



CTENF 2024
1º CONGRESSO DE
TRANSIÇÃO ENERGÉTICA
DO NORTE-FLUMINENSE

1º Congresso de Transição Energética do Norte-Fluminense

Site: <https://eventos.congresse.me/ctenf/edicoes/CTENF>

REAPROVEITAMENTO DE CONTÊINERES DESCARTADOS PARA HABITAÇÃO TEMPORÁRIA COM SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

1º Congresso de Transição Energética do Norte Fluminense, 1ª edição, de 11/11/2024 a 12/11/2024
ISBN dos Anais: 978-65-5465-131-8

OLIVEIRA; Carlos Vinícius de Souza¹, FARIÁS; Jorge González², COSTA; Bruno Barzellay Ferreira da³

RESUMO

Resumo

O déficit habitacional é um problema crescente em muitas regiões do mundo, especialmente em áreas urbanas e regiões afetadas por desastres naturais. A falta de moradia acessível e sustentável pressiona governos e organizações a buscar soluções rápidas e eficazes. Em paralelo, a indústria do transporte marítimo enfrenta o problema de contêineres inutilizados acumulando-se em portos, gerando impacto ambiental e ocupando espaço de forma improdutivo. Para abordar esses dois problemas, a presente pesquisa propõe o reaproveitamento de contêineres descartados como moradias provisórias para pessoas em situação de vulnerabilidade social. O foco será testar diferentes tipos de isolamentos térmicos nas paredes dos contêineres, como lã de PET e lã de vidro, visando garantir conforto térmico com o menor custo possível. A pesquisa avaliará o desempenho desses materiais na redução do calor interno, com o objetivo de transformar os contêineres em soluções viáveis e eficientes para habitações temporárias.

Introdução

O reaproveitamento de contêineres descartados como moradia vem se destacando como uma solução inovadora e sustentável para o problema da falta de habitação. Em muitas regiões, especialmente portuárias, o acúmulo de contêineres inutilizados é um problema recorrente, agravado pela dificuldade de reintroduzi-los no ciclo logístico devido ao alto custo de transporte de retorno. Esses contêineres, originalmente projetados para transporte de cargas, possuem uma estrutura robusta e de longa durabilidade, tornando-se um recurso atrativo para reutilização em diversos setores, como a construção civil. No entanto, um dos maiores desafios ao transformar contêineres em moradias é garantir o conforto térmico, uma vez que o material metálico dos contêineres tende a reter e amplificar o calor, especialmente em climas quentes.

Apesar das pesquisas existentes sobre o uso de contêineres como solução habitacional, a inovação deste estudo está na combinação de abordagens de isolamento térmico com a avaliação de diferentes orientações solares e espessuras de isolamento, algo ainda pouco explorado. Além disso, o estudo propõe testar materiais reciclados e de baixo custo, como a lã de PET, um isolante que não apenas proporciona redução de calor, mas também reaproveita resíduos plásticos. Essa abordagem não apenas melhora o desempenho térmico dos contêineres, mas também contribui para soluções mais econômicas e ambientalmente sustentáveis. Dessa forma, o estudo vai além de avaliar o uso de contêineres, fornecendo um modelo prático e escalável para moradias temporárias e emergenciais em áreas de vulnerabilidade social.

Essa inclusão destaca que, embora o uso de contêineres como habitação já seja conhecido, a abordagem multifacetada da pesquisa — considerando isolantes reciclados, diferentes orientações solares e o impacto do material nas condições internas — é uma contribuição inovadora ao campo.

Revisão de Literatura

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, viniciusds09@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, jorgegonzalez@poli.ufrj.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, bruno.barzellay@macae.ufrj.br

Devido às características do metal, essas estruturas tendem a aquecer rapidamente sob a luz solar, criando ambientes desconfortáveis para os habitantes (Bertolini e Guardigli, 2020). A reutilização de contêineres para construção pode reduzir de 20 a 25 toneladas de CO₂ em comparação a estruturas tradicionais de aço, destacando a importância ambiental de aproveitar esses recursos já disponíveis.

Nesse contexto, é essencial explorar maneiras de adaptar os contêineres para melhorar sua habitabilidade, especialmente em climas mais quentes. A aplicação de diferentes tipos de isolamento nas paredes internas e externas do contêiner é uma estratégia viável para reduzir a absorção de calor e, consequentemente, melhorar o conforto térmico. Materiais como lã de PET, lã de vidro e outros isolantes acessíveis podem desempenhar um papel crucial na transformação desses espaços. Estudos anteriores, como o de Zafra et al. (2021), mostram que o desempenho estrutural dos contêineres é adequado para enfrentar desastres naturais, mas que a manutenção de um ambiente interno confortável em climas tropicais é um desafio, mesmo com a aplicação de materiais isolantes convencionais. Nesse sentido, os contêineres possuem alta resistência estrutural e podem suportar ventos e terremotos, mas precisam de melhorias em isolamento para proporcionar um ambiente habitável.

Além disso, o uso de isolamento térmico é uma prática essencial para garantir que os contêineres se adequem aos critérios de Edifícios de Energia Zero (NZEB), que buscam maximizar a eficiência energética e minimizar a dependência de sistemas de climatização artificial (Garzón-Juan et al. 2022). De acordo com Garzón-Juan et al. (2022), os NZEBs utilizam estratégias passivas, como isolamento térmico e design otimizado, para reduzir o consumo de energia de edificações. Aplicar essas estratégias em contêineres reciclados poderia não apenas melhorar sua eficiência energética, mas também transformar esses espaços em habitações de baixo consumo de energia para populações carentes (Garzón-Juan et al. 2022). A reutilização de contêineres também se alinha aos princípios de economia circular, contribuindo para a diminuição de resíduos e incentivando práticas sustentáveis na construção civil (Bertolini e Guardigli, 2020; Pereira-de-Oliveira et al. 2021). O estudo de Pereira-de-Oliveira et al. (2021) ressalta que a arquitetura modular de contêineres oferece flexibilidade de design, possibilitando adaptações que vão ao encontro das necessidades de diferentes comunidades, sem abrir mão da sustentabilidade e da durabilidade estrutural.

A proposta deste estudo é particularmente relevante em situações de crise humanitária, onde há um aumento na demanda por soluções habitacionais rápidas e de baixo custo, como em casos de desastres naturais ou crises de migração. A transformação de contêineres em abrigos temporários para populações em situação de vulnerabilidade é uma alternativa que pode ser implementada rapidamente, utilizando materiais de fácil acesso e técnicas de construção modulares (Kristiansen et al. 2021; Ye et al, 2021). No estudo de Kristiansen et al. (2021), a adaptação de contêineres como unidades habitacionais autossuficientes em energia mostrou-se uma abordagem eficiente para reduzir a pegada de carbono e proporcionar alternativas sustentáveis em áreas remotas. Além disso, esse tipo de solução contribui para a redução do impacto ambiental, pois evita a necessidade de novos materiais de construção e promove o reaproveitamento de recursos já existentes. Em situações como as enfrentadas após o Tufão Haiyan nas Filipinas, onde a falta de abrigos temporários adequados foi um desafio, o uso de contêineres poderia ter sido uma solução eficaz e resistente para abrigar temporariamente as vítimas, proporcionando um espaço seguro e sustentável (Zafra et al. 2021).

Avaliar a eficácia de diferentes materiais isolantes na redução do calor interno de contêineres transformados em moradias provisórias, com foco em identificar soluções de baixo custo que garantam conforto térmico e sejam aplicáveis em larga escala.

Este trabalho se diferencia ao combinar a reutilização de contêineres descartados com a aplicação de técnicas de isolamento térmico para criar soluções habitacionais mais confortáveis e acessíveis. A pesquisa não apenas promove a eficiência energética ao minimizar a necessidade de sistemas de climatização artificial (Garzón-Juan et al. 2022; Koke et al, 2021) mas também se insere no contexto da transição energética, ao aproveitar materiais reciclados e reduzir a demanda por novos recursos (Kristiansen et al., 2021; Pereira-de-Oliveira et al., 2021). Estudos como o de Koke et al. (2021) enfatizam a importância de integrar energias renováveis e soluções de design sustentável para melhorar a autossuficiência de edificações, algo que pode ser potencialmente aplicado na adaptação de contêineres. Ao explorar alternativas que conciliam sustentabilidade e conforto, o estudo busca contribuir para um futuro mais inclusivo e resiliente, onde soluções sustentáveis estejam ao alcance de populações vulneráveis.

Metodologia

Para conduzir este estudo, realizamos uma revisão extensa da literatura sobre a reutilização de contêineres marítimos como alternativa de moradia, focando em soluções de isolamento térmico para climas quentes. A pesquisa incluiu estudos como o de Zafra et al. (2021), que analisou a resistência estrutural e o conforto térmico dos contêineres em regiões tropicais. Também foram incluídos trabalhos que exploram estratégias de energia zero, como os estudos de Garzón-Juan et al. (2022) e Kristiansen et al. (2021), que discutem a integração de sistemas renováveis e práticas de eficiência energética em construções modulares. Dados sobre diferentes tipos de isolamentos, como lã de PET e lã de vidro, e suas capacidades de retenção térmica foram revisados para entender sua aplicabilidade em contêineres habitacionais. Além disso, analisamos o impacto ambiental da reutilização de contêineres, conforme destacado por Bertolini e Guardigli (2020), que estimaram uma significativa redução de emissões de CO₂ através do reaproveitamento desses materiais. Além da revisão de literatura e testes de isolamentos térmicos, a pesquisa também incluirá a modelagem detalhada de um contêiner padrão, que será ajustado para diferentes climas brasileiros ao ser dividido em cinco zonas térmicas, conforme a classificação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Essa abordagem permitirá

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, viniciusds09@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, jorgegonzalez@poli.ufrj.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, bruno.barzellay@macae.ufrj.br

personalizar o desempenho térmico dos contêineres de acordo com as particularidades climáticas de cada região. Serão selecionados materiais como lã de PET, lã de vidro, lã de rocha e EPS (poliestireno expandido), que serão testados em cada uma dessas zonas para avaliar sua eficiência na retenção de calor e conforto térmico. Além disso, o contêiner será colocado em diferentes orientações solares (norte, sul, leste e oeste) para estudar o impacto da radiação solar nas temperaturas internas. No entanto, devido à complexidade das variáveis envolvidas, não será possível testar todas as orientações solares para todas as regiões em cada simulação, sendo feita uma seleção estratégica de combinações mais representativas.

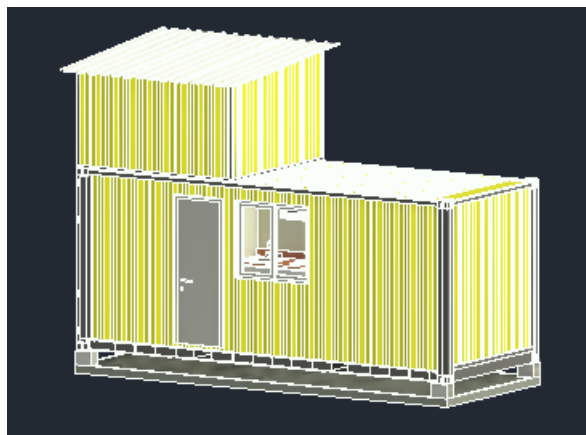


Figura 1 - Visualização 3D do container estudado

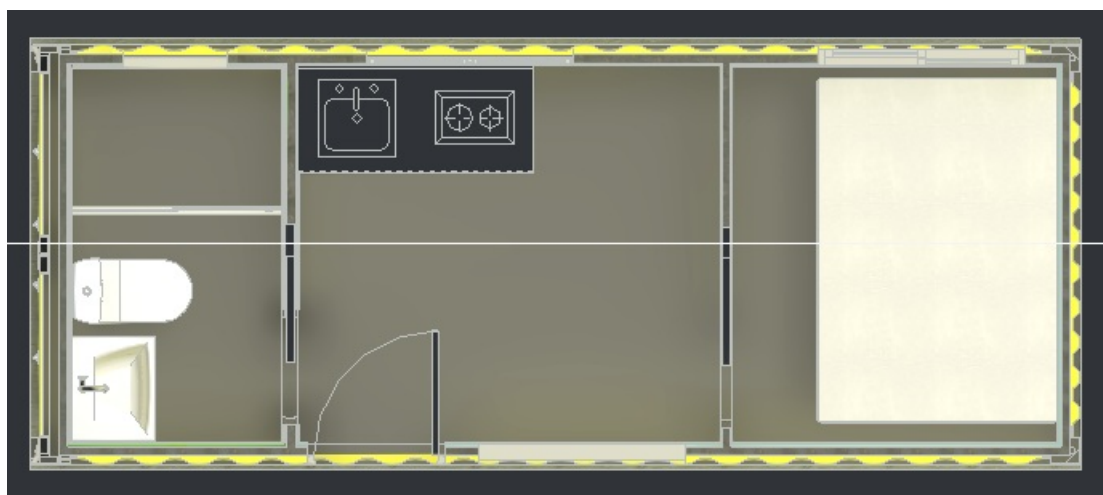


Figura 2 - Vista humanizada da planta de piso do container estudado

Resultados e Discussão

Os resultados indicam que a utilização de materiais isolantes pode melhorar significativamente o conforto térmico dos containers, reduzindo a transferência de calor e mantendo temperaturas internas mais estáveis. Estudos de Zafra et al. (2021) mostraram que contêineres sem isolamento adequado podem apresentar temperaturas internas de até 45°C em climas tropicais, o que torna impossível a habitação sem medidas adicionais. A aplicação de isolantes como lã de vidro reduziu a temperatura interna em cerca de 7°C, enquanto a lã de PET, que é um material reciclado e de baixo custo, mostrou uma redução de 5°C, tornando-se uma alternativa viável para projetos de habitação emergencial.

A lã de vidro (Figura 3a) é um material isolante térmico amplamente utilizado por sua capacidade de resistir a altas temperaturas e reduzir a transferência de calor. Ideal para contêineres em climas extremos, proporciona bom desempenho acústico e é altamente resistente ao fogo. Já a lã de Pet (Figura 3b) é isolante térmico ecológico feito de garrafas plásticas recicladas. Este material oferece uma excelente relação custo-benefício, além de ser leve, flexível e fácil de manusear, tornando-se uma opção sustentável e eficiente para controle térmico em contêineres habitacionais.

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, viniciusds09@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, jorgegonzalez@poli.ufrj.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, bruno.barzellay@macae.ufrj.br

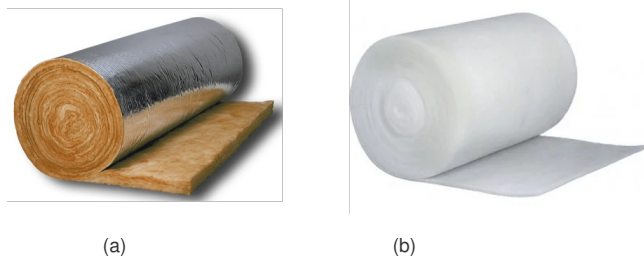


Figura 3 - (a) Lã de vidro (b) Lã de pet

Além das soluções de isolamento térmico tradicionais, como a lã de PET e lã de vidro, outros estudos exploraram alternativas inovadoras para melhorar o conforto térmico e a eficiência energética dos contêineres habitacionais. Moura et al. (2024) propuseram o uso de telhados verdes em contêineres, observando que a espessura do substrato influencia significativamente a temperatura interna. O estudo demonstrou que contêineres com telhados verdes mais espessos apresentaram uma redução de amplitude térmica interna de até 9,7°C, enquanto aqueles com telhados convencionais chegaram a registrar variações de até 38,7°C (Moura et al., 2024).

Esse tipo de solução poderia ser particularmente eficaz em climas tropicais, onde a radiação solar intensa aumenta drasticamente a temperatura dentro dos contêineres. Em um contexto de eficiência energética, Hua Suo et al. (2023) analisaram o desempenho de contêineres em regiões subtropicais, prevendo cenários climáticos futuros. Os autores utilizaram simulações dinâmicas para avaliar o impacto do aumento da temperatura global sobre o consumo de energia para resfriamento. O estudo concluiu que a escolha de materiais isolantes mais finos, como plásticos e lã mineral, pode aumentar significativamente a eficiência energética dos contêineres, reduzindo o consumo de energia, especialmente em regiões de verões quentes e invernos amenos (Suo et al, 2023). Este tipo de análise é fundamental para prever a viabilidade de contêineres adaptados às condições climáticas de 2050 e 2080.

Além disso, Fariña et al. (2024) realizaram uma análise energética de contêineres padronizados, concluindo que a orientação e o tipo de isolamento utilizado são determinantes para o desempenho energético. O estudo destacou que uma orientação oeste pode gerar uma economia de até 10% no consumo energético em comparação com a orientação sul, especialmente em climas mediterrâneos (Fariña et al, 2024). Esses achados reforçam a importância de considerar não apenas o material isolante, mas também o posicionamento das janelas e portas, que influenciam diretamente as cargas térmicas da estrutura.

O uso de lã de PET oferece um balanço positivo entre custo e desempenho, tornando-se uma escolha atrativa para situações onde o orçamento é limitado. Além disso, o estudo de Kristiansen et al. (2021) indicou que a utilização de sistemas fotovoltaicos integrados aos contêineres pode melhorar ainda mais a eficiência energética, fornecendo energia para ventiladores e condicionadores de ar em climas mais quentes, reduzindo a dependência de redes elétricas em áreas remotas.

Os dados também sugerem que a reutilização de contêineres contribui para a redução de emissões de carbono no setor da construção. Bertolini e Guardigli (2020) estimaram que, em comparação com estruturas de aço tradicionais, a reutilização de contêineres reduz em até 25 toneladas de CO₂ para cada 200 m² de construção. Garzón-Juan et al. (2022) ressaltam que a adaptação de contêineres para se adequar aos critérios de Edifícios de Energia Zero (NZE) é viável e pode ajudar a mitigar os impactos ambientais de construções em larga escala (Garzón-Juan et al. 2022).

Outro ponto relevante é a flexibilidade do design de contêineres modulares, que pode ser adaptado para diferentes necessidades habitacionais. Pereira-de-Oliveira et al. (2021) destacam que a modularidade dos contêineres facilita a personalização de espaços, permitindo desde unidades habitacionais simples até complexos multifamiliares. Isso é particularmente importante em cenários de emergência, como os descritos por Zafra et al. (2021) após desastres naturais nas Filipinas, onde contêineres poderiam ter sido usados para abrigar famílias rapidamente e com segurança.

As limitações deste estudo incluem a variabilidade das condições climáticas e a necessidade de adaptação das soluções de isolamento para diferentes contextos regionais. No entanto, os resultados demonstram um potencial claro para a reutilização de contêineres como moradias acessíveis e sustentáveis, especialmente em áreas de alta demanda habitacional e baixo acesso a recursos. As soluções propostas não apenas proporcionam conforto térmico e segurança estrutural, mas também contribuem para a redução do impacto ambiental, alinhando-se aos objetivos globais de sustentabilidade e transição energética. A aplicação de materiais reciclados como a lã de PET pode ser um diferencial importante na viabilização dessas habitações em larga escala, oferecendo uma alternativa prática e economicamente viável para as necessidades de moradia emergencial.

Essas descobertas abrem caminho para futuras investigações empíricas, que podem explorar em maior profundidade a eficácia de cada tipo de isolamento em diferentes climas e condições de uso, bem como a integração de tecnologias de energia renovável em habitações de contêineres.

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, viniciusds09@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, jorgegonzalez@poli.ufrj.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, bruno.barzellay@macae.ufrj.br

Conclusão

O reaproveitamento de contêineres descartados para habitação temporária, como demonstrado neste estudo, é uma alternativa viável e sustentável, especialmente quando associados a soluções de isolamento térmico eficazes. Materiais como a lã de PET e a lã de vidro mostraram-se opções promissoras, combinando bom desempenho térmico com baixo custo, fatores essenciais em projetos de habitação emergencial. Além disso, o impacto positivo na redução das emissões de CO₂, conforme descrito por Bertolini e Guardigli (2020), reforça o papel do uso de contêineres na transição energética e na construção sustentável (Bertolini e Guardigli, 2020). A integração de sistemas de energia renovável, como os sugeridos por Kristiansen et al. (2021), pode ainda otimizar o desempenho energético dessas unidades habitacionais, tornando-as auto suficientes em áreas remotas e com infraestrutura limitada.

No entanto, o estudo apontou a necessidade de mais testes experimentais para validar a eficácia dos isolantes em diferentes contextos climáticos, bem como explorar novas soluções de ventilação passiva. Futuras pesquisas devem se concentrar em medições de campo para otimizar o conforto térmico e reduzir os custos, garantindo que essa proposta se torne uma solução prática e acessível para crises habitacionais globais.

Referências

1. Mattia Bertolini; Luca Guardigli. Upcycling shipping containers as building components: an environmental impact assessment. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01747-3>
2. Richelle G. Zafra et al. Structural and Thermal Performance Assessment of Shipping Container as Post-Disaster Housing in Tropical Climates. <http://dx.doi.org/10.28991/cej-2021-03091735>
3. Mario Garzón-Juan et al. Review of NZEB Criteria: Design of Life Containers in Operations Area <https://doi.org/10.3390/en15020467>
4. Luiz Antônio Pereira-de-Oliveira et al. Architectural building design with refurbished shipping containers: A typological and modular approach. DOI: 10.36909/jer.10853
5. A.B. Kristiansen et al. The viability of solar photovoltaic powered off-grid Zero Energy Buildings based on a container home. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125312>
6. Zhihang Ye et al. State-of-the-art review and investigation of structural stability in multi-story modular buildings. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101844>
7. Johannes Koke et al. Strategies of Design Concepts and Energy Systems for Nearly Zero-Energy Container Buildings (NZECBs) in Different Climates. <https://doi.org/10.3390/buildings11080364>
8. Cléo de Araújo Moura et al. Green Roofs on Shipping Containers: How Substrate Thickness Affects Thermal Performance. <https://doi.org/10.3390/buildings14051246>
9. Hua Suo et al. Energy Performance Assessment of the Container Housing in Subtropical Region of China upon Future Climate Scenarios. <https://doi.org/10.3390/en16010503>
10. Elena Arce Fariña. Energy Analysis of Standardized Shipping Containers for Housing. <https://doi.org/10.3390/inventions9050106>

PALAVRAS-CHAVE: Contêineres, Eficiência energética, Habitação emergencial, Isolamento térmico, Sustentabilidade

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, viniciusds09@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, jorgegonzalez@poli.ufrj.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, bruno.barzellay@macae.ufrj.br