

ECONOMIA CIRCULAR APLICADA A EDIFÍCIOS PÚBLICOS: Um método para IFES com foco em desmontagem e adaptabilidade

ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA A LOS EDIFICIOS PÚBLICOS: Un método de IFES centrado en el desmontaje y la adaptabilidad

CIRCULAR ECONOMY APPLIED TO PUBLIC BUILDINGS: A method for ifes with a focus on disassembly and adaptability

FREITAS, LUDMILA DE SOUZA

Doutora em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, E-mail: lud.s.freitas@gmail.com

AZEVEDO, MARCELA EVELYN PAIVA DE

Doutoranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, E-mail: marcela.evelyn89@gmail.com

RECALCATTI, SANDILEIA

Doutoranda em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, E-mail: sandileia@alunos.utfpr.edu.br

NAGALLI, ANDRÉ

Doutor em Geologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, E-mail: nagalli@utfpr.edu.br

RESUMO

O processo de projeto de edificações de Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) sofre interferência de inúmeros fatores internos e externos às instituições que podem levar a problemas construtivos e desperdícios em todo seu ciclo de vida. O design para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A) é considerado a principal estratégia para apoiar modelos de Economia Circular (EC) no setor da construção civil. Assim, o objetivo principal da presente pesquisa é desenvolver uma metodologia para avaliar o potencial de desmontagem e adaptabilidade das edificações relacionadas às IFES. Para tanto, a pesquisa conduziu o método da Design Science Research para estruturar um Formulário de Verificação de atendimento ao PpD/A em projetos. Através de estudo de caso foi possível a aplicação do formulário em dois projetos de edificações de IFES, com diferentes tipologias construtivas e de uso. O resultado principal demonstrou que o sistema construtivo em camadas independentes, com uso de conexões reversíveis e *layout* modular, possui maior potencial de desmontagem e adaptabilidade e consequente recuperação dos elementos. A metodologia desenvolvida visa, sobretudo, apoiar a tomada de decisão em projeto pelos agentes envolvidos na coordenação de projetos de IFES, contribuindo com o compromisso das universidades públicas brasileiras pelo desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: desconstrução; recuperação; universidades públicas; tomada de decisão; processo de projeto.

RESUMEN

El proceso de diseño de edificios en las Instituciones Federales de Educación Superior (FIHEs) se ve afectado por numerosos factores internos y externos que pueden conducir a problemas de construcción y residuos a lo largo de su ciclo de vida. El Diseño para Desmontaje y Adaptabilidad (DP/A) se considera la principal estrategia para apoyar los modelos de Economía Circular (EC) en el sector de la construcción. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación es desarrollar una metodología para evaluar el potencial de desmontaje y adaptabilidad de los edificios relacionados con IFES. Para ello, la investigación utilizó el método Design Science Research para estructurar un Formulario de Verificación del cumplimiento del PpD/A en los proyectos. A través de un estudio de caso, fue posible aplicar el formulario a dos proyectos de edificios IFES, con diferentes tipos de construcción y uso. El principal resultado demostró que el sistema constructivo en capas independientes, utilizando conexiones reversibles y disposición modular, tiene mayor potencial de desmontaje y adaptabilidad y consecuente recuperación de los elementos. La metodología desarrollada pretende, sobre todo, apoyar la toma de decisiones proyectuales por parte de los agentes implicados en la coordinación de los proyectos IFES, contribuyendo al compromiso de las universidades públicas brasileñas con el desarrollo sostenible.

PALABRAS-CLAVES: desconstrucción; recuperación; universidades públicas; toma de decisiones; proceso de diseño.

ABSTRACT

The design process for buildings at Federal Institutions of Higher Education (IFES) is affected by numerous internal and external factors that can lead to construction problems and waste throughout their life cycle. Design for Disassembly and Adaptability (DP/A) is considered the main strategy for supporting Circular Economy (CE) models in the construction sector. Thus, the main objective of this research is to develop a methodology to assess the potential for disassembly and adaptability of buildings related to IFES. To this end, the research used the Design Science Research method to structure a Verification Form for compliance with PpD/A in projects.



REVISTA

PROJETAR

Projeto e Percepção do Ambiente
v.10, n.3, setembro de 2025

Through a case study, it was possible to apply the form to two IFES building projects, with different types of construction and use. The main result showed that the construction system in independent layers, using reversible connections and modular layout, has greater potential for disassembly and adaptability and consequent recovery of the elements. The methodology developed aims, above all, to support project decision-making by the agents involved in coordinating IFES projects, contributing to the commitment of Brazilian public universities to sustainable development.

KEYWORDS: deconstruction; recovery; public universities; decision making; design process.

Recebido em: 12/12/2024

Aceito em: 21/07/2025

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte de uma pesquisa de doutorado, e aborda o Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A), preconizado pela norma internacional ISO 20887:2020, como a principal estratégia para incluir os processos construtivos de edificações de Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) na dinâmica da Economia Circular (EC). O tema está fundamentado em referências normativas, orientativas e práticas de gestão de projeto de edifícios para IFES.

A indústria da construção civil é uma das principais responsáveis pelos impactos ambientais globais, causados em todas as etapas de sua cadeia produtiva (Bertino *et al.*, 2021; Carvalho e Borges, 2017; Machado *et al.*, 2018). Li *et al.* (2020) concluíram que os resíduos de construção e demolição (RCD) representam entre 30% e 40% do total de resíduos sólidos gerados no mundo. No Brasil, esse problema pode ser ainda mais relevante, pois os processos construtivos são essencialmente manuais e sua execução se dá praticamente no canteiro de obras (Nagalli, 2022). De acordo com o IBGE (2020), em 2020 o setor público foi responsável por 24,4% das construções de edifícios e por 50% das obras de infraestrutura no Brasil. Um diagnóstico realizado pelo Tribunal de Contas da União (TCU) em 2019, concluiu que as principais causas de problemas construtivos de edifícios são de ordem técnica, compreendendo, principalmente, falhas, erros e omissões dos projetos básicos (CBIC, 2022), entre os quais se insere o projeto da edificação.

Segundo o INEP (2022), o Brasil possui atualmente 120 IFES, as quais representam uma infraestrutura física extensa, composta por edificações com usos diversos, como salas de aula, administrativo, laboratórios de diversas naturezas, auditórios, entre outros. A eficiência dessas estruturas impacta nas atividades desenvolvidas nos ambientes, e relacionam-se diretamente com o planejamento da construção, operação e manutenção das edificações (Faria *et al.*, 2020). Nesse sentido, um estudo realizado por Andery *et al.* (2015), que analisou o processo de projeto de reformas de edifícios de Universidades Públicas, concluiu que os problemas encontrados estão frequentemente relacionados às mudanças frequentes na estrutura organizacional, à forte intervenção dos clientes e a uma dinâmica de projetos relacionada à obtenção de recursos financeiros. Ainda é possível mencionar as possíveis interferências da forma de contratação dos projetos e serviços, bem como das alterações políticas. Esses fatores podem causar a obsolescência antecipada da edificação.

Diversos documentos orientam sobre as melhores práticas de projeto para evitar problemas técnicos, aumentar a sustentabilidade nas licitações e melhorar o desempenho das edificações públicas. De acordo com Giamberardino *et al.* (2022), a variável ambiental está sendo, gradualmente, incorporada à rotina de contratações da administração pública. Contudo, as referências quanto ao planejamento do ciclo de vida e fim de vida específico para essas edificações e seus usos ainda são insuficientes. Dessa forma, considerando a relevância das universidades públicas para o desenvolvimento da sociedade, e os problemas recorrentes na execução e ao longo da vida útil dessas edificações - que culminam em obsolescência, demolição e, conseqüentemente, desperdícios -, essas poderiam se beneficiar das estratégias do PpD/A. A implementação das estratégias e princípios aumentaria o potencial de adaptabilidade frente às novas demandas das atividades desenvolvidas na edificação e o conseqüente potencial de desmontagem e recuperação dos elementos em seu fim de vida.

Preconizado pela norma internacional ISO 20887/2020, o PpD/A (*Design for Disassembly and Adaptability – DfD/A*, em inglês) é definido como a implementação de princípios para o projeto de um produto ou ativo construído, que facilite a desmontagem no final de sua vida útil, ou seja capaz de ser alterado ou modificado para atender a um propósito específico, permitindo que os componentes e materiais entrem no ciclo da Economia Circular (EC), desviando apenas o fluxo de resíduos para aterros (International Standard, 2020). No Brasil, normas ISO são adotadas voluntariamente, mas ganham força legal quando referenciadas em regulamentações técnicas (ex.: ABNT NBR) ou políticas públicas. A ISO 20887, publicada em 2020, ainda não foi incorporada à legislação brasileira, embora sua aplicação em projetos de IFES possa ser incentivada por editais ou diretrizes institucionais.

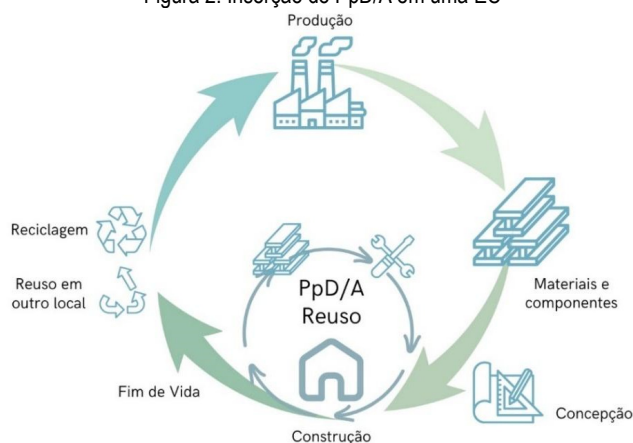
Dessa forma, a norma ISO 20887:2020 estabelece três princípios de adaptabilidade e sete princípios de desmontagem como fundamentos para a implementação do PpD/A (Figura 1). Embora a abordagem do PpD/A não seja usual nesta indústria (Kanters, 2018), vários autores têm identificado as principais barreiras e estratégias para implementação de modelos baseados em EC no setor da construção, identificando os princípios do PpD/A como fundamentais para esse objetivo (Akinade *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021; Bertino *et al.*, 2021; Charef *et al.*, 2021; Kręć-Grześkowiak; Baborska-Narożny, 2023; Spadotto *et al.*, 2024). A Figura 2 representa os ciclos de produção da indústria da construção baseados em EC, e como o PpD/A está envolvido nesta dinâmica. Nela o círculo interno refere-se ao uso mínimo de material em comparação aos sistemas lineares tradicionais. Portanto, quanto mais estreito o círculo, melhor será o reaproveitamento dos materiais e da energia (bem como de outros recursos) utilizados na produção. Círculos mais longos referem-se ao número crescente de círculos consecutivos, ou seja, se o material é reutilizado, reciclado etc. (Askar *et al.*, 2022; Jensen e Sommer, 2018). Nesse sentido, pode-se dizer que os princípios do PpD/A focam principalmente nos esforços de reutilização de componentes construtivos, uma vez que a reciclagem de materiais já é uma prática comum na construção civil (Reike *et al.*, 2018).

Figura 1: Princípios de Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade determinados pela ISO 20887/2020



Fonte: Adaptado pelos autores de International Standard (2020)

Figura 2: Inserção do PpD/A em uma EC



Fonte: os autores (2024)

Neste contexto, a ISO 20887:2020 (International Standard, 2020) surge como resposta às crescentes discussões sobre sustentabilidade na construção civil, destacando a necessidade de integrar princípios de economia circular (EC) desde a fase de projeto. No Brasil, a assimilação dessa norma ainda é incipiente (Giamberardino *et al.*, 2022), mas ganha relevância no contexto das IFES, onde a longevidade e adaptabilidade das edificações são cruciais (Silva *et al.*, 2021). Em tal cenário, a EC visa minimizar resíduos e maximizar a reutilização de materiais (Reike; Vermeulen; Witjes, 2018), alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (ONU-Brasil, 2015). O processo de projeto nas IFES, marcado por interferências políticas e organizacionais (Andery *et al.*, 2015), carece de diretrizes claras para incorporar tais

princípios, evidenciando a lacuna que esta pesquisa busca abordar (Kręć-Grześkowiak; Baborska-Narożny, 2023; Askar *et al.*, 2022). Portanto, o conhecimento do potencial de desmontagem e adaptabilidade das edificações auxiliaria na tomada de decisão dos agentes que coordenam projetos de edificações de IFES, visando edifícios com melhor desempenho, maior capacidade de adaptação e de recuperação de seus elementos. As vantagens também se estenderiam à menor oneração da Administração Pública e do meio ambiente, apoiando modelos baseados em EC. Assim, considerando o alcance das políticas públicas brasileiras voltadas à promoção de boas práticas em projetos de construção de IFES e ao desenvolvimento sustentável, ao desenvolver um método de avaliação do potencial de desmontagem e adaptabilidade em projetos de edificações de IFES, esta pesquisa pode se tornar uma contribuição prática ao campo.

2 MÉTODO

Inicialmente, uma coleta de dados preliminar realizada através de revisão bibliográfica, demonstrou que as estratégias usuais de projeto de IFES não consideram o planejamento da vida útil da edificação, e, nesse sentido, não favorecem sua adaptabilidade frente às novas demandas e à forte interferência de agentes externos na coordenação de projetos. Identificou-se, portanto, que esse problema está diretamente relacionado à necessidade de considerar a abordagem recente sobre projeto para desmontagem e adaptabilidade. Assim o problema de pesquisa é caracterizado pela seguinte pergunta: Como avaliar o potencial de desmontagem e adaptabilidade em projetos de edificações de IFES sob a perspectiva da EC?

Posteriormente, a pesquisa conduziu a aplicação do método *Design Science Research* (DSR) para desenvolvimento de um formulário (artefato) adequado para a solução do problema de pesquisa.

Design Science Research

Este estudo aplicou o método *Design Science Research* (DSR, do inglês, pesquisa em Ciência do Projeto). Segundo Lacerda *et al.* (2013) o objetivo do *design science* é projetar e validar sistemas que ainda não existem, seja desenvolvendo, reestruturando ou alterando produtos/processos/software/métodos para melhorar situações existentes. De acordo com Chakrabarti (2010), embora a *design science* seja baseado em fundamento epistemológico, a DSR é um método que opera a construção do conhecimento neste contexto, cuja aplicação tem como resultado a criação de artefatos, divididos em constructos, modelos, métodos e instâncias. Lacerda *et al.* (2013) identificaram as etapas necessárias para a conduzir a DSR (e cumpridas nesta pesquisa) conforme apresentado no Quadro 1, que lista as etapas metodológicas especificadas pela DSR, com uma descrição de cada etapa e o conjunto de saídas resultantes relevantes para este estudo, que estabelecem o desenvolvimento gradual do sistema proposto. A seguir, cada etapa do procedimento metodológico será descrita conforme aplicado nesta pesquisa.

Quadro 1: Etapas e saídas da aplicação do método DSR

Etapa	Descrição	Saída da pesquisa
Identificação do problema e conscientização	Determinação do problema de pesquisa. Elaboração da justificativa do estudo e requisitos que o artefato necessita atender	Questão de pesquisa Justificativa e relevância Requisitos do artefato
Revisão sistemática da literatura	Com a finalidade de identificar artefatos com soluções semelhantes e genéricas, e a metodologia utilizada	Identificação das estratégias de PpD/A e metodologias para aplicação
Configuração das classes de problemas	Estruturação das classes de problemas que possam ser resolvidos com soluções generalizadas e quais artefatos podem ser usados	Categorização das estratégias identificadas de acordo com os princípios da ISO 20887/2020. Categorização de acordo com as fases de projeto.
Concepção do projeto do artefato	Projeto do artefato para resolução de problema específico. Considera as características necessárias, o contexto, limitações e o desempenho esperado.	Concepção do Formulário de Verificação de PpD/A em edificações, justificativa para a metodologia escolhida.
Desenvolvimento do artefato	Construção do artefato projetado conforme procedimentos especificados	Formulário de Verificação de PpD/A em edificações elaborado
Avaliação do artefato	Aplicação e observação do artefato construído. Revisão dos requisitos atendidos e limitações da solução	Aplicação do Formulários de Verificação em projetos de edificações de diferentes contextos (Estudos de caso)
Explicação das aprendizagens	Declaração dos pontos de sucesso e de insucesso do processo de pesquisa	Resultados obtidos na aplicação em cada caso
Conclusões	Exposição dos resultados obtidos e limitações da pesquisa	Discussão dos resultados obtidos Proposição de soluções de projeto para alcançar o PpD/A requerido em cada caso avaliado Validação do Formulário de Verificação de PpD/A

Fonte: os autores (2024), adaptado de Lacerda *et al.* (2013)

Revisão sistemática da literatura (RSL) e identificação das estratégias de projeto

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) teve o objetivo de identificar as principais estratégias de PpD/A em publicações científicas dos últimos 20 anos. Os métodos de pesquisa adotados consistem em uma extensa revisão de literatura baseada em quatro etapas, conforme resumido no Quadro 2. A operacionalização das buscas em bases de dados de produção científica possibilitou a identificação e relação das principais pesquisas na área e uma análise crítica dos dados da literatura.

Quadro 2: Protocolo da Revisão Sistemática

Fases do protocolo	Etapas do protocolo	Aspectos da pesquisa
1. Planejamento	Plano de fundo da revisão	Problema: Os princípios para implementação dos princípios e estratégias de desmontagem e adaptabilidade de edificações na fase de projeto ainda são difusos na literatura. Justificativa: Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade é uma forma de desviar o fluxo de resíduos de construção e demolição para aterros e inseri-lo na dinâmica da Economia Circular Pergunta inicial: Como os princípios de desmontagem e adaptabilidade podem ser aplicados no projeto de edifícios para IFES?
	Objetivos	Objetivo primário: Fornecer uma ampla visão geral e avaliação das estratégias de projeto para desmontagem e adaptabilidade abordadas na literatura recente, considerando os princípios e requisitos da ISO 20887/2020.
2. Processo	Estratégia de busca para identificação de estudos	Banco de dados: Scopus e Web of Science Prazo: 2003 a 2023 Termos iniciais e palavras-chave: “disassembly”; “adaptability”; “building”; “design for disassembly and adaptability”; “circular economy”; “service life”; “BIM” e similares.
	Critérios de elegibilidade dos estudos	Contexto: edifícios; ambiente construído; indústria de construção Tipo de estudos: qualitativos e quantitativos Idiomas: Apenas em inglês Tipo de documento: Artigo; artigo de revisão; artigo de Conferência
3. Análise	Coleta e organização de dados	1) Análise do título do artigo, resumo e palavras-chave; 2) Análise do texto completo;
4. Extração	Síntese de resultados	1) Desenvolvimento de um quadro de síntese dos dados extraídos dos estudos para permitir a categorização e avaliação de princípios e estratégias de projeto para a desmontagem e adaptabilidade de edifícios; 2) Desenvolvimento de quadro síntese para interpretação dos resultados considerando os princípios e requisitos estabelecidos na ISO 20887/2020 e as principais fases de projeto de edifícios (Tabela 5).

Fonte: Baseado em Cochrane Institute's handbook for systematic reviews (Cochrane, 2022)

Crítérios para a categorização das estratégias de acordo com os princípios da ISO 20887/2020

A construção do método compreendeu identificar, reportar e categorizar os princípios de desmontagem e adaptabilidade em projetos de edificações, baseando-se nos requisitos da ISO 20887/2020. Um exemplo de como a categorização foi realizada pode ser observado no Quadro 3, no qual são identificados os princípios projetuais, as estratégias na prática projetual e os autores correspondentes.

Quadro 3: Exemplo de como os artigos foram categorizados

Princípios da ISO 20887/2020	Princípios de projeto	Estratégias	Fontes
Facilidade de Acesso	Componentes e serviços acessíveis	<ul style="list-style-type: none"> Planejar rotas de serviço de fácil acesso e manutenção; Utilizar elementos de construção visíveis e acessíveis (por exemplo, sistemas elétricos e hidráulicos) 	Basta <i>et al</i> (2020); Calderini and Guy (2017); Crowther (2018); Toniolo <i>et al</i> (2021); Torgautov <i>et al</i> (2021); Rockow <i>et al</i> (2021); Sassi (2008); Tleuken <i>et al</i> (2022); Tingley and Davison (2011); Askar <i>et al</i> (2022); Pittri <i>et al</i> (2023); Kanters (2018); Crowther (2005); Bertino <i>et al</i> (2021); Vandervaeren <i>et al</i> (2022); Crowther (2016); Hosseini <i>et al</i> (2022); Mattaraia <i>et al</i> (2023); Denis <i>et al</i> (2018); Couto and Couto (2010)

Fonte: os autores (2024)

O exemplo apresentado no Quadro 2 demonstra a categorização de apenas um princípio estabelecido pela norma ISO 20887/2020, dos sete sobre desmontagem e três sobre adaptabilidade.

Critérios para a categorização das estratégias de acordo com as fases de projeto

As estratégias descritas, já categorizadas por princípios determinados pela ISO 20887/2020, foram resumidas em orientações práticas a serem avaliadas em fases do projeto da edificação. As duas primeiras fases são conhecidas do processo desenvolvimento do projeto de edificações públicas, que são Estudo Preliminar (EP) e Projeto Executivo (PE), cujas descrições baseiam-se nos conceitos descritos pelo Manual de Obras Públicas – Edificações – Projeto, da Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio (SEAP, 2020).

A terceira e última fase a ser avaliada compreende o Plano de Desconstrução (PD), considerado por vários estudos como uma ferramenta fundamental a ser elaborada ainda na fase de projeto, cujo objetivo principal é garantir que o edifício seja adequado para uma desconstrução bem-sucedida, incluindo informações sobre a melhor forma de reutilizar ou reciclar os componentes do edifício desconstruído (Bertino et al., 2021).

Cabe destacar que os princípios de PpD/A elencados seguem os princípios determinados pela ISO 20887/2020, exceto pelo último, aqui denominado Coordenação & Responsabilidade (C&R). A criação deste último princípio surgiu da necessidade de separação das atividades relacionadas à coordenação do processo de projeto e das atribuições de cada agente envolvido. Assim, para uma avaliação mais precisa, cada fase de projeto foi dividida em etapas e respectivas estratégias de projeto.

O Quadro 4 apresenta um resumo das estratégias de projeto em cada etapa avaliada, pertinentes às fases de EP e PE, e o Quadro 5 é referente à fase de PD.

Quadro 4: Etapas e respectivas estratégias de projeto para as fases de EP e PE (continua)

Etapas	Estratégias de projeto	
	Estudo Preliminar (EP)	Projeto Executivo (PE)
1) Avaliações Preliminares	(C&R) Uso de Banco de materiais (C&R) Planejamento antecipado da vida útil de projeto	-
2) Estrutural	(AD) Fundação robusta (SI) Geometria simples (PA) Padronização e modularidade	(IN, PA) Sistema pré-fabricados (EC) Preferência para materiais que possam ser recuperados ou reciclados. (AC, IN) Conexões acessíveis e reversíveis (PA, SD) Componentes dimensionados para manuseio e transporte
3) Arquitetura	(SI) Geometria simples (IN) Sistemas em camadas (PA, AD) Layout modular e aberto (AD) Cenários de possíveis alterações (AD) Mobiliário não fixo (AC) Rotas de serviço	IN, PA, AD, EC, EV, SD (IN, PA) Sistema pré-fabricados e padronizados (AC, IN) Conexões acessíveis e reversíveis (AD) Elementos com múltiplos usos e funções (EC) Preferência para materiais que possam ser recuperados ou reciclados. (SI) Reduzir o número e tipos de materiais (EV) Evitar acabamentos e tratamentos desnecessários (IN) Desmontagem paralela dos sistemas (AD) Espaço para desmontagem
4) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	(AC, IN) Dedicar área/volume específico para zona do sistema	(AC, IN) Sistemas aparentes e acessíveis (AD) Capacidade extra das redes de abastecimento (PA, SD) Componentes dimensionados para manuseio e transporte (SI) Reduzir o número e tipos de materiais (EV) Evitar acabamentos e tratamentos desnecessários

Fonte: os autores (2024).

Quadro 5: Etapas e respectivas estratégias de projeto para a fase de PD

Etapas	Estratégias de projeto
1) Vida útil e durabilidade	(C&R) Identificar a vida útil dos elementos (C&R) Determinar a vida útil de projeto da edificação e sistemas
2) Dados técnicos	(C&R) Inventário completo de todos os materiais e componentes utilizados (C&R, PA) Identificação padronizada de materiais e componentes (C&R) Manual de uso, operação e manutenção da edificação, conforme NBR 14037/2014
3) Gerenciamento e logística	(C&R, PA) Prever fácil armazenamento e transporte dos elementos (C&R) Prever peças de reposição (C&R, SD) Instruções de desmontagem, incluindo sequência de desmontagem dos elementos (C&R, EC) Determinar estratégias para o local, transporte e gerenciamento de resíduos conforme previsto no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) (C&R, SD) Utilizar <i>Building Information Modelling</i> (BIM) para simular o processo de desmontagem (C&R) Implantação de sistema de gestão de manutenção, conforme NBR 5674
4) Documentos e permissões	(C&R, PA) Assegurar que o projeto esteja em conformidade com códigos e normas (C&R, SD) Assegurar a existência de um conjunto integrado de desenhos "as built"
5) Recuperação e reciclagem	(C&R, EC) Prever cenários de FdV visando o potencial de recuperação dos materiais e componentes (C&R, EC) Identificar os elementos com potencial de recuperação e reciclagem (C&R, EC) Identificar e isolar elementos que não podem ser recuperados ou removidos (C&R, EC) Identificar elementos recuperados ou reciclados (C&R, EC) Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem (C&R, EC) Fornecer rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado etc.) e garantia

Fonte: os autores (2024)

Desenvolvimento do formulário de verificação de PpD/A em edificações

O Formulário de Verificação foi desenvolvido com objetivo de analisar os elementos construtivos do projeto sob a perspectiva do PpD/A. Um documento do tipo checklist foi estruturado para cada uma das três fases de projeto determinadas neste trabalho - Estudo Preliminar (EP), Projeto Executivo (PE) e Plano de Desconstrução (PD) – considerando os elementos de análise pertinentes a cada fase.

A Figura 3 é uma representação do documento *checklist* pertencendo ao Formulário de Verificação, relacionado à avaliação da fase de EP. Nos modelos representado pela Figura 3 é possível observar: as etapas e elementos construtivos a serem avaliados pertinentes à respectiva fase de projeto; as estratégias de PpD/A referentes a cada um destes elementos; os princípios de PpD/A que serão atendidos com a respectiva estratégia; os campos de preenchimento para verificação do atendimento de cada estratégia determinada; e um campo para observação, a ser preenchido principalmente no caso de atendimento parcial ou não atendimento/ não verificado.

Para obtenção dos resultados da aplicação do Formulário de Verificação, foram estabelecidas pontuações para o atendimento de cada estratégia, sendo:

- 1 ponto para as estratégias atendidas;
- 0,5 ponto para estratégias parcialmente atendidas;
- 0 pontos para estratégias não atendidas/ não verificadas;

Deste modo, considerou-se que cada estratégia teria o valor teórico de 1 ponto. As estratégias que não se aplicam não foram consideradas na somatória.

Figura 3: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Estudo Preliminar

ESTUDO PRELIMINAR (EP)								
Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações
A) Avaliações preliminares	a.1) Planejamento da Vida Útil de Projeto (VUP) de acordo com NBR 15575/2021	Especificar valor teórico para VUP para cada um dos sistemas, não inferior aos estabelecidos pela NBR 15575/2021	C&R					
B) Estrutura	b.1) Fundação	Prever fundação robusta	IN, AD					
	b.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD					
		Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer flexibilidade e reversibilidade de layout	AD					
		Prever geometrias simples de estruturas	SI					
C) Arquitetura	c.1) Volumetrias	Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias	SI					
		Prever layout modular	PA, AD					
		Favorecer layouts de plano aberto	AD					
		Prever cenários possíveis de layouts visando a adaptabilidade	IN, AD					
	c.2) Organização e Dimensionamento de Espaços Internos - Layout	Prever rotas de serviço	AC					
		Prever amplo pé-direito que permita expansão de área se necessário	IN, AD					
		Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	AC					
		Prever mobiliário não fixo	IN, AD					
		Prever espaço físico suficiente para a desmontagem	SD					
		Prever sistemas em camadas	IN					
	c.3) Sistemas - Coberturas, vedações, partições internas, esquadrias, forros e pisos	Prever sistemas independentes	IN					
		Prever desmontagem paralela dos sistemas	IN					
D) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	d.1) Sistemas - Tubulações, canaletas, equipamentos	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema (ex.: shafts, áreas técnicas)	IN, AC					

Fonte: os autores (2024)

Determinação do potencial de desmontagem e adaptabilidade

A partir dos resultados do diagnóstico, através do cálculo de uma média de atendimentos, é possível estabelecer uma classificação para o potencial de desmontagem e adaptabilidade da edificação avaliada. Dessa forma, a presente pesquisa classifica o potencial da seguinte maneira, de acordo com o nível de atendimento:

- Alto potencial: maior que 75%
- Médio potencial: entre 50 e 74%
- Baixo potencial: entre 25 e 49%
- Sem potencial: menor que 25%

Assim, a determinação do potencial de desmontagem e adaptabilidade visa auxiliar na tomada de decisão em projeto. Projetos com baixo ou sem potencial podem indicar a necessidade de revisão do sistema construtivo escolhido, da disposição do *layout*, de aprimoramentos no planejamento e gestão dos sistemas, ou da revisão de outros elementos que devem ser analisados particularmente.

Estudos de Caso

As avaliações para aplicação do Formulário de Verificação (artefato) foram realizadas através de Estudo de Caso. Segundo Yin (2005, p. 13), nesse tipo de investigação “cada caso em particular consiste em um estudo completo, no qual se procuram provas convergentes com respeito aos fatos e às conclusões para o caso (...)”. Determina-se assim que “as conclusões de cada caso sejam as informações que necessitam de replicação por outros casos individuais.” (Yin, 2005, p 35).

O Formulário de Verificação desenvolvido foi aplicado em 2 (dois) projetos de edificações de IFES. A finalidade da análise é o comparativo entre sistemas construtivos e a composição de materiais das camadas dos elementos construídos, bem como o uso atribuído à cada edificação. Por isso, a escolha dos projetos a

serem analisados baseou-se na apresentação de sistemas construtivos e finalidade de usos bastante distintos. Assim, as dimensões e área total de cada projeto não foram levadas em consideração na análise.

O primeiro projeto selecionado é um bloco de uso didático universitário, aqui designado por Caso 1. A edificação possui dois pavimentos, sendo que no projeto inicialmente licitado, o pavimento térreo possui *layout* de plano aberto para futuras instalações de laboratórios, e o pavimento superior é particionado em salas de aula. O segundo projeto selecionado, aqui designado por Caso 2, refere-se a uma Unidade Mista de Pesquisa e Transferência de Tecnologia (UMIPTT), que consiste em escritórios de pesquisa de uma IFES em parceria com empresas. O Quadro 6 apresenta as características principais de cada Caso, considerando a análise pretendida, direcionada ao uso atribuído das edificações, aos sistemas construtivos utilizados, e ao sistema de concepção do projeto (desenho assistido por computador -CAD, ou Modelagem de Informação da Construção - BIM).

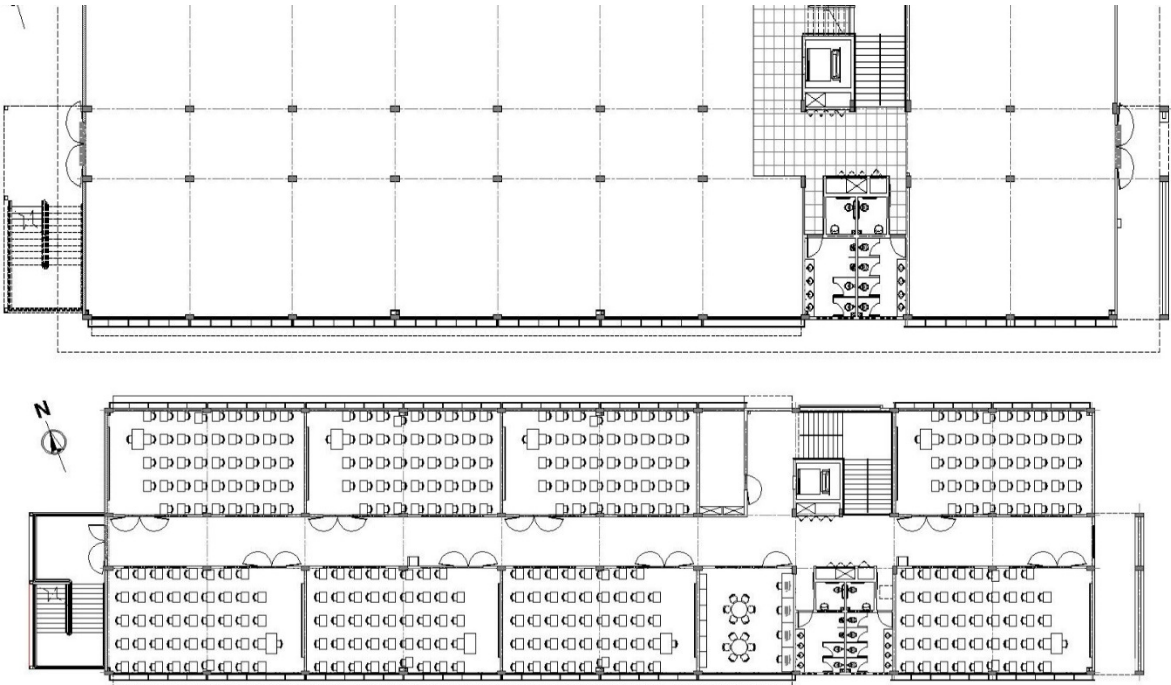
Quadro 6: Características principais dos Casos 1 e 2

	CASO 1	CASO 2
Uso atribuído em projeto	Didático e laboratórios	Escritórios de pesquisa
Sistema construtivo	Estrutura em concreto armado <i>in loco</i> Vedação em alvenaria de blocos cerâmicos Cobertura em estrutura metálica e telhas em fibrocimento 8mm	Estrutura em perfis metálicos leves (<i>light steel frame</i>) Vedação em placas OSB com preenchimento em lã de rocha Cobertura em estrutura metálica
Sistema de concepção do projeto	Desenho assistido por computador (CAD)	Desenho assistido por computador (CAD)

Fonte: os autores (2024)

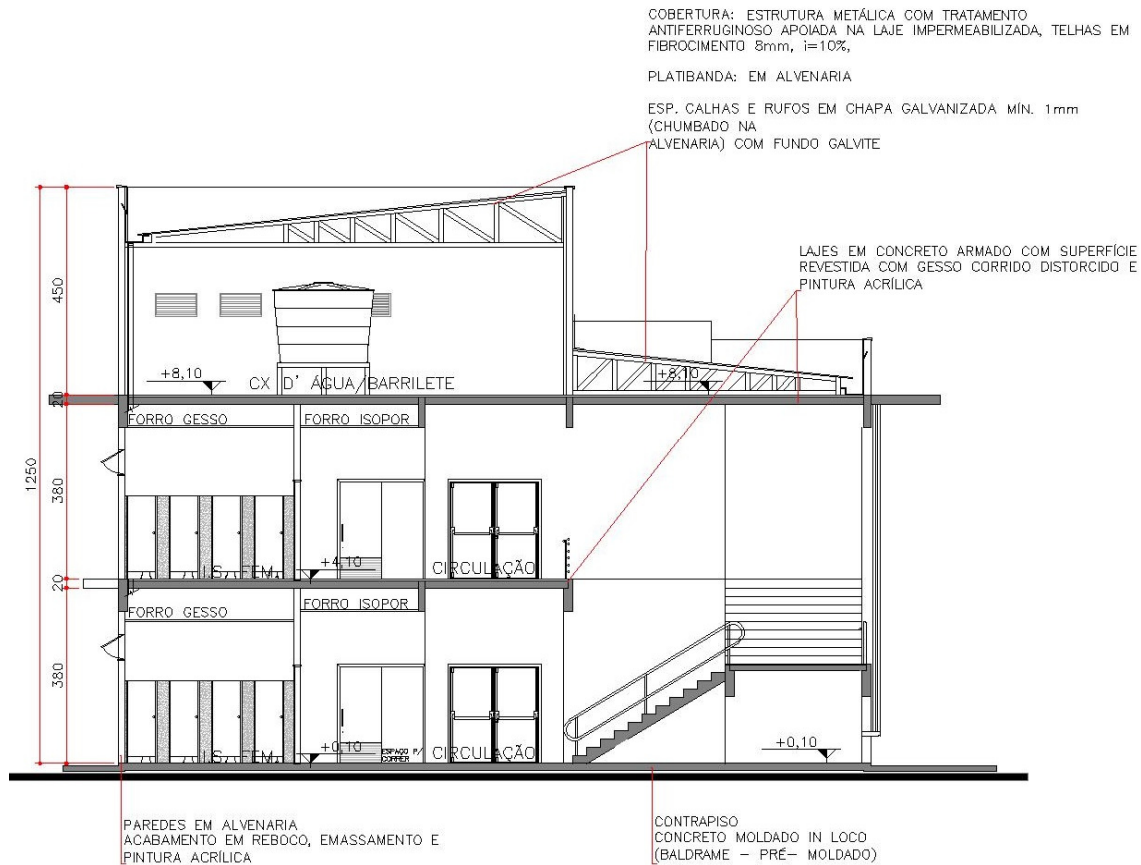
As Figuras 3, 4, 5 e 6 correspondem às plantas de *layout* e aos cortes esquemáticos das edificações representadas pelos Casos 1 e 2. O Quadro 7 resume as principais características construtivas das edificações referentes ao Caso 1 e Caso 2.

Figura 3: Plantas de *layout* dos pavimentos térreo (acima) e pavimento superior (abaixo) do Caso 1



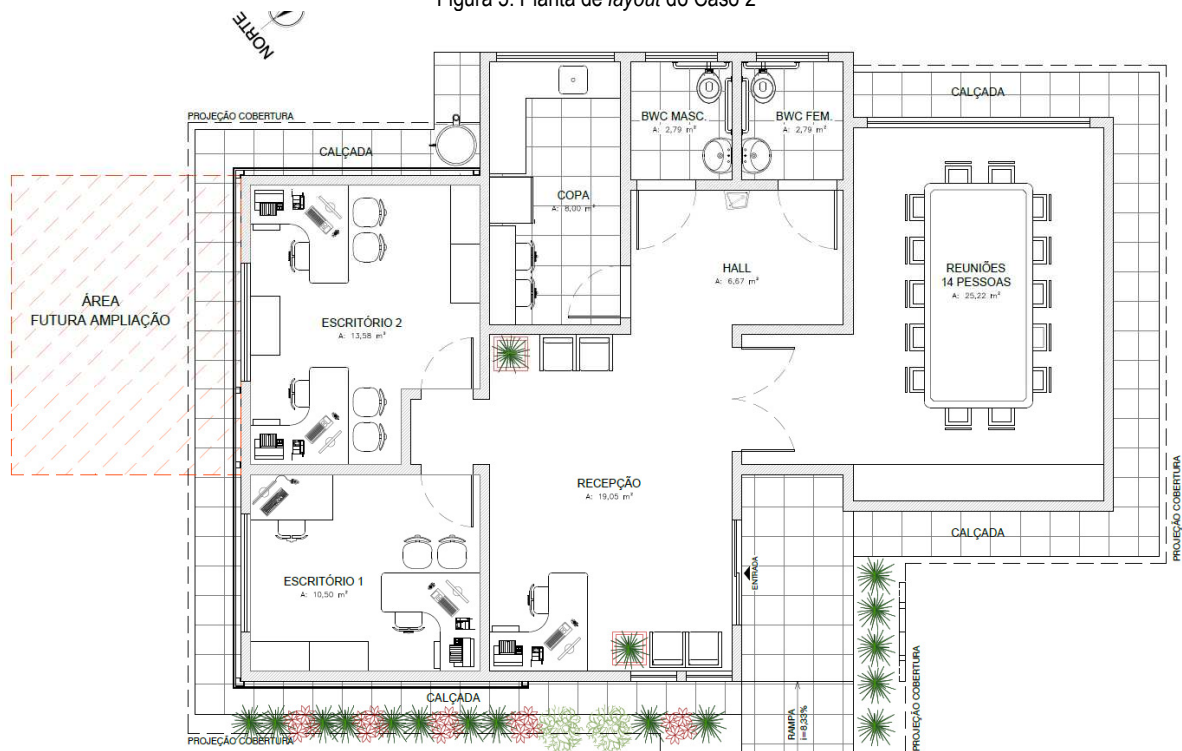
Fonte: os autores (2024)

Figura 4: Corte esquemático do projeto do Caso 1



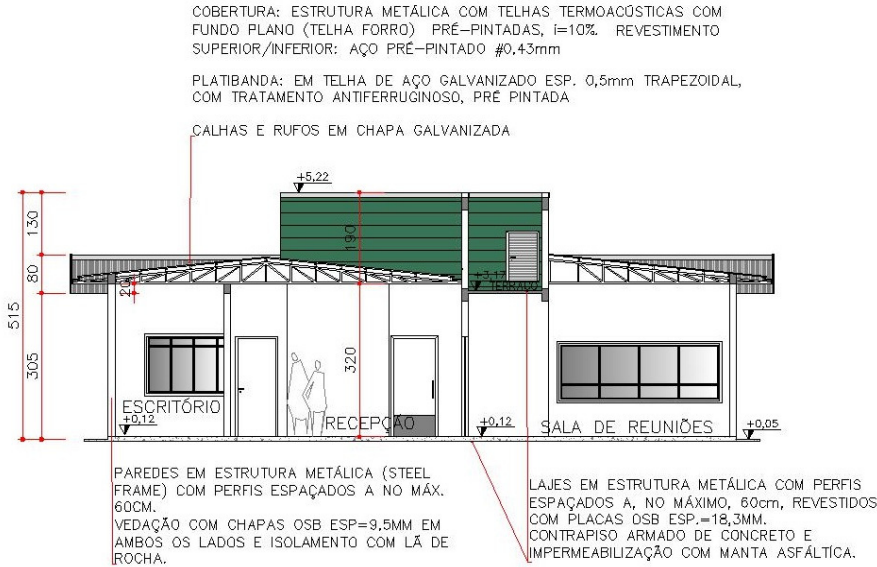
Fonte: os autores (2024)

Figura 5: Planta de layout do Caso 2



Fonte: os autores (2024)

Figura 6: Corte esquemático do projeto do Caso 2



Fonte: os autores (2024)

Quadro 7: Especificações construtivas das edificações referentes ao Caso 1 e Caso 2

Etapa construtiva	Sistema	Tipologia	
		Caso 1	Caso 2
Estrutural	Fundação	Estaca e blocos de concreto	Radier de concreto
	Superestrutura	Concreto armado in loco	Steel Frame
Arquitetura	Cobertura	Estrutura metálica + Telhas em fibrocimento	Estrutura metálica + Telhas termoacústicas + Platibanda em telha metálica trapezoidal
	Vedação vertical externa	Alvenaria + reboco 2cm + textura acrílica	Isolante (lã de rocha) + Placas OSB + selante (poliuretano) + verniz incolor (base água) + Manta hidrófuga (polietileno)+ Revestimento em régua horizontal de madeira composta + pintura acrílica
		Esquadrias alumínio + Vidro liso 6mm	Esquadrias de alumínio + Vidro liso 6mm
	Vedação vertical interna	Alvenaria + reboco 2cm + pintura acrílica Revestimento cerâmico + argamassa + rejunte	Isolante (lã de rocha) + Placas OSB + selante (poliuretano) + verniz incolor (base água) Revestimento cerâmico + argamassa + rejunte
		Esquadrias de madeira	Esquadrias de madeira
	Pisos	Porcelanato + argamassa + rejunte	Piso laminado (madeira + celulose) Porcelanato + argamassa + rejunte
Instalações elétricas e hidráulicas	Sistema elétrico	Eletrodutos embutidos em paredes, pisos ou forros (PVC) Eletrodutos aparentes (ferro galvanizado) Eletrocalha aparente (ferro zincado)	Eletrodutos embutidos em pisos ou paredes (PVC) Eletrodutos aparentes (ferro galvanizado) Eletrocalha aparente (ferro zincado)
		Tomadas e interruptores (termoplástico e alumínio fundido)	Tomadas e interruptores (termoplástico e alumínio fundido)
		Luminárias (aço, alumínio, vidro e pintura eletrostática)	Luminárias (aço, alumínio, vidro e pintura eletrostática)
	Sistema hidráulico	Tubulação embutida em piso, parede ou forro (PVC) Caixas de passagem (alvenaria) Registros em geral (aço inox)	Tubulação embutida em piso ou parede (PVC) Caixas de passagem (concreto armado) Registros em geral (aço inox)
		Canoplas, toalheiros, papelarias, entre outros (ligas de cobre, plástico e pintura cromada), Espelhos, Bacias e lavatórios (cerâmica), Metais (ligas de cobre, plástico e pintura cromada), Bancadas de granito + mão francesa	Canoplas, toalheiros, papelarias, entre outros (ligas de cobre, plástico e pintura cromada), Espelhos, Bacias e lavatórios (cerâmica), Metais (ligas de cobre, plástico e pintura cromada) Bancadas de granito + mão francesa

Fonte: os autores (2024)

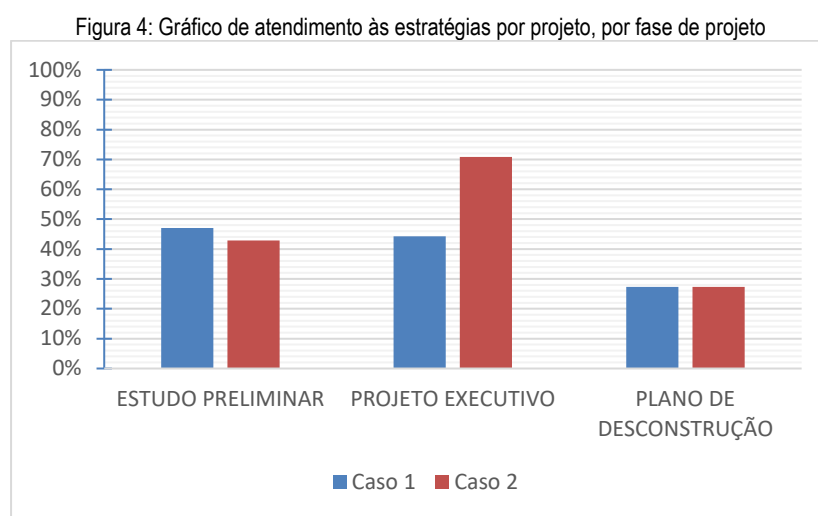
É importante destacar que:

- Os projetos selecionados não foram desenvolvidos sob os princípios do PpD/A, portanto a aplicação do formulário servirá como um diagnóstico;
- Foram avaliadas as versões do projeto entregues para licitação, sem considerar manutenções e adaptações realizadas;
- As fases de estudo preliminar e plano de desconstrução são avaliações hipotéticas, baseadas nos documentos executivos entregues para a licitação da edificação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em um primeiro momento, os resultados derivados da aplicação do Formulário de Verificação nos dois projetos selecionados (estudos de caso) serão apresentados, considerando a determinação de valor teórico para estratégias atendidas. Posteriormente, os resultados serão analisados sob a perspectiva do potencial de desconstrução e adaptabilidade e da tomada de decisão em projeto.

A Figura 4 apresenta o gráfico de atendimento às estratégias de PpD/A previstas para as três fases de projeto, por projeto avaliado.



Fonte: os autores (2024)

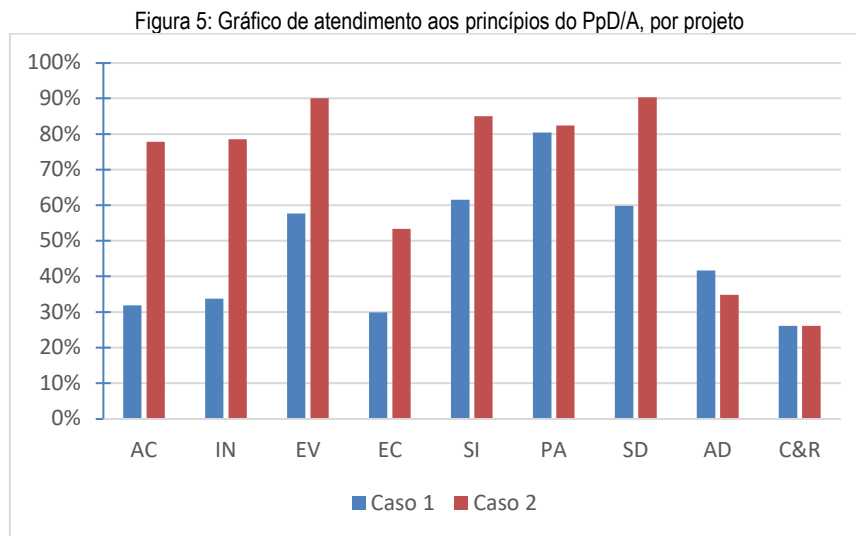
Da análise da Figura 4 observa-se que para a fase de Estudo Preliminar (EP), o melhor desempenho foi demonstrado pelo projeto do Caso 1, com 42,1% das estratégias atendidas. O Caso 2 obteve 37,5% de atendimento. É possível afirmar que o desempenho inferior demonstrado pelo projeto do Caso 2 deve-se a falta de uma grade estrutural padrão e ao *layout* compartimentado e não modular. Já o projeto do Caso 2 demonstrou vantagens nessa fase de projeto devido a capacidade da estrutura de cobrir vãos variados, ao *layout* de plano aberto no pavimento térreo, com previsão para futura expansão, ao *layout* modular previsto em toda área da estrutura e de rotas de serviço.

Já na fase de Projeto Executivo (PE), o projeto do Caso 2 respondeu de maneira mais satisfatória às estratégias determinadas, com 70,9% de atendimento, em detrimento do Caso 1, com 44,2% de atendimento. O melhor desempenho demonstrado pelo Caso 2 pode ser constatado pela utilização de um sistema construtivo pré-fabricado em aço zincado, material durável, reciclável e relativamente leve, que utiliza conexões reversíveis e acessíveis para sua fixação; pela utilização de sistemas independentes e desmontáveis como cobertura metálica e vedações em camadas que permitem flexibilidade de *layout* e melhor acesso para manutenções. Os resultados inferiores para o projeto do Caso 1 derivam da utilização de sistemas interdependentes, da especificação de estrutura fabricada in loco, que não permite desconstrução e, principalmente, às vedações em alvenaria que dificultam alterações e manutenções ao longo do uso operacional.

Na fase de Plano de Desconstrução (PD), ambos os projetos apresentaram um baixo desempenho. Isso deve-se à não determinação da vida útil dos componentes e sistemas, ao não planejamento da gestão das

manutenções, à não previsão da desmontagem ou desconstrução da edificação em fim de vida e determinação do potencial de recuperação dos elementos e componentes. Ambos os projetos apresentaram 27,3% de atendimento às estratégias da fase.

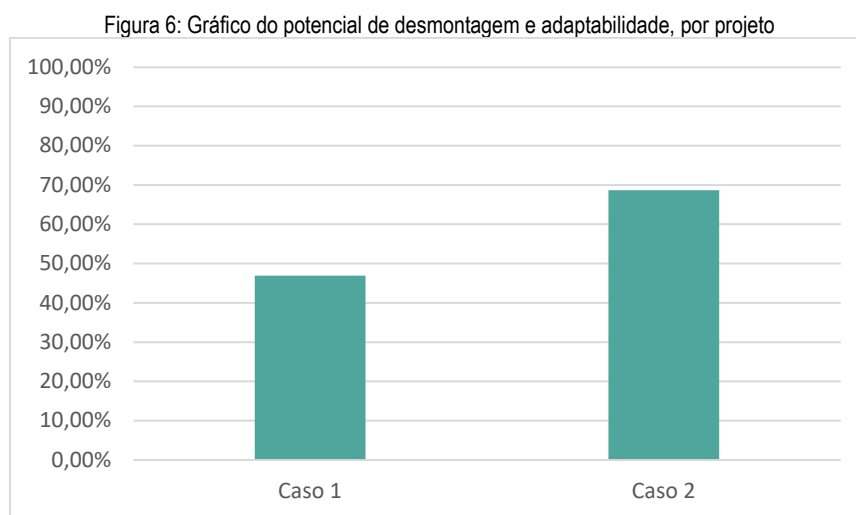
A Figura 5 representa as taxas de atendimento a cada princípio do PpD/A dos respectivos projetos.



Fonte: os autores (2024)

Infere-se pelo gráfico da Figura 5 que, no geral, os projetos demonstraram melhor desempenho no atendimento aos seguintes princípios: Evitar acabamentos e tratamentos desnecessários (EV), Simplicidade (SI), Padronização (PA) e Segurança de desmontagem (SD). Já o princípio de Coordenação e Responsabilidade (C&R) obteve o menor atendimento de suas estratégias por ambos os projetos avaliados.

Os projetos avaliados tiveram seu potencial de desmontagem e adaptabilidade determinados, conforme a classificação apresentada anteriormente, sendo a taxa de potencial de desmontagem e adaptabilidade representada pelo gráfico da Figura 6.



Fonte: os autores (2024)

Deste modo, é possível afirmar que o projeto com maior potencial de desmontagem e adaptabilidade, apresentando um médio potencial, é o desenvolvido para o Caso 2, com 68,44% de atendimento a todas as estratégias, sendo que o Caso 1 apresentou um baixo potencial, com 46,85% de atendimento.

Infer-se, portanto, que a diferença de potencial entre os Casos 1 e 2 está principalmente relacionada ao sistema construtivo utilizado, em que no Caso 2 empregou-se essencialmente sistemas pré-fabricados e divergindo dos especificados para o Caso 1.

Análise geral dos casos

Os casos avaliados serão analisados sob a ótica da Economia Circular, representada neste estudo pelo desempenho demonstrado pelo potencial de desmontagem e adaptabilidade das edificações.

Considerando a longa expectativa de vida das edificações de IFES, o Projeto do Caso 1 apresenta vantagens pela rigidez e durabilidade dos materiais empregados. Em detrimento disso, expõe a dificuldade de submeter a edificação às manutenções, substituições e adequações necessárias nos ambientes ao longo do seu uso operacional. O sistema estrutural em aço do projeto do Caso 2 também pode favorecer um bom desempenho da edificação ao longo de sua vida útil, uma vez que é de grande durabilidade. Todavia, a vedação externa, especificada em madeira, poderá requerer substituição em um prazo inferior à vida útil de projeto estimada, uma vez que as manutenções podem não ser realizadas com frequência adequada. Da mesma forma, as vedações internas em placas de OSB, apesar de não sofrerem danos causados pela exposição ao clima, podem requerer manutenção periódica para manter o adequado desempenho. Sendo assim, uma análise do custo-benefício de operação deste sistema construtivo de longo prazo é orientada.

Em relação aos aspectos sob a perspectiva da EC, é possível afirmar que os elementos construtivos empregados no Caso 1, são, em sua maioria, materiais compostos que apresentam alta demanda por demolição destrutiva em fim de vida, a qual não leva em consideração a separação cuidadosa dos materiais. Assim, o potencial de recuperação fica prejudicado, pois não há garantia que o material oriundo de demolição será desviado do aterro. Em contraste, o sistema construtivo especificado para o Caso 2 se mostra muito eficiente, graças, principalmente, à especificação de sistemas independentes e vedações em camadas, que facilitam o processo de desmontagem e separação de materiais, além da utilização de materiais que podem ser reutilizados em fim de vida, como a estrutura em aço, muitos materiais com potencial de reciclagem, e o uso de materiais renováveis como a madeira.

Além das causas já identificadas para o pior desempenho geral demonstrado pelo Caso 1, ainda é possível destacar a dificuldade de acesso aos sistemas, principalmente aos embutidos em paredes, pisos e tetos, os quais necessitam ocasionar danos nos elementos adjacentes para realizar manutenções e substituições, caracterizando um sistema interdependente. Em oposição, o Caso 2 apresenta vantagens significativas no atendimento às estratégias de AC, em razão do uso de sistemas aparentes e o acesso facilitado para manutenções de componentes embutidos em paredes e tetos, principalmente.

No entanto, o princípio de PA ficou prejudicado no Caso 2, principalmente na fase de Estudo Preliminar, devido a não previsão de um *layout* modular com dimensões regulares. Nesse contexto, o projeto do Caso 1 apresenta vantagens pela utilização de sistema estrutural com uma grade regular e padronizada, que apresenta dimensões regulares, assim como o uso de práticas, ferramentas e componentes padronizados no mercado.

Entretanto, o princípio de adaptabilidade (AD), capacidade considerada chave para o prolongamento da vida de uso da edificação e principalmente importante em edificações de longo prazo, é bastante prejudicada pelo subsistema construtivo de vedação do Caso 1, uma vez que as partições internas não permitem a flexibilidade de *layout* e facilidade de adaptação, à não previsibilidade de *layout* que incluiria o planejamento de cenários de usos futuros, e a não previsão de estrutura capaz de suportar uma possível expansão de pavimentos superiores. No entanto, o princípio foi favorecido devido ao *layout* modular com grade estrutural padrão e o mobiliário não fixo. Ainda, é possível mencionar que, sendo o Caso 1 uma edificação de grande porte, que abriga atividades de usos diversos, provavelmente demandará mudanças de uso frequentes em seus ambientes. Assim, é recomendado que uma capacidade extra e pontos extras de fornecimento de água e energia / lógica fosse considerado. No Caso 2, apesar da especificação de sistemas independentes e partições internas desmontáveis, as quais favorecem a flexibilidade de uso, o princípio de AD é prejudicado pela falta de modularidade e regularidade do *layout* e da grade estrutural, apresentando um espaço interno bastante compartimentado. Este último fator pode desfavorecer as futuras mudanças de uso da edificação.

A taxa de atendimento do princípio de C&R pelo projeto deve-se ao fornecimento de um Caderno de Encargos com todas as especificações do projeto, como apresentação de desenhos as *built*, e do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). No entanto, o desempenho de ambos os projetos ainda é considerado insatisfatório (aproximadamente 26% das estratégias atendidas) e deve-se à falta de um

sistema de gestão de manutenção a ser atualizado ao longo do uso operacional da edificação, à falta de planejamento da vida útil dos sistemas e determinação dos cenários de fim de vida, e, em consequência, falta de instruções de desmontagem ou desconstrução, preferencialmente utilizando o BIM para visualização do processo.

3 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo principal desenvolver um método prático, baseado na ISO 20887:2020, para avaliar o potencial de desmontagem e adaptabilidade em projetos de edificações de IFES, visando sua inserção na dinâmica da Economia Circular. Embora ainda não seja uma prática comum da indústria da construção no Brasil e no mundo, o PpD/A é considerado como a principal estratégia de projeto que dá suporte ao desenvolvimento da EC (Kręć-Grześkowiak; Baborska-Narożny, 2023). Apesar dos progressos de diretrizes e políticas públicas para o desenvolvimento sustentável nesse campo, a presente pesquisa identificou que, sobretudo no Brasil, a implementação de estratégias de projeto de edificações para atingir tal objetivo ainda é incipiente. Tal conclusão corrobora com o trabalho de Pittri et al. (2024), que descreveu diversas barreiras para implementação do PpD/A em países em desenvolvimento, incluindo a ausência de políticas para o projeto de desmontagem, a ausência de códigos de construção que orientam a utilização de materiais reutilizados e a ausência de estratégias eficazes para permitir a desconstrução.

O estudo reforça a urgência de políticas públicas que incorporem critérios de PpD/A em licitações de IFES, sugerindo que o formulário desenvolvido possa ser adotado como parâmetro em editais e diretrizes institucionais. Entretanto, as IFES no Brasil enfrentam desafios ainda maiores devido à sua complexidade no processo de elaboração de edificações. Devido a fatores organizacionais, políticos e econômicos nem sempre favoráveis, é necessário atender com responsabilidade às demandas do poder público e da sociedade, seguindo as diretrizes para o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, as IFES podem ser estudadas com interesse nesse contexto, devido à sua relevância para o progresso social e econômico.

Nesse sentido, os resultados apresentados pela avaliação demonstraram que o Formulário de Verificação é uma ferramenta válida para obtenção de diagnóstico acerca do atendimento aos princípios do PpD/A pôr projetos de edificações de IFES, uma vez que possibilita a determinação do potencial de desmontagem e adaptabilidade do projeto, auxiliando na tomada de decisão. No entanto, é orientado que outras análises que não foram aqui contempladas, possam ser conduzidas para a tomada de decisão em projeto, tais como custo-benefício, características regionais, níveis de conforto térmico e acústico, consumo energético ou de carbono incorporado, entre outros.

Como limitação, a pesquisa focou em dois estudos de caso, recomendando-se futuras aplicações em projetos com sistemas construtivos diversificados. Ademais, estudos que integrem o formulário a plataformas BIM podem otimizar a avaliação do PpD/A. A implementação dessas estratégias não apenas reduziria a geração de RCD, mas também alinharia as IFES aos ODS, fortalecendo seu papel como modelos de sustentabilidade no setor público.

Conclui-se que a aplicação sistemática do formulário por gestores e projetistas pode transformar as IFES em pioneiras da construção circular no Brasil, equilibrando eficiência operacional e responsabilidade ambiental. Portanto, esta pesquisa não apenas valida a utilidade do Formulário de Verificação como ferramenta diagnóstica, mas também evidencia a necessidade de políticas públicas que incentivem o PpD/A em IFES, como a inclusão de critérios circulares em editais. Embora os casos analisados revelem desafios – como a baixa adesão ao princípio de Coordenação e Responsabilidade (C&R) –, destacam-se oportunidades claras: sistemas pré-fabricados e independentes (caso 2) mostraram-se mais alinhados à EC, enquanto a carência de planejamento de fim de vida sinaliza a urgência de diretrizes institucionais. Recomenda-se, para pesquisas futuras, a expansão da análise para mais projetos e a integração do método com ferramentas digitais (BIM). Ao fomentar a adoção dessas práticas, as IFES podem liderar a transição para uma construção civil mais sustentável, reduzindo custos públicos e impactos ambientais, em consonância com a Agenda 2030.

REFERÊNCIAS

AKINADE, O.; OYEDELE, L.; OYEDELE, A.; DELGADO, J. M.; BILAL, M.; AKAMBI, L. Design for deconstruction using a circular economy approach: barriers and strategies for improvement. **Production Planning and Control**, v. 31, n. 10, p. 829–840, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695006>.

- ANDERY, P. R.; STARLING, C.; MARTINS, R. Avaliação do Processo de Projeto em Reformas de Edificações de Universidade Pública. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 10, n. 1, p. 49–66, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/gtp.v10i1.85384>.
- ASKAR, R.; BRAGANÇA, L.; GERVÁSIO, H. Design for Adaptability (DfA)—Frameworks and Assessment Models for Enhanced Circularity in Buildings. **Applied System Innovation**, v. 5, n. 1, p. 1–25, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/asi5010024>.
- BERTINO, G.; KISSER, J.; ZEILINGER, J.; LANGERBRADER, G. ; FISCHER, T. ; OSTERREUCGERM D. Fundamentals of building deconstruction as a circular economy strategy for the reuse of construction materials. **Applied Sciences** (Switzerland), v. 11, n. 3, p. 1–31, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11030939>.
- CARVALHO, J.; BORGES, M. M. Building sector materials reutilization: The disassembly as a design guideline. In: IX ENCONTRO NACIONAL; VII ENCONTRO LATINOAMERICANO; II ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS. **Anais...**, São Leopoldo, RS: UNISINOS, 2017, s/p.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **O labirinto das obras públicas**. 2a Edição. Brasília: CBIC, 2022.
- CHAKRABARTI, A. A course for teaching design research methodology. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 24, p. 317–334, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1017/S0890060410000223>.
- CHAREF, R. Supporting construction stakeholders with the circular economy: A trans-scaler framework to understand the holistic approach. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 8, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132421>.
- FARIA, R. S.; OLIVEIRA, M. F. DE; ANDERY, P. R. P. Processo de projeto em ambientes universitários: uma análise a partir do conceito de Performance Based Building. XVIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020, p.01–08.
- GIAMBERARDINO, G. G.; NAGALLI, A.; FERNANDES, V.; GARCIAS, C. M. **Modelo conceitual de critérios ambientais para contratação pública de obras rodoviárias federais**. Revista de Administração Pública, v. 56, n. 6, p. 843–856, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-761220220114>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. IBGE, v. 30, n. Rio de Janeiro, p. 1–4, 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Censo da Educação Superior 2022**. Principais Resultados. Ministério da Educação, Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados>.
- INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 20887: Sustainability in buildings and civil engineering works-Design for disassembly and adaptability-Principles, requirements and guidance**. ISO, 2020.
- JENSEN, K. G.; SOMMER, J. **Building a Circular Future**. 3. ed. Hvidovre: KLS Pure Print A/S, 2016. 309 p. Disponível em: https://gxn.3xn.com/wp-content/uploads/sites/4/2018/09/Building-a-Circular-Future_3rd-Edition_Compressed_V2-1.pdf.
- KANTERS, J. Design for deconstruction in the design process: State of the art. **Buildings**, v. 8, n. 11, 2018a. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings8110150>.
- KRĘT-GRZEŚKOWIAK, A.; BABORSKA-NAROZNY, M. Guidelines for disassembly and adaptation in architectural design compared to circular economy goals - A literature review. **Sustainable Production and Consumption**, v. 39, p. 1–12. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.04.020>.
- LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; VALLE, J. A.; ANTUNES JÚNIOR, A. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção**. Gestão & Produção, v. 20 (4), 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>.
- LI, C. Z.; ZHAO, Y.; XIAO, B.; YU, B.; TAM, W. W. Y.; CHEN, Z.; YA, Y. Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121458>.
- MACHADO, R. C.; DE SOUZA, H. A.; VERÍSSIMO, G. S. Analysis of guidelines and identification of characteristics influencing the deconstruction potential of buildings. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 8, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10082604>.
- NAGALLI, A. **Resíduos de construção civil: quantificação e gerenciamento**. 2ª ed, São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDADE (ONU) - BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

PITTRI, H.; GODAWATTE, G. A. G. R.; AGYEKUM, K.; BOTCHWAY, E. A.; DOMPEY, A. M. A.; ODURO, S.; ASAMOAH, E. Examining the barriers to implementing design for deconstruction in the construction industry of a developing country. **Construction Innovation**, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/CI-09-2023-0239>.

REIKE, D.; VERMEULEN, W. J. V.; WITJES, S. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 246–264, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>.

SECRETARIA DE ESTADO DA ADMINISTRAÇÃO E PATRIMÔNIO (SEAP). **Manual de Obras Públicas** – Edificações – Projeto. Portal de Compras do Governo Federal, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/acesso-a-informacao/manuais/manual-obras-publicas-edificacoes-praticas-da-seap-manuais>.

SILVA, R. C.; NAGALLI, A.; COUTO, J. P. **Avaliação do potencial de recuperação de edificações ao fim da vida útil: caso de uma instituição federal de ensino superior**. Interações (Campo Grande), v. 22 (3), p. 701–715, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.20435/inter.v22i3.2966>.

SPADOTTO, A.; NAGALLI, A.; SILVA, R. C.; SUKAR, S.F.; ROSA, A. **Modelo conceitual para concepção de projetos para desconstrução**. Revista Design & Tecnologia, v.13, n. 27, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.23972/det2023iss27pp57-69>.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

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