

**Avaliação do desempenho de sistemas estruturais de edificações habitacionais em
Juazeiro do Norte, Ceará**

**Evaluation of the performance of structural systems of housing buildings in Juazeiro do
Norte, Ceará**

**Evaluación del desempeño de los sistemas estructurales de los edificios habitados en
Juazeiro do Norte, Ceará**

Recebido: 16/05/2020 | Revisado: 18/05/2020 | Aceito: 20/05/2020 | Publicado: 27/05/2020

Iane Mota Landim Leite

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7396-7736>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: ianemotal@hotmail.com

Ana Veronica Goncalves Borges

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5858-7882>

Universidade Federal do Cariri, Brasil

E-mail: ana.borges@ufca.br

Miguel Adriano Gonçalves Cirino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5441-8080>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: miguel.goncalves@urca.br

João Marcos Pereira de Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8097-9607>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: joaomarcostecnologo@gmail.com

Eduarda Morais da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9463-8280>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: eduardamoraisengenharia@gmail.com

Eliezio Nascimento Barboza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-9389>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

Resumo

O nível desempenho dos sistemas estruturais de edificações habitacionais é diretamente relacionado à qualidade durante as fases de projeto, como execução e uso, e para garantir segurança e eficiência nestas etapas, os edifícios devem apresentar um nível de desempenho mínimo, conforme recomendações da norma de desempenho habitacional brasileira (ABNT NBR 15575). A pesquisa envolve qualificação de pontos de inconformidade com os critérios mínimos requeridos na NBR 15575/2013 e avaliação das manifestações patológicas que acometem estas edificações. Aplicou-se em cinco obras, em fase de execução, um questionário com a finalidade de diagnosticar o conhecimento dos construtores quanto às recomendações mínimas e a aplicação nos novos empreendimentos e, para a avaliação das manifestações patológicas, levantou-se conforme observado pela equipe técnica das obras. Os resultados apontam um bom nível de conhecimento acerca das recomendações, apenas os tópicos relativos à resistência dos elementos de concreto armado, em situação de incêndio, apresentam indicadores inferiores às especificações mínimas requeridas. Pode-se concluir que os procedimentos adotados pelas equipes técnicas, durante o projeto e execução das unidades habitacionais, indicam base satisfatória quanto ao desempenho mínimo dos seus sistemas estruturais.

Palavras-chave: Desempenho habitacional, NBR 15575, Inspeção Visual; Cariri Cearense.

Abstract

The performance level of structural housing building systems is directly related to quality during the project phases, such as execution and use, and to ensure safety and efficiency in these stages, the buildings must present a minimum level of performance, according to the recommendations of the Brazilian housing performance standard (ABNT NBR 15575). The research involves the qualification of points of non-compliance with the minimum criteria required in NBR 15575/2013 and evaluation of pathological manifestations that affect these buildings. A questionnaire was applied in five works, in the execution phase, with the purpose of diagnosing the knowledge of the builders regarding the minimum recommendations and the application in the new enterprises and, for the evaluation of pathological manifestations, it was raised as observed by the technical team of the works. The results indicate a good level of knowledge about the recommendations, only the topics related to the resistance of reinforced concrete elements, in a fire situation, present indicators below the minimum specifications

required. It can be concluded that the procedures adopted by the technical teams, during the design and execution of the housing units, indicate a satisfactory basis regarding the minimum performance of their structural systems.

Keywords: Housing performance, NBR 15575, Visual Inspection; Cariri Cearense.

Resumen

El nivel de rendimiento de los sistemas de construcción de viviendas estructurales está directamente relacionado con la calidad durante las fases del proyecto, como la ejecución y el uso, y para garantizar la seguridad y eficiencia en estas etapas, los edificios deben presentar un nivel mínimo de rendimiento, de acuerdo con las recomendaciones de la norma brasileña de desempeño de la vivienda (ABNT NBR 15575). La investigación contempla la calificación de los puntos de incumplimiento de los criterios mínimos requeridos en La NBR 15575/2013 y la evaluación de manifestaciones patológicas que afectan a estos edificios. Se aplicó un cuestionario en cinco obras, en fase de ejecución, con el propósito de diagnosticar el conocimiento de los constructores sobre las recomendaciones mínimas y la aplicación en las nuevas empresas y, para la evaluación de manifestaciones patológicas, se planteó como lo observa el equipo técnico de las obras. Los resultados indican un buen nivel de conocimiento sobre las recomendaciones, sólo los temas relacionados con la resistencia de los elementos de hormigón armado, en una situación de incendio, presentan indicadores por debajo de las especificaciones mínimas requeridas. Se puede concluir que los procedimientos adoptados por los equipos técnicos, durante el diseño y ejecución de las unidades de vivienda, indican una base satisfactoria en relación con el rendimiento mínimo de sus sistemas estructurales.

Palabras clave: Rendimiento de la vivienda, NBR 15575, Inspección Visual; Cariri Cearense.

1. Introdução

Com os avanços tecnológicos e a racionalização da construção civil, se tornou possível o aparecimento de novos produtos e técnicas construtivas, como também métodos para avaliar as habitações (Oliveira, 1996). No entanto, anteriormente as normas que abordam o desempenho de construções, não haviam normas específicas que garantisse que a edificação desempenharia um comportamento em uso adequado no decorrer do tempo (Costella, Carubim, Pagliari & Souza, 2017).

Durante grande parte da história da construção civil, a precaução em garantir que as habitações mantivessem seus componentes funcionando plenamente inexistiu, não havendo

como mensurar por quanto tempo determinados elementos de uma edificação seriam capazes de se manterem eficientes (Borges, 2008). Segundo a NBR (15575), com a priorização ao conforto do usuário, surge a necessidade de quantificar e qualificar o desempenho das habitações, termo que se relaciona ao comportamento de uma edificação e seus sistemas durante o uso.

A partir da implementação da ABNT NBR 15575 (2013) (Edificações Habitacionais – Desempenho), espera-se a elevação da qualidade dessas edificações no Brasil, de forma a garantir maior segurança e conforto aos usuários, além de estímulo à produção de empreendimentos com maior controle de qualidade durante o projeto e execução, o que agrega valor aos imóveis produzidos (Bertini, Martins & Thomaz, 2013).

A nível internacional, desempenho é estabelecido através da definição de requisitos, critérios e métodos de avaliação, de forma a permitir sua mensuração quantitativa e qualitativa. Normas de desempenho são complementares às normas prescritivas, traduzindo as necessidades dos usuários em critérios e requisitos, sem substituir as demais recomendações relacionadas (NBR 15575, 2013). Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2013), a aplicação dessa norma busca tanto reduzir as incertezas relacionadas a critérios subjetivos em perícias como estimular a redução da concorrência predatória e instrumentar o Código de Defesa do Consumidor. Considera-se que a avaliação dos sistemas construtivos representa avanço para todos os setores da construção civil.

A implementação do conceito de desempenho na construção civil retrata o estímulo à análise dos fins a serem cumpridos pela obra, prescrevendo requisitos que ela deverá atingir durante o seu uso. Independentemente do tipo de material ou técnica escolhida para a execução de um sistema, o resultado obtido deve satisfazer os critérios exigidos para atender ao usuário. Para garantir que o nível de desempenho dos sistemas estruturais de uma edificação seja atingido, é necessário que o projeto e a execução estejam adequados aos requisitos estabelecidos tanto pela norma desempenho quanto pelas normas prescritivas relacionadas ao tipo de estrutura empregada, analisando diversos parâmetros como a vida útil da obra.

Vida útil de uma estrutura de concreto refere-se ao tempo em que suas características se mantêm, sem que haja intervenções significativas, desde que sejam atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos por projetista e construtor, além de execução de eventuais reparos decorrentes de danos acidentais (NBR 6118, 2014).

Segundo a norma desempenho, a vida útil de projeto representa o valor real de tempo da vida útil de uma habitação, definida previamente em projeto. Além de considerar a qualidade da obra como um todo, a NBR 15575 (2013) estabelece que outros fatores também devem ser

considerados, como os efeitos causados pela utilização, limpezas e manutenções da edificação, bem como das ações da natureza e efeitos gerados pela vizinhança. De acordo com a NBR 8681 (2003), os elementos estruturais de uma edificação devem ter vida útil no mínimo igual a 50 anos. A manutenção predial envolve o conjunto de ações necessárias para conservar ou restaurar a capacidade funcional da construção e seus sistemas, para permitir que o usuário permaneça com suas necessidades atendidas e garantir sua segurança (CBIC, 2013).

Ao definir a vida útil de projeto, leva-se em consideração que cada sistema deverá passar por intervenções que permitam-no manter seu funcionamento pleno, de forma a prolongar a vida útil da habitação (Borges, 2008). Para permitir que a vida útil de projeto seja atingida, é imprescindível que seja elaborado o Manual de Uso e Operação da Edificação, em consonância com a NBR 14037 (1998). No ato da entrega do empreendimento, o usuário deve ser informado sobre a importância de realizar todas as ações relativas à manutenção, para permitir a eficiência da gestão predial.

A eficiência e usabilidade das habitações está diretamente ligada com o não aparecimento de patologias. O termo patologias de edificações foi introduzido na construção civil com uma variação do seu emprego na medicina, em que alterações estruturais e funcionais de um sistema são provocadas por doenças, cujas causas são provenientes de mecanismos específicos (França, Marcondes, Rocha, Medeiros & Helene, 2011). Analogamente, qualquer componente de uma edificação pode ter seu desempenho comprometido devido ao surgimento de manifestações patológicas, geradas por falhas no projeto, execução, uso ou manutenção de determinados componentes do sistema.

A existência de manifestações patológicas em elementos estruturais de uma edificação pode indicar que esta não será capaz de atingir o desempenho requerido para garantir sua eficiência durante seu uso e operação (Olivari, 2003). O surgimento de problemas patológicos mais recorrentes em estruturas de concreto armado se relacionam não só a falhas no emprego dos materiais constituintes do concreto, como inadequação ao grau de agressividade ambiental e problemas na dosagem, como também a falhas na execução, como imperfeições no adensamento e acompanhamento ineficiente do processo de cura (Verçoza, 1991).

Também são relevantes os problemas construtivos provenientes de utilizações não previstas para a estrutura, como a aplicação de sobrecargas que não constam em projeto (Arivabene, 2015). Prevenir o surgimento de manifestações patológicas é imprescindível para permitir que o desempenho dos sistemas estruturais permaneça adequado às necessidades dos usuários. Elementos estruturais que apresentam esse tipo de falha podem comprometer desde o conforto do habitante até a estabilidade da edificação (Martins, Pessoa & Nascimento, 2017).

Nesse sentido, o presente artigo abordará um estudo de caso realizado no município de Juazeiro do Norte - CE, que consiste no levantamento de dados acerca do desempenho de sistemas estruturais em concreto armado de edificações habitacionais que se instalam no município, com o intuito de verificar o nível de adequação desses empreendimentos às recomendações de desempenho.

2. Metodologia

2.1 Tipo de pesquisa

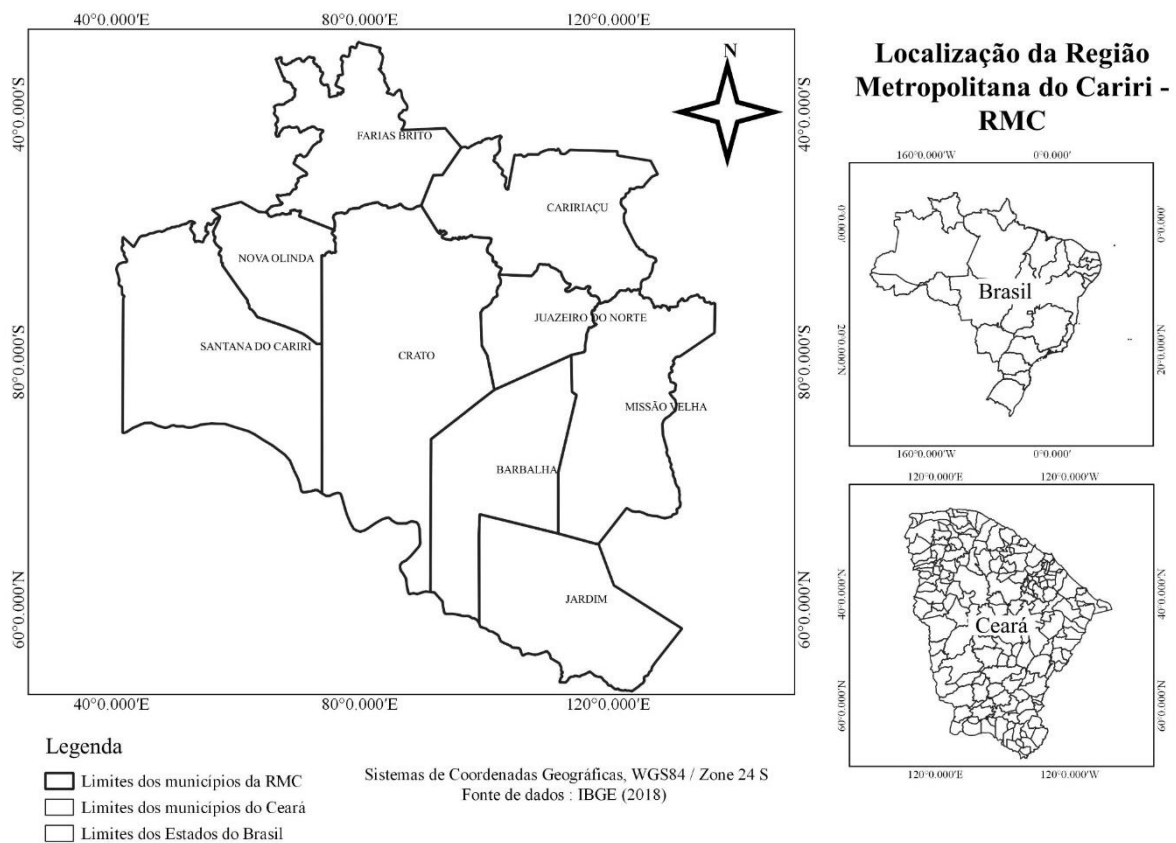
Conforme caracterizam Pereira, Shitsuka, Parreira e Shitsuka (2018) do ponto de vista da natureza, esse trabalho trata de uma pesquisa básica. Pela perspectiva de abordagem, é uma pesquisa qualitativa. Analisando os objetivos essa pesquisa é exploratória. Em relação aos procedimentos técnicos é do tipo estudo de caso.

2.2 Descrição da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido no município de Juazeiro do Norte, localizado na Região Metropolitana do Cariri – RMC (Figura 1), situado no semiárido brasileiro. A Região Metropolitana do Cariri – RMC foi instituída oficialmente através da Lei Complementar nº 78 de 26 de junho de 2009, sendo constituído por três municípios principais, formando o “Crajobar”: Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha. Os municípios de Jardim, Missão Velha, Caririaçu, Farias Brito, Nova Olinda e Santana do Cariri foi acrescentado com a finalidade de aprimorar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse conjunto (Moura-Fé et al., 2019).

A formação da RMC foi marcada pelo processo de conurbação intensificado no século XXI, no qual as principais cidades (Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha) cresceram até unirem-se (Crisostomo et al., 2019). A Figura 1 apresenta a localização da Região Metropolitana do Cariri em relação ao Estado do Ceará e ao Brasil.

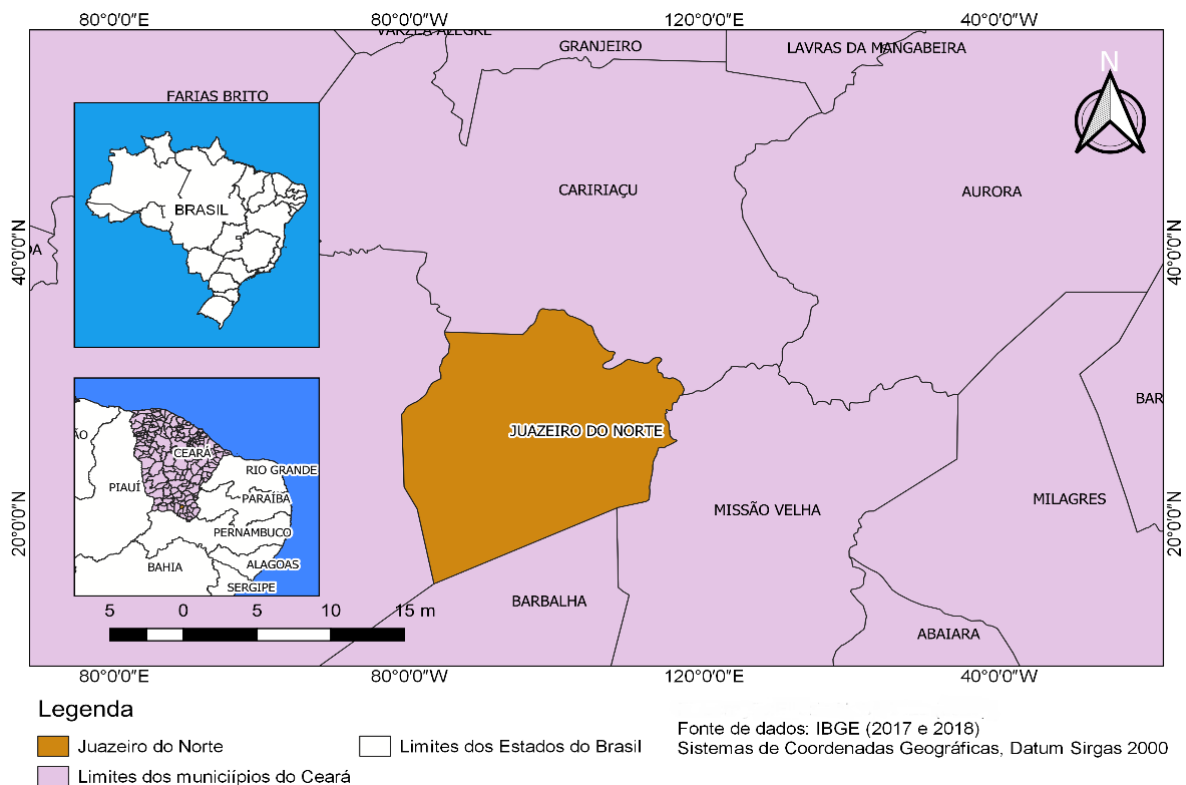
Figura 1: Localização da Região Metropolitana do Cariri - RMC.



Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Qgis.

O município de Juazeiro do Norte (Figura 2) está localizado na Região Metropolitana do Cariri - RMC, com as coordenadas 7°12'47'' de Latitude Sul e 39°18'55'' de Longitude Oeste, situado na carta topográfica Crato (Barboza, Silva Alencar & Alencar, 2020). O município de Juazeiro do Norte possui população estimada de 274.207 habitantes (IBGE, 2019), tem como limites o município de Crato, Barbalha, Caririaguê e Missão Velha (IPECE, 2017). A Figura 2 apresenta o mapa de localização do município em relação ao Estado do Ceará e ao Brasil.

Figura 2: Localização do município de Juazeiro do Norte, Ceará.

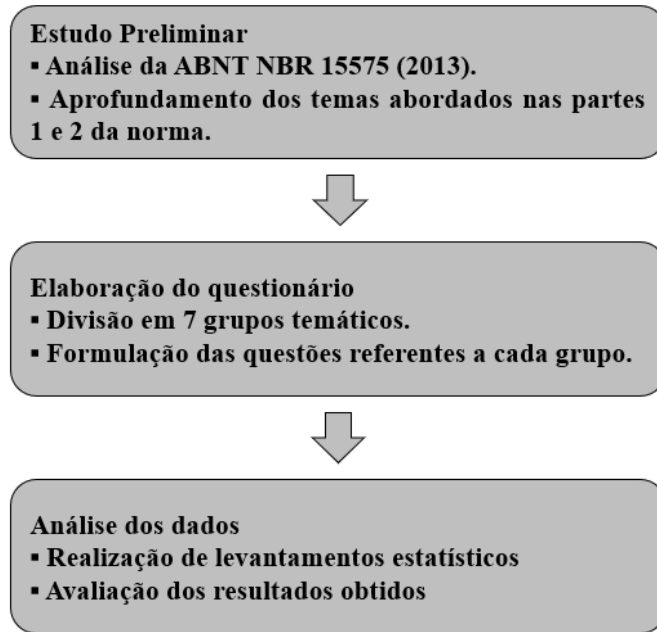


Fonte: Moraes et al. (2020).

2.3 Procedimentos metodológicos

A pesquisa se trata de um estudo de caso, voltado para a análise do desempenho dos sistemas estruturais de edificações habitacionais em execução no município de Juazeiro do Norte – Ceará. Ao total foram analisadas cinco edificações no período de dezembro de 2018 a maio de 2019, todas são habitações multifamiliares (três unidades com dois pavimentos e duas unidades com 4 pavimentos), com sistema estrutural completamente composto por concreto armado, paredes de alvenaria em bloco cerâmico e revestimento externo em cerâmica e interno com pintura. As edificações ficam localizadas em bairros residenciais, onde há uma baixa movimentação de veículos. A metodologia aplicada na pesquisa obedeceu ao esquema apresentado na Figura 3.

Figura 3: Atividades desenvolvidas durante a pesquisa.



Fonte: Autores, 2020.

Concluídas as etapas de Estudo preliminar e a elaboração do questionário, iniciou-se a aplicação de um questionário nas cinco obras avaliadas, em fase de execução, onde teve-se como base o cumprimento dos requisitos da ABNT NBR 15575/2013 com ênfase nos sistemas estruturais.

Os questionários foram entregues aos responsáveis técnicos pelas obras (Engenheiros, técnicos e encarregados pelos serviços), não pode-se obter diretamente os dados pela técnica de entrevista, visto que o acesso à três das cinco obras foi restrito, assim, optou-se por uniformizar a obtenção dos dados por aplicar os questionários. Vale salientar que os dados obtidos decorrem das informações obtidas, tentando-se relacionar, na medida do possível, com as informações observadas durante as visitas técnicas.

Os temas abordados no questionário são: materiais empregados para execução dos elementos estruturais; durabilidade e manutenibilidade dos sistemas estruturais; impacto ambiental gerado pela obra; estanqueidade à água dos elementos estruturais (águas pluviais, águas de uso interno na edificação ou umidade do solo); resistência da estrutura em situação de incêndio; requisitos específicos dos sistemas estruturais; manifestações patológicas no concreto armado.

Durante a pesquisa, optou-se também pela realização de levantamento sobre as manifestações patológicas que acometem as estruturas de concreto armado dessas edificações, por meio de perguntas feitas à equipe técnica dos empreendimentos, além da indicação de

medidas corretivas desses problemas ou minimizar seus efeitos. A avaliação das manifestações patológicas seguiu a mesma metodologia anterior, com aplicação de questionários com a equipe técnica das obras, porém, com foco na descrição da manifestação patológica observada e o quantitativo referente à sua incidência.

3. Resultados e Discussão

3.1 Materiais utilizados na execução dos elementos estruturais

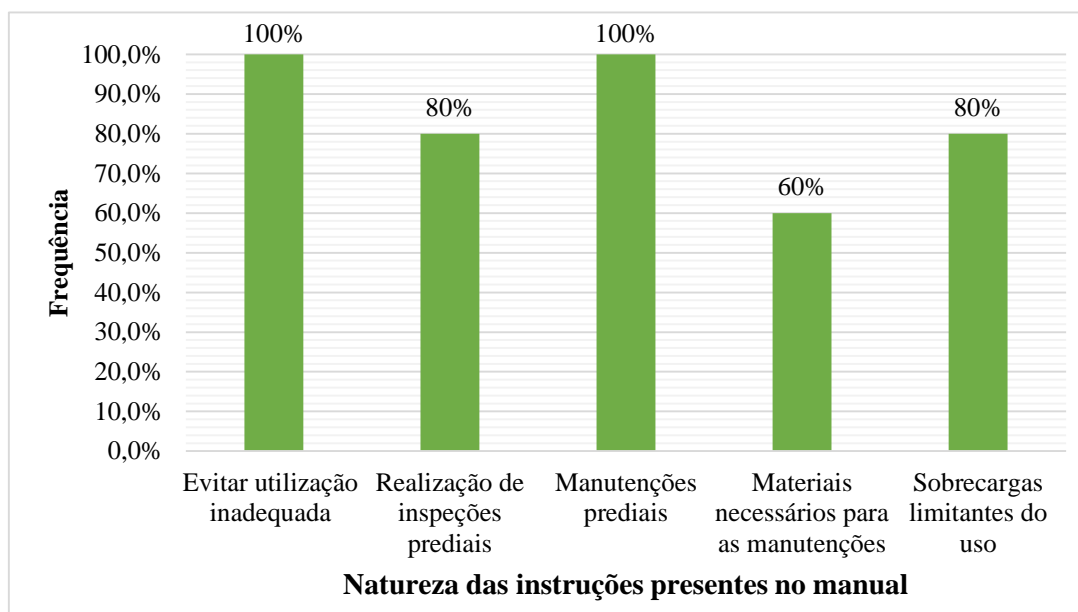
No geral, os materiais utilizados para a execução dos sistemas estruturais tiveram seu desempenho comprovado pelos fabricantes. A certificação de qualidade foi realizada por meio do requerimento de laudos técnicos tanto do aço como do concreto, bem como mediante a apresentação de certificado de qualidade dos materiais e à submissão de ensaios de corpos de prova de concreto usinado. Destaca-se também a preocupação das equipes técnicas com o controle tecnológico do concreto utilizado na composição dos elementos estruturais.

Em todas as obras foi relatado que os projetistas especificaram as características dos materiais que devem ser adquiridos para a execução da obra, a fim de atender a vida útil estabelecida em projeto. A responsabilidade quanto à fiscalização da qualidade dos materiais utilizados reflete na atenção dos construtores em garantir que sejam produzidos elementos estruturais cujas características sejam condizentes com as especificações de projeto e tenham a durabilidade esperada. Cerca de 80% dos casos, não foi apontada a existência de riscos previsíveis relacionados à execução da obra, como a presença de aterro sanitário no local, ou existência de agentes agressivos no solo, por exemplo.

3.2 Durabilidade e manutenibilidade dos sistemas estruturais

Em relação à vida útil de projeto estabelecida para os sistemas estruturais, tem-se que sua quantificação não estava exposta em memorial de cálculo ou nos projetos em 60% das obras avaliadas. O Gráfico 1 relaciona itens que devem ser constatados em manuais de uso, operação e manutenção de edificações residenciais com a frequência em que estes serão abordados nos manuais das edificações estudadas. De acordo com a NBR 15575 (2013), esses temas devem ser contemplados na elaboração do referido documento a fim de garantir a durabilidade dos sistemas estruturais durante sua vida útil.

Gráfico 1: Conteúdo do manual de uso, operação e manutenção das edificações.



Fonte: Autores, 2020.

Observa-se que as instruções básicas de manutenção serão abordadas nos manuais de todas as edificações estudadas, que são as recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada, bem como a periodicidade, forma de realização e forma de registro das manutenções. Em todas as edificações envolvidas no estudo, os responsáveis pela execução relataram que até a presente fase da obra não foram realizadas manutenções nos sistemas estruturais.

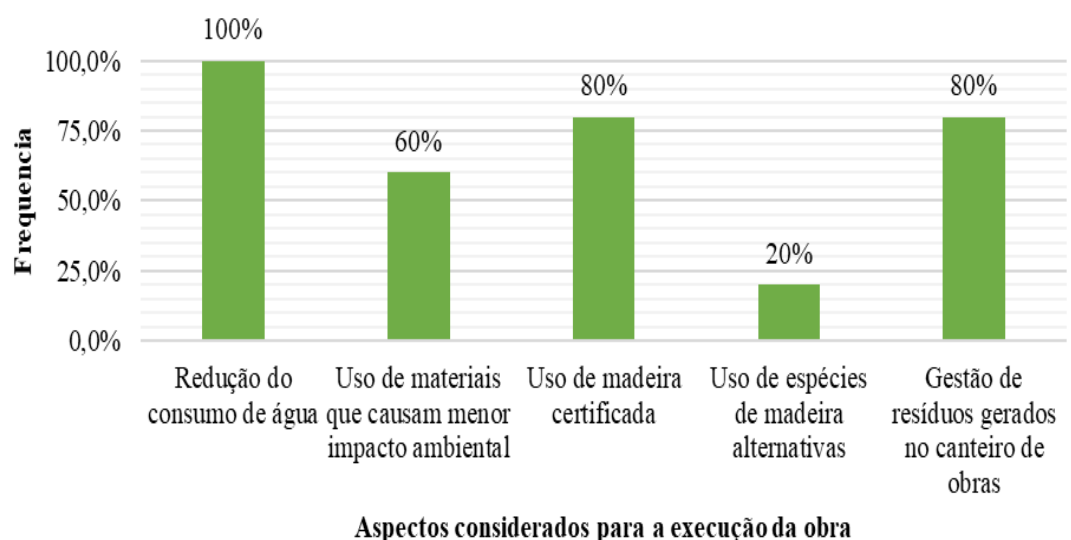
3.3 Impacto ambiental gerado pela obra

Nas obras avaliadas durante o estudo, tem-se que a maioria dos procedimentos sugeridos pela norma de desempenho para promover a redução do impacto ambiental gerado pela instalação de edificações habitacionais são de fato aplicados. O Gráfico 2 associa medidas que contribuem para a redução do impacto ambiental gerado pela implantação da obra com a frequência de sua implantação nos canteiros envolvidos na pesquisa.

A preocupação mais recorrente dos construtores locais baseia-se em garantir que o consumo de água durante a obra seja minimizado, reduzindo o desperdício desta. Esse resultado representa não só a responsabilidade com o consumo consciente desse recurso, uma vez que, ao garantir que não haja gasto superior ao estritamente necessário, são geradas reduções significativas nos custos globais da obra. Logo, a adoção de medidas que visam reduzir o

consumo de água durante a obra representa tanto a redução do impacto ambiental como também implica em ganhos financeiros.

Gráfico 2: Medidas adotadas para redução de impacto ambiental.



Fonte: Autores, 2020.

No que diz respeito à seleção dos materiais utilizados para compor os sistemas estruturais, tem-se que a atenção à seleção de materiais que causem menor impacto ambiental encontra-se abaixo do nível esperado. Os construtores geralmente optam por adquirir materiais que atendem às especificações técnicas dos projetistas e cujo benefício financeiro é superior. Esses dados demonstram que há empenho por parte dos construtores em reduzir a quantidade de entulho depositado no meio ambiente, porém, percebe-se que ainda é necessário investir em métodos que permitam a reutilização de materiais.

3.4 Segurança em situação de incêndio

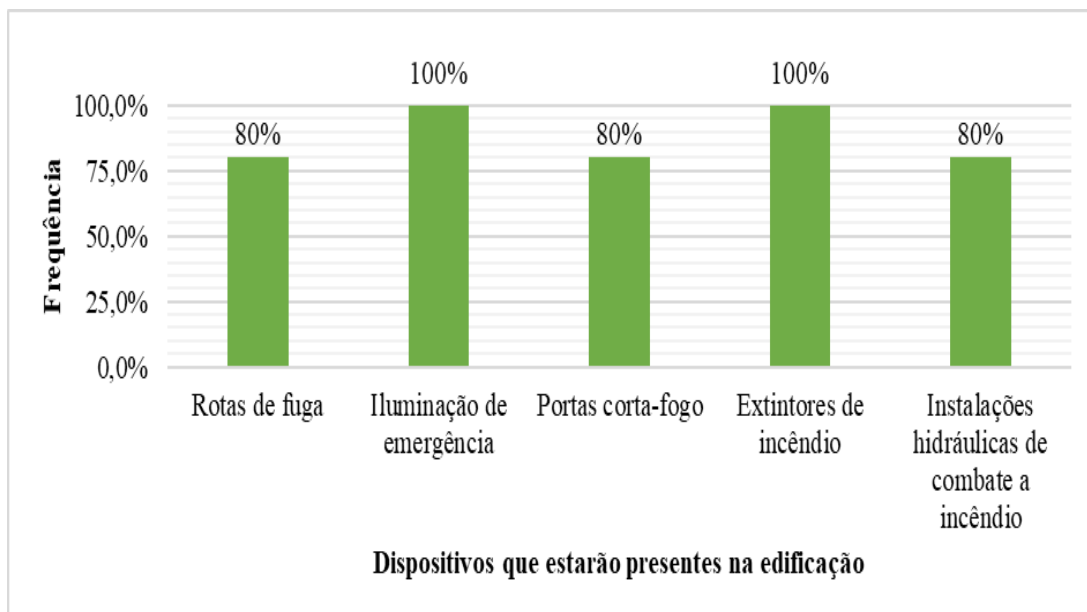
Apenas uma das obras consultadas teve o Tempo Resistência Requerido ao Fogo (TRRF) estabelecido e informado no projeto estrutural. Nesse caso, verificou-se que o valor atribuído é condizente com as recomendações da referida norma, de acordo com a altura total da edificação e profundidade do seu subsolo. Nos demais casos, os responsáveis técnicos indicaram que essa informação não constava no memorial de cálculo.

Em relação à energia calorífica suportada pelas edificações, tem-se que a carga de incêndio não foi estabelecida em nenhuma das obras consultadas. Consequentemente, as equipes técnicas desconheciam a resistência da estrutura à energia gerada pela queima dos

materiais que compõem os diversos sistemas da edificação, como por exemplo forros, revestimentos e esquadrias. Esses dados mostram que, de forma geral, não é possível reconhecer se as estruturas foram dimensionadas de forma a garantir os requisitos mínimos de desempenho em situação de incêndio, com base nas recomendações da NBR 15575 (2013) e NBR 14432 (1998).

Também foi realizado o levantamento acerca dos principais itens que devem estar presentes em uma edificação residencial para facilitar a fuga dos usuários durante um incêndio, dificultar a propagação do fogo e permitir a sua extinção. A frequência com que esses dispositivos foram observados nas edificações estudadas ou estão com instalação prevista está apresentada no Gráfico 3.

Gráfico 3: Dispositivos de segurança contra incêndio presentes nas edificações.



Fonte: Autores, 2020.

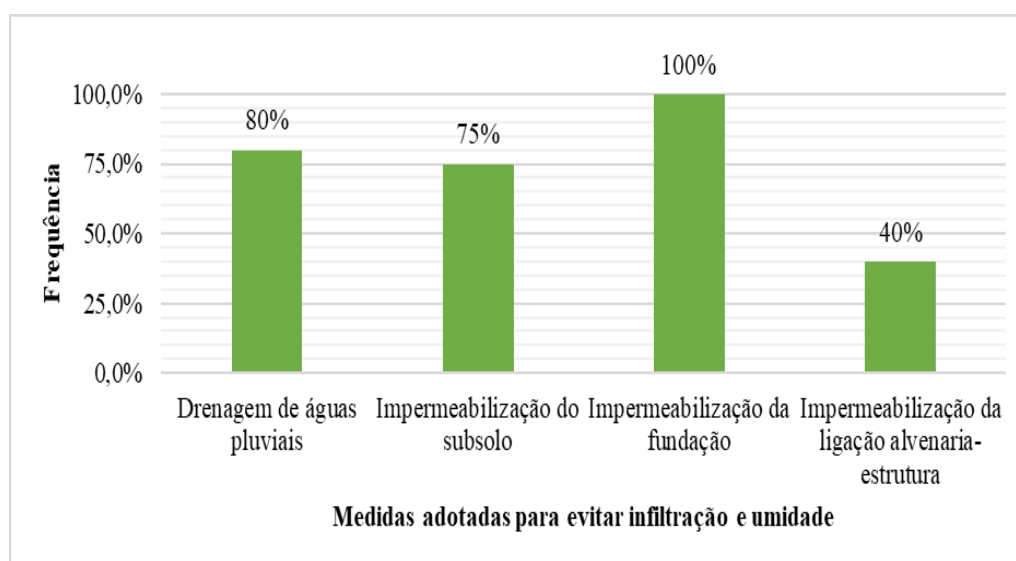
Observa-se que há elevada atenção dos projetistas e construtores com relação à aplicação desses elementos nas edificações, uma vez que 60% das habitações contarão com todos os dispositivos citados. Além disso, cada item abordado estará presente em pelo menos 80% delas.

Todas as obras consultadas terão pelo menos um recurso para promover a evacuação do local (sistema de iluminação de emergência), e um de combate ao fogo (extintores de incêndio). De forma geral, garantir a existência de espaço adequado para esse tipo de operação não foi uma precaução considerada durante a fase de projeto.

3.5 Estanqueidade à água dos elementos estruturais (águas pluviais, águas de uso interno na edificação ou umidade do solo)

Para a avaliação da estanqueidade à água, foram abordadas as medidas que visam impedir o contato tanto das águas pluviais como daquela de uso interno da edificação, bem como da umidade do solo. A Figura 5 ilustra a proporção em que são aplicadas, nas obras em estudo, as medidas que visam reduzir a infiltração e a presença de umidade nos elementos estruturais.

Gráfico 4: Medidas adotadas para redução de impacto ambiental.



Fonte: Autores, 2020.

Das cinco habitações consultadas, quatro apresentam subsolos. Três destas informaram que foi realizada a impermeabilização nessas áreas, de forma a evitar o contato de alvenarias e estrutura com a umidade proveniente do solo. Essa ação fornece maior habitabilidade e segurança às regiões de subsolo, que são mais sujeitas à presença de umidade excessiva. A única medida adotada em todas as obras avaliadas foi a impermeabilização da fundação. A alta frequência do emprego de medidas voltadas ao reforço da estanqueidade à água dos elementos estruturais ressalta a precaução dos construtores locais para garantir a manutenção das funções dos sistemas estruturais.

3.6 Requisitos específicos dos sistemas estruturais

Grande parte das questões referentes ao comprometimento do desempenho dos sistemas estruturais abordadas no questionário foram relatadas como não existentes em todas as obras consultadas. Apenas aspectos que não comprometem diretamente com a integridade do sistema estrutural foram dados como presentes em algumas edificações, e ainda assim apresentam-se em baixa incidência. Todos esses pormenores relacionam-se a possíveis desconfortos que podem ser gerados ao usuário, mas que não comprometem sua segurança física, conforme será exposto a diante.

Os problemas que foram apontados como não existentes em todas as habitações consultadas durante a pesquisa são: instabilidade de elementos da estrutura; deformação de elemento estrutural capaz de comprometer ou impedir o funcionamento de partes móveis das edificações, como por exemplo esquadrias, ou de instalações prediais; existência de elemento estrutural com deformação excessiva, considerando-se os limites estabelecidos pela ABNT NBR 6118; existência de elemento estrutural com fissuras de grande magnitude, considerando-se os limites estabelecidos pela ABNT NBR 6118.

Esses dados de caráter tão positivo podem representar duas realidades. A primeira seria a real ausência desses distúrbios nos elementos estruturais das habitações, o que indicaria que o nível de desempenho mínimo desses sistemas estruturais é de fato atingido. Porém, também há a possibilidade de que essas falhas não sejam relatadas apenas pelo fato de não terem sido detectadas pelas equipes técnicas. Dessa forma, eventuais problemas relacionados a esses aspectos não serão corrigidos antes da entrega das unidades habitacionais aos usuários, cabendo futuramente a eles a responsabilidade de detectar e providenciar reparo para eventuais danos provocados por falhas dessa natureza.

Apenas dois dos aspectos abordados no questionário foram relatados como existentes em algumas obras. Em duas das edificações avaliadas foi apontada a existência de elementos estruturais que continham grandes deformações, que apesar de não comprometerem a integridade da estrutura, são capazes de gerar desconforto ao usuário devido a ocasionais sensações de insegurança. Em um desses casos, foi reportada a existência de deformação excessiva em juntas de dilatação presentes em áreas de estacionamento. Já no outro caso, apresentaram-se vigas que possuíam deformações que, apesar de pequenas, já eram consideradas visíveis ao usuário.

Por fim, em 80% dos casos não foi constatado que elementos estruturais provocassem deformações ou fissuras em elementos de construção vizinhos, tais como alvenarias, esquadrias

e instalações elétricas ou hidrossanitários, por exemplo. Isso indica que além do nível de desempenho mínimo do sistema estrutural ser atingido, os elementos estruturais não geram danos capazes de comprometer o desempenho de outros sistemas da edificação.

Já na obra em que foram observadas vigas com deformações consideradas excessivas, a ponto apenas de comprometer o conforto visual e psicológico do habitante, sem prejudicar a estabilidade desses elementos estruturais, foi relatada também a existência de fissuras no forro em áreas de alguns pavimentos. A presença dessas duas falhas na mesma obra pode ser um indício de relação causa e efeito, uma vez que as fissuras encontradas nos forros estão localizadas principalmente em áreas de contato desse revestimento com as vigas. Quando esses elementos deformam em magnitude maior do que o previsto, a integridade e o desempenho do forro são comprometidos.

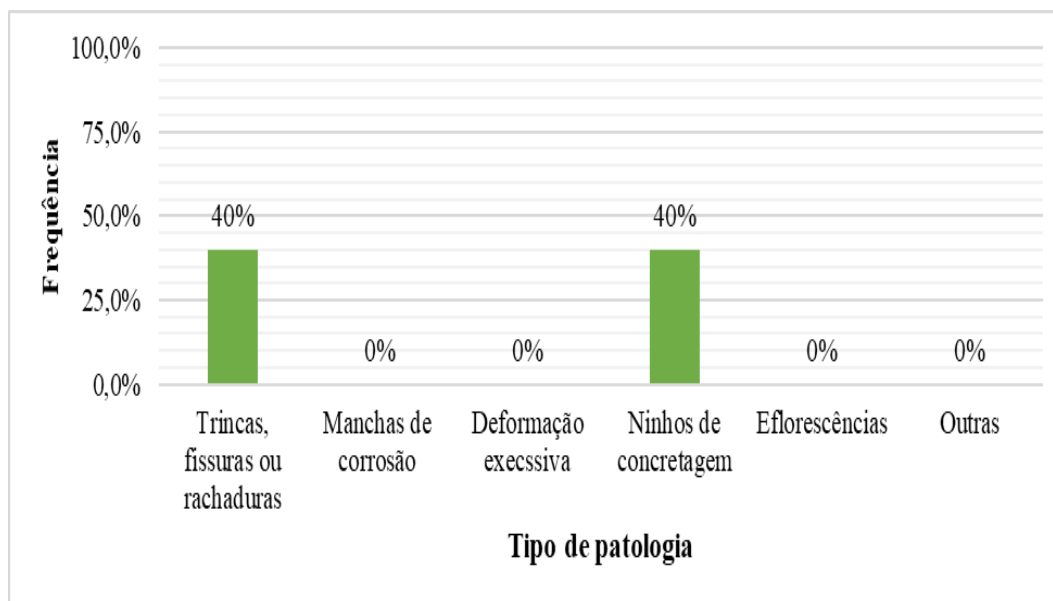
Vale ressaltar que os aspectos aqui abordados são referentes às condições das habitações ainda durante a fase de execução das obras. Portanto, apesar de os dados obtidos serem considerados positivos em relação ao desempenho dos sistemas estruturais, não é assegurado que problemas dessa natureza não surjam futuramente, durante o uso e operação da edificação. Devido a esse fato, é de suma importância realizar inspeções prediais periódicas e manutenções.

3.7 Manifestações patológicas no concreto armado

Diante dos dados coletados, constatou-se que a incidência das principais manifestações patológicas que podem acometer estruturas de concreto armado é consideravelmente baixa nas edificações avaliadas. Verificou-se que o sistema estrutural de 60% dos empreendimentos era acometido por pelo menos uma patologia, e nenhum destes estaria comprometido por mais de dois problemas dessa natureza. Portanto, tem-se que em 40% dos casos, a estrutura estaria completamente livre dos prejuízos gerados pela existência de patologias.

Dentre as cinco variações de manifestações patológicas analisadas, apenas duas foram detectadas pelas equipes técnicas. Por fim, em nenhuma obra relatou-se a existência de outros tipos de patologia, além daqueles citados no questionário. O Gráfico 5 apresenta a frequência com que essas manifestações patológicas foram observadas na edificação avaliada.

Gráfico 5: Manifestações patológicas em elementos estruturais durante a execução da obra.



Fonte: Autores, 2020.

Das duas falhas dadas como existentes nos elementos estruturais desses empreendimentos, tem-se que em uma obra haviam somente ninhos de concretagem, enquanto em outra existiam apenas problemas relacionados a trincas, fissuras ou rachaduras, e por fim somente uma apresentou estes dois problemas simultaneamente. Tem-se também que em 60% dos casos, os responsáveis técnicos afirmaram que adotavam medidas evitar o surgimento de patologias.

Verifica-se que aqueles que apontaram a existência de manifestações patológicas de concreto armado em suas obras são os mesmos que aplicavam medidas de controle dessas manifestações. Vale ressaltar que todas as verificações realizadas acerca da existência de manifestações patológicas no concreto armado na amostra são referentes ao surgimento desses defeitos construtivos ainda durante o período de execução da obra. Logo, o fato de determinados edifícios não terem apresentado problemas dessa natureza no momento da pesquisa não descarta a possibilidade do surgimento de manifestações patológicas futuramente.

4. Considerações Finais

Pela análise dos resultados, verificou-se que grande parte das recomendações da norma brasileira de desempenho habitacional, com ênfase nos quesitos relacionados aos sistemas estruturais compostos por concreto armado, são aplicadas nas edificações habitacionais multifamiliares de caráter vertical em execução no município de Juazeiro do Norte. De acordo

com os resultados obtidos, tem-se que apenas alguns dos aspectos avaliados tem baixa aplicabilidade. Portanto, ao se considerar a localidade estudada, pode-se dizer que o nível de desempenho dos sistemas estruturais desse tipo de edificação é, de forma geral, satisfatório.

Porém não necessariamente esses resultados são reflexo do conhecimento dos profissionais a respeito dos critérios estabelecidos pela NBR 15575, quanto às condutas necessárias para garantir que o nível de desempenho mínimo dos sistemas estruturais seja atingido. No que diz respeito às estruturas de concreto armado, muitos dos aspectos que são expostos na norma de desempenho habitacional brasileira já foram de alguma maneira mencionados em normas prescritivas, como é o caso da NBR 6118/2014.

Os aspectos referentes às demais partes da norma de desempenho habitacional poderiam ser abordados em trabalhos futuros, a fim de verificar se essa mesma eficiência que foi observada em relação aos sistemas estruturais também se aplica aos demais componentes das edificações habitacionais do município de Juazeiro do Norte.

Também é importante destacar que ao decorrer deste trabalho, foram analisados apenas condomínios verticais. É plausível que os bons resultados obtidos durante a pesquisa estejam relacionados à dimensão das obras, uma vez que empreendimentos de maior porte tendem a ter maior valor agregado. Portanto, seria fundamental para os investidores que a qualidade do produto final fosse garantida, o que estimularia os construtores a manter o nível de desempenho acima do mínimo. Devido a fatores como esse, torna-se sugestiva a realização de um trabalho futuro com objetivos similares, porém com foco na verificação de questões mais pontuais, que possam ser constatadas de forma direta pelo pesquisador, através da aplicação de um *checklist*.

Referências

Arivabene, A. C. (2015). Patologias em estruturas de concreto armado: Estudo de caso. *Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia*, 3(10), 1-22.

Barboza, E. N., da Silva Alencar, G. S., & de Alencar, F. H. H. (2020). Afforestation improves thermal comfort in urban areas: The case of Juazeiro do Norte, Ceará. *Research, Society and Development*, 9(6), 105963691.

Bertini, A. A., Martins, J. C., & Thomaz, E. (2013). Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.

Borges, C. A. D. M. (2008). *O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil*. (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, São Paulo).

CBIC. (2013). *Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013*. Acesso em 10 maio, em <https://cbic.org.br/nbr-155752013-norma-de-desempenho-edificacoes-habitacionais-passa-a-valer-em-julho/>.

Costella, M. F., Carubim, K., Pagliari, C. S., & de Souza, N. S. (2017). Avaliação da aplicação da norma de desempenho: estudo de caso em cinco empreendimentos. *Revista de Engenharia Civil IMED*, 4(2), 55-74.

Crisostomo, N. C., Barboza, E. N., Sampaio, M. R. L., Neto, F. D. C. B., & da Silva, D. H. (2019). Ilhas de Calor Urbana: Influência da Arborização na Amenização Climática em Juazeiro do Norte, Ceará. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 13(4), 36-43.

França, A. A., Marcondes, C. G. N., Rocha, F. C. D., Medeiros, M. H. F. D., & Helene, P. R. (2011). Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. *Téchne*, 19(174), 72-77.

IBGE. (2019). *Panorama da cidade de Juazeiro do Norte*. Acesso em 26 janeiro, em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>.

IPECE. (2019). *Perfil Municipal de Juazeiro do Norte 2017*. Acesso em 26 janeiro, em https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Juazeiro_do_Norte_2017.pdf.

Martins, N. P., Pessoa, R., & Nascimento, R. (2017). Priorização na Resolução de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado: Método GUT. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 2(3).

Morais, J. M. P., de Souza, J. H. A., de Oliveira, B. B., Barboza, E. N., & da Silva, E. M. (2020). Analysis of lean construction philosophy in a development in the municipality of Juazeiro do Norte, Ceará State, Brazil. *Research, Society and Development*, 9(7), 183973799.

Moura-Fé, M. M., da Silva, M. J. A., Dias, V. P., Monteiro, D. A., de Moura Silva, J. H., & Rodrigues, R. M. (2019). Região Metropolitana do Cariri (RMC), Ceará: meio ambiente e sustentabilidade. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, 21(2), 1198-1216.

Norma Brasileira Regulamentadora 14037. (1998). *Manual de operação, uso e manutenção das edificações Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação*. Acesso em 14 janeiro, em <https://jcbasilio.files.wordpress.com/2010/09/nbr-14037.pdf>.

Norma Brasileira Regulamentadora 15575. (2013). *Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais*. Acesso em 14 janeiro, em <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/27214/abnt-nbr15575-1-edificacoes-habitacionais-desempenho-parte-1-requisitos-gerais>.

Norma Brasileira Regulamentadora 6118. (2014). *Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos*. Acesso em 14 janeiro, em http://www.uel.br/ctu/dtru/DISCIPLINAS/6tru017/NBR6118%20CONSULTA%20NACIONAL%20AG2013_siteABNT.pdf.

Norma Brasileira Regulamentadora 8681. (2003). *Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento*. Acesso em 14 janeiro, em http://sinop.unemat.br/site_antigo.

Olivari, G. (2003). *Patologia em edificações*. São Paulo.

Oliveira, F. L. D. (1996). *Avaliação do desempenho estrutural de sistemas construtivos inovadores: estudo de caso* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Pereira, A.S., Shitsuka, D.M., Parreira, F.J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em 19 março, em https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Verçoza, E. J. (1991). *Patologia das edificações*. Porto Alegre, Editora Sagra, p172.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Iane Mota Landim Leite – 20%

Ana Veronica Goncalves Borges – 20%

Miguel Adriano Gonçalves Cirino – 15%

João Marcos Pereira de Moraes – 15%

Eduarda Moraes da Silva – 15%

Eliezio Nascimento Barboza – 15%