

SISTEMAS INOVADORES COMO VEDAÇÕES VERTICAIS: discussões sob a ótica da técnica

SISTEMAS INNOVADORES EN CERCAS VERTICALES: un enfoque acerca de la técnica

INNOVATIVE TECHNIQUES IN WALL SYSTEMS: discussions from a technical standpoint

MORAIS, INGRID S. DE

Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, ingmoraes2011@ufmg.br

BESSA, SOFIA A. L.

Doutora em Engenharia Urbana, Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, sofiabessa@ufmg.br

LOURA, REJANE M.

Doutora em Ciências e Técnicas Nucleares, Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, rejane79@ufmg.br

RESUMO

O presente artigo propõe uma discussão, dentro do contexto nacional, baseada em uma comparação entre elementos consolidados como vedação vertical sem função estrutural e sistemas inovadores em fase de pesquisa, contrapondo-os quanto ao seu peso próprio. Com isso, objetiva-se contribuir com o arcabouço técnico de arquitetos e demais projetistas que atuam em reformas ou retrofit, cenários onde o peso próprio de novos sistemas influencia diretamente na integridade da estrutura existente e na segurança do usuário. Como introdução ao tópico, normas e conceitos pertinentes para seu embasamento são pontuados. Uma abordagem inicialmente quantitativa foi adotada como metodologia, transitando para um tratamento qualitativo após detecção, dentro da literatura pesquisada, de ausência de dados suficientes para realizar uma comparação adequada entre os sistemas expostos. A partir do enfoque em sistemas convencionais no Brasil, buscou-se criar uma fundamentação através da menção de características básicas e paralelo com tecnologias inovadoras, focando em dados de densidade aparente sempre que possível. Através de análise da literatura levantada, verificou-se potencial para alcance de pesos menores em sistemas convencionais a seco. Quanto aos inovadores, de forma qualitativa, supõe-se que painéis compostos por resíduos de origem natural, bem como aparas de couro e borracha consigam atingir valores menores de massa específica, comparativamente a agregados de RCD, devido a sua composição. A partir das lacunas detectadas pelo presente trabalho, cita-se como potencial para pesquisas futuras uma abordagem quantitativa dos dados de densidade de sistemas construtivos, e não apenas dos elementos que os compõem, a serem empregados em reformas e retrofit.

PALAVRAS-CHAVE: tijolos; painéis; inovação; vedação; retrofit.

RESUMEN

El artículo propone una discusión, en el contexto brasileño, basada en una comparación entre elementos consolidados como cerramientos verticales sin función estructural y sistemas innovadores aún en fase de investigación, contrastándolos con su peso propio. El objetivo es contribuir al conocimiento técnico de arquitectos y otros profesionales que actúan en proyectos de reforma o retrofit, en los cuales el peso propio de los nuevos sistemas influye directamente en la integridad de la estructura existente y en la seguridad del usuario. Como introducción al tema, se presentan normas y conceptos pertinentes que fundamentan la discusión. Se adoptó inicialmente una metodología cuantitativa, que transitó a un tratamiento cualitativo debido a la falta de datos suficientes en la literatura revisada para realizar una comparación adecuada entre sistemas. A partir del enfoque en sistemas convencionales en Brasil, se buscó establecer una base mediante la identificación de características básicas y la comparación con tecnologías innovadoras, priorizando datos de densidad aparente siempre que fue posible. A través del análisis de la literatura, se identificó potencial para alcanzar pesos menores en sistemas convencionales en seco. Respecto a las soluciones innovadoras, se supone cualitativamente que paneles compuestos por residuos de origen natural, como recortes de cuero y caucho, pueden alcanzar valores menores de masa específica en comparación con agregados de RCD debido a su composición. A partir de las lagunas detectadas en este estudio, se sugiere como línea para investigaciones futuras el análisis cuantitativo de datos de densidad de sistemas constructivos completos aplicables a reformas y retrofit.

PALABRAS CLAVES: palabras claves; palabras claves; palabras claves.

ABSTRACT

This article proposes a discussion, within the Brazilian context, based on a comparison between consolidated non-structural vertical enclosure elements and innovative systems under development, contrasting them in terms of their weight. The aim is to contribute to the technical knowledge of architects and other professionals involved in renovation or retrofit projects, in which the dead load of new systems directly impacts the integrity of existing structures and the user safety. As an introduction to the topic, relevant standards and concepts are presented to support the discussion. A quantitative approach was initially adopted as a methodology, shifting to a qualitative analysis due to a lack of sufficient data in the literature for proper comparisons between the addressed systems. Based on conventional systems in Brazil, the study seeks to establish a theoretical foundation through the identification of basic characteristics and comparisons with innovative technologies, prioritizing apparent density data when available. From the literature analysis, there is evidence of potential for achieving lower weight values in conventional dry systems. Regarding innovative

solutions, a qualitative assumption is made that panels composed of natural-origin residues, such as leather and rubber scraps, can reach lower specific mass values compared to construction and demolition waste aggregates, due to their composition. From the gaps identified in this study, it is recommended as a future research topic the quantitative analysis of density data of complete construction systems, and not only its individual components, to be applied in renovation and retrofit scenarios.

KEYWORDS: Bricks; panels; innovation; wall systems; retrofit.

Recebido em: 14/05/2024
Aceito em: 22/05/2025

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta uma discussão comparativa, dentro da realidade brasileira, entre elementos consolidados como vedação vertical - sem função estrutural - e sistemas inovadores em fase de pesquisa, contrapondo-os quanto ao seu peso próprio, critério importante e limitador quando se trata de reformas e *retrofits*, e não novas edificações, pois o sistema estrutural existente é reaproveitado.

A fim de contribuir com o arcabouço técnico por meio de uma análise científica, o trabalho tem por objetivo analisar as características, principalmente a densidade aparente, de sistemas de vedação vertical sem função estrutural, traçando uma linha comparativa entre sistemas de parede já difundidos no mercado e as inovações desenvolvidas no âmbito acadêmico em um período de vinte anos. Para a realização deste estudo, considerou-se apenas os sistemas inovadores sem função estrutural devido ao maior número de evidências científicas em comparação aos sistemas autoportantes inovadores.

Como parte do embasamento teórico deste trabalho, reformas e *retrofits* são abordados conceitualmente, tendo a realidade brasileira como pano de fundo. Além disso, a definição de Sistemas de Vedações Verticais (SVV), bem como as diferenças entre sistemas convencionais e inovadores, são discutidas. A metodologia foi embasada no levantamento de dados relativos aos sistemas convencionais e àqueles considerados inovadores, sendo posteriormente contrapostos, analisados e discutidos. Comparações quantitativas foram realizadas sempre que dados pertinentes fossem encontrados, partindo-se para uma abordagem qualitativa em casos negativos. Por fim, análises dos dados encontrados de cada sistema são fornecidas e lacunas para pesquisas futuras, apontadas.

Reforma e retrofit: conceitos e cuidados

“Reforma”, definido pela NBR 16280 (ABNT, 2014) e citado por Madeira *et al.* (2018), é descrito como qualquer mudança nas condições de uma construção existente, com ou sem alteração de uso, buscando recompor, melhorar ou ampliar as condições de utilização e segurança. A reforma não seria, portanto, semelhante a uma manutenção. O termo “*retrofit*”, por sua vez, é definido pela NBR 15575-1 (ABNT, 2021) como uma atualização ou remodelação da edificação ou dos sistemas ali presentes, com aplicação de novas tecnologias buscando valorizar o imóvel, alterar o uso, estender a vida útil e aumentar a eficiência operacional e energética.

Segundo Madeira *et al.* (2018), a queda de performance dos sistemas de uma construção demanda intervenções para que estes sejam restaurados, garantindo a segurança dos usuários. O *retrofit* pode ser classificado de três formas (Filla, 2017): i) o rápido, quando há apenas recuperação de instalações e revestimentos internos; ii) o *retrofit* médio, que engloba também modificações em fachadas e nas instalações da edificação; e iii) o *retrofit* profundo, que contempla estas e inclui alterações de layout, compartimentação interna e modificações no telhado. Enfatiza-se a importância de saber o nível de degradação da edificação para definir qual o grau de intervenção seria necessário para o caso, bem como quais acréscimos de carga a estrutura existente suportaria (Filla, 2017).

A relevância do *retrofit* e das reformas no Brasil de forma indireta pode ser justificada por trabalhos que tratam dos chamados vazios urbanos - áreas de distintas cidades que convivem com significativo volume de edificações subutilizadas e/ou vazias. Autores como Trindade (2017); Carneiro e Silva (2020); Silva *et al.* (2021); Cavalcanti *et al.* (2022); Yamaguti e Denaldi (2023), e Carvalho e Gaio (2024), que apontam distintas razões para se considerar como possibilidade ocupar tais edificações como forma de superar problemas sociais, ambientais, econômicos e urbanos. De forma direta, Madeira *et al.* (2018) evidencia o importante papel das reformas no mercado de construção civil do Brasil, citando dados do CAU (Conselho de Arquitetura e Urbanismo) no período de 2016 a 2018, quando foi notada uma tendência de crescimento na quantidade de reformas no país, culminando em um acréscimo de 4% em 2016, 13% em 2017 e 15% nos primeiros 6 meses de 2018. Madeira *et al.* (2018) complementam detalhando que, em alguns casos, há a necessidade de intervenções na estrutura existente, como o reforço estrutural, motivadas pela existência de manifestações patológicas ou apenas pelo acréscimo de carga proposto pelo projeto de renovação.

Sistemas de vedações verticais e a diferenciação conceitual entre “convencional” e “inovador”

Dada a variabilidade de sistemas e elementos envolvidos em processos de reforma e *retrofit*, entende-se ser necessário um recorte analítico para oferecer uma investigação mais detida sobre o sistema que, normalmente, passa por intervenções significativas nesses dois cenários - o sistema de vedação vertical. Em termos de definição técnica, a vedação vertical é um subsistema que define verticalmente os limites da edificação e a divisão dos ambientes (Junior *et al.*, 2020). Este subsistema está catalogado com a sigla SVV (Sistemas de Vedações Verticais) - subdividindo-o em SVVI (Sistemas de Vedações Verticais Internas) e SVVE (Sistemas de Vedações Verticais Externas) pela NBR 15575-4 (ABNT, 2021) e desempenha um papel fundamental para a expressão arquitetônica. O SVV pode apresentar e ilustrar a forma como as técnicas construtivas são aplicadas num dado cenário cultural e como podem existir variações dependendo, por exemplo, de aspectos como o clima ou os materiais disponíveis em cada região.

Em sua maioria, cenários urbanos brasileiros apresentam vedações verticais executadas por meio de técnicas construtivas úmidas realizadas no próprio canteiro. De acordo com o IBGE (2018) 88% das paredes externas dos domicílios eram de alvenaria. Observando mais especificamente as características dos elementos principais da técnica de vedação úmida, - o tijolo cerâmico e o bloco de concreto - as justificativas dividem-se em: i) abundância no mercado; ii) não exigência de mão de obra especializada; iii) elevada geração de resíduos por quebras ou perdas; iv) custo unitário acessível; v) propriedades térmicas satisfatórias; e vi) paredes com peso considerável.

Segundo Savas (2021), alvenarias convencionais com tijolos cerâmicos possuem menor custo unitário, apresentam maior geração de resíduos, baixa produtividade e maior probabilidade de apresentar manifestações patológicas. De acordo com Fernandes *et al.* (2016), o uso de bloco de concreto demanda menor uso de revestimentos e apresenta menos desperdício quando comparado ao tijolo cerâmico. Quanto ao desempenho térmico, Moreno *et al.* (2017) apontam que paredes feitas com blocos cerâmicos geralmente apresentam melhores níveis de performance térmica do que as que são produzidas com blocos de concreto. As autoras também ressaltam que, para além das características já descritas, é essencial que a decisão projetual sobre o SVV considere os requisitos de cada zona bioclimática.

Contudo, há no mercado brasileiro outras opções para os SVV: os sistemas de construção a seco. Esse sistema segue lógica construtiva distinta das alvenarias tradicionais úmidas (por não usarem a água em sua execução) e adotam elementos com menor peso próprio e maiores dimensões unitárias, como se observa nos sistemas de parede com fechamentos por placas cimentícias, de OSB (*oriented strand board*) ou de gesso acartonado. Muito utilizados em conjunto com os sistemas estruturais também em Frame - *Light Steel Frame*, *Hard Steel Frame* ou *Wood Frame* - representam uma mudança na forma tradicional brasileira de projetar e construir. Sua composição permite obter paredes menos espessas e/ou a elaboração de SVV em camadas voltadas a responder a demandas acústicas e térmicas (Pereira, 2018; Osório, 2021; Savas, 2021). Sobre a etapa de projeto arquitetônico, os sistemas de construção a seco exigem maior detalhamento técnico dos projetos, uma vez que a fase de planejamento de cada vedação envolve elementos unitários - placas - com custo mais elevado, necessidade de mão de obra mais especializada e, muitas vezes, a expectativa de processos de execução em obra mais ágeis (Pereira, 2018).

Dentro das diversas possibilidades relacionadas à SVV, existem aquelas que já estão consolidadas no mercado - ou seja, já fazem parte da cultura construtiva brasileira - e possuem normas técnicas com diretrizes que guiam a produção e o controle de qualidade do produto. Neste trabalho, estas opções serão definidas como sistemas “convencionais”, que estão alinhados à abordagem da tradição anteriormente descrita. Por outro lado, há outras tecnologias que, segundo a NBR 15575, representam um aperfeiçoamento tecnológico alcançado através de pesquisas e que são empregadas no processo de produção da edificação, buscando melhorar o desempenho, o custo e a qualidade do próprio sistema ou do edifício. Neste caso, essas alternativas serão denominadas aqui como sistemas “inovadores”. Dentro do SiNAT, plataforma que avalia produtos inovadores dentro da construção civil, “tecnologia inovadora” é aquela que não possui em vigor uma norma técnica nacional estabelecida pela ABNT. Isso inclui sistemas e produtos originais, sistemas utilizados nacional ou internacionalmente e sem suporte normativo (Mendes *et al.*, 2017).

É sabido que o processo de projeto de vedações impõe decisões sobre diversos critérios, como a estanqueidade à água, o desempenho termoacústico, a resistência contra incêndio, a capacidade de suporte a esforços de uso (ABNT, 2021), entre outros com caráter formal ou estético. Em projetos de renovação, há que se considerar com significativa atenção adicionalmente o peso próprio dos elementos de vedação, pois há efetivamente um limite de carga da estrutura existente (e muitas vezes antiga) que, a depender do novo uso proposto, pode ser tornar uma variável decisiva para o processo de escolha do SVV.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho partiu de uma abordagem originalmente quantitativa, tanto no levantamento de dados quanto nas discussões, transitando para a análise qualitativa ao detectar a ausência de dados suficientes, na literatura nacional, para realizar uma adequada comparação entre os sistemas construtivos. A partir da abordagem dos sistemas convencionais no Brasil, buscou-se criar embasamento por meio da pontuação de características básicas, sobretudo àquelas ligadas ao peso próprio.

Prosseguindo para as pesquisas que envolvem sistemas inovadores e uma posterior análise comparativa quanto à densidade dos elementos utilizados, objetivou-se destacar trabalhos relevantes no tema e fomentar a discussão sobre alternativas potencialmente mais leves para reformas e *retrofit*. Para a pesquisa inicial, foram utilizadas majoritariamente as plataformas acadêmicas *Google Scholar®* e *Science Direct®*, com a inserção de algumas expressões-chave para delimitar a busca. A presente metodologia abrange cinco passos:

1. Abordagem dos tipos de SVV mais utilizados na construção civil brasileira, sem função estrutural, e os dados técnicos relevantes para a pesquisa, como dimensões e peso por unidade. Dentre os sistemas de vedação mais utilizados no Brasil, definiram-se os seguintes SVV (Savas, 2021): a) Alvenaria em tijolos cerâmicos; b) Alvenaria em blocos de concreto; c) Sistemas de construção seca com placas de gesso acartonado (apenas como vedação interna); e d) Sistemas de construção seca com placas cimentícias (vedações externas). A justificativa para a seleção destes SVV foi embasada pela representatividade dos mesmos no parque edificado brasileiro (Fernandes *et al.*, 2016), sobretudo a alvenaria cerâmica, sendo técnicas amplamente difundidas (Savas, 2021) e que são pilares de diversas pesquisas envolvendo a inclusão de materiais inovadores como parte de sua composição.
2. Enfoque em dados normativos relevantes para blocos de concreto e de tijolos cerâmicos encontrados na NBR 6120 (ABNT, 2019) que compila informações de outras normas relacionadas, como a NBR 15270 (ABNT, 2023) e a NBR 6136 (ABNT, 2016). O objetivo foi coletar dados para fundamentar as análises quantitativas dos sistemas construtivos abordados neste trabalho, possibilitando compará-los entre si;
3. Investigação de exemplos de SVV: Inovadores a nível de componente ou Inovadores a nível de sistema.

Dentro das plataformas escolhidas, foram inseridos os seguintes termos para levantamento dos trabalhos:

- “Sistemas construtivos mais comuns no Brasil”;
- “Sistemas construtivos convencionais”;
- “Sistemas inovadores para vedação”;
- “Sistemas inovadores leves para vedação”;
- “Painéis leves para vedação”;
- “*Lighter unconventional materials for walls*”;
- “Adição de fibras para materiais mais leves”;
- “Resíduos como agregados em blocos”.

Durante o levantamento, foi possível observar a escassez de trabalhos com dados sobre a densidade ou a massa específica dos materiais e componentes convencionais. Por esse motivo, o levantamento foi ampliado para contemplar as pesquisas que comprovavam a viabilidade técnica de sua solução, mesmo que não houvesse informações relacionadas ao peso/massa/densidade. Em relação a composição dos elementos construtivos, a seleção de artigos priorizou trabalhos que abordam os sistemas com resíduos ou materiais de origem natural, com o objetivo de analisar aqueles que lidam com passivos da construção civil e de outras indústrias, bem como a possibilidade de incluir matérias-primas menos impactantes na construção.

4. Comparação de dados entre sistemas convencionais e inovadores referentes à densidade aparente ou peso próprio. Na ausência de informações do sistema, foram feitas análises com dados dos componentes ou resíduos. Informações foram retiradas de quatro fontes distintas: primeiramente, das pesquisas analisadas e da NBR 6120; na ausência desta, foram analisados os materiais de fornecedores ou universidades brasileiras. Por fim, cálculos manuais foram realizados a partir de outros dados presentes nas pesquisas para obtenção de informações como densidade aparente ou massa;
5. Análise entre os sistemas, com base em uma parede de dimensões 100 x 100 cm e espessura total dentro de um intervalo padronizado.

A partir da compilação dos dados de cada trabalho em uma tabela e posterior confrontação de resultados, observações foram traçadas por meio de comparação entre sistemas convencionais e inovadores quanto ao peso/densidade. Por fim, as lacunas identificadas foram ressaltadas e pontuadas como potencial para pesquisas futuras. A seção a seguir inicia a apresentação de informações cruciais para a fase de discussões, retiradas tanto de normativas relacionadas a sistemas construtivos convencionais quanto dos trabalhos levantados na literatura.

3 LEVANTAMENTO DE DADOS E DISCUSSÃO SOBRE SISTEMAS

Com um enfoque direcionado à análise da densidade de diversos tipos de sistemas construtivos de paredes, o levantamento de dados buscou tanto por fontes normativas que abordassem os sistemas considerados convencionais na realidade brasileira, como a NBR 6120, como também aqueles ainda em fase de desenvolvimento dentro da comunidade acadêmica nacional e internacional, ainda sem normatização. Quando informações relativas ao sistema como um todo não eram encontradas, àquelas ligadas a um elemento específico do conjunto eram destacadas.

Requisitos normativos quanto ao peso para sistemas convencionais

A coleta de dados referente aos sistemas construtivos convencionais teve início na análise dos aspectos normativos, que foram retirados da NBR 6120 e organizados na Tabela 1. Para fins de esclarecimento adicional, o termo “drywall” é empregado na norma para se referir aos sistemas de construção a seco.

Tabela 1: Peso de alvenarias de vedação (sem função estrutural) e sistema de drywall.

Alvenaria	Espessura nominal do elemento (cm)	Peso - Espessura de revestimento por face (kN/m ²)		
		<0,5 cm	1 cm	2 cm
Bloco de concreto vazado (Classe C)	9	1,1	1,5	1,9
	14	1,4	1,8	2,2
	19	1,8	2,2	2,6
Bloco de vedação cerâmico vazado (Furos na horizontal)	9	0,7	1,1	1,6
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3
Material	Espessura nominal (cm)	Peso (kN/m ²)		
Drywall (montantes metálicos, 4 chapas com 12,5mm de espessura cada e isolamento acústico com lã de rocha ou lã de vidro com 50mm de espessura)	7 a 30	0,5		

Fonte: ABNT NBR 6120 (adaptado).

Ratificando informações mencionadas no embasamento teórico do presente trabalho, dados da norma citada mostram de forma quantitativa que tijolos cerâmicos apresentam valores menores ligados ao peso quando comparados a blocos de concreto sem função estrutural em todas as dimensões definidas, incluindo os revestimentos por face do elemento. De acordo com a normativa, para a composição de pesos de alvenarias, considerou-se uma argamassa de assentamento vertical e horizontal de cal, cimento e areia com 1 cm de espessura e peso específico de 19 kN/m³, além de revestimento com peso específico médio de 19 kN/m² e a ausência de preenchimento dos vazios (ABNT, 2019). Vale ressaltar que o número de furos varia em função da espessura do bloco.

Exemplos de sistemas inovadores em desenvolvimento

As soluções construtivas inovadoras tornam-se soluções distantes do processo de projeto por ainda não contarem com normalização técnica nacional. Na intenção de aproximar os arquitetos dessas opções, um

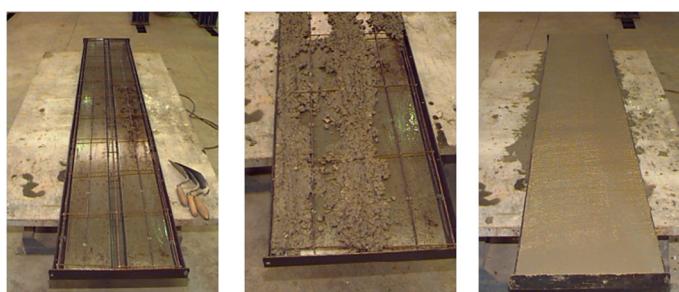
levantamento de dados foi realizado a partir de trabalhos científicos considerando o envolvimento de sistemas com inovações em sua composição, partindo do nível de componente até o de sistema propriamente dito, agrupados da seguinte forma:

1. A nível de componente, quando apenas uma reduzida parte do sistema é inovadora: a) RCD (Resíduos de Construção e Demolição) como agregados de blocos e painéis de concreto; b) Resíduos da indústria de calçados como agregados; e c) Resíduos agrícolas em painéis leves para vedação;
2. A nível de sistema, quando a composição é totalmente inovadora: a) Resíduos agrícolas em blocos; b) Cânhamo industrial, papel e cortiça como blocos e painéis; e c) Painéis pré-moldados com bambu.

Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são exemplos de materiais que podem retornar à cadeia produtiva ao invés de serem descartados. Estes materiais podem ser utilizados como agregados graúdos em painéis leves cimentícios, representando 50% ou 100% desse material.

Em um dos estudos realizados (Figura 1), os painéis foram produzidos tanto com os agregados naturais quanto com os reciclados. Após 28 dias, foram analisados e a mistura com 100% de RCD atingiu um valor 35% menor do que a placa de referência. A mistura com 50% de agregados reciclados ficou 16% menor. Quanto à resistência à tração, a placa com 100% de agregados reciclados atingiu valor equivalente à metade dos outros dois. Os painéis tinham dimensões de 40x250x5 cm e os valores referentes à densidade do sistema não foram abordados, mas a massa específica do agregado graúdo reciclado com dimensões máximas de 19mm e 9,5mm foi de 2,32 kg/dm³ e 2,36 kg/dm³, respectivamente. A placa com 100% de RCD ficou mais leve entre as três amostras. Quanto à massa específica real, o concreto com 100% de agregados reciclados atingiu valor de 2402 kg/m³ e o de 50%, 2485 kg/m³ (Latterza, 1998), valores próximos ao concreto convencional.

Figura 1: Painel em 3 etapas: da esquerda para direita, forma com armadura alojada; preenchimento das nervuras, e forma totalmente preenchida.



Fonte: Latterza (1998).

Os resíduos de E.V.A. (Etileno Acetato de Vinila) também são passíveis de serem utilizados como substituto da areia para a produção de blocos, ainda que com densidade muito diferente desta. Ensaios de resistência à compressão de blocos (dimensões 59 x 26,5 x 11,5 cm), realizados aos 28 dias, atingiram valores entre 0,92 MPa (concreto com 80% de E.V.A.) e 1,66 MPa (60% de E.V.A.), muito acima do que a NBR 15270 exige para blocos cerâmicos de vedação. Os painéis produzidos com esses blocos (Figuras 2 e 3) apresentaram massa unitária entre 99 e 172 kg/m², menores do que os blocos tradicionais de concreto e tijolos cerâmicos (Pimentel, 2005).

Figuras 2 e 3: Blocos confeccionados e painel executado com tais elementos.



Fonte: Pimentel (2005).

Outro tipo de material com possibilidade de novos usos, desta vez utilizados para a produção de painéis leves de vedação, são os compósitos com granulado de cortiça, pasta de papel e fibras de cânhamo (Figuras 4, 5 e 6). Misturas reforçadas com cânhamo com a incorporação de uma mistura pozolânica de metacaulim (75%) e cal (25%) como ligante, além de compósitos com pasta de papel e granulado de cortiça com pequenas quantidades de material polimérico e aditivos foram produzidos para produzir placas com dimensões de 50x50x4 cm. Utilizou-se, ainda, compósitos de cânhamo para blocos e placas em três teores (24%, 29% e 34%) mantendo-se a mesma quantidade de aditivos, metacaulim e cal. Os ensaios mostraram potencial para a incorporação dos resíduos em usos não-estruturais. A densidade aparente do granulado de cortiça foi de 384,5 kg/m³ e o peso específico, 160 kg/m³ (Eires *et al.*, 2010).

Figuras 4, 5 e 6: Da esquerda para direita, placas de compósito de cânhamo; pasta de papel e granulado de cortiça reforçadas com fibras de cânhamo, e placa sanduíche de pasta de papel/cortiça e favo de abelha.



Fonte: Eires *et al.* (2010).

Materiais inovadores também têm sido produzidos com resíduos de fábricas de papel e de algodão. Misturas à base de resíduos de papel e algodão foram enriquecidas com uma pequena quantidade de cimento Portland para fabricação de blocos não-estruturais prensados com dimensões de 23x10,5x8 cm. Foram definidas três amostras para análises: uma mistura contendo 85% de resíduos de papel, 10% de cimento Portland e 5% de resíduos de algodão (melhores resultados); outra com 87% de resíduos de papel, 10% de cimento e 3% de resíduos de algodão e a última, com a relação de 89%-10%-1%. A conclusão foi de que a combinação dos dois resíduos mencionados produziria um bloco com metade do peso de um tijolo de barro convencional (Rajput *et al.*, 2012). Não foram encontradas imagens disponibilizadas pelos autores no artigo citado ou em trabalhos relacionados.

Em outro exemplo, o RCD foi usado como agregado para blocos de concreto sem função estrutural (Figura 7), com dimensões de 14x19x39 cm.. Foram produzidos blocos com seis traços de concreto (um de referência, sem RCD, e outros cinco com diferentes dosagens de água, areia e resíduos), e os resultados de resistência a compressão atingiram entre 2,5 MPa, no bloco de referência, e 4,3 MPa, na mistura com RCD e sem areia, todos atingindo o mínimo solicitado pela norma. A densidade dos blocos com RCD não foi abordada (Mesquita *et al.*, 2015).

Figura 7: Amostras passando por processo de regularização das faces.



Fonte: Mesquita *et al.* (2015)

Elementos feitos a partir de materiais naturais, como o bambu, têm sido retratados em pesquisas recentes como parte de sistemas considerados inovadores. Módulos de painéis de vedação foram confeccionados em escala real, com espessura total de 12 cm, feitos com estrutura de bambu nas dimensões de 55 x 220 cm e fechamento de ambos os lados por painéis de OSB nas dimensões 122x244x1 cm (Figura 8). Após a montagem dos sistemas, corpos de prova foram avaliados por meio de ensaios mecânicos que atestaram a eficiência do sistema modular proposto. Não foram abordados valores quanto ao peso/densidade do sistema (Azambuja *et al.*, 2015).

Figura 8: Montagem da ossatura (a), parafusos auto atarrachantes (b) e painéis armazenados (c).



Fonte: Azambuja *et al.* (2015)

Outro exemplo de materiais de origem natural são as fibras de coco de babaçu, abundantes na região Norte do Brasil, que foram utilizadas como componentes de painéis OSB. Foram comparadas as propriedades mecânicas entre placas de OSB tradicionais (referência), compostas por 100% de Pinus, e placas com adição de fibra de babaçu como insumo alternativo em três teores: 15%, 30% e 45%. Os ensaios realizados inferiram que as placas com adição de fibras obtiveram performance superior às peças de referência, sobretudo com 15% de adição. Dados sobre o peso do sistema não foram abordados e as dimensões das placas foram de 40x20x1,1 cm (Dias *et al.*, 2017). Novamente, não foram encontradas imagens disponibilizadas pelos autores.

O bambu foi empregado na produção de painéis pré-fabricados e reforçados com dimensões de 244x30x5 cm (Figura 9). Estes foram produzidos com tramas sobrepostas com 2 cm de argamassa cimentícia entre si e tratadas com solução aquosa de hidróxido de cálcio. Houve redução no peso do sistema em 56% comparando-os com paredes convencionais de tijolos, além de também apresentarem resistência satisfatória e maior leveza do que o aço. Comparando-se o sistema desenvolvido com bambu, em uma parede nas dimensões 244x244 cm e painéis de 244x30x5 cm, com um sistema convencional de tijolos sem função estrutural e com dimensões de 244 x 244 cm (tijolo de 7 cm) com 1 cm de revestimento externo e interno em gesso, obteve-se 823 kg para o primeiro e 1.865 kg para o segundo (Puri *et al.*, 2017).

Figura 9: Esteira de bambu tratada com água de cal revestida com epóxi e areia



Fonte: Puri *et al.* (2017).

Resíduos da indústria de calçados também têm sido aplicados em pesquisas com foco em inovações em sistemas construtivos. Aparas de couro acabado e moídas foram usadas como agregados para blocos de vedação com dimensões médias de 9,5x18,5x37 cm (Figura 10). Os blocos foram produzidos a partir de uma mistura de 3 kg de agregado reciclado, aglutinante (40% de amido em relação ao peso do resíduo), água a 30°C (100% em relação ao peso) e fungicida (1% em relação ao peso). Não foi definido explicitamente um modelo de bloco de referência. Os resultados dos ensaios de contaminação demonstraram ainda haver necessidade de reduzi-la, já que as aparas de couro são consideradas resíduos perigosos (NBR 10004, 2004). Quanto à resistência à compressão, o bloco produzido atingiu valor médio de 1,7 MPa, abaixo do requisitado pela norma. Nenhuma informação sobre densidade foi abordada (Silva *et al.*, 2018).

Figura 10: Desforma e cura dos blocos.



Fonte: Silva *et al.* (2018)

De forma ampla e pelo ponto de vista técnico, os trabalhos citados demonstraram não só as diversas possibilidades no emprego dos resíduos dentro da construção civil, como também alguns dos cuidados que são necessários dependendo da indústria da qual se originaram. Ainda assim, nota-se que as informações sobre o peso e/ou densidade de componentes inovadores é pouco ou quase nunca abordada diretamente. Este fato reforça a tese de que os componentes e sistemas inovadores são sempre analisados sob a ótica das novas construções, como se reformas ou *retrofit* não estivessem embutidos em sua concepção. A importância do reaproveitamento está relacionada aos edifícios como um todo, sejam antigos ou novos. Ao que parece, as pesquisas muito avançam na produção e na análise de novos materiais e sistemas, mas sem a devida reflexão sobre como e onde estes podem ser empregados, com mais uma potencial atratividade: menor densidade e menor impacto na revitalização das edificações.

Análise individual dos sistemas levantados

No tocante aos sistemas abordados, é possível observar na Tabela 2 um compilado dos trabalhos, os elementos criados, o material foco da fonte, dimensões do elemento ou sistema construtivo, exemplo de forças e fraquezas (potenciais x barreiras), bem como uma avaliação sobre presença ou ausência de dados relativos ao peso próprio.

Tabela 2: Quadro-resumo com sistemas analisados.

Fonte	Elemento	Categoria	Dimensões dos sistemas	Material em destaque	Aborda peso?	Para adoção em larga escala	
						Exemplo de força	Exemplo de fraqueza
NBR 6120	Bloco de concreto	Convencional	9 a 19 cm	Concreto	Sim	Abundância no mercado	Peso, resíduos
	Tijolo cerâmico		9 a 19 cm	Argila	Sim	Menor peso do que bloco acima	Resíduos
	Drywall		7 a 30 cm	Gesso/cimento	Sim	Menor peso, industrialização	Mão-de-obra
Latterza (1998)	Painel	Inovador	40x250x5 cm	Agregado feitos com RCD	Em partes	Redução parcial no peso	Concreto com agregados pode ter valores de deformação maiores
Pimentel (2005)	Bloco		59x26,5x 11,5 cm	E.V.A.	Sim	Redução no peso	Disponibilidade do resíduo
Eires et al. (2010)	Painel		50x50x4 cm	Granulado de cortiça, fibras de cânhamo e pasta de papel	Em partes	Menor peso; resíduos de origem natural/renovável	Disponibilidade do resíduo
Rajput et al. (2012)	Bloco		23x10,5x8 cm	Resíduos de papel e algodão	Sim	Redução no peso	Disponibilidade do resíduo
Mesquita et al. (2015)	Bloco		14x19x39 cm	Agregados de RCD	Não	Disponibilidade do resíduo	Peso não é mencionado
Azambuja et al. (2015)	Painel		55x220x12 cm	Bambu	Não	Renovabilidade do material	Peso não é mencionado
Dias et al. (2017)	Painel		40x20 cm	Fibras de coco de babaçu	Não	Provável redução no peso	Disponibilidade do resíduo
Puri et al. (2017)	Painel		244x30x5 cm	Bambu	Sim	Redução no peso	Processo de execução
Silva et al. (2018)	Bloco		18,5x37x9,5 cm	Aparas de couro moídas	Não	Uso de um passivo relevante da indústria	Níveis de contaminação do resíduo

Fonte: As autoras.

No caso dos RCD, por exemplo, um ponto de grande potencial é o fato de ser um resíduo em abundância na construção civil nacional, uma vez que esta é predominantemente caracterizada pelo uso de construção úmida, o que de forma geral facilita a obtenção do material independente da região abordada. Outro ponto forte dos RCD é o avançado desenvolvimento de seu estado da arte dentro do meio acadêmico, tendo sido consideravelmente trabalhado em diversas pesquisas ao longo dos últimos anos. Por outro lado, apesar dos exemplos mostrados no presente artigo terem gerado elementos construtivos mais leves do que os blocos e tijolos tradicionais, eles ainda são mais robustos do que sistemas de painéis, por exemplo, o que é um ponto de atenção em reformas e *retrofits*. Outra fraqueza é que sua cadeia produtiva é representativa em termos de emissões na fase de extração e manufatura do material. Dentre os exemplos trabalhados no presente artigo, elementos que possuem RCD como agregados sejam talvez os que tenham maior facilidade e fluidez de serem incorporados novamente na cadeia produtiva atual da construção civil brasileira. Um de seus desafios em projetos de reformas e *retrofit* seria a contínua busca pela redução de sua densidade, a fim de se distanciar ainda mais do porte dos blocos e tijolos tradicionais. Quanto à menção de dados relativos ao peso próprio do sistema ou, pelo menos, dos agregados, apenas um trabalho o fez de forma explícita.

Os resíduos de E.V.A. possuem como força a capacidade de gerarem agregados mais leves, o que beneficia a densidade dos elementos construtivos dos quais eles eventualmente fizerem parte. Como fraquezas, pode-se apontar que não se trata de um resíduo considerado abundante em todas as regiões do país, o que poderia não justificar seu uso nos locais com pouca oferta do mesmo do ponto de vista, por exemplo, de pegada de carbono durante o transporte, um dos aspectos cruciais na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Como prováveis desafios de projeto, alguns questionamentos podem ser propostos, como a possibilidade da argamassa de assentamento sofrer alguma alteração em sua composição a depender do teor de E.V.A. existente no bloco, ou a probabilidade de o revestimento das paredes feitas com esse elemento ser impactado de alguma forma.

Quanto aos sistemas com materiais como o bambu, resíduos de papel, cortiça, fibras de cânhamo e algodão empregados em sua composição, é possível destacar como um potencial consideravelmente positivo a sua origem natural e sua renovabilidade, demonstrando um menor impacto ambiental se comparado aos demais. Entretanto, sua origem também pode trazer um ponto mais frágil quanto a vida útil, uma vez que materiais naturais tendem a ter uma longevidade menor do que elementos sintéticos, por exemplo. Outro ponto de vulnerabilidade é a possibilidade de certos tipos de resíduos não serem tão presentes em todas as regiões brasileiras o suficiente para motivar seu emprego na confecção de elementos para vedações verticais. Sistemas com composição parcial ou totalmente inovadora, como aqueles com presença de resíduos agrícolas, ou painéis com cânhamo industrial, papel e cortiça, e painéis pré-moldados com bambu, podem apresentar como desafio de projeto a execução de revestimentos em suas faces externas e internas. Questionamentos sobre quais materiais poderão ser usados, qual tipo de fixação será recomendada e como será o tratamento com relação à umidade serão pertinentes em casos como esses.

No tocante aos resíduos da indústria de calçados, é relevante destacar a importância de se obter novas formas de reutilizar esse tipo de material ao invés de simplesmente descartá-lo, uma vez que os mesmos podem desencadear impactos negativos ao meio ambiente devido, por exemplo, ao seu nível de toxicidade. Por outro lado, este ponto também deve ser considerado como uma vulnerabilidade, como apontado por um dos trabalhos levantados, que apontou a necessidade de reduzir ainda mais a contaminação dos resíduos para garantir seu uso seguro e dentro de parâmetros normativos. Analisando aspectos relativos à sua vida útil, espera-se que sua durabilidade seja maior do que a de elementos de origem natural por se tratar de um material sintético. É interessante também pensar no impacto quanto às emissões durante a vida útil desse tipo de resíduo, desde a obtenção da matéria-prima, passando pelo transporte até seu eventual descarte ou reutilização. Como desafio, pode-se mencionar a necessidade de elevar a resistência à compressão dos elementos construtivos dos quais tal resíduo eventualmente fizer parte a fim de atingir, pelo menos, os valores mínimos pedidos por normas pertinentes.

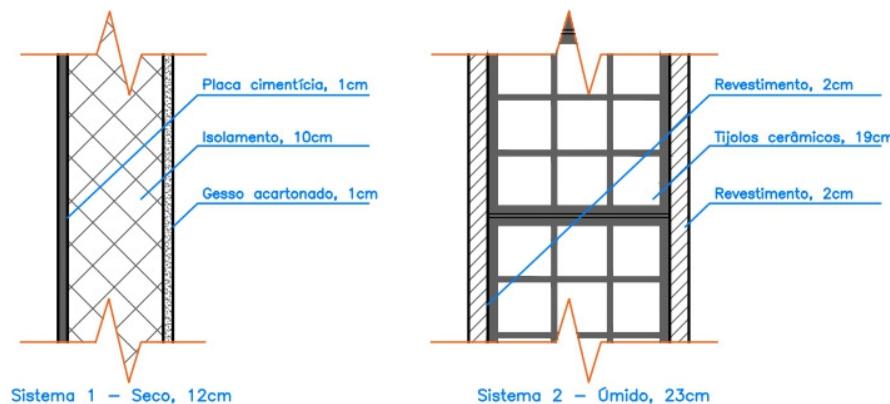
Comparação entre sistemas

Partindo para a comparação entre sistemas convencionais e inovadores, foram analisados dados de espessura, área e volume do conjunto, peso ou massa específica e densidade aparente. Também foi especificado se os dados em questão faziam referência ao sistema ou apenas a um componente. Devido à escassez de informações quanto aos dados dimensionais dos sistemas, notada durante o levantamento de dados para a pesquisa, foi feita a distinção entre as avaliações qualitativas e quantitativas. Dentro das dimensões adotadas, buscou-se padronizar ao máximo as medidas a fim de facilitar a comparação entre sistemas, o que não seria possível com as medidas originais em cada um dos estudos. Logo, para as alvenarias convencionais, estabeleceram-se as espessuras de tijolos de 9, 14 e 19 cm, com revestimentos em ambos os lados, que totalizam sistemas de 13 a 24 cm de espessura. Os sistemas de construção a seco

com placas cimentícias ou em gesso acartonado foram analisadas com espessura entre 7 e 12,5 cm, considerando o isolamento termoacústico adotado nas dimensões de 5; 7,5 e 10 cm cada. Os sistemas inovadores tiveram dimensões padronizadas de 13 a 19 cm (blocos) e 7 a 20 cm (painéis). Para fins de comparação, todas as dimensões adotadas encaixam-se nas faixas abordadas pela NBR 6120 (ABNT, 2019). A maior parte das análises foram realizadas de forma quantitativa, sendo qualitativas apenas em casos com incerteza de informações relacionadas.

Os modelos que obtiveram menores valores de densidade aparente entre os sistemas convencionais foram em construção a seco com painéis de espessura total de 12 cm e com 10 cm de isolamento (no caso, lâ de rocha), com a combinação de placas cimentícias e de gesso acartonado (Figura 11, Sistema 1). Os valores ficaram em torno de 400-420 kg/m³ de acordo com dados-base retirados da norma. Dentre as alvenarias, também tomando-se como base a norma, os sistemas com tijolos cerâmicos e espessura total de 23-24 (Figura 11, Sistema 2) apresentaram menores valores de densidade aparente, atingindo faixas entre 960 e 1000 kg/m³, o que qualitativamente já era esperado visto que a densidade do concreto é maior que o material cerâmico.

Figura 11: Corte simplificado de sistemas convencionais com menores valores de densidade aparente.



Fonte: As autoras.

Para os sistemas inovadores a nível de componente, as análises foram majoritariamente qualitativas e com apenas um elemento, devido à ausência de dados para comparação. A partir das informações disponíveis, notou-se que agregados graúdos e miúdos de RCD apresentam valores de massa específica menores do que a brita comum e a areia fina, em geral, principalmente quando há fração cerâmica no RCD. De forma qualitativa, supõe-se que resíduos de origem natural, como fibras de cânhamo, pasta de papel e granulado de cortiça, e materiais como resíduos de E.V.A. e aparas de couro moídas consigam atingir valores de massa específica menores do que os agregados de RCD devido a sua composição.

As análises das vedações inovadoras a nível de sistema também foram qualitativas pela mesma insuficiência de informações para comparação. Neste caso, supõe-se que os painéis inovadores com maior representatividade de materiais não-convencionais em sua composição, como sistemas com estrutura e painéis de vedação em bambu, tenham maior probabilidade de atingirem densidades menores do que sistemas de painéis convencionais com placas cimentícias.

Sistemas de construção a seco, como o *Steel Frame* e os painéis com placas cimentícias, apresentam características interessantes como a baixa geração de resíduos e a consequente redução do índice de desperdício, por se tratar de elementos pré-fabricados. Além disso, tendem a apresentar níveis satisfatórios de desempenho térmico e acústico, bem como peso próprio menor do que sistemas convencionais de tijolos cerâmicos ou blocos de concreto (Savas, 2021). Este último, como já mencionado anteriormente, é de grande importância ao considerar projetos e obras de reforma e *retrofit*, cenários que trazem como real vantagem o prolongamento da vida útil de edificações que já tiveram a sua cota de impacto ambiental. Possibilitar que uma construção seja utilizada pelo maior tempo possível é benéfico do ponto de vista da sustentabilidade, permitindo que os impactos causados pela sua construção sejam diluídos no tempo.

Em todas as análises realizadas, tanto entre sistemas inovadores como os tradicionais, não foram incluídas observações quanto a situações possíveis de ocorrer em um cenário real, como erros de execução ou tipos de argamassa distintos escolhidos para cada caso. Tal fato pode estar ancorado em delimitações das próprias pesquisas realizadas e abordadas neste artigo, uma vez que a análise de componentes e sistemas em

ambiente de laboratório - com maior controle das variáveis e menor escala - ainda segue sendo o padrão das pesquisas neste campo, levando-se em conta a dificuldade do escalonamento de novas tecnologias. Aplicações práticas em projetos de reforma e *retrofit* estarão entrelaçadas a diversos fatores, como a origem dos materiais que compõem o sistema e sua disponibilidade em cada região, como já mencionado anteriormente, mão-de-obra para correta execução, entre outros. Entretanto, antes de partir para aplicações práticas ou em maior escala, é imprescindível que os trabalhos analisados busquem por soluções ou alternativas para as vulnerabilidades detectadas por cada um deles, como brevemente pontuado na Tabela 2. A eventual criação de normativas que os suportem também será relevante para a transição a uma aplicação em larga escala.

Vasconcellos *et al.* (2021) citam o escalonamento de tecnologia como uma das maiores vulnerabilidades nas fases de pesquisa dentro de ciências como, por exemplo, as engenharias, física, química e biologia. Este processo diz respeito à transição da reduzida escala laboratorial para a grande escala de mercado e é de fundamental importância para criar uma ligação concreta entre os dois universos, bem como possuir uma equipe multidisciplinar e com vivência tanto teórica quanto prática. Os autores ainda destacam que levar o conteúdo produzido em laboratório para o mercado, atingindo uma escala industrial, não é um caminho simples ou com uma metodologia única. Logo, pesquisadores que queiram desenvolver suas tecnologias até o ponto de chegada à sociedade possuem como um dos desafios da etapa laboratorial fazer com que sua pesquisa detenha tanto uma robustez acadêmica quanto também uma qualidade fundamentalmente prática e aplicada.

Outro ponto relevante é, juntamente com a pesquisa básica, realizar um levantamento sobre potenciais clientes e aspectos de mercado desde o começo do processo. Como discutido por Vasconcellos *et al.* (2021), fomentar uma conciliação entre pesquisa teórica com a prática de mercado desde as fases iniciais do desenvolvimento em laboratório é um passo imprescindível para atingir um potencial de escalonamento de tecnologias, destacando a importância inegável que Instituições de Ciência e Tecnologia possuem quanto a inovação e evitando que o conhecimento acadêmico fique engavetado na forma de artigos e teses, sem gerar benefícios palpáveis para a sociedade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou, através de análise teórica e quali-quantitativa sobre sistemas de vedação vertical convencionais e inovadores, contribuir com o arcabouço técnico de profissionais que trabalham em contextos de reforma e *retrofit*, destacando-se a importância de considerar o peso próprio do sistema na hora de definir tecnologias para substituir ou acrescentar paredes sobre uma determinada estrutura existente. Através de apontamentos sob o viés normativo, foi possível abordar sistemas considerados convencionais e consolidados na construção civil brasileira. Por outro lado, por meio de buscas na literatura dos últimos anos, foram detectados exemplos de tecnologias em desenvolvimento no meio acadêmico que abordam releituras de sistemas de vedação vertical através da alteração parcial ou total de sua composição, adicionando materiais das mais diversas naturezas e das mais diferentes indústrias. Comparações entre os sistemas encontrados foram realizadas, destacando-se limitações encontradas nas mesmas, sobretudo no que diz respeito a dados ligados ao peso próprio dos elementos.

A renovação de construções possibilita uma relevante oportunidade de ampliar a abordagem sustentável na arquitetura, pois permite ampliar a vida útil de edificações existentes e fazer uso de áreas urbanas com infraestrutura já construída. Viabiliza também um diálogo entre soluções construtivas adotadas num momento passado para responder a demandas e panoramas distintos, com aquelas do presente cujas respostas precisam ser oferecidas para outro contexto e outras necessidades. Esse processo de escolha gera necessariamente um diálogo entre dois tempos. O projetista precisa contrapor o uso original ao novo uso proposto; as técnicas originais do SVV, que possivelmente serão mantidas em partes da edificação, com as técnicas introduzidas para atender a esse novo uso. Para situações nas quais o novo uso encontra possíveis limitações impostas pela capacidade de carga da estrutura existente, tem-se a adoção de sistemas construtivos a seco em painéis como alternativa mais condizente, se comparado aos sistemas úmidos tradicionais por causa do seu peso próprio.

Quanto à inclusão de resíduos aos sistemas construtivos, potencialmente transformando-os em sistemas inovadores e valorando seu uso, notou-se uma considerável gama de possibilidades de melhoria nos SVV convencionais e desdobramentos para SVV totalmente não-convencionais através da utilização de passivos de diversas indústrias e matérias-primas encontradas na natureza. Tal fato apresenta-se como um caminho promissor do ponto de vista técnico e ambiental, sendo este último uma das esferas contempladas pelo conceito de sustentabilidade. Entretanto, análises relacionadas à disponibilidade de determinado resíduo na

área de interesse, formas de obtenção do material e eventual tratamento do resíduo dependendo de sua origem são imprescindíveis para definir a viabilidade econômica - outra esfera da sustentabilidade - de utilizá-lo no desenvolvimento de alguma tecnologia, bem como sua aplicação em cenários de reforma e *retrofit*. Dependendo desses resultados, além da viabilidade econômica de produção em escala industrial e da eventual inserção no mercado, alguns resíduos podem enfrentar obstáculos ou até mesmo não serem justificáveis.

Devido à incipiente identificada pelo presente trabalho sobre dados relativos a esse tema, principalmente no tocante a sistemas de vedação inovadores, sugere-se uma maior atenção aos valores de densidade dos sistemas construtivos como um todo, e não apenas dos elementos que os compõem, no âmbito das pesquisas em novos materiais e tecnologias para reformas e *retrofit*.

5 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:** Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019
- _____. **NBR 6136:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
 - _____. **NBR 15575:** Desempenho de Edificações Habitacionais - Parte 1. Rio de Janeiro, 2021.
 - _____. **NBR 15575:** Desempenho de Edificações Habitacionais - Parte 4. Rio de Janeiro, 2021.
 - _____. **NBR 15270:** Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria. Rio de Janeiro, 2023.
 - _____. **NBR 16280:** Reforma em Edificações - Sistema de Gestão de Reformas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
- AZAMBUJA, M.A.; KAWAKAMI, C.A.F. Painéis em Bambu para Habitação Social. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n.20, p. 153-168, 2015. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1063/1087. Acesso em: 13 out 2022.
- CARNEIRO, G. R.; SILVA, E. E. D. Vazios urbanos: a não utilização dos imóveis municipais em Campina Grande e o descumprimento da função social da propriedade. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, e20190294, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190294>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- CARVALHO, L. G.; GAIO, D. As medidas de fomento para funcionalização de imóveis ociosos através da moradia social no Brasil. **Duc In Altum – Cadernos de Direito**, v. 15, n. 37, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.22293/2179507x.v15i37.2818>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- CAVALCANTI, E. R.; BRASIL, A. B.; MORETTI, R. S.; MORETTI, J. A. Movimentos sociais na ocupação de imóveis vazios nas áreas centrais e o enfrentamento inclusivo das mudanças climáticas: os casos de São Paulo e Natal. **Revista de Direito da Cidade**, v. 14, n. 1, p. 138–169, mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/rdc.2022.54363>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- CAU/BR - CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. **Anuário de Arquitetura e Urbanismo 2019**. Vol. 3. Brasília: maio, 2019. Disponível em: <https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/ANU%C3%81RIO-FINAL-WEB.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- CHAVES, V. T.; POMPEU, L. P.. Reflexões sobre a construção de outro paradigma na engenharia: potencialidades e limitações das tecnologias sociais e da extensão universitária. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 14, n. 32, p. 60-77, ed. especial. 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/7947>. Acesso em: 17 abr 2023.
- DIAS, L.B.; ANDRADE, T.J.P.; ROCHA, L.S.; ARANTES, M.M.; SCHUELER, M.V.E.; DO NASCIMENTO, A.M.; CARVALHO, D.G.. Painéis OSB Produzidos Através da Adição de Fibras do Coco de Babaçu. **Anais do 72º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração**, São Paulo, v. 72, num. 1, p. 2681-2688, outubro de 2017. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/paineis-osb-produzidos-atraves-da-adicao-de-fibras-do-coco-de-babacu>. Acesso em: 12 out 2022.
- Eires, R.; Jalali, S.; Camões, A.. Novos Compósitos Eco-Eficientes Para Aplicações Não-Estruturais na Construção. **Revista Internacional Construlink**, nº 23, vol. 8, p. 45-55. Fevereiro de 2010. Disponível em: <http://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/16957/1/RIC23%20-%205%c2%baArtigo.pdf>. Acesso em: 13 out 2022.
- FERNANDES, A.V.B.; ALMEIDA, E.S.F.; FILHO, G.S.A.. **Cadernos de Graduação** - Engenharia Civil. Periódico. Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Tiradentes - UNIT. V.3, n. 2., p. 37-66. Aracaju. 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/2623/1704>. Acesso em: 04 nov 2022.
- FILLA, N. T.. **Retofit de Estruturas** - Ênfase às Soluções Estruturais com Aço. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Departamento Acadêmico de Construção Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 71 p., 2017. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6419/1/retrofitestruturas.pdf>. Acesso em: 29 nov 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios Contínua 2018.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101654>. Acesso em: 28 nov 2022.

LATTERZA, L. M.. **Concreto com Agregado Graúdo Proveniente da Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição: Um Novo Material para Fabricação de Painéis Leves de Vedação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 132 p. 1998. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-21122017-120645/publico/Dissert_Latterza_LucianoM.pdf. Acesso em: 12 out. 2022.

MADEIRA, C. V.; CAMPOS, D.; REIS, G. S.. **Estudo do Reforço nas Estruturas de Concreto Nos Processos de Reforma.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Faculdade Doctum. Juiz de Fora, 97 p., 2018. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1902/1/ESTUDO%20DO%20REFOR%c3%87O%20NAS%20ESTRUTURAS%20DE%20CONCRETO%20ARMADO.pdf>. Acesso em: 22 nov 2022.

MENDES, M.C.M.; FABRÍCIO, M.M.; IMAI, C.. **Sistemas Construtivos Inovadores no Contexto do SiNAT:** Normativas, Produção e Aplicações de Painéis de Vedação. In: Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação. São Paulo: Editora Scienza, 2017. V. 3, cap. 7. p. 169-193. Disponível em: https://editorascienza.com.br/pdfs/usp/978_85_5953_029_2_capitulo_7.pdf. Acesso em: 12 out 2022.

MESQUITA, L. C.; DE AZEVEDO, I. C. d'Almeida D.; CÂNDIDO, E. S.; CATHOUD, G. A.. Análise da Viabilidade Técnica de Utilização de Resíduos de Construção e Demolição na Fabricação de Blocos de Vedação. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 10, n. 3, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/32651/19500>. Acesso em: 12 out 2022.

MORENO, A.C.R.; DE MORAIS, I.S.; DE SOUZA, R.V.G.. **Thermal Performance of Social Housing - A Study Based on Brazilian Regulations.** In: 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings. Turin: Elsevier, 2017. N. 111, p. 111-120. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217300309>. Acesso em: 05 nov 2022.

OSÓRIO, H. **Conheça os principais sistemas construtivos utilizados no Brasil.** **Revista Construfy.** Artigo informativo. Março de 2021 (Online). Disponível em: <https://revista.construfy.com.br/conheca-os-principais-sistemas-construtivos-utilizados-no-brasil/>. Acesso em: 07 out 2022

PEREIRA, Caio. **Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil.** **Escola Engenharia.** Artigo informativo. Outubro de 2018 (Online). Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/>. Acesso em: 06 out 2022

PIMENTEL, U.H.O.. **Utilização de Resíduos da Indústria de Calçados em Blocos de Vedação com Novas Geometrias - Bloco EVANG.** 139p. Dissertação - Engenharia Urbana. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/ispui/bitstream/tede/5553/1/arquivototal.pdf>. Acesso em: 11 out. 2022.

PURI, V.; CHAKRABORTTY, P.; ANAND, S.; MAJUMDAR, S.. **Bamboo Reinforced Prefabricated Wall Panels for Low-Cost Housing.** Journal of Building Engineering, n. 9, p. 52-59, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710216303126>. Acesso em: 13 out 2022.

RAJPUT, D.; BHAGADE, S.S.; RAUT, S.P.; RALEGAONKAR, R.V.; MANDAVGANE, S.A.. **Reuse of Cotton and Recycle Paper Mill Waste as Building Material.** Construction and Building Materials, n. 34, p. 470-475, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812001122>. Acesso em: 13 out 2022.

SAVAS, G.W.. **Análise de Sistemas de Vedação Vertical para Edificações.** Monografia - Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 85 p., 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228574/TCC-Guilherme%20Savas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 out 2022.

SILVA, F.A.; BALDAN, V.J.S.; MURARI, A.R.; PABLOS, J.M.; SICHLER, E.P.. **Utilização de Resíduos Oriundos da Indústria Calçadista de Franca/SP na Confecção de Blocos de Vedação.** In: ENTAC 2018 - XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2018, Foz do Iguaçu. Anais. Londrina: ANTAC, 2018. p. 2757-2764. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1686/1469>. Acesso em: 13 out 2022.

SILVA, F. F. do A. e; MACIEL, L.; FORTI, M. C. Entre vacâncias e as ocupações urbanas: repensando o direito à cidade a partir dos imóveis subutilizados no centro histórico de São Paulo (SP). **Revista de Direito da Cidade**, v. 13, n. 1, p. 284–313, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/rdc.2021.45927>. Acesso em: 27 abr. 2025.

TRINDADE, T. A. O que significam as ocupações de imóveis em áreas centrais? **Caderno CRH**, v. 30, n. 79, p. 157–173, abr. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-49792017000100010>. Acesso em: 27 abr. 2025.

VASCONCELLOS, E. P.; DE SOUZA, P. M. T. G.; FRANCO, M. R.; DE CASTRO, V. G.; SOUZA, L. V.; LAGO, R. M.; SPEZIALI, M. G. Escalonamento de tecnologias: desenvolvimento de produto e processo do laboratório à escala piloto conectado ao mercado (Parte 1). **Química Nova**, vol. 44, n. 3, pág. 377-384, 2021. Disponível em: <https://quimicanova.sqz.org.br/pdf/AG2020-0320>. Acesso em: 12 mar. 2024.

YAMAGUTI, Rosana; DENALDI, Rosana. O papel das Zonas Especiais de Interesse Social de imóveis vazios ou subutilizados para a produção habitacional privada: reflexões a partir da produção na Zona Leste do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Direito Urbanístico | RBDU**, Belo Horizonte: Fórum, v. 9, n. 16, p. 307–335, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibdu.org.br/direitourbanistico/article/view/818>. Acesso em: 28 abr. 2025.

NOTA DO EDITOR (*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade das autoras.