XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Design para Adaptabilidade e Desmontagem (DfAD): critérios para tornar as edificações banco de materiais

Design for Adaptability and Disassembly (DfAD): criteria for making buildings a bank of materials

Mayara Regina Munaro
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | mayara.munaro@ufpr.br
Sergio Fernando Tavares
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | sergioftavares@gmail.com

Resumo
O Design para Adaptabilidade e Desmontagem (DfAD) é um método para reduzir a geração de resíduos de construção e demolição e o uso de recursos naturais na construção. É uma estratégia pouco explorada devido à falta de diretrizes padronizadas para orientar a desconstrução de edifícios. Por meio de uma revisão integrativa da literatura, este estudo levantou 69 critérios do DfAD para orientar a desconstrução dos edifícios, enfatizando a padronização, modularização e pré-fabricação de materiais e componentes de construção. A implementação do DfAD necessita de maior conhecimento, o estabelecimento de políticas públicas e o desenvolvimento de ferramentas circulares no setor construtivo.

Palavras-chave: Economia circular. Construção civil. Desconstrução. DfAD. Fim de vida da edificação.

Abstract
Design for Adaptability and Disassembly (DfAD) is a method to reduce the generation of construction and demolition waste and the use of natural resources in construction. It is an underexplored strategy due to the lack of standardized guidelines to guide the deconstruction of buildings. Through an integrative literature review, this study raised 69 DfAD criteria to guide the deconstruction of buildings, emphasizing the standardization, modularization and prefabrication of building materials and components. The implementation of the DfAD requires greater knowledge, the establishment of public policies and the development of circular tools in the construction sector.

Keywords: Circular economy. Construction sector. Deconstruction. DfAD. Building end-of-life.

Como citar:
MUNARO, M. R., TAVARES, S. F. Design para Adaptabilidade e Desmontagem (DfAD): critérios para tornar as edificações banco de materiais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-9.

INTRODUÇÃO

O setor da construção é o maior consumidor de matérias-primas do mundo, responsável por usar um terço da energia global e gerar 39% das emissões de dióxido de carbono e 35% dos resíduos de aterros no mundo [1][2]. Embora mais de 90% do conteúdo de um edifício possa ser reutilizado, apenas 20-30% desses recursos são reciclados ou reutilizados no final da vida útil de um edifício [3].

A economia circular (EC) oferece uma oportunidade de reduzir o uso de materiais primários e seus impactos ambientais associados, por meio de diferentes estratégias que substituem o fim de vida (FDV), como redução, reutilização e reciclagem de materiais na produção/processos de distribuição e consumo [4]. A desconstrução é um cenário FDV que favorece a recuperação de componentes da construção para realocação, reutilização, reciclagem ou remanufatura da construção [5]. Nesse sentido, para fechar os ciclos de vida dos materiais, o conceito de *Design* para desconstrução (*Design for Deconstruction*), também conhecido como *Design* para desmontagem, ambos conhecidos pela sigla DfD, surgiu no setor construtivo na década de 1990 por meio de metodologias de ecodesign da indústria manufatureira [5][6].

O DfD pode ser associado ao *Design* para Adaptabilidade (DfA). Um edifício adaptável pode ser modificado pelos usuários para atender às suas constantes necessidades [7]. A incorporação dos princípios de *Design* para Adaptabilidade e Desmontagem (DfAD) na fase de planejamento e projeto aumentará a probabilidade de que as atividades durante os estágios de uso, manutenção e fim de vida sejam direcionadas de forma mais eficiente, garantindo o uso eficaz dos recursos e a implementação de princípios da EC em edifícios e obras de engenharia civil [8][9][10]. A desmontagem é uma estratégia eficaz para reduzir a geração de resíduos de construção e demolição (RCD), as emissões de gases de efeito estufa (GEE), diminuir as cargas dos aterros sanitários, preservar os recursos naturais e aumentar a consciência ambiental do setor. No entanto, menos de 1% dos edifícios existentes são totalmente desmontáveis [11].

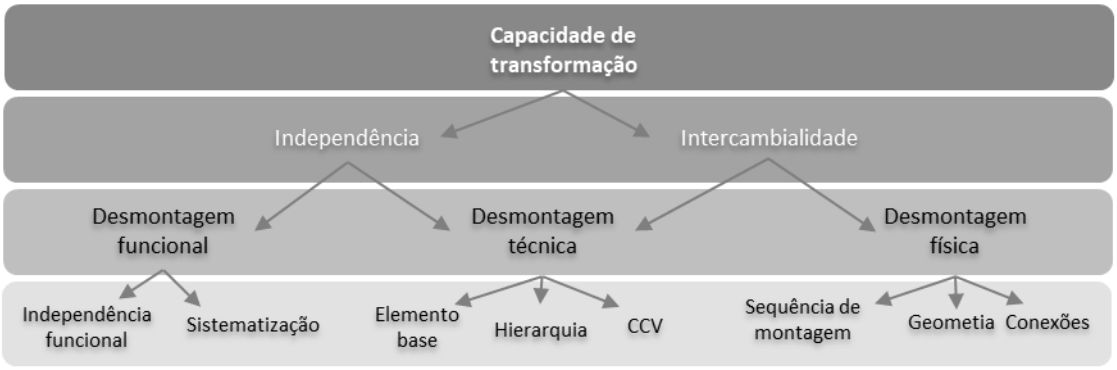
A possibilidade de recuperação de materiais de construção depende de como um edifício foi projetado e construído, e as técnicas de desconstrução ainda não são comuns na indústria construtiva. Embora muitos pesquisadores tenham desenvolvido diretrizes para permitir e facilitar a desconstrução de edifícios no final de seu ciclo de vida, as informações são fragmentadas e não há consenso sobre um protocolo de projeto de edificação reversível. Nesse sentido, este estudo buscou explorar os critérios de DfAD que apoiam a transição do setor construtivo rumo a economia circular. A identificação e descrição dos critérios necessários para facilitar a desconstrução das edificações, tornando-os parte da etapa de projeto e planejamento da obra, é fundamental para tornar as edificações como banco de materiais.

ASPECTOS DE REVERSIBILIDADE DAS EDIFICAÇÕES

Os estudos têm demonstrado estratégias diferentes para orientar o estabelecimento de princípios de desconstrução no FDV das edificações, e ainda não existem diretrizes padrão reconhecidas globalmente. Durmisevic *et al.* [12] definiram oito critérios de

reversibilidade técnica das edificações, de acordo com a independência funcional, técnica e física do edifício/estrutura (Figura 1).

Figura 1: Protocolo para aspectos técnicos de reversibilidade das edificações.



Fonte: os autores (adaptado de [12]).

Os aspectos de projeto que influenciam a tomada de decisão durante o projeto de estruturas reversíveis consideram:

1. Independência funcional: subdividir o edifício em sistemas e subsistemas independentes com diferentes desempenhos e ciclos de vida;

2. Sistematização e agrupamento: agrupamento de componentes e elementos em um módulo independente com base na funcionalidade, processo de montagem / desmontagem e coordenação do ciclo de vida de uso do elemento;

3. Relações hierárquicas: minimização do número de relações que representam dependências funcionais e técnicas entre elementos construtivos;

4. Elemento base: proporcionar independência de elementos dentro de conjuntos, definindo elementos base que integram os elementos circundantes do agrupamento;

5. Coordenação do ciclo de vida (CCV): integração dos materiais quanto ao seu ciclo de vida. Elementos que têm um ciclo de vida curto, devem ser montados por último e desmontados por primeiro;

6. Sequência de montagem: representam a complexidade da estrutura e as dependências entre os elementos construtivos. A montagem sequencial cria dependências entre os elementos montados; a sequência paralela pode acelerar um processo de construção/desmontagem;

7. Geometria: projetar a geometria da aresta do produto/componente que permita a recuperação de elementos sem danificar a si mesmo ou a outros elementos;

8. Conexões: utilizar conexões que permitam a separação e recuperação dos elementos.

MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa consistiu em uma revisão integrativa da literatura com métodos explícitos de revisão sistemática para proteger os dados contra vieses e

melhorar a precisão das conclusões [13]. A revisão seguiu uma sucessão de seis etapas com base em [13][14][15].

O primeiro passo foi a identificação do problema. Esta revisão visou identificar os principais critérios que apoiam o DfAD e a transição rumo a edificações mais circulares (Figura 2). A segunda etapa determinou o protocolo desenvolvido na revisão, com base em termos de busca relacionadas aos métodos de ecodesign de FDV. As fontes de informação foram as bases de dados acadêmicas Web of Science, Scopus e EBSCO. Os critérios de inclusão foram artigos, revisões e artigos de congressos no idioma inglês e sem recorte temporal e área de pesquisa definida. Ao focar na revisão (terceira etapa) as fontes relevantes identificadas foram reduzidas de 2.540 para 250 artigos (Figura 2). Os artigos foram selecionados por meio de leitura inicial do título, seguida de uma compreensão do resumo e palavras-chave e, por fim, da leitura crítica de todo o artigo.

Figura 2: Sumário da revisão integrativa de literatura

1	**Problema de pesquisa**			
	Quais os critérios de DfAD podem apoiar a transição rumo a uma economia circular no setor da construção civil?			
2	**Protocolo de pesquisa**	Base de dados (Nº artigos)		
	Termos de busca	Web of science	Scopus	EBSCO
1	*("circul* buil*" AND "circula* econom*") OR ("circul* construct*" AND "circula* econom*")*	41	60	12
2	*((("design* for adaptab*") AND (build* OR construct*)) OR ("adaptabl* build*") OR ("design* adaptab*" AND buil*) OR ("design* adaptab*" AND construct*))*	68	123	27
3	*((("design* for deconst*") AND (build* OR construct*)) OR ("deconstr* build*") OR ("design* deconst*" AND buil*) OR ("design* deconst*" AND construct*))*	47	72	27
4	*((("design* for disassemb*") AND (build* OR construct*)) OR ("disassemb* build*") OR ("design* disassemb*" AND buil*) OR ("design* disassemb*" AND construct*))*	72	103	31
5	*((("design* for modula*") AND (buil* OR construct*)) OR ("modular* build*" AND "circular* econom*") OR ("design* modula*" AND buil*) OR ("design* modula*" AND construct*))*	156	267	190
6	*((("design* for transforma*") AND (buil* OR construct*)) OR (("design* transforma*") AND (build* OR construct* OR "circular* econom*")))*	37	50	49
7	*((("design* out waste*") AND (buil* OR construct*)) OR ("design* out construct* waste*") OR (("design* waste*") AND (buil* OR construct*)))*	45	62	27
8	*((("design* for change*") AND (buil* OR construct*)) OR (("design* for change*") AND ("circular* econom*")))*	23	40	197
9	*(("build* deconst*" OR "build* disassemb*" OR "build* demount*") OR (build* AND deconst* AND "circular* econom*"))*	77	82	23
10	*(("flexib* build*") AND ("sustainab*" OR "circular* econom*")) OR ("flexib* build*" AND deconst*))*	19	33	6
11	*((("revers* build* design*") OR (("revers* build*") AND (sustainab* OR "circular* econom*")) OR (revers* AND build* AND "circular* econom*")))*	31	42	12
12	*(("demount* build*") OR ("demount* construct*") OR (demount* AND build* AND "circular* econom*"))*	19	28	8
13	*((("transform* construct*" OR "transform* build*") AND ("circular* econom*")) OR (transform* AND build* AND "circular* econom*"))*	93	94	51
14	*(("build* reus*" AND sustainab*) OR ("build* reus*" AND "circular* econom*"))*	21	24	8
15	*(("regenerat* build*" OR "regenerat* construct*") AND ("circular* econom*" OR sustainab*)) OR ("build* for regenerat*"))*	12	18	13
	Total de artigos	**2540**		
3	**Identificação de estudos pré-selecionados**			
	Publicações duplicadas: exclusão de 879 artigos	1661 artigos		
	Análise do título / resumo / palavras-chave: exclusão de 1307 artigos	354 artigos		
	Análise de texto completo: exclusão de 104 artigos	250 artigos		
	Amostra final da análise de conteúdo	**250 artigos**		

Fonte: os autores.

A quarta etapa foi a análise de conteúdo dos dados para obter descrição condensada e ampla do assunto e o resultado foi categorizado para descrever o problema [16]. Sequencialmente, os dados foram analisados e discutidos (quinta etapa) por meio da identificação dos critérios de desconstrução, separação e análise categorizada dos

critérios em grupos de aspectos projetuais. Na sexta etapa, resultados, os principais critérios relacionados ao DfAD foram apresentados a partir dos estudos de revisão. Uma síntese na forma de uma planilha foi desenvolvida para retratar de forma abrangente a revisão. A síntese é uma atividade criativa que produz um novo modelo, estrutura conceitual ou concepção única formada pelo conhecimento íntimo do autor sobre o tema [14].

RESULTADOS E ANÁLISE

A análise dos estudos evidenciou a falta de um conjunto de diretrizes sobre DfAD. Os estudos enfatizaram que a modularização, pré-fabricação e padronização de materiais e componentes são requisitos fundamentais para o desenvolvimento de um ambiente construído circular. A escolha dos materiais adequados foi considerada um fator crucial, principalmente devido à redução das emissões de GEE e dos impactos ambientais das reutilizações de materiais. Verifica-se que a equipe de projeto desempenha papel fundamental na condução de soluções arquitetônicas circulares inovadoras e na integração dos diferentes *stakeholders* do setor. Assim, além de um processo de projeto colaborativo, é necessário maior conscientização dos processos de projeto de construção adaptáveis e desmontáveis.

Tendo isso em vista, dois aspectos projetuais foram adicionados ao protocolo de Durmisevic *et al.* [12] para trazer mais detalhamento ao protocolo, sendo eles "Tipo de material" e "Comunicação, documentação e coordenação BIM (*Building Information Modeling*)". Assim, considerando os 8 aspectos projetuais para a reversibilidade técnica de uma edificação [12] e os 2 aspectos adicionados, o Quadro 1 apresenta 69 critérios obtidos dos artigos de revisão de acordo com cada aspecto projetual. Os critérios foram agrupados de acordo com as suas similaridades e características encontradas com os aspectos projetuais de uma edificação. O objetivo do Quadro 1 é fornecer um protocolo claro para orientar o processo de desconstrução, a ser aplicado na construção de novos edifícios, considerando esta etapa como elemento fundamental da programação e planejamento do edifício.

Quadro 1: Principais critérios para o protocolo de desconstrução DfAD

	Critérios
1	**Independência funcional**
1.1	Usar um sistema de construção aberto para gestão flexível do espaço
1.2	Minimizar o número e os tipos de componentes e conectores
1.3	Padronizar a forma e o *layout* do edifício
1.4	Estabelecer zonas livres de fixação para comprimentos máximos de material para reutilização
1.5	Favorecer o uso de ferramentas e equipamentos simples
1.6	Usar componentes de construção intercambiáveis
1.7	Otimizar o uso do espaço interno e o *layout* do sistema de fluxos de recursos
1.8	Estabelecer volumes específicos para cada sistema
1.9	Preparar um plano de desconstrução/demolição
1.10	Projetar as fundações para serem retráteis do solo
2	**Sistematização e agrupamento**
2.1	Projetar componentes pré-montados
2.2	Projetar componentes dimensionados para se adequar ao manuseio em todas as etapas
2.3	Favorecer a construção modular e usar uma grade estrutural padrão
2.4	Usar componentes pré-fabricados e produção em massa sempre que possível

2.5	Especificar o uso de técnicas de enquadramento, particionamento de *drywall* e sistema de junção
2.6	Usar materiais e componentes leves com conexões secas
2.7	Fornecer peças de reposição e espaço para armazenamento deles
3	**Elemento base**
3.1	Priorizar a regularidade nos padrões de construção
3.2	Apontar para componentes de pequena escala e facilitar o manuseio e transporte
3.3	Facilitar a autoconstrução e a reutilização local
4	**Hierarquia**
4.1	Minimizar o número de diferentes tipos de componentes
4.2	Reduzir as interações entre sistemas e intrassistemas
5	**Coordenação do ciclo de vida**
5.1	Projetar as camadas da construção como sistemas estruturalmente independentes
5.2	Identificar a vida útil dos diferentes elementos do projeto
5.3	Separar a estrutura dos elementos de revestimento e preenchimento de um edifício
5.4	Definir a hierarquia de desmontagem de acordo com a expectativa de vida funcional e técnica dos componentes
5.5	Fornecer acesso a todas as partes do edifício e a todos os seus componentes
5.6	Aumentar a adjacência física do ponto de acesso
6	**Sequência de montagem**
6.1	Permitir desmontagem paralela em vez de sequencial
6.2	Montar de forma sistemática para facilitar manutenção e a possibilidade de substituições
6.3	Usar tecnologias de montagem/desmontagem compatíveis com ferramentas e equipamentos comuns
6.4	Identificar um ponto de desmontagem permanente
6.5	Facilitar a remoção de peças que contêm materiais perigosos
6.6	Fornecer informações suficientes sobre o processo de montagem/desmontagem
6.7	Fornecer tolerâncias adequadas para montagem e desmontagem
6.8	Considerar a logística de desconstrução, fornecer peças de reposição e instalações de armazenamento
6.9	Usar materiais e componentes de sacrifício onde o desgaste é inevitável com desmontagem facilitada
7	**Geometria da interface**
7.1	Criar sistemas estruturais regulares e padronizados
7.2	Projetar a geometria para ser simples
8	**Tipo de conexões**
8.1	Projetar juntas e conexões que sejam acessíveis, duráveis e removidas
8.2	Minimizar o número de conectores e diferentes tipos de conectores
8.3	Simplificar e padronizar as conexões
8.4	Usar conexões mecânicas e secas
8.5	Evitar juntas e parafusos que desfavoreçam a reutilização
8.6	Evitar adesivos, resinas e revestimentos que comprometam a possibilidade de reutilização
8.7	Evitar acabamentos secundários que cobrem as conexões
8.8	Fornecer especificações para conexões, estruturas e instalações
9	**Tipo do material**
9.1	Usar materiais naturais e/ou com rótulo ecológico
9.2	Usar e especificar materiais reciclados, recicláveis e reutilizáveis
9.3	Evitar materiais de construção tóxicos e perigosos
9.4	Evitar o uso de adesivos, resinas e revestimentos que comprometam o potencial de reutilização
9.5	Evitar materiais compósitos ou inseparáveis
9.6	Minimizar a variação e o número de materiais, peças, componentes e equipamentos
9.7	Fornecer identificação padrão e permanente de tipos de materiais
9.8	Evitar acabamentos secundários aos materiais
9.9	Aplicar métodos mecânicos de proteção da água em vez de selantes e adesivos químicos
9.10	Usar materiais resistentes que cumprem a mesma função com menos espaço/peso
9.11	Usar materiais sem embalagem ou fornecidos com embalagem otimizada
10	**Comunicação, documentação e coordenação BIM**
10.1	Documentos de projeto legíveis e de fácil interpretação
10.2	Documentos de projeto com condições do local incorporadas e informações topográficas
10.3	Desenhar documentos sem erros e adequadamente coordenados/integrados

10.4	Especificar o objetivo do projeto e a implementação adequada do procedimento de avaliação de construção sustentável
10.5	Garantir o congelamento do projeto no final do processo de projeto
10.6	Fornecer desenhos atualizados
10.7	Fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes usados na construção
10.8	Usar o BIM para simular o processo e a sequência de desmontagem do edifício e estimar a propriedade de fim de vida dos materiais
10.9	Registrar os dados de geração, quantidades e características dos resíduos por meio do BIM
10.10	Fornecer disseminação de conhecimento e treinamento para projetistas e construtores dos benefícios ambientais, sociais e econômicos do DfAD
10.11	Apoiar a pesquisa e fornecer dados quantitativos dos benefícios econômicos da recuperação de materiais no ciclo de vida dos edifícios

Fonte: os autores.

Até o momento a *International Organiztion for Standardization* (ISO) 20887:2020 - *Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance* é a única norma que aborda o reaproveitamento de elementos construtivos em novas construções e utiliza os termos DfD e DfA [8][10]. Observa-se que os critérios para um DfAD estão atrelados a um maior nível de industrialização do setor, mas os fabricantes de materiais e componentes de construção precisam dar suporte a essa mudança, principalmente considerando a padronização e compatibilidade de conexão entre esses elementos.

É importante ressaltar que de nada adianta projetar edifícios circulares se ainda não houver uma direção específica para o reaproveitamento dos materiais recuperados. Desafios relacionados a garantias percebidas, desempenho, qualidade, estética e durabilidade de materiais secundários precisam ser superados pelas equipes de projeto e clientes finais. Desafios técnicos, incluindo a falta de rotas de recuperação e armazenamento adequado, dificultam as estratégias de recuperação de materiais [9]. A implantação de mercados com sistemas de controle de estoque, rastreamento de produtos, protocolos de monitoramento e publicação de informações sobre materiais secundários que estão ou estarão disponíveis é fundamental para possibilitar o DfAD.

Um edifício planejado para desmontagem deve ser visto como um banco de materiais, com armazenamento temporário, documentado e valor financeiro. Tanto a documentação quanto o rastreamento dos materiais recuperados carecem de suporte técnico e físico. O uso de passaporte de materiais e BIM na gestão de dados de materiais são ferramentas promissoras que necessitam de uma rede digital robusta e integrada para acesso e disponibilização de informações. Além disso, a armazenagem física dos materiais secundários precisa ser definida e orçada na fase de projeto, bem como a determinação dos *stakeholders* responsáveis pela destinação de cada tipo de material recuperado.

As barreiras para a implementação do DfAD perpassam pela falta de conhecimento e treinamento da equipe de projeto sobre os benefícios ambientais e como projetar um edifício para desconstrução, a falta de legislação e incentivos fiscais, e a falta de ferramentas, métodos e indicadores circulares. Isso sugere que o aumento das medidas fiscais e a introdução de sistemas de recompensa para projetos reversíveis teriam maior engajamento das partes interessadas nas práticas de minimização de resíduos. Além disso, a implementação dos requisitos do DfAD na obtenção de

certificações ambientais pode ser uma alternativa para a conscientização do setor. No entanto, os princípios do DfAD precisam ser mais bem incorporados nas certificações, com atenção redobrada aos pesos estabelecidos para que alguns critérios não distorçam o resultado da certificação do projeto.

CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo analisar como os critérios do *Design* para Adaptabilidade e Desmontagem ajudam a implementar princípios da economia circular no setor da construção civil. Padronização, modularização e pré-fabricação de componentes e materiais são critérios fundamentais para a transição circular do ambiente construído. Isso ocorre, principalmente, porque a produção fora do local reduz a geração de resíduos de construção e exige projeto e processo de construção colaborativos.

A implantação dos critérios de DfAD no setor vai proporcionar uma mudança sistêmica na forma como os edifícios são projetados, construídos e consumidos pelos usuários. Por um lado, será possível otimizar a capacidade de cada edifício para acolher eficazmente as exigências e necessidades dos seus usuários, aumentando a sua utilidade, prolongando a sua vida útil e maximizando o seu valor ao longo do tempo. Por outro lado, é possível otimizar a gestão eficiente dos recursos de todos os fluxos de materiais relacionados com a construção, evitando o esgotamento das matérias primas e a geração de resíduos, minimizando assim o impacto ambiental dos edifícios.

A principal contribuição deste estudo foi o estabelecimento de critérios do DfAD para orientar a tomada de decisão na etapa de projeto. Edifícios circulares exigem a adaptação dos processos construtivos às propriedades mecânicas e geométricas dos materiais disponíveis e o uso de materiais menos complexos para facilitar a reutilização ou reciclagem. A pré-fabricação associada ao DfAD reduz a complexidade dos edifícios, ampliando a capacidade de adaptabilidade, durabilidade, transportabilidade, montagem e desmontagem. Como pesquisa futura, espera-se fazer um levantamento com diferentes *stakeholders* do setor da construção civil para definir pesos aos critérios do DfAD estabelecidos neste estudo, bem como apontar as principais barreiras relacionadas à implementação de projetos de construção circular.

MATERIAL COMPLEMENTAR

As referências dos artigos analisados na revisão integrativa de literatura estão disponíveis como material complementar.

REFERÊNCIAS

[1] AJAYI, Saheed *et al*. **Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvements**. Resources, Conservation and Recycling, v. 102, p. 101-112, 2015.

[2] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global status report on road safety 2015**. World Health Organization, 2015.

[3] WORLD ECONOMIC FORUM (EMF). **Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains**, Geneva, 2014.

[4] KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. **Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions**. Resources, conservation and recycling, v. 127, p. 221-232, 2017.

[5] KIBERT, Charles. **Deconstruction: the start of a sustainable materials strategy for the built environment**. Industry and environment, v. 26, n. 2, p. 84-88, 2003.

[6] MACOZOMA, Dennis. **Understanding the concept of flexibility in design for deconstruction**. Design for Deconstruction and Materials Reuse. University of Karlsruhe Karlsruhe, Germany: CIB Publication, v. 272, 2002.

[7] ANASTASIADES, Kostas *et al.* **Translating the circular economy to bridge construction: Lessons learnt from a critical literature review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 117, p. 109522, 2020.

[8] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 20887 Sustainability in buildings and civil engineering works** — Design for disassembly and adaptability, 2020.

[9] MUNARO, Mayara Regina; TAVARES, Sérgio Fernando; BRAGANÇA, Luís. **Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment**. Journal of Cleaner Production, v. 260, p. 121134, 2020.

[10] MUNARO, Mayara Regina; TAVARES, Sergio Fernando; BRAGANÇA, Luís. **The ecodesign methodologies to achieve buildings' deconstruction: A review and framework**. Sustainable Production and Consumption, 2022.

[11] DORSTHORST, Bart, KOWALCZYK, Ton. **Design for recycling**, in: Chini, A.R., Schultmann, F. (Eds.), Proceedings of the CIB Task Group 39 – Design for Deconstruction and Materials Reuse. Karlsruhe, Germany, pp. 70–80, 2002.

[12] DURMISEVIC, Elma. **Circular economy in construction design strategies for reversible buildings**. BAMB, 2019.

[13] TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. **Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review**. British Journal of Management, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

[14] TORRACO, Richard. **Writing integrative literature reviews: Guidelines and examples**. Human resource development review, v. 4, n. 3, p. 356-367, 2005.

[15] WHITTEMORE, Robin; KNAFL, Kathleen. **The integrative review: updated methodology**. Journal of advanced nursing, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005.

[16] ELO, Satu; KYNGÄS, Helvi. **The qualitative content analysis process**. Journal of advanced nursing, v. 62, n. 1, p. 107-115, 2008.