REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2023, Vol. 13, No.27
DOI 10.23972/det2023iss24pp57-69

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

Modelo conceitual para concepção de projetos para desconstrução

Aryane Spadotto [1]; André Nagalli [1]; Roberto C. da Silva [1]; Stela F. Sukar [2]; Altair Rosa [3]

1 *Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Brasil*

2 *Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PEC, Universidade de Pernambuco - UPE, Recife, Brasil*

3 *Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana - PPGTU, Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Curitiba, Brasil*

RESUMO

Diante da necessidade de alternativas para minimizar a geração de resíduos de construção e demolição (RCD), em que a demolição é a atividade que mais gera entulho, surge o projeto para desconstrução (PpD) como alternativa viável e sustentável à demolição. Embora existam procedimentos padronizados para projetos de edifícios há necessidade de melhorar a eficiência do PpD com a definição de métodos e ferramentas para aplicação dessa estratégia. Com o objetivo de viabilizar e facilitar o uso de parâmetros de PpD, este trabalho propõe um modelo conceitual de orientações para concepção de PpD. Para o desenvolvimento da proposta foi realizada pesquisa bibliográfica, com o levantamento de estratégias para a minimização de RCD, guias existentes para o PpD e ações que promovem a economia circular (EC), que foram base para o referencial teórico. Sequencialmente, foram utilizadas etapas de *Design Science Research* (DSR) para a formação do modelo conceitual. O modelo proposto apresenta oito diretrizes de PpD em conformidade com normas regulamentadoras, recomendações internacionais e sistemas construtivos. O modelo obtido serve de orientação para que sejam adotadas boas práticas pelos projetistas na etapa de tomada de decisões, com as escolhas de técnicas e materiais construtivos que causem menos danos e impactos ambientais. O estudo mostrou que decisões e especificações feitas por projetistas da construção civil têm impacto significativo nas possibilidades futuras de realocação de recursos, aumento do ciclo de vida dos componentes e vida útil de projeto, além de permitir o ciclo fechado de materiais.

PALAVRAS-CHAVE
Resíduos de Demolição; Desmontagem; Economia Circular; Planejamento

Conceptual model for conception projects for deconstruction

ABSTRACT

Faced with the need for alternatives to minimize the generation of construction and demolition waste (CDW), in which demolition is the activity that generates the most debris, the project for deconstruction (PpD) emerges as a viable and sustainable alternative to demolition. While there are standard procedures for building design, it is necessary to improve the efficiency of PpD by defining methods and tools for applying this strategy. With the objective of enabling and facilitating the use of PpD parameters, this work proposes a conceptual model of guidelines for designing PpD. For the development of the proposal was realized bibliographical research, with the survey of strategies for the minimization of RCD, existing guides for the PpD and actions that promote the circular economy (CE), which were the basis for the theoretical reference. Then steps, were used Design Science Research (DSR) to formalize the conceptual model. The proposed model presents eight PpD guidelines in compliance with regulatory standards, international recommendations and construction systems. To the obtained model serves as a guide for designers to adopt good practices in the decision-making stage, with the choice of techniques and construction materials that cause less damage and environmental impacts. Since the decisions and specifications made by civil construction designers have a significant impact on the future possibilities of reallocating resources, increasing the life cycle of components and project lifetime, in addition to allowing the closed cycle of materials.

KEYWORDS
Demolition Waste; Disassembly; Circular Economy; Planning

CONTATO: Aryane Spadotto – *aryane.spadotto@gmail.com*

© 2023 – Revista Design & Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil consome recursos naturais em todo o ciclo de vida dos produtos, desde a extração de matérias-primas até a demolição de uma edificação que chega ao final da vida útil (COSTA; QUALHARINI, 2018). Além disso, dados mostram que o setor é um dos maiores geradores de resíduos (EZE et al., 2021).

Segundo Mattaraia (2013), dentre as atividades executadas na construção civil a demolição é a que mais gera entulho. Hu et al. (2022) apontam que em muitos países o aumento do volume de resíduos de construção e demolição (RCD) decorre do número de demolições de edifícios para renovação urbana devido à ascensão econômica e o crescimento da urbanização.

Na busca por alternativas sustentáveis que reduzam a geração de resíduos e o consumo de recursos, assim como o interesse político e industrial na implantação de estratégias de economia circular (EC) que propõem o uso de sistemas econômicos circulares (reduzir, reutilizar e reciclar), surgiram estratégias como o projeto para desconstrução (PpD) (AKANBI et al., 2019; EBERHARDT et al., 2019).

O PpD consiste no planejamento da desmontagem de um edifício quando este atingir o fim de vida útil, permitindo o reaproveitamento de seus componentes e o redirecionamento da energia incorporada da produção de materiais com a ampliação do ciclo de vida. Deste modo, representa uma alternativa viável e sustentável à demolição com o aproveitamento de materiais, a minimização de impactos ambientais e a possibilidade de destinar recursos para a construção de novos edifícios em um sistema de economia circular. (BERTINO et al., 2021).

Com a finalidade de implementar o uso do PpD em diferentes países, pesquisadores desenvolveram guias e diretrizes em forma de listas, tabelas e ilustrações. Como exemplos, na Austrália os princípios de desconstrução de Crowther (2001), na União Europeia (UE) com o projeto para desconstrução de Morgan e Stevenson (2005) na Escócia e as diretrizes de projeto de construção reversível de Durmisevic (2018) na Holanda, nos Estados Unidos o projeto para desconstrução e reutilização de materiais de Guy, Shell e Esherick (2006).

Apesar disso, a visão cultural de que os edifícios são objetos quase que permanentes faz com que esses sejam projetados e construídos somente para a concretização, sem preocupação com a desmontagem, o que torna o PpD um conceito ainda não consolidado (BERTINO et al., 2021; KANTERS, 2018; RIOS; CHONG; GRAU, 2015).

Como consequência da falta de exigências em normas e códigos de obras que contenham recomendações para o emprego dos princípios de PpD e da disponibilidade de diretrizes para o planejamento de projetos a implantação desta estratégia é limitada (KANTERS, 2018; RIOS; CHONG; GRAU, 2015). Bertino et al. (2021) manifestam que a carência de diretrizes de PpD reflete no fato de ferramentas e técnicas com a finalidade de desconstrução e desmontagem ainda estarem em desenvolvimento.

Um artifício para melhorar a comunicação e o entendimento dos passos a serem seguidos pelos usuários é a representação em forma de modelo conceitual. Essa permite a realização de instruções reais por meio de associações e subsídios. Considerando que o modelo conceitual pode ser constituído de linguagem léxica e/ou gráfica para a comunicação de informações (CRONHOLM; GÖBEL, 2019; COSTA, 2022).

O modelo conceitual de PpD é uma estratégia que viabiliza o sistema de economia circular, pois permite o ciclo fechado de materiais no final da vida útil de edificações. Além disso, aumenta o potencial de reuso de materiais e possibilita reduzir a geração de resíduos na fonte.

A partir do exposto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo conceitual de diretrizes de PpD com base na pesquisa bibliográfica e documental de guias e princípios de projeto para desconstrução, com a identificação de processos construtivos e materiais empregados na construção que apresentam possibilidades de desmontagem, e estão relacionados com instruções normativas, técnicas construtivas e materiais.

2. MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi adotada a técnica de pesquisa documental para a coleta de dados. A pesquisa documental incluiu, além da busca bibliográfica por artigos e informações de domínio científico, a pesquisa de documentos, o levantamento de estratégias legais e políticas adotadas em diferentes países, bem como os guias com diretrizes e princípios para o projeto de desconstrução.

O levantamento de documentos e guias com diretrizes e princípios para o projeto de desconstrução, legislação e instruções normativas foram a base fundamental para a construção da proposta de modelo conceitual de PpD.

Para a concepção preditiva da proposta de modelo conceitual para PpD foi utilizado o método de pesquisa *Design Science Research* (DSR). A DSR é utilizada no desenvolvimento de conhecimentos úteis para a solução de problemas (LACERDA et al., 2013). Durce (2021) discorre que a prescrição da solução acontece com a elaboração de um artefato. Os tipos de artefatos podem ser: Constructos, Modelos, Métodos e Instanciações.

O artefato foi tipificado como modelo por se tratar de uma ferramenta descritiva que representa uma estrutura da realidade de forma esquemática, relacionando processos e situações. O modelo deve ser útil para solução de problemas (MARCH; SMITH, 1995 apud LACERDA et al., 2013; FADEL; STOFELLA, 2020; BRANDALISE et al., 2020)

Na fase de desenvolvimento do modelo conceitual preditivo com o uso do DSR, foram realizados os passos do método proposto por Dresch (2013) que é composto por 12 etapas.

O fluxograma com as etapas, atividades e métodos utilizados para o desenvolvimento deste estudo pode ser observado na Figura 1.

A primeira etapa desenvolvida após a definição do problema foi a coleta de dados bibliográficos, realizada no segundo semestre de 2021, partindo da definição dos descritores para a busca na base de dados. Na sequência, a revisão bibliográfica com a análise global dos dados bibliográficos resultantes. Neste estudo a base de dados utilizada para a pesquisa foi a Scopus e para a realização das análises foi utilizado o *software Vosviewer*.

A revisão bibliográfica para embasamento e fundamentação desta pesquisa se deu por meio da análise global dos dados bibliográficos e do desenvolvimento do referencial teórico. A análise global foi realizada com base em bibliometria para a identificação dos principais autores, publicações e terminologias empregadas sobre o tema.

O referencial teórico foi desenvolvido no primeiro semestre de 2022 e para isso foi efetuada a leitura e interpretação dos documentos resultantes da pesquisa realizada na Scopus e a pesquisa documental com buscas pontuais, diretamente no buscador *Google* e *Google* acadêmico, sobre os conteúdos elencados, como: economia circular, processos construtivos e materiais da construção civil, guias para desconstrução, regulamentos e estudos semelhantes.

Os temas utilizados como balizadores e que são abordados no referencial teórico são: estratégias para a minimização de RCD, princípios e guias de projeto para desconstrução e economia circular. O conteúdo desenvolvido no referencial é a base para a concepção do modelo conceitual com o método DSR

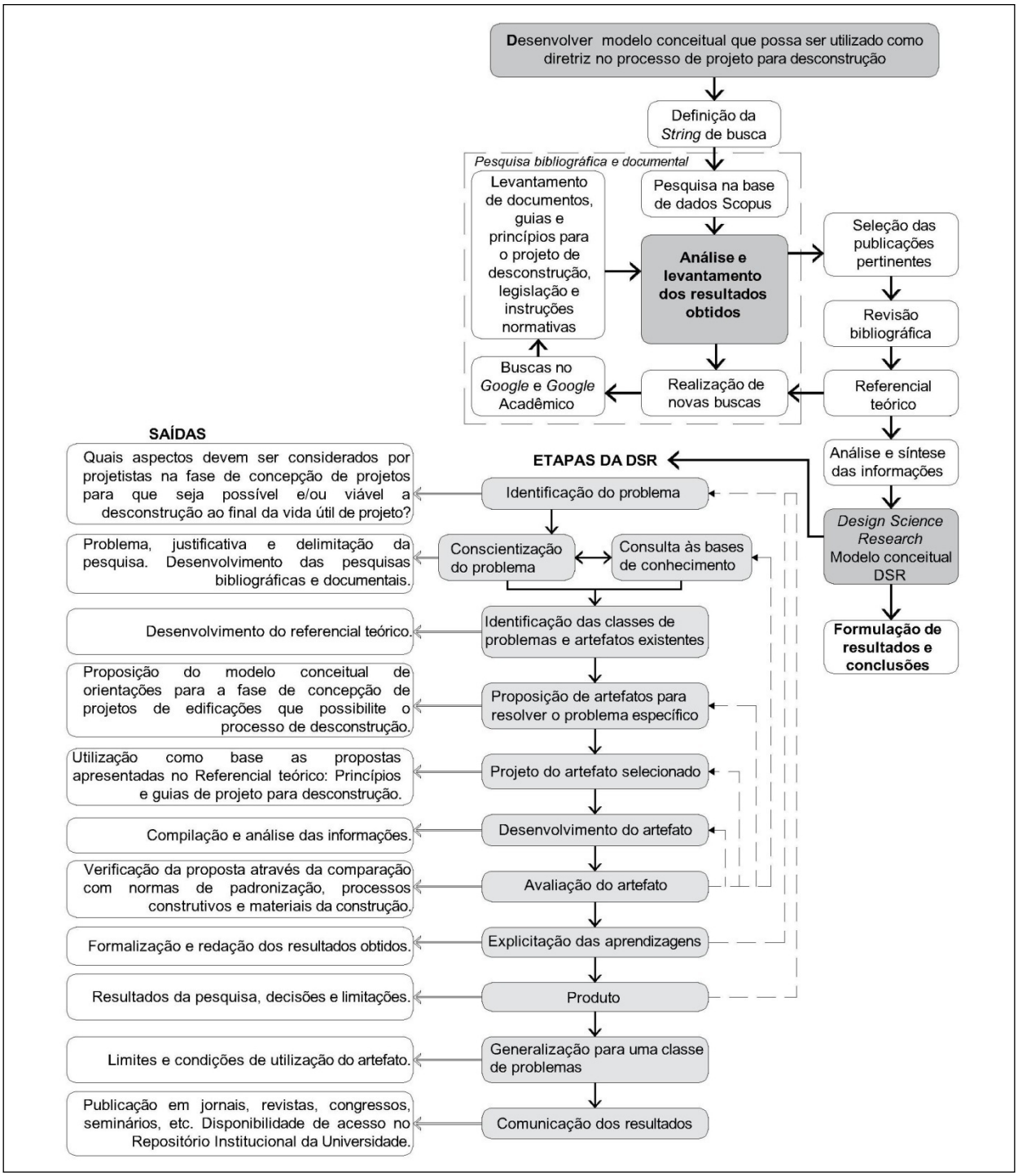


Figura 1 Fluxograma de pesquisa.(Fonte: Elaborado pelos autores).

A idealização do modelo conceitual preditivo parte da identificação do problema, do delineamento de informações e conhecimentos sobre o problema e da identificação e levantamento de soluções. O desenvolvimento da proposta de artefato decorre da compilação e análise das informações e características dos princípios e guias de PpD utilizados em outros países. Para facilitar e simplificar a leitura, as informações foram organizadas em tabelas.

Após a realização de análises sobre a aplicabilidade, condições de uso e limitações da proposta quanto a materiais, processos construtivos, regulamentos e certificações ambientais, os resultados e conclusões foram redigidos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico é a base para a concepção do modelo conceitual, pois conforme Lacerda et al. (2013), para a idealização do artefato é preciso realizar a caracterização do contexto, pois há diferentes abordagens para a construção, como: algoritmos, maquetes, protótipos, representações gráficas, entre outros. Cavalcanti, Mendes e Barros Filho (2021) corroboram que as particularidades de cada objeto devem ser consideradas para a definição das etapas e procedimentos.

Os temas abordados para caracterização do contexto foram: estratégias para minimização de RCD; o projeto para desconstrução; a descrição dos princípios e guias de projeto

para desconstrução de Crowther (2001), de Morgan e Stevenson (2005), de Guy, Shell e Esherick (2006), de Durmisevic (2018) e a ISO 20887 (2020); além disso, características da economia circular e os processos construtivos e materiais da construção civil que se enquadram nesse conceito; regulamentos, legislações e certificações ambientais para a construção civil; e uso de estudos que possuem similaridades com o tema de pesquisa.

Com a realização do levantamento bibliográfico referente às estratégias para a minimização da geração de RCD, foram identificadas práticas voltadas a solucionar o problema da geração de grandes montantes de RCD pela construção civil. Li, Li e Sang (2022) revelam que as ações começam com base em métodos tradicionais de gestão, depois o foco esteve no fluxo de materiais e na análise e avaliação do ciclo de vida, e recentemente no comportamento e tomada de decisões dos envolvidos.

A estratégia de desconstrução surge no setor da construção civil como alternativa para minimizar a geração de resíduos na fonte e possibilitar a ampliação do ciclo de vida de materiais e produtos. O projeto para desconstrução (PpD), do inglês *Design for Deconstruction* (DfD), é o planejamento da desmontagem da edificação para reduzir a geração de RCD e permitir a reutilização de componentes da edificação (COSTA; QUALHARINI, 2018). A terminologia adotada neste trabalho é a projeto para desconstrução (PpD).

Para o planejamento do projeto de um edifício com a possibilidade de desmontagem e reutilização é preciso considerar muitos fatores. Akinade et al. (2017a) apontam três grandes categorias de fatores para o PpD, apresentados na Figura 2.

Dentre as etapas da DSR para o desenvolvimento do modelo conceitual preditivo está a identificação dos problemas e das soluções (artefatos) existentes. Para isso foram investigados princípios e guias de projetos para desconstrução com a seleção de cinco documentos com base nos critérios de relevância dos autores na área de estudo, a recorrência de citações e a atualidade. Os princípios e guias de projeto para desconstrução selecionados foram: de Crowther (2001), de Morgan e Stevenson (2005), de Guy, Shell e Esherick (2006), de Durmisevic (2018) e a ISO 20887 (2020).

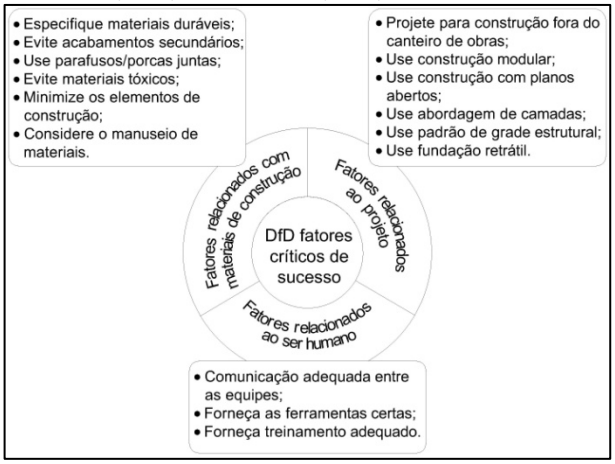


Figura 2 Fatores relacionados ao DfD.(Fonte: Adaptado de Akinade *et al.* 2017a).

A proposta de autoria do Dr Philip Crowther da *Queensland University of Technology*, Austrália, é a "*Developing an inclusive model for design for deconstruction*", publicada em 2001 pelo Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação em Edificação e Construção (*Conseil International du Bâtiment* - CIB). Crowther (2001) propõe vinte e sete princípios para o PpD.

Chris Morgan e Fionn Stevenson desenvolveram em 2005 o guia intitulado *Design for Deconstruction* – SEDA *Design Guide for Scotland* para a Associação Escocesa de Design Ecológico (*Scottish Ecological Design Association* - SEDA). O guia apresenta 13 princípios para o desenvolvimento de projetos de edificações que permitam adaptações/alterações ao longo dos anos e a desconstrução no fim de vida útil.

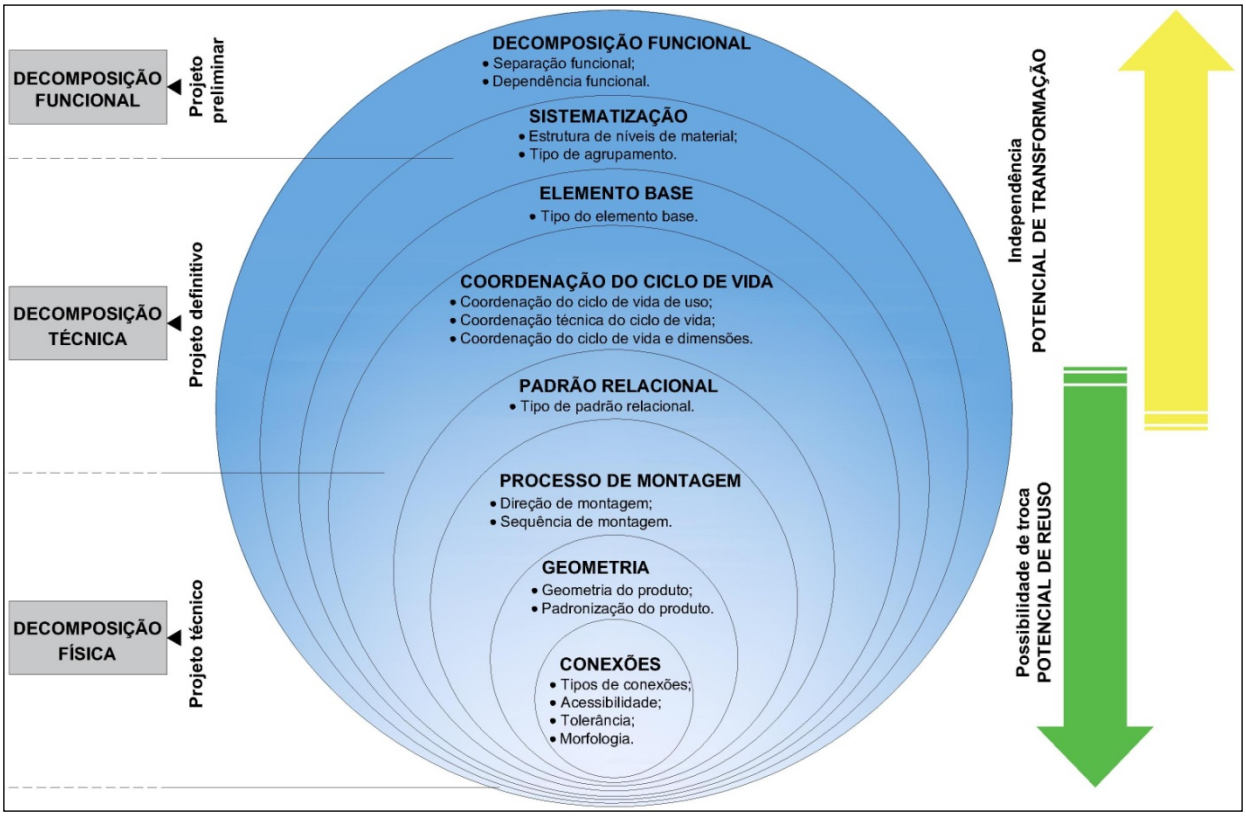


Figura 3 Protocolo de projeto para aspectos técnicos de reversibilidade. (Fonte: Adaptado de Durmisevic, 2018).

O professor Brandley Guy da *Catholic University of America* na Flórida, o arquiteto Scott Shell, e a empresa de arquitetura, interiores, planejamento e design urbano, Esherick Homsey Dodge and Davis (EHDD *Architecture*) sediada nos Estados Unidos, produziram artigo com a proposição de diretrizes de PpD e elencaram 13 conceitos e componentes.

O projeto BAMB - *Building As Materials Bank* concebeu um conjunto de relatórios com a participação de oito países europeus. Em um dos relatórios desenvolvidos pela arquiteta Dr. Elma Durmisevic, da *University of Twente* na Holanda, são apresentas diretrizes e um protocolo de projeto de edifícios reversíveis.

Durmisevic (2018) apresenta protocolo com 8 aspectos para a etapa de concepção do projeto, conforme Figura 3.

A ISO 20887 Sustentabilidade em edifícios e obras de engenharia civil — Projeto para desmontagem e adaptabilidade — Princípios, requisitos e orientações, primeira edição de 2020, apresenta três princípios para adaptabilidade e sete princípios para desmontagem.

As 71 diretrizes recomendadas pelos cinco guias selecionados foram elencadas e tabuladas na etapa de desenvolvimento do modelo preditivo.

O PpD é visto como estratégia que promove a Economia Circular (EC) no setor da construção civil e requer que a edificação seja compreendida em todas as etapas do ciclo de vida. O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS (s.d.) apresenta o desmonte/desconstrução de edifícios como elemento central e relacionado com todas as outras etapas do ciclo de vida de um empreendimento, Figura 4.



Figura 4 Etapas do ciclo de vida de um empreendimento. (Fonte: CBCS, s.d.).

Diversos fatores devem ser considerados para implementar a desconstrução, desde questões legais como regulamentações e códigos de obras a características tipológicas como dimensões, equipamentos, instalações, especificações de materiais e recursos (TATIYA et al., 2018). Os processos construtivos e materiais especificados na fase de projeto são determinantes sobre a possibilidade de desconstrução/desmontagem futura.

Os materiais e processos que aplicam-se ao PpD segundo Salama (2017), são os que atendam aos requisitos de serem independentes, dispostos em camadas separadas e de alteração de níveis físicos. Com essas condições permitem a desmontagem de edificações e o reaproveitamento com viabilidade econômica, ambiental e social.

Os sistemas industrializados, chamados de sistemas *offsite construction* (OSC), envolvem a produção em massa, a padronização, a pré-fabricação e a modularização dos elementos construtivos. Características que condizem com o PpD (WUNI; SHEN, 2019). Obras industrializadas apresentam vantagens competitivas e exigem na etapa de projeto a consideração de quesitos, como a modularização (CARVALHO; SCHEER, 2022).

Costa e Daltro (2017) apontam três sistemas construtivos industrializados, dentre os sistemas OSC, como os mais representativos no Brasil: o *Light Wood Framing* (LWF), o *Light Steel Framing* (LSF) e o sistema Concreto/PVC. Os atributos e qualidades que os sistemas industrializados apresentam os tornam uma alternativa para especificação no PpD.

Com relação aos regulamentos, legislações e certificações ambientais para a construção civil, diversos requisitos que objetivam pelo desenvolvimento sustentável contribuem para que as recomendações de PpD sejam empregues nos projetos de edificações.

A título de exemplo de normas que possuem recomendações que estão alinhadas com os objetivos e diretrizes do PpD, como o desempenho e vida útil de edificações e componentes, pode-se citar: ISO 15686-1:2011 que aborda o planejamento da vida útil; ISO 21931-1:2022 que padroniza questões de sustentabilidade em edifícios e obras de engenharia civil relacionadas aos métodos de avaliação do desempenho ambiental, social e econômico; e, ISO 20887:2020 que refere-se a sustentabilidade em edifícios e obras de engenharia civil com recomendações para que o projeto permita a desmontagem e adaptabilidade (ISO, 2011; ISO, 2022; ISO, 2020).

Um importante passo para sistematização e padronização de uma abordagem internacional é a criação da ISO 20887:2020 Sustentabilidade em edifícios e obras de engenharia civil — Projeto para desmontagem e adaptabilidade. Visto que a ISO 20887:2020 apresenta quesitos que mudam a forma de projetar, construir, modificar e desconstruir edifícios.

A norma de desempenho ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013), em vigor no Brasil, colabora para o PpD de forma significativa, uma vez que os conteúdos compreendidos são: durabilidade e vida útil mínima, acesso e manutenibilidade, adaptação e ampliação das unidades, e o adequado registro das especificações em projeto e preservação da documentação.

A adequação de projetos de edificações em relação às normas é exigida por meios legais em diversos municípios, bem como o atendimento a quesitos de certificações ambientais para a obtenção de benefícios e financiamentos em diversos níveis. De acordo com Costa et al. (2021), as certificações ambientais estimulam o uso de práticas sustentáveis e o atendimento a quesitos relacionados ao consumo eficiente de recursos, energia e a gestão de resíduos.

Como exemplos de certificações ambientais há o sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), utilizado em mais de 160 países; a Alta Qualidade Ambiental l- *Haute Qualité Environnementale* (AQUA HQE), desenvolvida a partir da certificação francesa *Démarche* HQE; o selo Casa Azul, criado pela Caixa Econômica Federal no Brasil (GBCBRASIL, 2017; FUNDAÇÃO VANZOLINI; CERQUAL, 2021; CEF, 2022).

Para que parâmetros de sustentabilidade, social e de qualidade sejam implementados nos processos construtivos o papel de normas para padronização e legislação, bem como de selos e certificações ambientais, é extremamente relevante (COSTA et al., 2021).

4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO CONCEITUAL

O referencial teórico é a base para o desenvolvimento da proposta de artefato, modelo conceitual, com o DSR. A concepção do modelo parte das informações abordadas, que foram analisadas e sintetizadas, com a tabulação das diretrizes e princípios dos guias selecionados.

Os 5 guias dos autores: Crowther (2001), Morgan e Stevenson (2005), Guy, Shell e Esherick (2006), Durmisevic (2018) e a ISO 20887 (2020), foram tabulados e organizados. As 71 diretrizes para PpD desses trabalhos foram dispostas em quadros para simplificar e facilitar a visualização. Na sequência, foram agrupados conforme similaridade e equivalência de aplicação com a proposição de novos termos que os especifiquem de forma genérica.

A apresentação dos quadros está organizada conforme a reiteração dos itens pelos diferentes autores, iniciando com os itens comuns aos 5 guias e findando com os itens indicados por apenas 1 desses. O Quadro 1 contém princípios pertinentes aos 5 guias.

Quadro 1 Princípios e diretrizes semelhantes presentes em 5 guias.

Crowther	Morgan e Stevenson	Guy, Shell e Esherick	Durmisevic	ISO 20887	Proposta
Usar materiais reciclados e recicláveis; Projetar juntas e componentes que suportem a reutilização;	Materiais de construção com potencial de reutilização; Componentes duráveis;	Duplicar e triplicar funções de componentes; Separar componentes conforme vida útil;	Coordenação do ciclo de vida na montagem/ desmontagem;	Apoiar modelos de negócio de reutilização (economia circular);	Materiais versáteis
Usar sistema de construção aberto e não fechado;	Estrutura;	Estrutura separada de compartimentos;	Decomposição funcional;	Independência;	Estrutura livre

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Com a observação do Quadro 1 nota-se que as principais características dos materiais e componentes para o PpD são permitir a reutilização, ter longevidade e reciclabilidade. Com relação à estrutura é desejável que seja independente, permita a decomposição e alterações de compartimentos. Para o agrupamento desses itens os termos sugeridos são: "Materiais versáteis" e "Estrutura livre".

As recomendações semelhantes apontadas por 4 guias estão no Quadro 2.

Quadro 2 Princípios e diretrizes semelhantes presentes em Crowther (2001); Morgan e Stevenson (2005); Guy, Shell e Esherick (2005); e Durmisevic (2018).

Crowther	Morgan e Stevenson	Guy, Shell e Esherick	Durmisevic	Proposta
Separar estrutura do revestimento para desmontagem; Fazer submontagens inseparáveis do mesmo material;	Camadas;	Paredes e pisos separados em painéis independentes;	Sistematização e agrupamento;	Camadas separadas
Usar conexão mecânica e não química; Usar a quantidade mínima de conectores;	Conexões;	Conectores padronizados;	Tipo das conexões;	Conectores desmontáveis

(Fonte: Elaborado pelos autores)

No Quadro 2 as diretrizes são relativas à separação em camadas e à tipologia de conexões. Projetar em camadas favorece a desmontagem e a flexibilidade de leiaute, além disso, o uso de conexões mecânicas e padronizadas facilitam a separação de elementos. Para esses quesitos os descritores propostos são: "Camadas separadas" e "Conectores desmontáveis".

Igualmente pertinentes a 4 guias, mas de autores diferentes dos observados no Quadro 2, são os princípios tabulados no Quadro 3.

Quadro 3 Princípios e diretrizes semelhantes presentes em Crowther (2001); Morgan e Stevenson (2005); Guy, Shell e Esherick (2005); e ISO 20887 (2020).

Crowther	Morgan e Stevenson	Guy, Shell e Esherick	ISO 20887	Proposta
Dimensionar os componentes para se adequar ao manuseio; Usar materiais e componentes leves;	Adaptabilidade;	Divisórias internas autoportantes; Materiais leves, integrais e modulares;	Adaptabilidade: Versatilidade; Conversibilidade; Expansibilidade;	Divisórias leves
Fornecer acesso a todas as peças e conexões; Identificar pontos de desmontagem; Fornecer meio para manuseio e localização;	Acesso;	Sistema de cobertura com treliças e sistema de fixação por conectores com fácil acesso; Fácil acesso aos conectores e para a manutenção; Fácil remoção de componentes para reparos e substituições;	Desmontagem: Facilidade de acesso a componentes e serviços;	Acessos
Evitar materiais tóxicos e perigosos;	Questões de risco e segurança;	Proibido o uso de materiais perigosos.	Segurança de desmontagem;	Saúde e segurança

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Os 4 guias no Quadro 3 têm recomendações referentes à possibilidade de adaptação dos espaços, da facilidade de acesso aos conectores e sobre a segurança.

Para que a edificação seja adaptável, as indicações são de que os componentes especificados para as divisórias sejam modulares, leves e autoportantes. No que se refere ao acesso aos conectores os pontos devem ser identificados e as dimensões adequadas ao manuseio, para que o processo de desmonte seja ágil e fácil. O tema segurança engloba a não utilização de materiais tóxicos e a proteção dos trabalhadores envolvidos. Em razão disso, os termos para estes quesitos são: "Divisórias leves", "Acessos" e "Saúde e segurança.

Quadro 4 Princípios e diretrizes semelhantes presentes em Crowther (2001); Guy, Shell e Esherick (2005); e ISO 20887 (2020).

Crowther	Guy, Shell e Esherick	ISO 20887	Proposta
Minimizar o número de diferentes tipos de materiais; Minimizar o número de diferentes tipos de componentes;	Grandes vãos e menos elementos estruturais; Pontos de serviço (encanamentos) distribuição simples;	Simplicidade;	Minimalismo

(Fonte: Elaborado pelos autores)

As orientações no Quadro 4 são para que a edificação não tenha muita variação de materiais e componentes, com poucos elementos estruturais e as instalações complementares com simples distribuição. Estes itens são generalizados como: "Minimalismo".

Os quesitos indicados no Quadro 5 se referem à hierarquia de materiais e elementos.

Quadro 5 Princípios e diretrizes semelhantes presentes em Crowther (2001); Morgan e Stevenson (2005); e Durmisevic (2018).

Crowther	Morgan e Stevenson	Durmisevic	Proposta
Permitir a desmontagem paralela;	Peles;	Relações hierárquicas entre elementos; Sequência de montagem;	Hierarquia

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Considerar os diferentes ciclos de vida para a disposição sequencial dos elementos possibilita a realização de substituições. Para estas instruções do Quadro 5 o nome atribuído é: "Hierarquia".

Três guias fazem indicação para a padronização e modularização do sistema estrutural. Essas estão listadas no Quadro 6.

Quadro 6 Diretrizes semelhantes em Crowther (2001); Durmisevic (2018); e ISO 20887 (2020).

Crowther	Durmisevic	ISO 20887	Proposta
Usar design modular; Usar pré-fabricados e produção em massa; Usar grade estrutural padrão para conjuntos;	Geometria da interface; Especificação do elemento base;	Padronização;	Construção modular

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Para a modularização e padronização dos elementos estruturais, Quadro 6, o descritor é: "Construção modular".

No Quadro 7 estão as diretrizes semelhantes de Crowther (2001) com a ISO 20887 (2020).

Com a verificação do Quadro 7 nota-se que as estratégias indicadas para o PpD de Crowther (2001) e da ISO 20887 (2020) são compatíveis mesmo com a diferença de 19 anos entre as propostas. Para a orientação de fornecer a identificação dos tipos de materiais a expressão sugerida é: "Memorial descritivo". E o termo "Uniformidade" para a condição de evitar o uso de equipamentos e ferramentas específicas, sem variação dos tipos de conectores e acabamentos.

Quadro 7 Princípios e diretrizes semelhantes em Crowther (2001) e ISO 20887 (2020).

Crowther	ISO 20887	Proposta
Evitar acabamentos secundários aos materiais; Usar variedade mínima de tipos de conectores;	Fornecer identificação dos tipos de materiais;	Memorial descritivo
Evitar acabamentos secundários aos materiais; Usar variedade mínima de tipos de conectores; Projetar para uso de ferramentas e equipamentos comuns, evitar plantas específicas;	Evitar tratamentos e acabamentos desnecessários	Uniformidade

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Os princípios elencados no Quadro 8 são relativos à reposição de peças e a identificação dos componentes.

Quadro 8 Princípios semelhantes em Crowther (2001) e Morgan e Stevenson (2005).

Crowther	Morgan e Stevenson	Proposta
Fornecer peças de reposição e local de Armazenamento durante a desmontagem;	Estoque de construção existente;	Estocagem
Fornecer identificação dos tipos de componentes;	Detalhamentos	Desenho técnico

(Fonte: Elaborado pelos autores)

As terminologias sugeridas para os princípios listados no Quadro 8 são: "Estocagem" e "Desenho técnico". Visto que, um deles é relacionado ao armazenamento de peças e estoque e o outro a identificação dos tipos de componentes e detalhamentos.

Algumas diretrizes sugeridas pelos guias consultados não possuem similaridades mútuas, como os princípios sugeridos por Morgan e Stevenson (2005): Isolamento e estanqueidade; e Serviços. E dois princípios de Crowther (2001), que são: Manter todas as informações de componentes e materiais; e, Fornecer tolerância realista para montagem e desmontagem.

A diretriz "isolamento e estanqueidade" refere-se ao uso de materiais isolantes, mas que permitam a remoção e reparos sem causar danos. Devido a isso, essa será englobada em: "Camadas separadas". O princípio "Serviços" relaciona-se com

as especificações do Quadro 4 e será enquadrado junto ao termo: "Minimalismo". Acerca de "Manter todas as informações de componentes e materiais", que consiste no resguardo dos documentos de projeto, a terminologia proposta é: Arquivamento".

Não será especificado como um princípio a tolerância realista, que diz respeito à viabilidade de execução da montagem e desmontagem, pois ao considerar que o projetista aplicou as demais condições este será exequível.

Mediante o agrupamento dos 71 princípios integrando as recomendações similares dos 5 documentos escolhidos e a proposição de novos termos obteve-se 15 diretrizes para o PpD:

1. Materiais Versáteis;
2. Estrutura livre;
3. Camadas separadas;
4. Conectores desmontáveis;
5. Divisórias leves;
6. Acessos;
7. Saúde e segurança;
8. Minimalismo;
9. Hierarquia;
10. Construção modular;
11. Memorial descritivo;
12. Uniformidade;
13. Estocagem;
14. Desenho técnico;
15. Arquivamento.

Verificando os quadros foi constatado que as propostas mais antigas para o PpD possuem maior número de diretrizes em comparação com as mais recentes, dado que o trabalho de Crowther (2001), o mais antigo utilizado, contém 27 princípios e a ISO 20887 (2020), o mais recente, contém 7.

Uma nova rodada de verificação foi realizada com a análise do significado das 15 terminologias obtidas com o agrupamento dos 71 princípios. Com essa averiguação os termos foram unificados em um termo comum nos casos que apresentem o mesmo significado e conceito de aplicação na construção civil similar.

O significado das terminologias foi buscado no dicionário brasileiro da Língua Portuguesa Michaelis (2015), em seguida foram interpretados de acordo com a aplicação na construção civil. Esses podem ser visualizados na Figura 5.

Com a verificação da Figura 5, algumas diretrizes foram agrupadas:

- Estrutura livre, camadas separadas e hierarquia: permitem a desmontagem e alterações sem afetar outros elementos. Esses foram agrupados como: **Categorização**;
- Materiais versáteis e divisórias leves: características dos elementos construtivos. Essas características constituíram a diretriz: **Materiais versáteis e leves**;
- Minimalismo e uniformidade: apresentam significados análogos no que concerne a aplicação na construção civil. Com isso, foram unificados com o termo: **Simplicidade**;
- Memorial descritivo, desenho técnico e arquivamento: documentos desenvolvidos para execução do projeto e acondicionamento. Aglutinados com o termo: **Documentação**.

Considerando que o uso de materiais com a característica de versatilidade viabiliza a substituição de elementos por modelos semelhantes, não havendo a necessidade de formar estoques, a diretriz Estocagem foi excluída.

A análise da terminologia reduziu a quantidade de diretrizes propostas de 15 para 8:

1. Materiais Versáteis e leves;
2. Categorização;
3. Conectores desmontáveis;
4. Acessos;
5. Saúde e segurança;
6. Simplicidade;
7. Construção modular;
8. Documentação;

Prosseguindo com as etapas da DSR, após a seleção e o desenvolvimento com a compilação e análise das informações, é feita a avaliação do artefato. Esse consiste na verificação de viabilidade e usabilidade da proposta. Para isso, as diretrizes originadas nas etapas anteriores são comparadas e relacionadas com os processos construtivos, procedimentos, normas e materiais da construção civil.

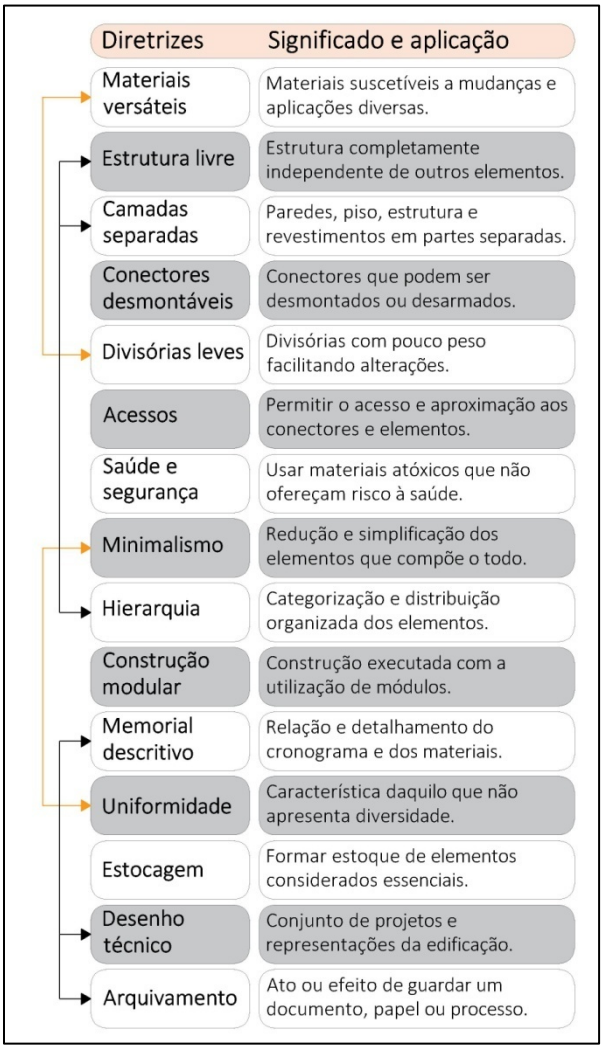


Figura 5 Significado dos termos e aplicação das diretrizes.(Fonte: Elaborado pelos autores).

A Figura 6 contém as características e a validação das propostas de diretrizes para o PpD.

Levando em conta a avaliação e verificação da proposta de diretrizes para o artefato apresentada na Figura 6, as 8 diretrizes originadas com as etapas da DSR tiveram a aplicação validada para o contexto da construção civil.

Na etapa de explicitação das aprendizagens, para a formalização do modelo conceitual, as diretrizes foram ordenadas conforme as normas da ABNT para a elaboração de projetos arquitetônicos, NBR 16636-1:2017 Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos - Parte 1: Diretrizes e terminologia (ABNT, 2017a); ABNT NBR 16636-2:2017 Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos - Parte 2: Projeto arquitetônico (ABNT, 2017b); ABNT NBR 6492:2021 Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos — Requisitos (ABNT, 2021).

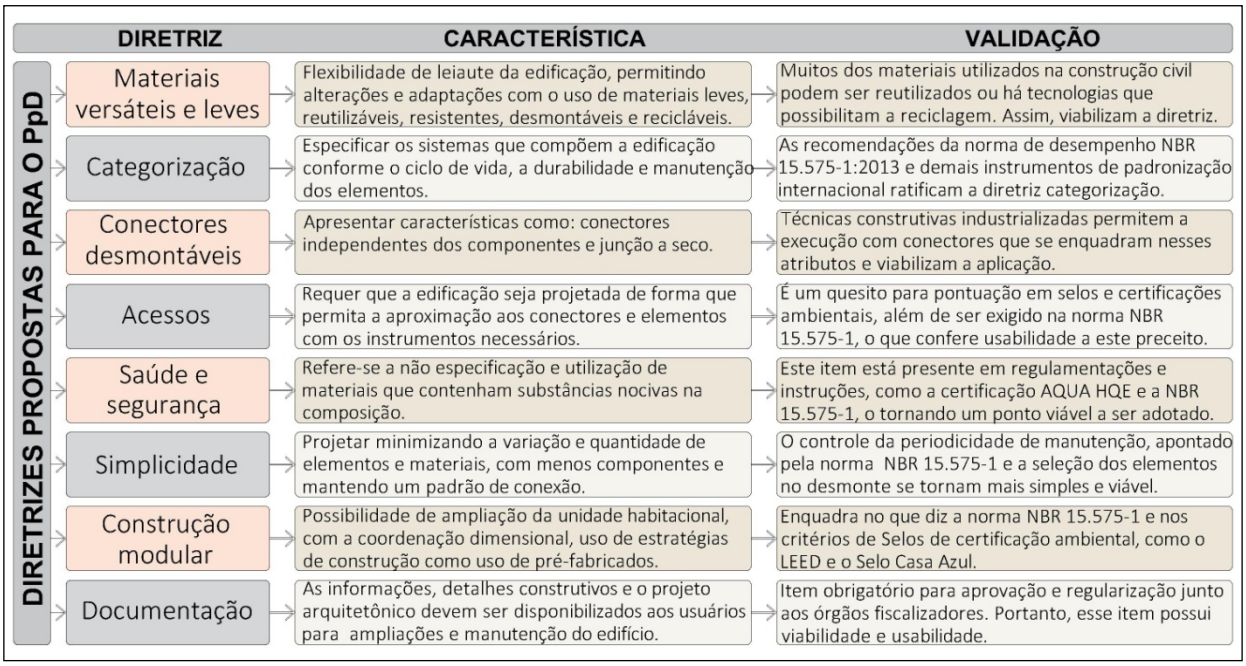


Figura 6 Avaliação do artefato. (Fonte: Elaborado pelos autores).

As duas normas, NBR 16636-2:2017 (ABNT, 2017b) e NBR 6492:2021 (ABNT, 2021), apresentam as fases necessárias para o desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e complementares. Com a vinculação das diretrizes propostas para o modelo conceitual com as fases dos projetos apontadas pelas normas foi desenvolvida representação esquemática, Figura 7, com a ordem de aplicação de cada recomendação.

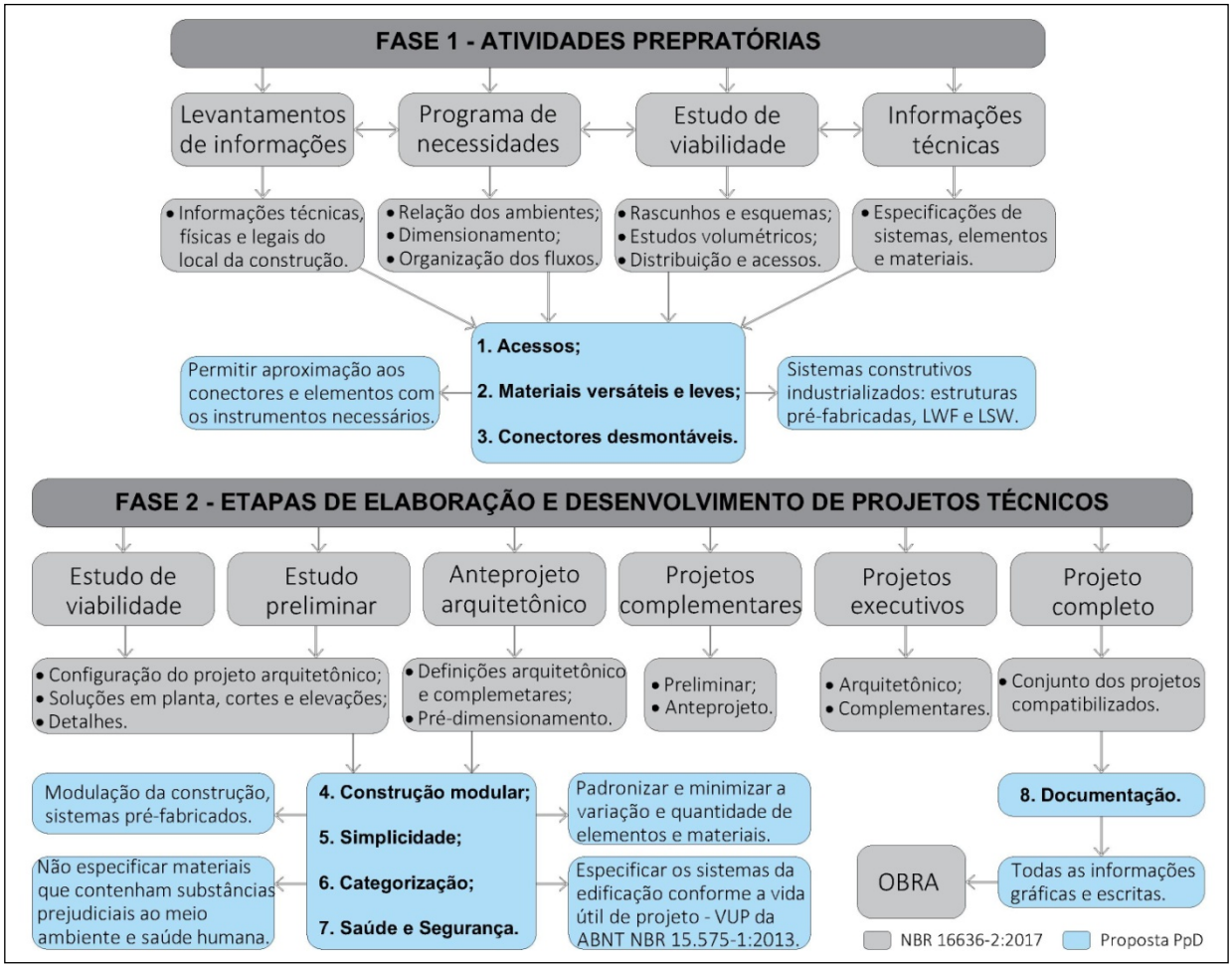


Figura 7 Esquema das Fases dos projetos (ABNT NBR16636-2:2017) com as diretrizes propostas para o modelo conceitual de PpD. (Fonte: Elaborado pelos autores).

Com inspiração na representação gráfica do Protocolo de projeto para aspectos técnicos de reversibilidade de Durmisevic (2018) e ao considerar o que discorrem Fadel e Stofella (2020), que a linguagem visual através da representação gráfica de modelos conceituais facilita a comunicação e colabora para a compreensão das diretrizes, foi desenvolvida a representação gráfica da proposta de modelo conceitual para o PpD deste estudo.

A construção da representação gráfica do modelo conceitual partiu das figuras citadas no desenvolvimento do trabalho, Figura 2, 3 e 4. Essas foram inspiração para definição das formas e cores utilizadas, conforme Figura 8.

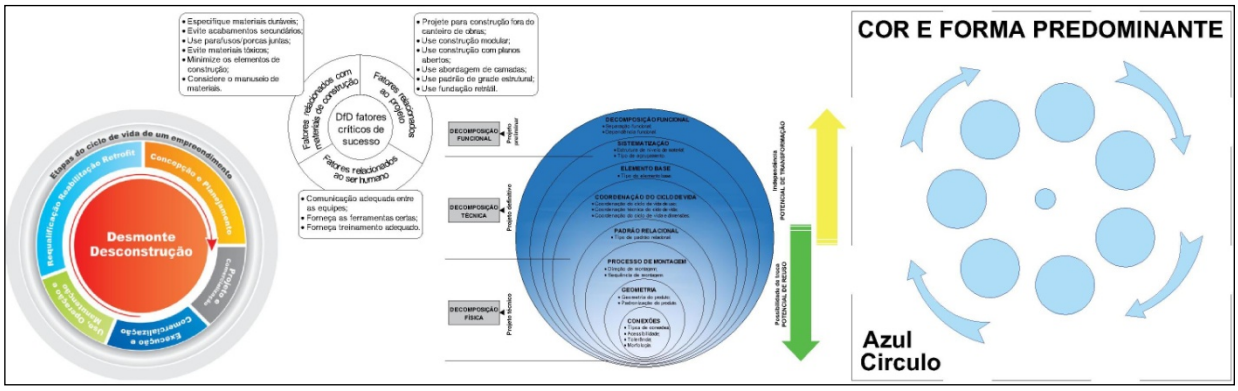


Figura 8 Referências visuais para a idealização da representação gráfica do modelo conceitual de PpD. (Fonte: Elaborado pelos autores).

O formato circular e a cor azul foram predominantes na interpretação das imagens. As formas circulares expressam movimento e transmitem a idéia de continuidade e a sucessão de ciclos. A cor azul favorece a compreensão e a segurança.

Na busca por referências para a representação gráfica das diretrizes propostas para o artefato foram verificados pictogramas (símbolos que representam conceitos) relacionados às informações das diretrizes, Figura 9.



Figura 9 Referências visuais para a representação gráfica das diretrizes. (Fonte: Elaborado pelos autores).

Os pictogramas da Figura 9 são provenientes da biblioteca de vetores, imagens e vídeos *Vecteezy*. A plataforma oferece grande variedade de itens para download gratuito e recursos para designers como inspiração para o processo criativo (VECTEEZY, 2022). Pictogramas eliminam barreiras de idiomas por serem compreensíveis de forma universal e simplificam a comunicação.



Figura 10 Proposta de representação gráfica das diretrizes para o PpD.(Fonte: Elaborado pelos autores).

A representação gráfica do modelo foi desenvolvida baseada e inspirada nas referências visuais das Figuras 8 e 9. Essa poderá servir como diretriz na fase de concepção de projetos de edificações para o processo de desconstrução. A proposta é apresentada na Figura 10.

O produto resultante da aplicação do método DSR é o modelo conceitual com as diretrizes para a fase de concepção de projetos de edificações. A proposta é compatível com as normas regulamentadoras, recomendações internacionais e os sistemas construtivos. Além disso, está de acordo com os princípios recomendados pela ISO 20887:2020, principal documento criado para impulsionar e padronizar o uso de estratégias para a desconstrução, conforme a Figura 11.

As diretrizes recomendadas no modelo proposto de PpD condizem com exigências no âmbito internacional para que os projetos de edificações prevejam a realização do processo de desconstrução/desmontagem.

O modelo conceitual pode contribuir para a promoção e divulgação de estratégias para o PpD por ser representado de forma gráfica e facilitar a utilização de estratégias para o projeto de PpD pelos projetistas.

Com a generalização para uma classe de problemas os limites e condições de utilização do artefato são verificados. As recomendações propostas no modelo conceitual pode ser adotadas na concepção de projetos de variadas tipologias e usos, de forma integral ou parcial. Com a aplicação parcial das diretrizes o processo de desconstrução é viabilizado de forma limitada.

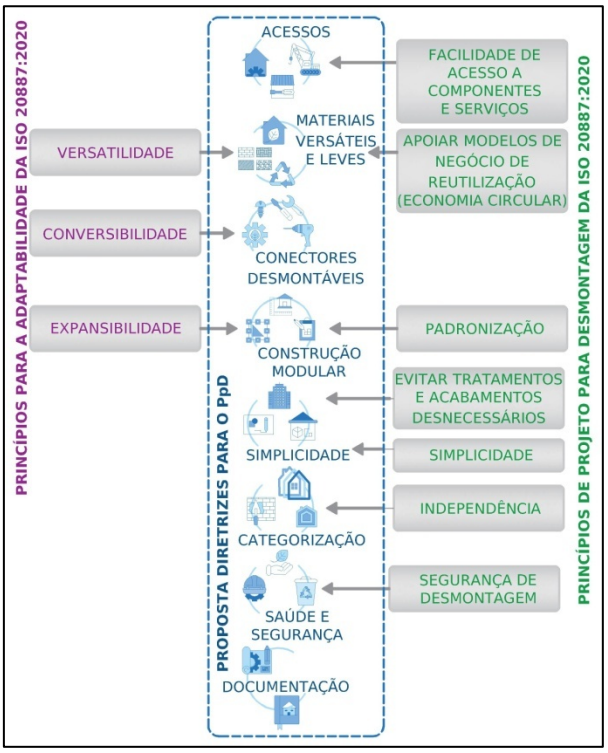


Figura 11 Relação das diretrizes propostas para o PpD com a ISO 20887:2020. (Fonte: Elaborado pelos autores).

As características de sistemas construtivos industrializados é a modulação e padronização dos elementos, esses sistemas são os recomendados pelo PpD e podem influenciar na liberdade criativa dos projetistas ao utilizá-los. Projetar para desconstruir ainda é uma lacuna na formação de arquitetos e engenheiros, além disso faltam políticas que indiquem o uso dessa estratégia, o que torna o uso PpD desconhecido e com carência de empresas especializadas para execução da desmontagem/desconstrução.

Outra limitação para a realização do processo de desconstrução/desmontagem é o custo elevado para execução devido à dependência por profissionais habilitados e o uso de processos manuais de seleção. Inclusive, esses levam mais tempo para a conclusão.

A última etapa da DSR é a comunicação dos resultados. Essa consiste em utilizar meios para divulgação e publicação do produto gerado, o modelo conceitual de PpD.

5. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Com base nas informações levantadas com a pesquisa bibliográfica e documental, e o desenvolvimento do referencial teórico, foi constatado que para o uso efetivo do PpD é necessário mobilizar vários participantes ao longo das etapas e considerar diversos fatores. Essa característica torna complexa a concepção do projeto bem como a condução dos envolvidos para a execução.

O modelo conceitual proposto reflete o contexto atual da construção civil, pois a composição das diretrizes foram baseadas em guias para PpD de autores distintos e essas verificadas com características de sistemas e processos construtivos atuais.

Além disso, com o levantamento dos princípios para o PpD foi constatado que quanto mais atual o guia consultado, menor é a quantidade de diretrizes propostas. A apresentação das diretrizes ilustradas graficamente e a redução da quantidade de itens a serem considerados facilita a visualização e aumenta a probabilidade de utilização pelos projetistas.

Com relação a implementação da EC, o PpD revelou-se como uma das estratégias que contribuem para o funcionamento desse sistema, mas que necessita de políticas públicas e mais interesse dos envolvidos no setor de edifícios que impulsionam a aderência a estes conceitos. Visto que, muitos dos processos construtivos e materiais utilizados na construção civil permitem o conceito de EC e viabilizam a desmontagem/desconstrução.

As diretrizes propostas no modelo conceitual de PpD foram validadas com a verificação da exequibilidade pelo estudo de técnicas construtivas e materiais utilizados no panorama da construção civil. No qual, os sistemas industrializados apresentam características pertinentes para a desconstrução. Ademais, a norma de desempenho NBR 15.575-1:2013 e certificações ambientais corroboram o uso dos quesitos para o PpD propostos e contribuem para que sejam implementados.

A proposta de modelo conceitual de PpD é composta de oito diretrizes que estão adequadas aos padrões internacionais da construção civil e podem ser implementadas em diversas nacionalidades por serem recomendações abrangentes. O modelo elaborado foi representado de forma gráfica para ser uma ferramenta que viabilize e facilite o uso do PpD, que é uma estratégia que contribui para prolongar a vida útil de edificações, minimizar a geração de RCD e os impactos ambientais causados pela construção civil.

Este estudo limitou-se à proposição de diretrizes com base em guias internacionais, normas de padronização e materiais e técnicas construtivas de forma conceitual. Recomenda-se a realização de análises e estudos, como o desenvolvimento de um protótipo moldado com as diretrizes de PpD.

REFERÊNCIAS

1. AKANBI LA et al. Disassembly and deconstruction analytics system (DDAS) for construction in a circular economy. Journal of cleaner production, v. 223, p. 386-396, 2019. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.172

2. AKINADE OO et al. Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). Resources, Conservation and Recycling (Online), 105, 167-176, 2015. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018

3. AKINADE OO et al. Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills. Waste management, v. 60, p. 3- 13, 2017a. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.017

4. AKINADE OO et al. BIM-based deconstruction tool: Towards essential functionalities. International Journal of Sustainable Built Environment, v. 6, n. 1, p. 260-271, 2017b. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.01.002

5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15.575-1: Edifícios habitacionais – desempenho - Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16.636-1: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos - Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017a.

7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16.636-2: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos 117 arquitetônicos e urbanísticos - Parte 2: projeto arquitetônico. Rio de Janeiro: ABNT, 2017b.

8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6492: Documentação técnica para projetos

arquitetônicos e urbanísticos — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

9. BERTINO G et al. Fundamentals of building deconstruction as a circular economy strategy for the reuse of construction materials. Applied sciences, v. 11, n. 3, p. 939, 2021. https://doi.org/10.3390/app11030939

10. BRANDALISE FMP, VIANA, Daniela Dietz, FORMOSO CT. MODELO CONCEITUAL DA RELAÇÃO ENTRE GESTÃO VISUAL E GESTÃO DO CONHECIMENTO. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2020. https://doi.org/10.46421/entac.v18i.1180.

11. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). Guia Selo Casa Azul + CAIXA. v.011, junho, 2022. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/guia-selo-casa-azul-caixa.pdf>. Acesso em: 01 de set de 2022.

12. CAMILLATO AC. Contribuições do "Design for Disassembly" para sustentabilidade na construção civil. Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura. 2018. 131 f. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MMMD-BALKVZ>. Acesso em: 07 nov. 2021.

13. CAPES. Scopus: Guia de referência rápida, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/images/documents/Scopus_Guia%20de%20re fer%C3%AAncia%20r%C3%A1pida_10.08.2016.pdf>. Acesso em: 15 de out. 2021.

14. CARVALHO BS, SCHEER S. Diretrizes para a tomada de decisão pelo proprietário em contratos de construção modular. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 17, n. 2, p. 93-112, 2022. https://doi.org/10.11606/gtp.v17i2.166055

15. CAVALCANTI IE, MENDES LT, BARROS FILHO MNM. Artefato metodológico do City Pattern: tradução computacional paramétrica de princípios de Christopher Alexander sobre forma e vida urbana. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 17, n. 1, p. 111-129, 2022. https://doi.org/10.11606/gtp.v17i1.183534

16. CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial, s.d., SP. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>. Acesso em: 23 mar. 2022.

17. COSTA PO, QUALHARINI EL. O Papel da Desconstrução na Sustentabilidade das Edificações. Poli/ UFRJ: 6ª Conferência sobre patologia e reabilitação de edifícios, PATORREB, 2018. Disponível em: <https://www.nppg.org.br/patorreb/files/artigos/80490.pdf>. Acesso em: 09 out. 2020.

18. COSTA PPS. Modelos Conceituais para Implantação da Metodologia Ágil SCRUM em Equipes de Desenvolvimento de Software. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Várzea Grande, 2022. Disponível em: <http://bdm.ufmt.br/handle/1/2418>. Acesso em: 04 ago. 2022.

19. COSTA JEM, DALTRO AT. Sistemas Construtivos Industrializados Utilizados No Brasil: uma revisão sistemática da literatura. In: 5º Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental. ISSN 2318-5570. 2017. Disponível em: <https://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/eeea/eeea2017/paper/viewFile/5824/938>. Acesso em: 04 julho 2022.

20. COSTA MLS, ALMEIDA M, CUNHA RDA, CESAR SF. Estudo comparativo entre as normas ISO 21931: 2010, NBR 15575 e os requisitos das Certificações AQUA e LEED. Brazilian Journal of Development – BJD, 2021, ISSN: 2525-8761. https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-282

21. CRONHOLM S, GÖBEL H. Design science research constructs: a conceptual model. PACIS 2019 Proceedings, 6, 2019. Disponível em: <https://aisel.aisnet.org/pacis2019/6>. Acesso em: 04 ago. 2022.

22. CROWTHER P. Developing an inclusive model for design for deconstruction. In: Proceedings of the CIB Task Group 39-Deconstruction Meeting. CIB, Int Council for Research and Innovation in Bd, 2001. p. 1-26. Disponível em: <https://eprints.qut.edu.au/2884/1/Crowther-TG39-2001.PDF>. Acesso em: 09 out. 2021.

23. DRESCH A. Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, RS, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4075>. Acesso em: 04 julho 2022.

24. DURCE DC. Análise da compatibilidade de um estudo preliminar de arquitetura de construção de um edifício de pequeno porte (tiny house) com elementos da legislação urbana do município de Curitiba vigente em 2020. 620 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25821>. Acesso em: 04 julho 2022.

25. DURMISEVIC E. Reversible Building Design Guidelines and Protocol. BAMB, report code WP3|10|UT.[Online] Available at: bamb2020, 2018. Disponível em: <https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2018/05/20180502-BAMB-WP4-D13.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2022.

26. EBERHARDT LCM, BIRGISDÓTTIR H, BIRKVED M. Life cycle assessment of a Danish office building designed for disassembly. Building Research & Information, v. 47, n. 6, p. 666-680, 2019. https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1517458

27. EZE EC, AWODELE IA, EGWUNATUM SI. Labour–Specific Factors Influencing the Volume of Construction Waste Generation in The Construction Industry. Journal Of Project Management Practice (JPMP), v. 1, n. 2, p. 1-16, 2021. https://doi.org/10.22452/jpmp.vol1no2.1

28. FADEL LM, STOFELLA A. A representação gráfica de modelos conceituais de jogos sérios. InfoDesign. Revista Brasileira de Design da Informação / Brazilian Journal of Information Design São Paulo, v. 17, n. 3, 2020, p. 1 – 21 | ISSN 1808- 5377. https://doi.org/10.51358/id.v17i3.840

29. FUNDAÇÃO VANZOLINI; CERQUAL. AQUA-HQE. Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção. São Paulo, Dezembro de 2021. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/wpcontent/uploads/2022/01/RT_AQUA-HQE-Edificios_residenciais-2021.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

30. GBCBRASIL – Green Building Council Brasil. Compreenda o LEED. Setembro, 2017. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

31. LACERDA JFSB, DE OLIVEIRA GOMES J. Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: análise do estado da arte. Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838, v. 7, n. 2, p. 167-186, 2014. https://doi.org/10.18624/e-tech.v7i2.469

32. GUY B, SHELL S, ESHERICK H. Design for deconstruction and materials reuse. Proceedings of the CIB Task Group, v. 39, n. 4, p. 189-209, 2006. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d513696ffa4b805e42e67b3fabfee8dadc9c78b8>. Acesso em: 09 out. 2021.

33. HAUSCHILD M, JESWIET J, ALTING L. From life cycle assessment to sustainable production: status and perspectives. CIRP annals, v. 54, n. 2, p. 1-21, 2005. https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60017-1

34. HU X et al. Smart building demolition and waste management frame with image-to-BIM. Journal of Building Engineering, p. 104058, 2022. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104058

35. ISO - International Organization for Standardization. ISO 15686-1, Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles. Suíça: Geneva, 2011.

36. ISO - International Organization for Standardization. ISO 20887, Sustainability in Buildings and Civil Engineering Works - Design for Disassembly and Adaptability - Principles, Requirements and Guidance. Geneva, first edition, 2020 – 01.

37. ISO - International Organization for Standardization. ISO 21931-1, Sustainability in buildings and civil engineering works — Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment. Geneva, second edition, 2022 – 06.

38. KANTERS J. Design for Deconstruction in the Design Process: State of the Art. Buildings, v. 8, 150, 2018. https://doi.org/10.3390/buildings8110150

39. LACERDA DP et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. Gestão & produção, v. 20, p. 741-761, 2013. https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014

40. LONGO LFM. Projeto para desmontagem e BIM: ferramentas projetuais para aperfeiçoar a reutilização de materiais. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. https://doi.org/10.11606/T.102.2020.tde-23112020-223721

41. MATTARAIA LF. Arquitetura e sustentabilidade: considerações sobre o desmonte das edificações. 2013. Dissertação. Universidade de São Paulo. https://doi.org/10.11606/D.102.2013.tde-14012014-101132

42. Michaelis. Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. São Paulo: Melhoramentos, 2015. ISBN: 978-85-06-04024-9. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em: 28 ago 2021.

43. MORGAN C, STEVENSON F. Design for Deconstruction. SEDA Design Guides for Scotland: No 1, published by the Scottish Executive and the Scottish Ecological Design Association. 2005. Disponível em: <https://www.seda.uk.net/design-guides>. Acesso em: 3 nov. 2021.

44. MUNARO MR, TAVARES SF. Analysis of Brazilian public policies related to the implementation of circular economy in civil construction. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 129-142, abr./jun. 2022. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. https://doi.org/10.1590/s1678-86212022000200597

45. RIOS FC, CHONG WK, GRAU D. Design for disassembly and deconstruction-challenges and opportunities. Procedia engineering, v. 118, p. 1296-1304, 2015. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.485

46. SALAMA W. Design of concrete buildings for disassembly: An explorative review. International Journal of Sustainable Built Environment, v. 6, n. 2, p. 617- 635, 2017. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.03.005

47. VECTEEZY. Vecteezy: Ajudamos designers em todo o mundo a fazer seus melhores trabalhos. Bowling Green, United States. Disponível em: <https://pt.vecteezy.com/>. Acesso em: 20 set. 2022. 124

48. VOSVIEWER. VOSViewer: visualizing scientific landscapes. Netherlands. Leiden University, 20201. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/> . Acesso em: 07 out. 2021.

49. TATIYA A et al. Cost prediction model for building deconstruction in urban areas. Journal of Cleaner Production, v. 195, p. 1572-1580, 2018. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.084

50. WORLD GREEN BUILDING COUNCIL (WorldGBC). London, 2022. Disponível em: <https://worldgbc.org/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

51. WUNI IY, SHEN GQP. Holistic review and conceptual framework for the drivers of offsite construction: a total interpretive structural modeling approach. Buildings, v. 9, n. 5, p. 117, 2019. https://doi.org/10.3390/buildings9050117.

52. LI Y, LI M, SANG P. A bibliometric review of studies on construction and demolition waste management by using CiteSpace. Energy and Buildings, v. 258, p. 111822, 2022. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111822