilidade e proteção contra infiltrações. Manutenção regular, incluindo inspeção e limpeza, ajudará a prolongar a vida útil das telhas e manter sua aparência estética. Reutilizar telhas coloniais não só é benéfico para o meio ambiente, mas também preserva a beleza e a história dos materiais antigos. A conservação adequada garante que os telhados coloniais preservem sua função e aparência, respeitando as características históricas e arquitetônicas dos imóveis. Esses esforços são fundamentais para garantir a longevidade dos edifícios e a preservação do patrimônio cultural.

Os resultados indicam que as telhas coloniais atendem às normas e podem ser reutilizadas em restaurações, apesar de suas características físicas não serem totalmente compatíveis. Com um estudo e um projeto de restauração adequados, é possível utilizar essas telhas de forma eficaz no processo de restauração.

4.3 IMPACTO ARQUITETÔNICO

4.3.1 Contexto histórico e estético

Podemos avaliar também o quesito histórico e estético onde as telhas coloniais tem seu papel fundamental na preservação do patrimônio arquitetônico e histórico de Porto Nacional - TO. Todas as amostras utilizadas foram retiradas de imóveis tombados pelo IPHAN, o órgão encarregado da proteção do centro histórico da cidade.

Ao analisar os resultados obtidos, é possível compreender não apenas o desempenho técnico das telhas, mas também seu impacto arquitetônico e estético na história do município. O telhado, como parte integrante da fachada dos imóveis, desempenha um papel crucial na preservação da identidade visual e cultural desses edifícios históricos.

É essencial destacar a importância da manutenção e restauração desses imóveis, garantindo a preservação da unidade do bem cultural e o respeito à sua concepção original e ao seu processo histórico de intervenções. A telha colonial, com sua estética característica e sua associação ao período colonial, desempenha um papel significativo nesse contexto.

Apesar dos avanços tecnológicos e da disponibilidade de telhas com desempenho superior no mercado atual, a telha colonial mantém sua relevância e qualidade intrínseca. Ela não apenas contribui para a preservação da história e da identidade local, mas também serve como um símbolo tangível do passado colonial da região.

Portanto, este estudo reforça a importância de valorizar e preservar as telhas coloniais como parte integrante do patrimônio histórico e cultural de Porto Nacional - TO, ressaltando sua relevância não apenas do ponto de vista técnico, mas também como elemento essencial na narrativa histórica e estética da cidade.

Nas fotografias a seguir podemos conferir sobre a importância da preservação e manutenção desses imóveis.

Fotografia 29 e Fotografia 30 - Imóvel 1



Fonte: Portal da Prefeitura (2017).



Fonte: Autora (2024).

Fotografia 31 e Fotografia 32 - Imóvel 2

Fonte: Portal da Prefeitura (2017).



Fonte: Autora (2024).

Fotografia 33 e Fotografia 34 - Imóvel 3

Fonte: Portal da Prefeitura (2017).



Fonte: Autora (2024).

Fotografia 35 e Fotografia 36 - Imóvel 4

Fonte: Portal da Prefeitura (2017).



Fonte: Autora (2024).

Fotografia 37 e Fotografia 38 - Imóvel 5



Fonte: Portal da Prefeitura (2017).



Fonte: Autora (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos ensaios realizados de acordo com as diretrizes da norma NBR 15310:2009, concluímos que os resultados obtidos mostram uma variação no desempenho das telhas em relação aos requisitos geométricos, métodos de ensaio e inspeção, absorção de água, impermeabilidade e carga de ruptura à flexão.

Os ensaios revelaram que apenas uma pequena porcentagem das telhas atendeu aos requisitos normativos no que diz respeito às dimensões, principalmente na largura. Isso pode ser atribuído à idade das telhas coloniais, que foram fabricadas antes da vigência da norma atual. Contudo, em termos de resistência e impermeabilidade, a maioria das telhas apresentou resultados satisfatórios.

No ensaio de absorção de água, a maioria das telhas foi aprovada, exceto algumas amostras de um dos imóveis. Em relação à resistência à flexão, cerca de metade das telhas foram aprovadas nos testes, indicando variação na resistência entre as telhas.

É importante destacar que as telhas coloniais desempenham um papel significativo na preservação do patrimônio arquitetônico e histórico de Porto Nacional - TO. Embora possam apresentar imperfeições devido à fabricação manual e ao tempo de uso, continuam sendo um símbolo tangível do passado colonial da região.

Portanto, o estudo sublinha a importância de valorizar e preservar as telhas coloniais como parte integrante do patrimônio histórico e cultural da cidade, ressaltando sua relevância tanto do ponto de vista técnico quanto estético.

Em suma, os resultados desses ensaios destacam a necessidade de uma avaliação cuidadosa e contínua da qualidade das telhas cerâmicas, a fim de garantir sua conformidade com as normas e requisitos de desempenho estabelecidos, bem como a segurança e durabilidade das estruturas em que são aplicadas. Embora se esperasse que os resultados não fossem totalmente satisfatórios devido à idade das telhas coloniais, a resistência à flexão e a absorção de água mostraram-se satisfatórias. Isso sugere que, apesar das deficiências observadas, com acompanhamento e manutenção adequados, essas telhas podem ainda oferecer resultados satisfatórios. Ressalta-se, assim, a importância de preservar e valorizar as telhas coloniais como parte essencial do patrimônio histórico e cultural da cidade, enfatizando sua importância técnica e estética.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 15310:2005. Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2005.
- BALSAN, R.; RIBEIRO, L. J. G. S.; BRESSANIN, C. E. F. **Roteiro Geo-turístico em Porto Nacional: Reflexões de Ensino, Pesquisa e Extensão.** Palmas: Eduft, 2020. 146 p.
Disponível em: <<https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/2557>>. Acesso em: 22 set. 2023.
- BARATA, M. **Azulejos no Brasil: séculos XVII, XVIII e XIX.** 1955. 64 f. Tese (Professor titular) - Escola Nacional de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1955. Disponível em:
<https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/10585&hl=pt-BR&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=9726945057746496857&ei=eh5lZb7RErKey9YP2K6pmAU&scisig=AFWwaebkcmjPBW6OeOjeGBL4WDU2>. Acesso em: 27 out. 2023.
- BONELLI, Rômulo (Coord.). **Manual de Conservação da Arquitetura Nativitana.** 2008. 64 p. Iphan/Programa Monumenta.
- BONELLI, Rômulo; DELPINO, Rossana. **Manual prático - Conservação de telhados.** 2006. 15 p. Iphan - 14ª SR/Programa Monumenta.
- FERREIRA, M. S. **TELHA CERAMICA: Identificação do Sistema de Produção e Estudo de Alternativa Industrializável por Extrusão.** Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.
- FLAMINO, Leandro Gabriel. **Inovação e as revoluções na indústria.** *Revista Iniciativa Econômica.* Disponível em: <https://images.app.goo.gl/nfPMqwkj3BdRXimm6>. Acesso em: 02 abril 2024.
- FONTOURA, C. A Versatilidade da Cerâmica na Arquitetura Brasileira: Tradição e Inovação em Harmonia. **Revista Anicer**, 2023. Disponível em: <<https://revista.anicer.com.br/a-versatilidade-da-ceramica-na-arquitetura-brasileira-tradicao-e-inovacao-em-harmonia/>>. Acesso em: 12 set. 2023.

GEO, J. **Geografia Porto Nacional**. Professor Júnior Geo, 2019. Disponível em: <<https://professorjuniorgeo.com.br/portal/wp-content/uploads/2019/06/GEOGRAFIA-PORTO-NACIONAL.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2023.

IPHAN. **História - Porto Nacional (TO)**. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, s.d. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1221/#:~:text=A%20hist%C3%B3ria%20de%20Porto%20Nacional,que%20se%20estabeleceram%20na%20regi%C3%A3o>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

LESSA, M. L. S. **Critérios de Sustentabilidade Para Elementos Construtivos: um estudo sobre telhas “ecológicas” empregadas na construção civil**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana)–Escola de Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: <https://ppec.ufba.br/files/2009_Mara_Lessa.pdf>. Acesso em: 23 set. 2023.

MARTIMON, A. **Meu Município, meu patrimônio: Porto Nacional (TO) aposta em potencial turístico para aquecer a economia**. Confederação Nacional de Municípios, 2019. Disponível em: <<https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/meu-municipio-meu-patrimonio-porto-nacional-to-aposta-em-potencial-turistico-para-aquecer-a-economia>>. Acesso em: 22 out. 2023.

OLIVEIRA, A. P. N.; HOTZA, D. **Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos**. Editora da UFSC, 2015.

RELATÓRIO DE BRUNDTLAND. **General Assembly**. United States, 1987. Disponível em: <<https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2023.

RIFKIN, J. **Sociedade com custo marginal zero**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, p. 252-256, 2016.

SILVA BENTO, R. A. Q. **Indústria 4.0 aplicada em relatório diário de obra: estudo de caso da implementação de RDO online na empresa 3T Construções LTDA–Mariana/MG**. Universidade Federal de Ouro Preto, 2023. Disponível em: <https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/5419/6/MONOGRAFIA_Ind%C3%BAstria4.0Constru%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 08 out. 2023.

SILVEIRA, D. M. **Desafios da indústria da moda: uma abordagem sob a quarta revolução industrial**. Universidade Do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2019.

Disponível em:

<<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/8679/1/Danielle%20de%20Matos%20Silveira.pdf>>.

Acesso em: 17 ago. 2023.

SOUZA, M. Telhados de cerâmica vermelha não saem de moda, são resistentes, bonitos e sustentáveis. **Revista da Anicer**, ed. 107, 2017. Disponível em: <https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/07/Revista_107_telhas.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2023.