

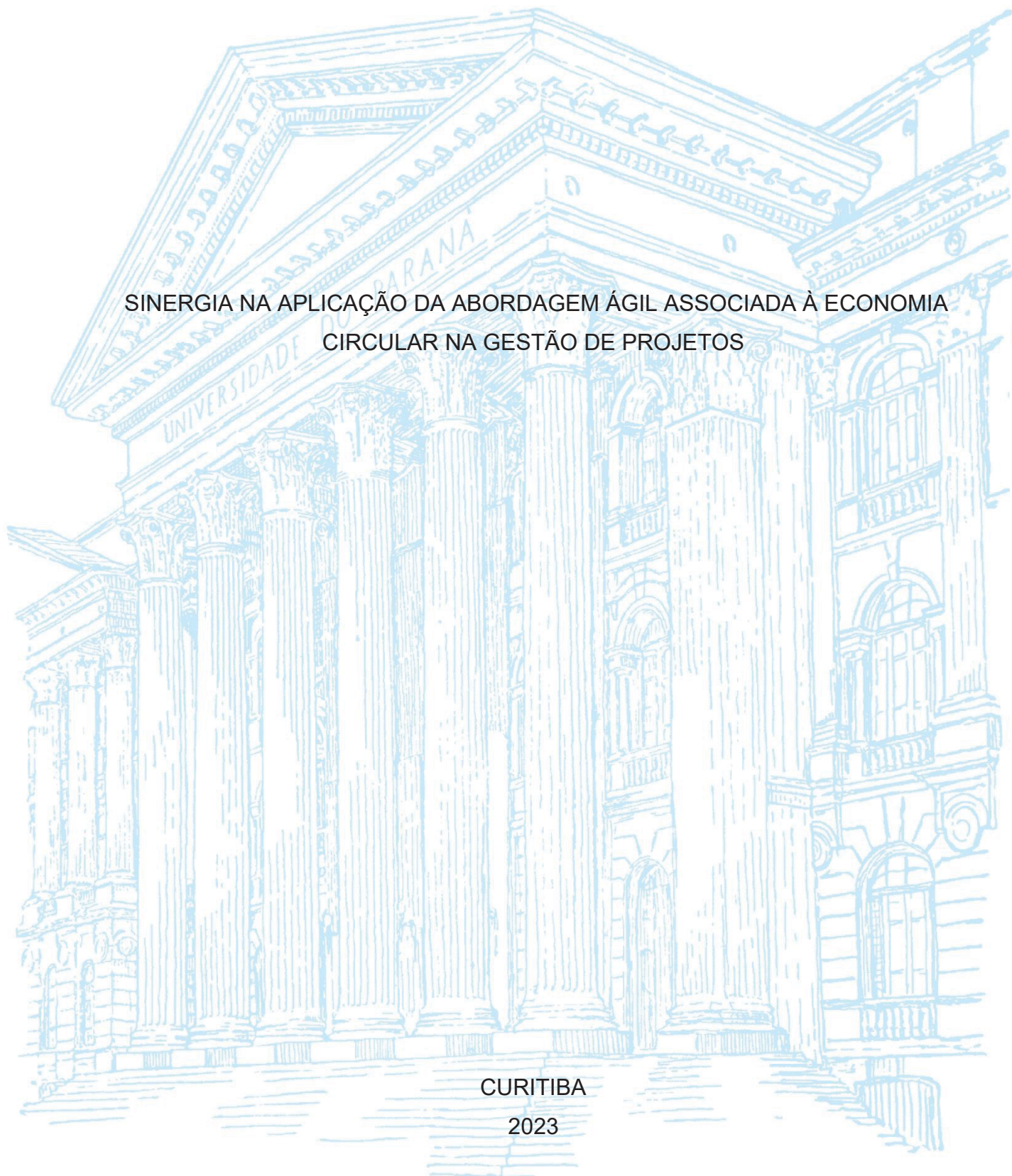
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FLÁVIA LUISA PIRES ENEMBRECK

SINERGIA NA APLICAÇÃO DA ABORDAGEM ÁGIL ASSOCIADA À ECONOMIA
CIRCULAR NA GESTÃO DE PROJETOS

CURITIBA

2023



FLÁVIA LUISA PIRES ENEMBRECK

SINERGIA NA APLICAÇÃO DA ABORDAGEM ÁGIL ASSOCIADA À ECONOMIA
CIRCULAR NA GESTÃO DE PROJETOS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Maria do Carmo Duarte Freitas

Coorientador: Prof. Dr. Luís Bragança

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Enembreck, Flávia Luisa Pires

Sinergia na aplicação da abordagem ágil associada à economia circular na gestão de projetos / Flávia Luisa Pires Enembreck. – Curitiba, 2023.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Maria do Carmo Duarte Freitas

Coorientador: Luís Bragança

1. Economia circular. 2. Indústria de construção civil. 3. Modelagem de informação da construção. 4. Scrum (Desenvolvimento de software) . I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Freitas, Maria do Carmo Duarte. IV. Bragança, Luís. V. Título.

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA CIVIL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **FLÁVIA LUISA PIRES ENEMBRECK** intitulada: **SINERGIA NA APLICAÇÃO DA ABORDAGEM ÁGIL ASSOCIADA À ECONOMIA CIRCULAR NA GESTÃO DE PROJETOS**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 05 de Setembro de 2023.

Assinatura Eletrônica

11/09/2023 10:16:02.0

MARIA DO CARMO DUARTE FREITAS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

06/09/2023 09:54:58.0

MAYARA REGINA MUNARO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

09/11/2023 10:01:55.0

ALFREDO IAROSINSKI NETO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela luz e proteção em todos os caminhos da minha vida e por nunca me desamparar.

Agradeço especialmente aos meus pais, Fábio e Maria Eliana, e à minha irmã Fábiana por toda força e incentivo que me deram, por sempre estarem presentes e por todas as orações. Sem dúvida, eles foram meu alicerce para chegar até aqui.

À Prof.^a Dra. Maria do Carmo Duarte Freitas por me receber como orientanda, pela disposição em me ajudar para que essa dissertação fosse realizada da melhor forma e pelo carinho com que sempre me acolheu.

Ao Prof. Dr. Luis Bragança por aceitar ser meu coorientador, por todo o apoio que me deu no desenvolvimento dos artigos e pela confiança em mim depositada.

Aos professores Mayara Regina Munaro e Alfredo Iarozinski Neto por aceitarem participar da banca examinadora e por me trazerem contribuições valiosas para o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Daniane Franciesca Vicentini por ser minha primeira orientadora e estar sempre à disposição.

Ao professor Sérgio Fernando Tavares por trazer contribuições e auxiliar em minhas produções acadêmicas.

Aos meus colegas do mestrado, agradeço pela amizade e companhia, principalmente durante o período de curso das disciplinas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e à Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela oportunidade de ser discente de mestrado e pelo suporte oferecido.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida no início do meu mestrado.

RESUMO

Esta dissertação investigou a sinergia entre a economia circular e a abordagem ágil na gestão de projetos de construção. O setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), apesar de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico, enfrenta desafios ambientais significativos. A transição da economia linear para a circular tem sido considerada uma estratégia para mitigar os impactos negativos do setor. A gestão tradicional de projetos na construção apresenta limitações diante da complexidade e incertezas e a metodologia ágil tem se destacado como uma alternativa promissora para enfrentar esses desafios. Este estudo compôs-se por três artigos para alcance dos objetivos específicos, sendo que o primeiro e o segundo artigo estabelecem a base conceitual e os parâmetros de análise, enquanto o terceiro artigo utiliza esses dados para encontrar sinergia entre o ágil e a economia circular. No primeiro artigo, realizou-se uma revisão sistemática da literatura para mapear os atributos ágeis aplicados à gestão de projetos de construção. Foram identificados quatro principais atributos: comunicação eficaz, gerenciamento de mudanças, colaboração e flexibilidade, com destaque para a adaptabilidade do Scrum às fases do ciclo de vida da construção. No segundo artigo, por meio de outra revisão sistemática da literatura, foram atualizadas as práticas de economia circular na construção. Foram mapeadas 12 práticas adicionais, com ênfase na utilização de tecnologias digitais, novas aplicações do BIM no ciclo de vida do edifício e projeto de eficiência energética. As práticas foram correlacionadas aos estágios de ciclo de vida da construção e com os 10 Rs da sustentabilidade, evidenciando maior número de relações com o estágio inicial do projeto e com o conceito “Repensar”. O terceiro artigo buscou relacionar teoricamente as práticas de economia circular com a abordagem ágil, a partir dos dados dos dois primeiros artigos. Foram identificadas interações positivas entre características ágeis e práticas de economia circular, destacando a flexibilidade, transparência e colaboração como pontos de convergência. Estabeleceu-se uma proposta de adaptação do *framework* Scrum para incorporar práticas de economia circular, demonstrando como a gestão ágil promoverá implementação gradual e articulada da economia circular nos projetos de construção. A pesquisa validou que há sinergia entre a metodologia ágil e a economia circular na indústria construtiva, oferecendo uma abordagem dinâmica e sustentável para a gestão de projetos. A combinação desses dois conceitos contribuirá para projetos mais eficientes, colaborativos e ambientalmente responsáveis. Recomenda-se estudos futuros para validar empiricamente essas relações e explorar a conexão entre a abordagem ágil e outras metodologias da construção, bem como investigar práticas em estágios avançados da economia circular.

Palavras-chave: Ágil. Scrum. Economia circular. Indústria da construção. Projeto de construção.

ABSTRACT

This dissertation explored the synergy between circular economy and agile approach in construction project management. The Architecture, Engineering, and Construction (AEC) sector contributes to socioeconomic development but faces significant environmental challenges. The transition from a linear economy to a circular one is considered a strategy to mitigate the sector's negative impacts. Considering its complexity and uncertainty, traditional project management in construction is reaching its limits. Thus, Agile methodology has emerged as a promising alternative to address these challenges. This study consisted of three articles to achieve our specific objectives. The first article conducted a systematic literature review to capture the Agile attributes applied in construction project management, where the first and second articles establish the conceptual basis and analysis parameters, while the third article uses these data to find synergies between agile and circular economy. Four main attributes were identified: effective communication, change management, collaboration, and flexibility, focusing on Scrum adaptability to the phases of the construction project life cycle. The second article updated circular economy practices in construction through another systematic review. Twelve additional practices were mapped, focusing on digital technologies use, new applications of BIM in the building life cycle, and energy-efficient design. The practices were related to the phases of the building life cycle and the 10 Rs of sustainability, showing a more significant number of relationships to the initial phase of the project and the "rethinking" concept. The third article theoretically connects circular economy practices and the Agile approach, based on data from the first two articles. Positive interactions were found between Agile characteristics and the circular economy ones, highlighting flexibility, transparency, and collaboration as convergence points. A proposal for adapting the Scrum framework to incorporate circular economy practices were developed, demonstrating how Agile management can promote the incremental and focused implementation of circular economy in construction projects. The research confirms that synergies between agile methodology and circular economy in construction provide a dynamic and sustainable approach to project management. Combining these two approaches will contribute to more efficient, collaborative, and environmentally friendly projects. The authors recommend future studies empirically validating these relationships and exploring the link between the agile approach and other construction methodologies and practices in the advanced stages of the circular economy.

Palavras-chave: Agile. Scrum. Circular economy. Construction industry. Construction project.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Pesquisa sobre os principais problemas na Indústria da Construção....	17
FIGURA 2 - Percentual de popularidade dos métodos ágeis nas organizações.....	28
FIGURA 3 - Processo de desenvolvimento do Scrum.....	31
FIGURA 4 - Quadro de tarefas no Scrum	32
FIGURA 5 - Modelo de quadro Kanban no Trello.....	33
FIGURA 6 - Diagrama borboleta da economia circular: ciclos biológico e técnico	35
FIGURA 7 - O <i>framework</i> da economia circular por Weetman (2019)	36
FIGURA 8 - Resumo dos 10 Rs da sustentabilidade	39
FIGURA 9 - Transição de mindset linear para circular	40
FIGURA 10 - <i>Framework</i> circular de negócios para a indústria da construção.....	46
FIGURA 11 - Funil com número de artigos por processo de seleção	57
FIGURA 12 - Relação de artigos por etapa de seleção	101
FIGURA 13 - Estágios do ciclo de vida conforme EN 15804	102
FIGURA 14 - Lista dos 10 Rs da sustentabilidade	103
FIGURA 15 - Relação das 32 PECs com os 10 Rs.....	125
FIGURA 16 - Representação gráfica da quantidade de PECs relacionadas com os 10 Rs.....	126
FIGURA 17 - Estágios do ciclo de vida de um edifício para categorização das PECs	144
FIGURA 18 - Incidência de interações por prática de EC	156
FIGURA 19 - Incidência de interações por atributo ágil	157
FIGURA 20 - Incidência de interações por estágio de ciclo de vida.....	158
FIGURA 21 - Incidência de interações por estágios do ciclo de vida e tipo dos atributos ágeis.....	159
FIGURA 22 - Esquema de gestão de um projeto de inovação circular utilizando o <i>framework</i> Scrum	164
FIGURA 23 - Exemplo do <i>Backlog</i> do Produto do projeto de inovação da Obra 1..	182
FIGURA 24 - Exemplo do <i>Backlog</i> da <i>Sprint</i> 1 do projeto de inovação da Obra 1..	184
FIGURA 25 - Exemplo de <i>card</i> de uma tarefa da <i>sprint</i>	185
FIGURA 26 - Quadro Kanban de tarefas	186
FIGURA 27 - Quadro da Retrospectiva da <i>sprint</i>	187

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Valores do Manifesto Ágil por Beck <i>et al.</i> (2001).....	21
QUADRO 2 - Princípios do Manifesto Ágil por Beck <i>et al.</i> (2001)	22
QUADRO 3 - Características da gestão ágil	23
QUADRO 4 - Resumo das vantagens e desvantagens da gestão ágil de projetos...	26
QUADRO 5 - Componentes da estrutura do <i>framework</i> Scrum	29
QUADRO 6 - Oportunidades e desafios da economia circular.....	37
QUADRO 7 - Estratégia de pesquisa nas bases de dados	55
QUADRO 8 - Protocolo de pesquisa	56
QUADRO 9 - Grupos de códigos da pesquisa	59
QUADRO 10 - Códigos da pesquisa	60
QUADRO 11 - Principais características, recursos e descrição do ambiente ágil.....	63
QUADRO 12 - Correlação entre os 4 valores e os 12 princípios do Manifesto ágil...	65
QUADRO 13 - Associação de códigos com os 12 princípios do Manifesto ágil	65
QUADRO 14 - Estratégia de pesquisa nas bases de dados	98
QUADRO 15 - Práticas de economia circular em projetos de construção	98
QUADRO 16 - Protocolo de pesquisa	99
QUADRO 17 - Práticas adicionais de economia circular em projetos de construção	104
QUADRO 18 - Benefícios das tecnologias disruptivas para a economia circular na construção civil.....	106
QUADRO 19 - Lista final das PECs em projetos de construção relacionadas aos estágios do ciclo de vida	122
QUADRO 20 - Codificação do tema de economia circular na indústria da construção	145
QUADRO 21 - Codificação do tema de gestão ágil na indústria da construção.....	146
QUADRO 22 - Etapas da análise de conteúdo	147
QUADRO 23 - Matriz de contingência.....	149

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ACV	- Avaliação do ciclo de vida
ASD	- Desenvolvimento adaptativo de <i>software</i>
AM	- Modelagem ágil
ANOVA	- Análise de variância
AEC	- Arquitetura e de Engenharia da Construção
BIM	- <i>Building Information Model</i>
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEN	- Comitê Europeu de Normalização
CICS	- Sistemas de Classificação de Informação da Construção
CNI	- Confederação Nacional da Indústria
CNN	- Redes Neurais Convolucionais
DAP	- Declaração Ambiental de Produto
DfA	- <i>Design for Assembly</i>
DfM	- <i>Design for Manufacture</i>
DfMA	- <i>Design for Manufacture and Assembly</i>
DSDM	- Método de desenvolvimento de sistemas dinâmicos
DSR	- <i>Design Science Research</i>
EC	- Economia circular
EMF	- Ellen Macarthur Foundation
EPC	- <i>Engineering, Procurement & Construction</i>
XP	- Programação extrema
FDD	- Desenvolvimento orientado por funcionalidades
GEE	- Gases de efeito estufa
IA	- Inteligência Artificial
IoT	- Internet das coisas
ISD	- Desenvolvimento em velocidade da internet
EPS	- Poliestireno expansível
LCC	- Custo de ciclo de vida
M/C	- <i>Material/Component Bank</i>
MQT	- <i>Model Quality Takeoff</i>
PEC(s)	- Prática(s) de economia circular
PMI	- Project Management Institute

PO	- <i>Product Owner</i> ou Dono do Produto
PP	- Programação pragmática
PPGEC	- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
RA	- Realidade Aumentada
RCD	- Resíduos de construção e demolição
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
SM	- Scrum <i>Master</i>
TI	- Tecnologia da Informação
TIC	- Tecnologias de Informação e Comunicação
UFPR	- Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.1.1 Aspectos acadêmicos.....	15
1.1.2 Aspectos socioeconômicos	16
1.1.3 Aspectos ambientais	18
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo geral	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 ABORDAGEM ÁGIL.....	21
2.1.1 Origem e conceito do ágil.....	21
2.1.2 Vantagens e desvantagens da gestão ágil.....	23
2.1.3 Principais <i>frameworks</i> ágeis.....	26
2.2 O <i>FRAMEWORK</i> SCRUM.....	28
2.3 ECONOMIA CIRCULAR.....	33
2.3.1 Caracterização da economia circular	33
2.3.2 Da economia linear para a circular	38
2.4 SÍNTESE DAS TEMÁTICAS APLICADAS À CONSTRUÇÃO	41
2.4.1 Ágil aplicado à construção.....	41
2.4.2 Economia circular aplicada à construção	43
3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	48
4 MAPEAMENTO DOS ATRIBUTOS DA GESTÃO ÁGIL APLICADOS EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO	51
4.1 INTRODUÇÃO	52
4.2 MÉTODO.....	53
4.2.1 Descrição das etapas	54
4.2.2 Codificação.....	59
4.3 RESULTADOS	60
4.3.1 Análise quantitativa das publicações selecionadas	60
4.3.2 Análise qualitativa da gestão ágil para a indústria da construção	61
4.3.2.1 Caracterização da gestão ágil	61

4.3.2.1.1	Características, recursos e descrição do ambiente ágil.....	61
4.3.2.1.2	Relação dos códigos com valores e princípios do Manifesto Ágil.....	64
4.3.2.2	Scrum - Principal <i>framework</i> adotado.....	66
4.3.2.2.1	Eventos do Scrum	66
4.3.2.2.2	Papéis do Scrum	68
4.3.2.2.3	Artefatos do Scrum	69
4.3.2.3	Problemas mitigados pela gestão ágil na indústria da construção	70
4.3.2.4	Aplicação do ágil em projetos de construção	70
4.3.2.5	Conceitos sobre a abordagem híbrida.....	72
4.3.3	Discussões	72
4.4	CONCLUSÕES	75
4.5	REFERÊNCIAS.....	76
4.6	APÊNDICE A - REFERÊNCIAS DOS 26 ARTIGOS	80
4.7	APÊNDICE B - LISTA DE CÓDIGOS.....	81
4.8	APÊNDICE C - RESUMO DOS 26 ARTIGOS.....	83
4.9	APÊNDICE D - MÉTODO DOS 26 ARTIGOS.....	86
4.10	APÊNDICE E - PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DOS 26 ARTIGOS	89
5 PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO: UM ESTUDO DA LITERATURA		94
5.1	INTRODUÇÃO	95
5.2	MÉTODO DA PESQUISA	97
5.3	RESULTADOS	103
5.3.1	Análise de conteúdo das práticas mapeadas	105
5.3.1.1	Utilização de tecnologias digitais para promoção da economia circular	105
5.3.1.2	Uso de materiais de base biológica.....	109
5.3.1.3	Projeto de eficiência energética.....	110
5.3.1.4	BIM para Gerenciamento de resíduos de construção e demolição	112
5.3.1.5	BIM para melhorar a operação, manutenção e gerenciamento de ativos...	114
5.3.1.6	BIM para desconstrução de edifícios.....	115
5.3.1.7	Modelagem adaptativa do custo do ciclo de vida	116
5.3.1.8	Abordagem DfMA no projeto de fabricação e montagem	117
5.3.1.9	Reciclagem de resíduos <i>in loco</i>	118
5.3.1.10	Gerenciamento de materiais perigosos	119
5.3.1.11	Uso de materiais locais.....	120

5.3.1.12	Gerenciamento operacional da ocupação de espaços de edificações	120
5.3.2	Lista final das PECs e relação com estágios do ciclo de vida	121
5.3.3	Análise das PECs com os 10 Rs da sustentabilidade	125
5.4	DISCUSSÕES	126
5.4.1	Discussões de conteúdo	127
5.4.2	Lacunas da pesquisa	131
5.5	CONCLUSÕES	131
5.6	REFERÊNCIAS	133
6	RELAÇÕES TEÓRICAS ENTRE AS PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR E A ABORDAGEM ÁGIL EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO	139
6.1	INTRODUÇÃO	140
6.2	MÉTODO DA PESQUISA	142
6.3	RESULTADOS	147
6.4	DISCUSSÕES	159
6.5	CONCLUSÕES	165
6.6	REFERÊNCIAS	168
6.7	APÊNDICE A - DESCRIÇÃO DAS INTERAÇÕES	170
6.8	APÊNDICE B - SIMULAÇÃO DA CONVERGÊNCIA NA APLICAÇÃO DO ESQUEMA ÁGIL ASSOCIADO À ECONOMIA CIRCULAR	181
6.8.1	Etapa 1 – <i>Backlog</i> do Produto	181
6.8.2	Etapa 2 – Planejamento da <i>sprint</i>	182
6.8.3	Etapa 3 – <i>Backlog</i> da <i>sprint</i>	183
6.8.4	Etapa 4 – <i>sprint</i>	185
6.8.5	Etapa 5 – Revisão da <i>sprint</i>	186
6.8.6	Etapa 5 – Retrospectiva da <i>sprint</i>	186
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	188
	REFERÊNCIAS	192

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção destaca-se pela sua importância para o desenvolvimento socioeconômico dos países, principalmente por corresponder a uma grande parcela monetária da produção de bens e serviços a nível global, por ter uma extensa demanda de empregos e por envolver uma complexa cadeia logística. Em paralelo a isso, a construção civil se evidencia por impactos nocivos ao meio ambiente (Oluleye; Chan; Antwi-Afari, 2022). Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2022) apontam que esse setor é responsável por cerca de 40% da geração de resíduos e 25% da emissão de dióxido de carbono em percentuais mundiais. Adicionalmente, de acordo com Krausmann *et al.* (2017), 50% de todos os recursos naturais extraídos anualmente em escala global são direcionados para a construção ou renovação de estoques de materiais em uso. Diante disso, autores como Kucukvar *et al.* (2021) apontam a transição da economia linear para uma economia circular (EC) como uma estratégia de mitigação e minimização dessas externalidades negativas.

Até o presente momento, os projetos de construção caracterizam-se pela predominância da gestão tradicional de projetos. A metodologia tradicional trata-se de uma abordagem em “cascata” (*Waterfall*, em inglês), na qual as etapas do projeto são executadas sequencialmente (Mohamed; Moselhi, 2019). Os projetos de construção são complexos, sujeitos a altos níveis de incerteza econômica e rígidos diante de mudanças. Esses problemas da indústria da construção do projeto advêm da padronização limitada dos processos, dificuldade de coordenação pela dispersão de responsabilidades entre empresas envolvidas e as etapas do projeto, estruturas contratuais desalinhadas e riscos mal gerenciados (Mckinsey & Company, 2020). Em decorrência dessa complexidade, mapeiam-se maiores riscos aos projetos, exigindo uma gestão mais eficaz (Silva; Kikuti; Melhado, 2018). Um exemplo recente de instabilidade no setor foi a pandemia da COVID-19, em que a indústria da construção se deparou com o aumento de preços de materiais e com a falta de recursos (Osunsanmi *et al.*, 2021), os quais, em conjunto com a expressiva geração de resíduos, se mantêm, atualmente, como os principais problemas da indústria (CNI, 2022).

Em virtude desse cenário, a efetividade da metodologia tradicional de gestão tem sido questionada por pesquisadores nos últimos anos pelo intenso aparecimento de incertezas e dinamismo no mercado da indústria da construção (Akel *et al.*, 2019).

Os profissionais desse setor estão em busca de alternativas para o gerenciamento dos projetos, de forma que agreguem valor aos empreendimentos, controlem melhor os orçamentos e os cronogramas, além de alcançar projetos mais eficientes e eficazes (Durante *et al.*, 2015). Neste contexto, revela-se a abordagem ágil como alternativa para mitigar os problemas que a gestão tradicional enfrenta (Arefazar *et al.*, 2019). O Scrum é o *framework* ágil mais utilizado e, conforme Mohammed e Karri (2020), promove um gerenciamento satisfatório de mudanças e mitiga questões como a alta nos custos, cronograma atrasado e problemas de produtividade e de qualidade.

Concomitantemente, discussões acerca da transição da economia linear para uma economia circular foram levantadas como uma forma de minimizar os impactos negativos no meio ambiente pela indústria da construção (Wuni, 2022). Verifica-se uma movimentação crescente de políticas, pesquisas acadêmicas e iniciativas voltadas à promoção da economia circular na construção (Guerra *et al.*, 2021).

Entende-se que a adoção de uma metodologia de gestão de projetos mais adaptativa (como o Scrum) e a transição para uma economia circular são transformações necessárias à indústria da construção. Além da potencialidade de aplicação em projetos de construção, identificam-se semelhanças entre práticas ágeis e o Scrum com a economia circular, tais como: o princípio cíclico, a busca pela entrega máxima de valor e o enfoque na colaboração e na comunicação.

A partir disso, fundamenta-se a investigação da presente pesquisa buscando responder o seguinte problema: “Existem sinergias entre as práticas de economia circular (PECs) com a abordagem ágil na gestão de projetos da indústria da construção?”.

1.1 JUSTIFICATIVA

1.1.1 Aspectos acadêmicos

A aplicação da metodologia ágil e a incorporação da economia circular na indústria da construção civil têm se desenvolvido, paralelamente, cada vez mais nos últimos anos conforme tendência de publicações nas bases de dados Science Direct, Scopus e Web of Science. Porém há uma escassez de estudos que correlacionem as duas temáticas (ágil e economia circular) em projetos de construção. Ao buscar artigos, nas bases de dados Science Direct e Web of Science, utilizando as palavras-

chave “*circular economy*”, “*Agile*” e “*construction industry*” não foram encontrados resultados. Já na base de dados Scopus, utilizando as mesmas palavras-chave, localizam-se 260 publicações relacionadas, dentre as quais somente 2 mencionam as palavras-chave no título, resumo e/ou palavras-chave. Reforça-se que o único parâmetro de busca foi as palavras relacionadas, sem limitar períodos ou demais tópicos de consulta. Ao substituir “*Agile*” por “*Scrum*”, nenhuma publicação foi encontrada nas bases de dados Science Direct e Web of Science. Já na Scopus, localizaram-se 5 documentos, dentre os quais nenhum têm as palavras-chave em seus títulos, resumos e/ou palavras-chave. A data em que a busca foi realizada nas bases foi início de agosto de 2023.

Em paralelo, realizou-se uma busca na literatura cinza, utilizando a base de dados Dimensions. Para a extração de dados, primeiramente pesquisou-se materiais utilizando as palavras-chave “*circular economy*”, “*Agile*” e “*construction industry*” considerando a busca em dados completos. O retorno da quantidade de publicações encontradas foram 2427. Em uma análise prévia das primeiras publicações encontradas, verificou-se que relacionar conceitos de ágil e economia circular não era o foco das publicações. Dessa forma, restringiu-se a pesquisa de publicações, buscando investigar materiais da literatura cujos título e resumo mencionam as palavras-chave “*circular economy*”, “*Agile*” e “*construction industry*”. Nenhuma publicação foi encontrada adotando esses critérios de busca.

A pouca quantidade de resultados de pesquisas acadêmicas em torno do tema da presente dissertação mostra como sua abordagem é inovadora no meio acadêmico. Espera-se que, por meio dos *insights* obtidos nesta pesquisa com os conhecimentos sobre a metodologia ágil, o *framework* ágil Scrum e a economia circular, propiciem-se subsídios posteriormente para pesquisas de melhoria de gestão e processos dentro da indústria da construção.

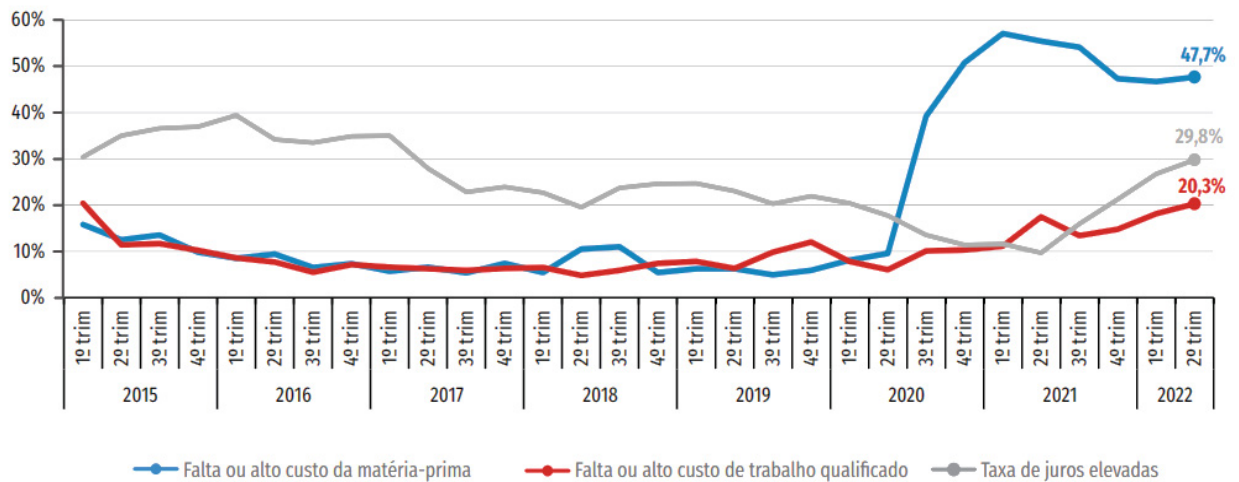
1.1.2 Aspectos socioeconômicos

O setor da indústria da construção civil é de extrema importância para a economia nacional e internacional, porém tem se tornado cada vez mais incerto e complexo (Mckinsey & Company, 2020). Em função disso, para assegurar o bom desempenho dos projetos de construção e obter impactos positivos na economia, é primordial se atentar ao atual cenário e às deficiências na gestão.

A pandemia da COVID-19, iniciada em 2019, trouxe um cenário de incerteza, de tensão e de riscos para os setores da economia mundial. A indústria da construção foi uma das impactadas com a interrupção da cadeia de suprimentos de construção, restrição da movimentação dos materiais, paralisação e/ou suspensão de projetos e desalinhamento das demandas como, por exemplo, a necessidade de novas unidades de saúde e centros de isolamento (Osunsanmi *et al.*, 2021).

A Confederação Nacional da Indústria - CNI (2022) aponta, como principal problema da construção, a escassez e/ou a elevação de custo dos recursos de matéria-prima. A FIGURA 1 apresenta a pesquisa realizada pela CNI (2022), na qual levantaram-se os percentuais de assinalações feitas por profissionais da construção em relação aos problemas enfrentados pela indústria da construção. Verifica-se que 47,7% das assinalações referem-se à falta ou ao alto custo da matéria-prima em 2022.

FIGURA 1 - Pesquisa sobre os principais problemas na Indústria da Construção



FONTE: CNI (2022).

McKinsey & Company (2020) afirmou que a indústria da construção civil tende a ser mais inconstante em comparação a outros setores da economia, mesmo que grandes incertezas estejam afetando todo o contexto econômico. A complexidade dos projetos de construção estão cada vez maiores, devido à demanda cíclica, à dificuldade de gestão, aos desalinhamentos entre contratos e incentivos, bem como à falta de gerenciamento de riscos dos projetos. Seguidamente dos tempos pandêmicos, prevê-se o surgimento de várias mudanças no mercado da construção, tais como McKinsey & Company (2020) descreveu:

[...] escassez de mão de obra qualificada, pressão persistente de custos de infraestrutura e habitação a preços acessíveis, regulamentações mais rígidas sobre sustentabilidade e segurança no local de trabalho e evolução da sofisticação e necessidades de clientes e proprietários. Disrupções emergentes, incluindo industrialização e novos materiais, digitalização de produtos e processos e novos participantes, moldarão a dinâmica futura do setor. (McKinsey & Company, 2020, p. 3, tradução nossa).

Historicamente, fatores da industrialização, globalização e digitalização impactam diretamente na indústria de construção e também são os principais fatores de mudanças em todos os setores da economia geral (McKinsey & Company, 2020). Diante das mudanças recorrentes no setor, McKinsey & Company (2020) ressalta a importância de absorver soluções mais ágeis e respostas mais eficientes.

Ressalta-se que as frequentes variações e mudanças em projetos de construção inclinam-se à necessidade de um gerenciamento cada vez mais adaptativo e acelerado para atingir resultados mais satisfatórios. Em decorrência disso, este trabalho traz a ideia da utilização da abordagem da gestão ágil de projetos em substituição da metodologia tradicional. Simultaneamente, como verificado na FIGURA 1, a falta de recursos e o aumento de custo estão impactando negativamente os projetos e isso é mitigado com a transição da economia linear para a circular.

1.1.3 Aspectos ambientais

A representatividade da indústria da construção para o desenvolvimento socioeconômico global é expressiva, seja pela geração de emprego quanto pelo giro de capital. Contudo, o consumo sustentável de recursos da construção é fundamental para que o setor continue impactando positivamente a economia. Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2022) apresentaram dados estimados de que a indústria da construção civil é responsável, mundialmente, por cerca de 40% da geração de resíduos e por, aproximadamente, 25% da emissão de dióxido de carbono. Nesse sentido, a economia linear, caracterizada pelo “pegar, fazer e descartar”, configura a construção como uma das áreas mais geradoras de resíduos e aponta-se evidências de insustentabilidade nesta indústria (Oluleye; Chan; Antwi-Afari, 2022).

Dentre os impactos negativos advindos dos resíduos da construção e demolição têm-se solos deteriorados, recursos cada vez mais escassos e poluição do meio ambiente. A tendência de geração de resíduos vem crescendo exponencialmente e, por isso, busca-se por soluções inovadoras para precaver tais

problemas ambientais (Yu *et al.*, 2022). A mudança climática se trata de mais um problema agravado pela construção civil. Na Europa, 36% dos gases de efeito estufa são decorrentes dos produtos deste setor. A redução de emissões desses gases em 55% até 2030 é uma das metas definidas no Programa Europeu de Mudanças Climáticas. Reforçam-se que é preciso de mudanças nas organizações da indústria da construção para alcançar esse percentual de redução (Dräger; Letmath, 2022).

Diante do panorama ambiental apresentado sobre a indústria da construção, é nítida a necessidade da adoção de práticas mais sustentáveis e do gerenciamento oportuno de mudanças. Neste sentido, a economia circular e o pensamento ágil ganham força para serem implementados no setor.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a existência de sinergia entre as práticas de economia circular e a abordagem ágil na gestão de projetos construtivos.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- a. Investigar o estado da arte sobre aplicação do ágil na indústria da construção;
- b. Identificar os principais atributos ágeis aplicados à gestão de projetos de construção;
- c. Mapear práticas da economia circular em projetos de construção na literatura atual e as respectivas relações com os estágios de ciclo de vida e os Rs da sustentabilidade.
- d. Relacionar os principais atributos ágeis obtidos (b) com as práticas da economia circular (c).

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho totaliza-se por sete capítulos. No capítulo 1 apresentou-se uma breve introdução do estudo proposto, os objetivos e a justificativa. No capítulo 2 tem-se o referencial teórico com os conceitos fundamentais a este estudo, os quais discorrem sobre a abordagem ágil, o Scrum, a Economia Circular e os principais problemas na indústria da construção. No capítulo 3 é retratado o encaminhamento metodológico dos três artigos que comporão os resultados desta pesquisa. O capítulo 4 apresenta o primeiro artigo denominado “Mapeamento dos atributos da gestão ágil aplicados em projetos de construção”, que objetiva atender os dois primeiros objetivos específicos da dissertação. O capítulo 5 trará o segundo artigo cujo título é “Práticas de economia circular em projetos de construção: um estudo da literatura”, contribuindo para a atualização das práticas de economia circular pela literatura e atingindo o terceiro objetivo específico. O capítulo 6 compõe-se do terceiro artigo intitulado “Relações teóricas entre as práticas de economia circular e a abordagem ágil em projetos de construção” o qual trará os resultados finais da pesquisa e atingirá o último objetivo específico. Por fim, no capítulo 7, ter-se-ão as considerações finais com as principais conclusões do trabalho e discussões sobre pesquisas futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A seguir serão apresentados os principais conceitos acerca do tema desta dissertação. Tem-se um aprofundamento sobre a abordagem ágil e o *framework* mais utilizado que é o Scrum. Na sequência, uma breve conceituação da economia circular é descrita. Por fim, foram trazidos trabalhos aplicados à indústria da construção relacionados, paralelamente, ao ágil e à EC.

2.1 ABORDAGEM ÁGIL

A seguir, serão apresentados a origem e o conceito do ágil, as vantagens e desvantagens em relação à gestão de projetos, como também um resumo sobre os principais *frameworks* ágeis.

2.1.1 Origem e conceito do ágil

O ágil é uma abordagem, um método, uma prática, uma técnica e/ou uma estrutura (PMI, 2017). O marco inicial da utilização do ágil ocorreu na década de 80 no Japão para processos industriais de desenvolvimento de produto e, anos depois, estenderam-se para a indústria de *software* dos Estados Unidos (Raharjo; Purwandari, 2020). A conceituação do ágil se consolidou com o Manifesto ágil em 2001, no qual especialistas da área de desenvolvimento de *software* se reuniram para tratar sobre a cultura ágil com a definição dos valores e princípios. Beck *et al.* (2001) expuseram os quatro valores ágeis e os doze princípios conforme os QUADROS 1 e 2.

QUADRO 1 - Valores do Manifesto Ágil por Beck *et al.* (2001)

Valores
Indivíduos e interações sobre processos e ferramentas
<i>Software</i> funcionando sobre documentação abrangente
Colaboração do cliente sobre a negociação do contrato
Responder à mudança ao invés de seguir um plano

FONTE: A autora.

QUADRO 2 - Princípios do Manifesto Ágil por Beck *et al.* (2001)

Princípios
A maior prioridade é satisfazer o cliente através da entrega antecipada e contínua
Receptividade à mudança de requisitos, trazendo vantagem competitiva do cliente
Entregas frequentes do <i>software</i> em funcionamento em prazos curtos
Indivíduos de negócios e desenvolvedores devem trabalhar diariamente em conjunto
Construção de projetos em torno de uma equipe motivada através do ambiente de trabalho, do suporte ofertado e da confiança depositada em seu trabalho
A conversa cara-a-cara é o método mais eficaz e eficiente para transmitir informações à equipe
A principal medida de progresso é o <i>software</i> funcionando
Promoção do desenvolvimento sustentável com um ritmo constante
Atenção contínua à excelência técnica e ao <i>design</i> adequado aumenta a agilidade
Valorização da simplicidade
Auto-organização das equipes para melhores resultados
Melhoria contínua de comportamento a partir da reflexão da equipe em intervalos regulares

FONTE: A autora.

Desde o acontecimento do Manifesto Ágil, a aplicação desses valores e princípios se disseminou para setores além do desenvolvimento de *software* (PMI, 2017). O 15º *State of Agile Report* de *Digital.ai* (2021) mostrou uma expansão, em virtude da distribuição da força de trabalho global, da adoção da abordagem ágil em áreas como tecnologia de informação (TI), finanças, recursos humanos, marketing. Essa disseminação evolui cada vez mais desde o primeiro relatório publicado em 2006. Mencionaram-se também que, mesmo após duas décadas do Manifesto Ágil, as práticas ágeis são pertinentes ao mercado atual, principalmente pela crescente pressão para atender às necessidades de clientes e partes interessadas rapidamente. O período da pandemia de Covid-19, iniciada em 2020, trouxe incertezas às empresas e reforçou a importância em ter uma gestão de projetos preparada para cenários de bruscas e repentinas mudanças. A adoção do ágil por indústrias de várias modalidades veio como uma alternativa para conseguir maior flexibilidade, dinamismo e praticidade aos processos de gerenciamento (Marnarda *et al.*, 2022).

A utilização da abordagem ágil é recomendada para projetos com alto grau de incerteza decorrente da variedade de mudanças, da elevada complexidade e da identificação dos riscos. À medida que o ambiente se torna cada vez mais incerto, a eficiência da gestão tradicional cai, pois a abordagem tradicional está condicionada à definição de todo o escopo precocemente e a reagir tardiamente às mudanças. O

gerenciamento em ciclos curtos e a adaptabilidade por meio da avaliação e do *feedback* são objetivos do ágil que agregam na condução de projetos repletos de incertezas. Através da entrega incremental, a equipe consegue antecipar problemas e alterar o incremento subsequente, reduzindo retrabalhos e melhorando o entendimento dos requisitos junto com o cliente, já que cada entrega demanda uma validação (PMI, 2017).

Franzolin (2019) e Radhakrishnan *et al.* (2021) mapearam as principais características da ágil gestão de projetos (QUADRO 3).

QUADRO 3 - Características da gestão ágil

Categoria	Características	Autor (ano)
Processo	O projeto divide-se em ciclos curtos e iterativos.	Franzolin (2019)
	Envolvimento constante de todas as partes interessadas incluindo clientes e/ou usuários; ciclo do produto é direcionado às suas características e desenvolvido por um modelo evolutivo; as entregas são realizadas em incrementos ao cliente.	Radhakrishnan <i>et al.</i> (2021)
Documentação	Documentação reduzida.	Radhakrishnan <i>et al.</i> (2021)
Controle	Comunicação contínua entre membros da equipe e demais envolvidos, sendo a prática da Reunião diária uma das principais premissas ágeis.	Radhakrishnan <i>et al.</i> (2021)
Equipe	Equipe altamente capacitada, autônoma e com confiança mútua entre os colaboradores; a equipe como um todo, inclusive gerentes de projetos, se responsabiliza igualmente por todas as entregas, independente do responsável por executá-la.	Radhakrishnan <i>et al.</i> (2021)
	Equipe do projeto tem número reduzido de participantes; gerente de projetos é o facilitador da equipe e sua gestão é regida pela liderança e pela colaboração, concomitantemente, pois a equipe é auto-organizada.	Franzolin (2019)
Melhoria contínua	Promoção da aprendizagem contínua; compartilhamento constante de conhecimento entre os membros da equipe.	Radhakrishnan <i>et al.</i> (2021)
Estrutura organizacional	A estrutura organizacional orgânica, ou seja, mais flexível e livre do sistema hierárquico tradicional, com burocracia reduzida e participação mais ativa dos membros.	Radhakrishnan <i>et al.</i> (2021)
Tomada de decisão	A tomada de decisão guiada por <i>feedbacks</i> rápidos e pela colaboração entre a equipe, resultando na incorporação de mudanças, quando necessário; normalização de imprevistos e adversidades por confiabilidade na capacidade da equipe.	Franzolin (2019)

FONTE: A autora (2023).

2.1.2 Vantagens e desvantagens da gestão ágil

A abordagem ágil aplicada à gestão de projetos confere vantagens que contribuem para o sucesso do projeto. Os fundamentos dos métodos ágeis trazem soluções para problemas de projetos como requisitos do cliente não atingidos, pois fomentam a comunicação e colaboração entre as partes interessadas. O ágil é amplamente utilizado para projetos de inovação dentro de determinada empresa, seja em processos ou em produtos, por ser facilmente aplicado em ambientes dinâmicos (Moyano *et al.*, 2022).

A incorporação do senso de liderança da equipe e a abertura para troca de ideias entre os membros com incentivo à criatividade é mais uma vantagem pontuada em relação à inovação dentro do projeto (Malik; Sarwar; Orr, 2021). Para Kadenic, Koumaditis e Junker-Jensen (2022), uma equipe colaborativa, habilidosa, disposta e com significativa proximidade e interação entre os membros é a peça-chave do ágil, tornando-se uma vantagem marcante desse tipo de abordagem.

Thesing, Feldmann e Burchardt (2021) identificaram as principais vantagens dos métodos ágeis no gerenciamento de projetos de diferentes setores. Dentre elas, encontram-se: agilidade no reconhecimento dos requisitos modificados; o processo de desenvolvimento realizado em ciclos curtos promove a rápida detecção de problemas; flexibilidade e imediatismo nas respostas às mudanças; riscos menores em obter desenvolvimentos errôneos; processos são otimizados continuamente; visto que os membros da equipe atribuem pra si a responsabilidade de sucesso do projeto como um todo, a motivação é fortalecida entre eles; e a busca por solução não tem limitação no processo ágil.

Zielske e Held (2022) complementam que as práticas ágeis propiciam a assertividade de entrega de valor agregado dentro do prazo pré-estabelecido. Além disso, o ágil norteia como solucionar a crescente complexidade de projetos, as expectativas inconstantes dos clientes e a tomada de decisão diante de influências externas.

Em contraponto, também há desvantagens na adoção do ágil. Primeiramente, considerando que essa abordagem teve sua origem voltada ao desenvolvimento de *software*, a replicação a variados setores e áreas torna-se desafiadora ao integrar a agilidade em seus processos. A falha dos métodos decorre por inúmeros fatores, tais como a falta de aceitação da abordagem como premissa de gestão (Heimicke; Kaiser; Albers, 2021).

A inconsistência dos processos e das práticas ágeis, desacordo dos valores ágeis com a cultura organizacional, funcionários resistentes à alteração do método de gestão, pouca ou nenhuma experiência com a metodologia ágil, falta de transmissão de conhecimento para desenvolver habilidades ágeis estão entre as principais desvantagens levantadas pelas organizações no 15º *State of Agile Report* de *Digital.ai* (2021). Esses fatores caracterizam-se como barreiras para a implementação do ágil no modelo de gestão entre as empresas.

Do ponto de vista dos profissionais, Thesing, Feldmann e Burchardt (2021) trouxeram ainda as seguintes desvantagens: extrema dependência da auto-organização dos membros da equipe; necessidade de dedicação em tempo integral ao projeto por parte de toda a equipe; limitação da comunicação quando número de participantes dentro da equipe é alto; e o desenvolvimento por iteração, em certos casos, torna-se oneroso e consome mais tempo no processo.

Como uma saída paliativa para problemas de implementação com o ágil, tem-se a metodologia híbrida, a qual combina práticas ágeis com outras metodologias de gestão. Dessa forma, busca-se maior adequação aos processos das empresas e indústrias mais tradicionais, sendo possível obter as vantagens dos métodos ágeis somados aos benefícios do método tradicional, por exemplo (Mohamed; Moselhi, 2019).

O modelo de processo dentro de um projeto se beneficia pela comunicação eficaz, desenvolvimento em ciclos curtos e com *feedbacks*, transparência e adaptabilidade promovidos pelos métodos ágeis, ao mesmo tempo em que mantém padrões da gestão tradicional. Assim, o impacto negativo da transição de metodologia e de valores dentro da cultura organização se reduz (Thesing; Feldmann; Burchardt, 2021).

O QUADRO 4 apresenta, resumidamente, as principais vantagens e desvantagens da metodologia ágil na gestão de projetos.

QUADRO 4 - Resumo das vantagens e desvantagens da gestão ágil de projetos

VANTAGENS DO ÁGIL	
Descrição	Autor (ano)
Comunicação eficaz	Moyano <i>et al.</i> (2022)
Colaboração	
Fácil aplicação	
Incorporação do senso de liderança da equipe	Malik, Sarwar e Orr (2021)
Incentivo à criatividade	
Abertura para trocas de conhecimento	
Agilidade no reconhecimento de mudanças	Thesing, Feldmann e Burchardt (2021)
Rápida detecção de problemas	
Flexibilidade e imediatismo nas respostas às mudanças	
Redução de riscos	
Otimização de processos	
Motivação da equipe	Zielske e Held (2022)
Assertividade de prazos	
Efetividade em soluções complexas	
DESVANTAGENS DO ÁGIL	
Descrição	Autor (ano)
Falta de aceitação da abordagem na gestão de projetos diferentes do desenvolvimento de <i>software</i>	Heimicke, Kaiser e Albers (2021)
Inconsistências entre os processos e as práticas ágeis em setores de expansão	Digital.ai (2021)
Descordo de valores ágeis com a cultura organizacional	
Necessidade de capacitação para desenvolvimento de habilidades ágeis	
Extrema dependência da auto-organização da equipe	Thesing, Feldmann e Burchardt (2021)
Necessidade de dedicação em tempo integral ao projeto	
Comunicação limitada em equipes grandes	
Desenvolvimento por iteração, em certos casos, é oneroso e consome mais tempo no processo	

FONTE: A autora (2023).

2.1.3 Principais *frameworks* ágeis

De acordo com Kadenic, Koumaditis e Junker-Jensen (2022), existem vários *frameworks* ágeis que seguem os valores e princípios do Manifesto Ágil. Os autores mencionaram os seguintes métodos: desenvolvimento adaptativo de *software* (ASD), modelagem ágil (AM), método de desenvolvimento de sistemas dinâmicos (DSDM), Scrum, programação extrema (XP), Kanban, desenvolvimento em velocidade da internet (ISD), desenvolvimento de *software* enxuto, desenvolvimento orientado por funcionalidades (FDD), programação pragmática (PP), e metodologias Crystal (Kadenic; Koumaditis; Junker-Jensen, 2022).

Dentre eles, destacam-se o Scrum, o Kanban, o XP, o FDD e métodos Crystal por terem maior utilização em relação aos demais métodos.

O *framework* Scrum é voltado para problemas complexos e adaptativos, o qual visa a aumentar a produtividade, a promover *feedbacks* contínuos e a agregar valor máximo à entrega final em menor tempo (Zielske; Held, 2022). Esta estrutura traz o desenvolvimento interativo e incremental como premissa e caracteriza-se pelas cerimônias, tais como as reuniões diárias e as retrospectivas, pelos artefatos como a *sprint* e pelos papéis definidos aos integrantes da equipe Scrum (Hron; Obwegeser, 2022).

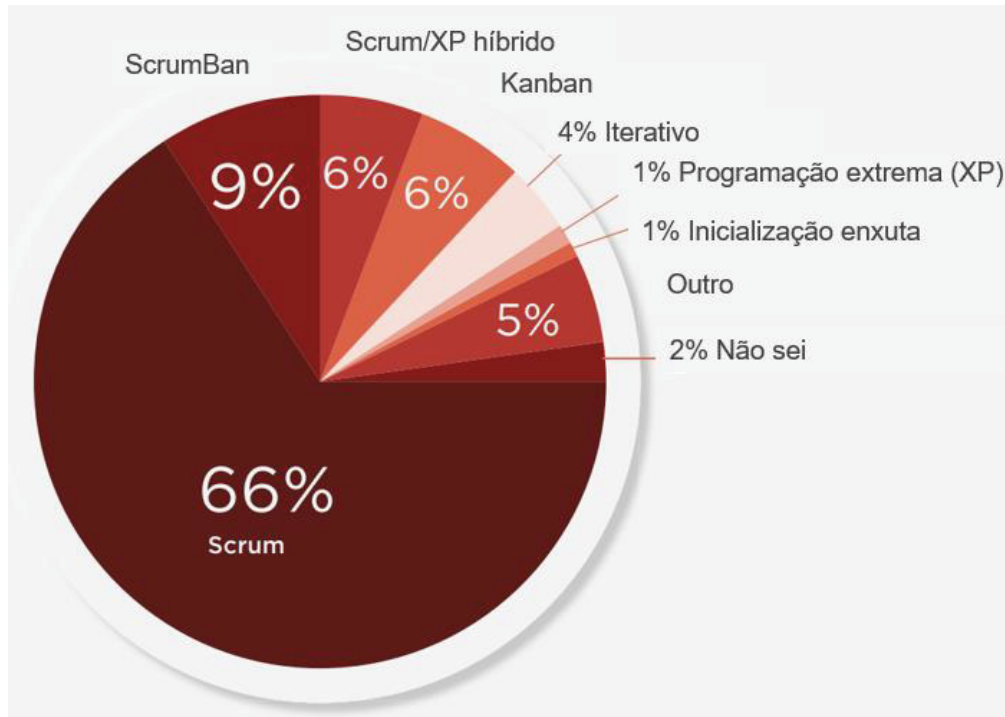
O Kanban reforça o conceito de entrega “*just-in-time*”, objetivando a definição do fluxo de trabalho, a previsibilidade do período de conclusão e a priorização das demandas. A visibilidade das tarefas prioritárias é um ponto-chave deste *framework* e traz como benefícios a redução do risco de descumprimento do lead time e a flexibilização com as outras atividades mapeadas no escopo do projeto (Lei *et al.*, 2017). A ideia do Kanban não é definir datas fixas de entrega, mas promover um fluxo de trabalho cujas demandas são executadas conforme disponibilidade dos recursos (Weflen; Mackenzie; Rivero, 2022).

Os autores Zielske e Held (2022) apresentam as características de alguns métodos ágeis. O XP é um método de desenvolvimento do *software* que incorpora princípios de simplicidade, comunicação, coragem, *feedback* e respeito. Trata-se de uma metodologia leve que se resume na orientação a testes e na receptividade de mudanças frequentes como melhorias ao produto. Da mesma forma que o XP, o FDD define-se como um método leve de desenvolvimento de *software*. O principal foco deste *framework* é desenvolver funcionalidades ao cliente que sejam entregues rapidamente. Para atingir esse objetivo, adotam-se equipes de recursos responsáveis pela execução das demandas e princípios de inspeção constante. Por fim, tem-se a família de métodos Crystal, os quais são escolhidos de acordo com a criticidade do projeto e suas particularidades. Todos se baseiam em fundamentos como a abordagem incremental, comunicação fortalecida entre as partes interessadas e colaboração (Zielske; Held, 2022).

Dentre os *frameworks* mais utilizados, o Scrum é o predominante. Conforme relatado por Digital.ai (2021), 66% das organizações empregam o Scrum, 9% utilizam o ScrumBan (combinação entre Scrum e Kanban), 6% adotam uma metodologia híbrida entre Scrum e XP, 6% seguem o Kanban e apenas 1% relataram sobre o XP.

O percentual entre os métodos ágeis mais aplicados nas organizações está representado na FIGURA 2.

FIGURA 2 - Percentual de popularidade dos métodos ágeis nas organizações



FONTE: Traduzido de Digital.ai (2021).

Com base na relevância do Scrum, o próximo item deste capítulo traz um aprofundamento sobre o *framework* e os principais conceitos da sua estrutura.

2.2 O FRAMEWORK SCRUM

O Scrum foi desenvolvido no início dos anos 1990 por Ken Schwaber e Jeff Sutherland. Trata-se de um *framework* ágil que permite a geração de valor através de práticas adaptativas, orientadas às interações e ao relacionamento das partes interessadas, para solucionar problemas complexos. Teoricamente, o Scrum derivou-se da obtenção do conhecimento pelo empirismo e dos princípios de redução de desperdício e busca pela essencialidade do *lean thinking*. Os pilares do Scrum são transparência, inspeção e adaptação. Para seguir o Scrum, os membros do Scrum Team necessitam trabalhar voltados a cinco valores: compromisso, foco, abertura, respeito e coragem.

Um *framework* fornece uma estrutura com técnicas, processos e métodos para embasar aplicações. Por isso, o Scrum compõe-se de processos instrutivos, porém não entrega um roteiro pronto e engessado para o desenvolvimento de produtos. Em função disso, a sua implementação torna-se flexível e amplia-se a gama de adoção de seus princípios. A abordagem do Scrum é interativa-incremental, ou seja, há uma repetição cíclica dos processos até a obtenção do produto final e a uma entrega pronta é trazida como incremento funcional em cada iteração (Schwaber; Sutherland, 2020).

A estrutura proposta pelo Scrum abrange definições sobre a equipe Scrum, as cerimônias ou eventos e artefatos que, em conjunto, norteiam o projeto para alcance do sucesso. A equipe Scrum é formada pelo Dono do Produto (*Product Owner*), pelo Scrum Master e por uma equipe de desenvolvimento (*Developers*) e caracteriza-se por ser auto-organizada e multifuncional. As equipes Scrum precisam ser, ao mesmo tempo, pequenas para garantir a agilidade e grandes para conseguir atender as demandas da *sprint*, logo compõem-se por 10 membros ou menos (Schwaber e Sutherland, 2020). Os eventos viabilizam o cumprimento dos três pilares do Scrum, garantindo a transparência dos processos bem como a inspeção e a adaptação dos artefatos. Todas as cerimônias Scrum são delimitadas por um *timebox*, ou seja, há uma duração máxima para cada um dos cinco eventos: *sprint*, Planejamento da *sprint*, Reunião diária (*Daily Scrum*), Revisão da *sprint* e Retrospectiva da *sprint* (Lei *et al.*, 2017). Já os artefatos correspondem ao trabalho ou valor relacionado aos compromissos da equipe, sendo que o *Backlog* do produto (*Product Backlog*) é a meta do produto, o *Backlog* da *sprint* (*sprint Backlog*) é a meta da *sprint* e o incremento refere-se à Definição de Pronto. Os três artefatos precisam ser disponibilizados de forma transparente para serem inspecionáveis por todos os membros da equipe (Schwaber; Sutherland, 2020).

O QUADRO 5 contempla um resumo da estrutura do *framework* com as descrições detalhadas de cada componente extraídas do Scrum *Guide* escrito por Schwaber e Sutherland (2020).

QUADRO 5 - Componentes da estrutura do *framework* Scrum

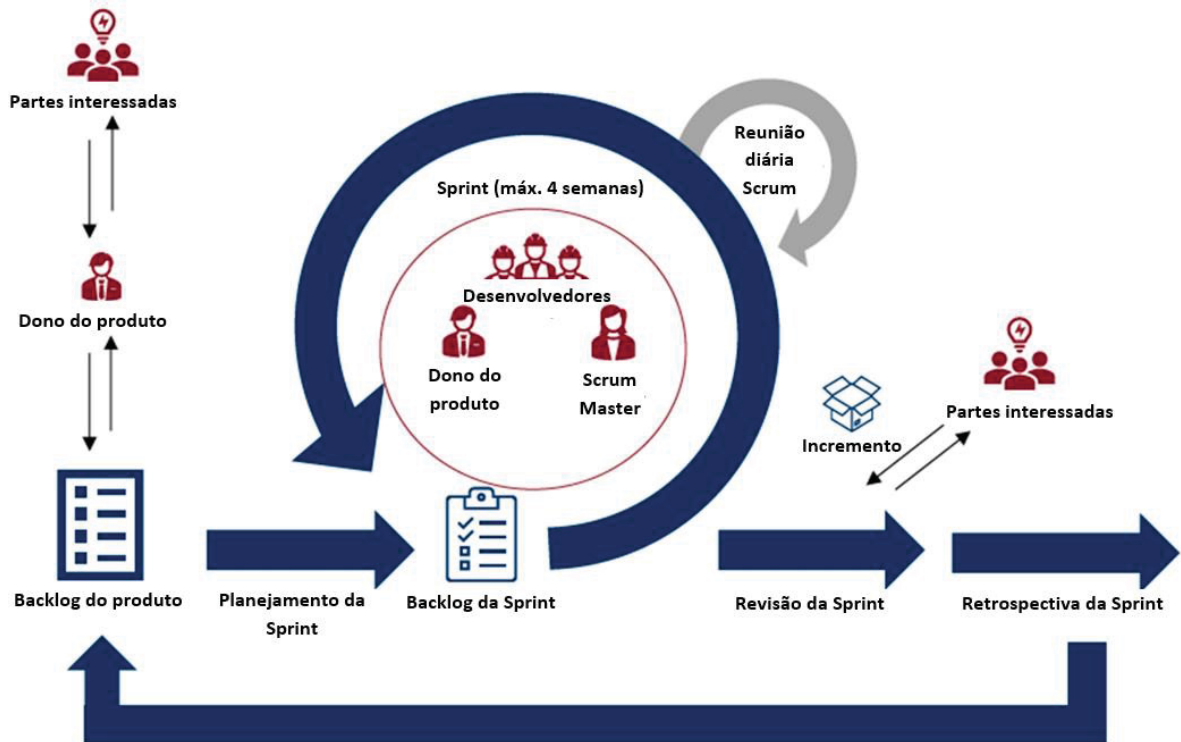
Categoria	Componente	Descrição
Papéis da equipe Scrum	Dono do Produto	Pessoa responsável pela maximização do valor do produto, pelo gerenciamento do <i>Backlog</i> do produto através da criação, da ordenação e da comunicação dos itens com

		transparência, visibilidade e fácil entendimento. Detém da permissão para alterar no <i>Backlog</i> do produto.
	Scrum Master	Pessoa responsável por assegurar o seguimento das regras do Scrum pela equipe Scrum e pela organização por meio de treinamentos e/ou orientações. Atua como um facilitador, removendo impedimentos e estabelecendo a comunicação com as partes interessadas (<i>stakeholders</i>). A eficácia da equipe Scrum é sua responsabilidade principal.
	Equipe de desenvolvimento	Pessoas que atuam efetivamente na execução das demandas e têm a função de criar um incremento a cada <i>sprint</i> em conformidade com a Definição de Pronto. Além disso, são responsáveis pela criação do <i>Backlog</i> da <i>sprint</i> .
Eventos	<i>sprint</i>	Evento com Timebox de um mês ou menos que engloba todos os demais eventos Scrum necessários para alcançar o sucesso do projeto/produto (Planejamento da <i>sprint</i> , Reunião diária, Revisão da <i>sprint</i> e Retrospectiva da <i>sprint</i>). A <i>sprint</i> é uma iteração. Uma <i>sprint</i> sempre inicia imediatamente na sequência do término da <i>sprint</i> anterior.
	Planejamento da <i>sprint</i>	Evento de definição do que será trabalhado na <i>sprint</i> (seleção de itens do <i>Backlog</i> do produto) e como realizar, por meio da participação de toda a equipe Scrum. O Timebox é de no máximo oito horas para <i>sprint</i> com período igual a um mês. Caso a <i>sprint</i> seja curta, o evento durará menos tempo.
	Reunião diária (<i>Daily</i>)	Reunião realizada diariamente de 15 minutos para a inspeção do progresso da equipe de desenvolvimento, promovendo o autogerenciamento.
	Revisão da <i>sprint</i>	Evento para mostrar os resultados da <i>sprint</i> para as principais partes interessadas e discutir sobre o progresso em relação à meta final do projeto. O Timebox é no máximo quatro horas para <i>sprint</i> com período igual a um mês. Caso a <i>sprint</i> seja curta, o evento durará menos tempo.
	Retrospectiva da <i>sprint</i>	Último evento da <i>sprint</i> , no qual a equipe Scrum analisa a <i>sprint</i> em relação ao seu funcionamento e levanta pontos que deram certo e os problemas encontrados. Visando à melhoria contínua, planeja-se a incorporação das mudanças identificadas na próxima <i>sprint</i> . O timebox é no máximo três horas para <i>sprint</i> com período igual a um mês. Caso a <i>sprint</i> seja curta, o evento durará menos tempo.
Artefatos	<i>Backlog</i> do produto	Lista de requisitos e melhorias levantadas para o projeto para atender a todas as necessidades com as partes interessadas.
	<i>Backlog</i> da <i>sprint</i>	Lista de itens selecionados do <i>Backlog</i> do produto para executar na <i>sprint</i> com os respectivos planos de ação.
	Incremento	Item finalizado que atende a Definição de Pronto, ou seja, atingiu a qualidade exigida pelo padrão da organização. Agrega valor e considera-se utilizável.

FONTE: Schwaber e Sutherland (2020)

Para melhor explanar o processo do Scrum guiado pela sua estrutura, Endres, Bican e Wöllner (2022) apresentaram o fluxo de trabalho desse *framework* conforme mostrado na FIGURA 3.

FIGURA 3 - Processo de desenvolvimento do Scrum

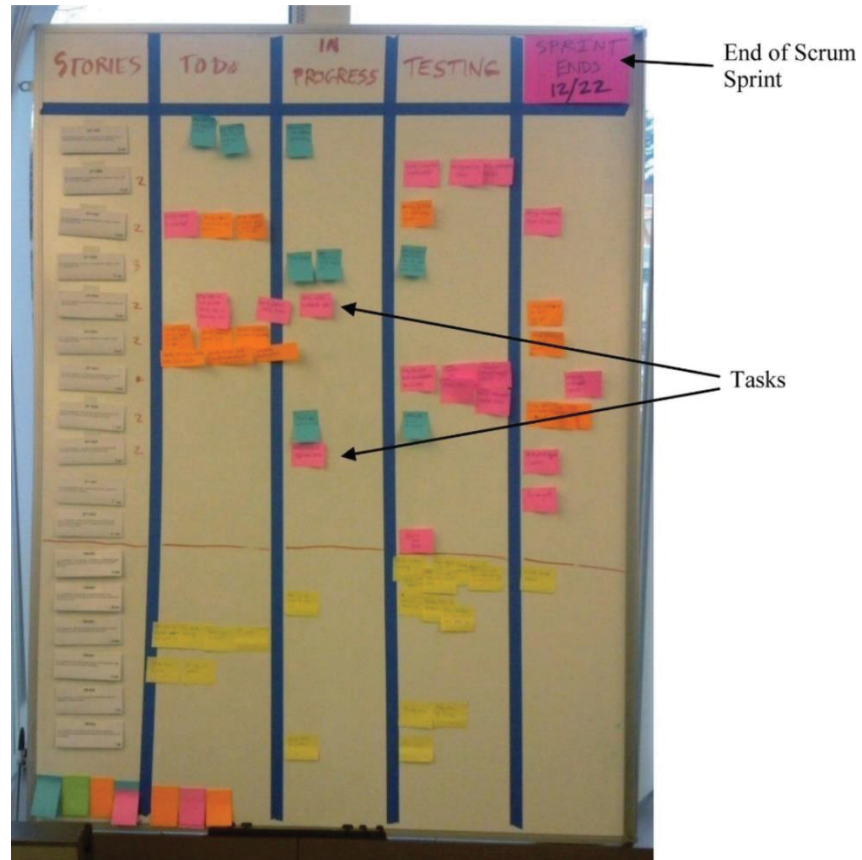


FONTE: Traduzido de Endres, Bican e Wöllner (2022).

Primeiramente, o Dono do Produto (*Product Owner*) cria o *Backlog* do produto (*Product Backlog*) com os requisitos baseados nas necessidades levantadas pelas partes interessadas. Na sequência, inicia-se a *sprint*, ou seja, a iteração, com a primeira reunião denominada Planejamento da *sprint* (*sprint Planning*), na qual selecionam-se os itens a serem trabalhados e elabora-se o *Backlog* da *sprint* (*sprint Backlog*). Durante todo o andamento da *sprint*, realiza-se a Reunião diária (*Daily Scrum*) com foco no progresso diário pontuado pela equipe de desenvolvimento. No término da *sprint*, apresenta(m)-se o(s) incremento(s) às partes interessadas (*stakeholders*) na Revisão da *sprint* (*sprint review*). Como última cerimônia da *sprint* tem-se a Retrospectiva da *sprint* (*sprint retrospective*), finalizando a iteração. O processo segue se repetindo por novas iterações até a entrega de todo o escopo às partes interessadas (Endres, Bican e Wöllner, 2022).

Lei *et al.* (2017) exemplificaram um quadro de tarefas de um projeto gerenciado pelo Scrum (FIGURA 4), no qual as tarefas estão descritas nas notas adesivas coloridas, o progresso é mostrado pelas colunas com o que precisa ser feito, está em andamento ou foi finalizado.

FIGURA 4 - Quadro de tarefas no Scrum

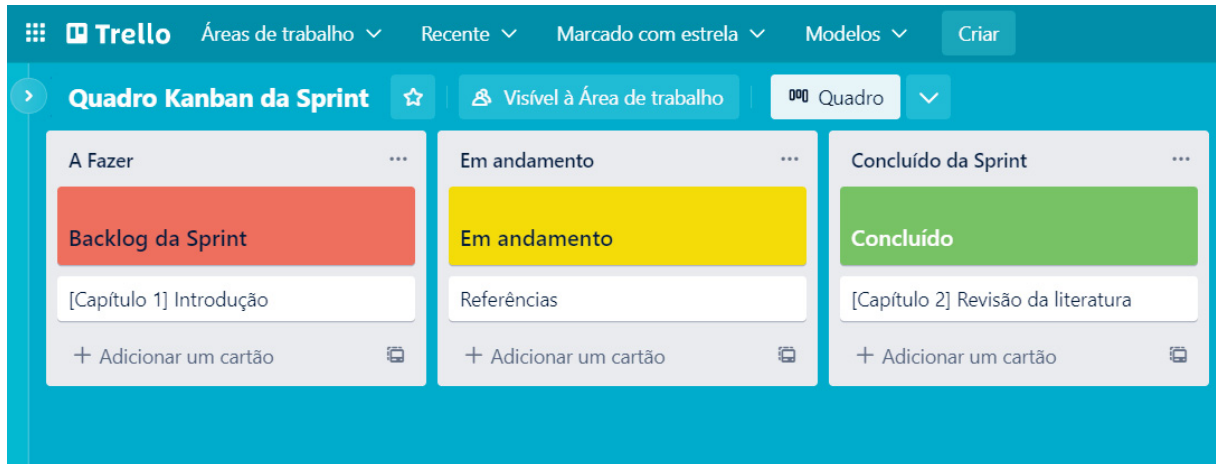


FONTE: Lei *et al.* (2017).

O quadro de tarefas da FIGURA 4 também é denominado quadro Kanban e trata-se de uma prática da metodologia Kanban. Por meio da “parede de cartões” obtém-se a visualização do fluxo de trabalho para o acompanhamento do progresso do projeto. A visão grupal das tarefas, metas e processos é essencial para a transparência das etapas de implementação e do que está sendo trabalhado. Para o Scrum, o quadro Kanban é utilizado para acompanhar a lista de tarefas da *sprint* (Lei *et al.*, 2017). Um outro exemplo do quadro Kanban, utilizando o aplicativo Trello¹, é mostrado na FIGURA 5.

¹ Trello - <https://trello.com/>

FIGURA 5 - Modelo de quadro Kanban no Trello



FONTE: A autora (2023).

Analogicamente, considerando que a presente dissertação fosse um “produto”, os requisitos simplificados que comporiam o “*Backlog* do produto” para a entrega final seriam: Capítulo 1 (Introdução), Capítulo 2 (Revisão da literatura), Capítulo 3 (Encaminhamento metodológico), Capítulo 4 (Artigo 1), Capítulo 5 (Artigo 2), Capítulo 6 (Artigo 3), Capítulo 8 (Considerações finais) e Referências. Dessa forma, definindo-se que na *sprint* atual as tarefas a serem feitas fossem a introdução, a revisão da literatura e as referências (“*Backlog da sprint*”), exemplifica-se o quadro de tarefas Kanban com base no progresso das atividades, conforme mostrado na FIGURA 5.

2.3 ECONOMIA CIRCULAR

Este item traz a caracterização da economia circular, apresentando os princípios e o *framework*, e discorre sobre a transição de uma economia linear para a economia circular.

2.3.1 Caracterização da economia circular

A economia circular (EC) é uma possibilidade de substituição da economia linear cujo fluxo do produto encerra-se com o descarte. Visando promover princípios como o aumento da eficiência dos recursos, o fechamento de fluxos de materiais e extensão do ciclo de vida de produtos através da reutilização e da reciclagem, a EC

se inseriu no meio de organizações do mercado global. Essa inserção ocorreu com abordagens, tais como, a simbiose industrial, ciclo fechado da cadeia de suprimentos e *design* circular de produtos (Mies; Gold, 2021).

Lehmann *et al.* (2022) afirmam que a literatura não chegou a um comum acordo sobre a origem da economia circular. Rizos, Tuokko e Behrens (2017) apontam Pearce e Turner como os primeiros estudiosos a utilizarem o termo “economia circular”, em 1990, como um novo modelo cujo fundamento relaciona a economia e o meio ambiente em contraponto a disfunções da economia linear. Liu *et al.* (2009) atribuíram a primeira proposta do conceito de economia circular a pesquisadores da China no ano de 1998 e o aceite formal foi obtido pelo Governo Central da China quatro anos depois, em 2002. Esta conceituação descreve a EC como “uma nova estratégia de desenvolvimento voltada para a proteção ambiental, prevenção da poluição e desenvolvimento sustentável” (Liu *et al.*, 2009, p. 265, tradução nossa).

Em virtude disso, baseado nas compreensões da literatura, os autores Lehmann *et al.* (2022) estabeleceram a EC como:

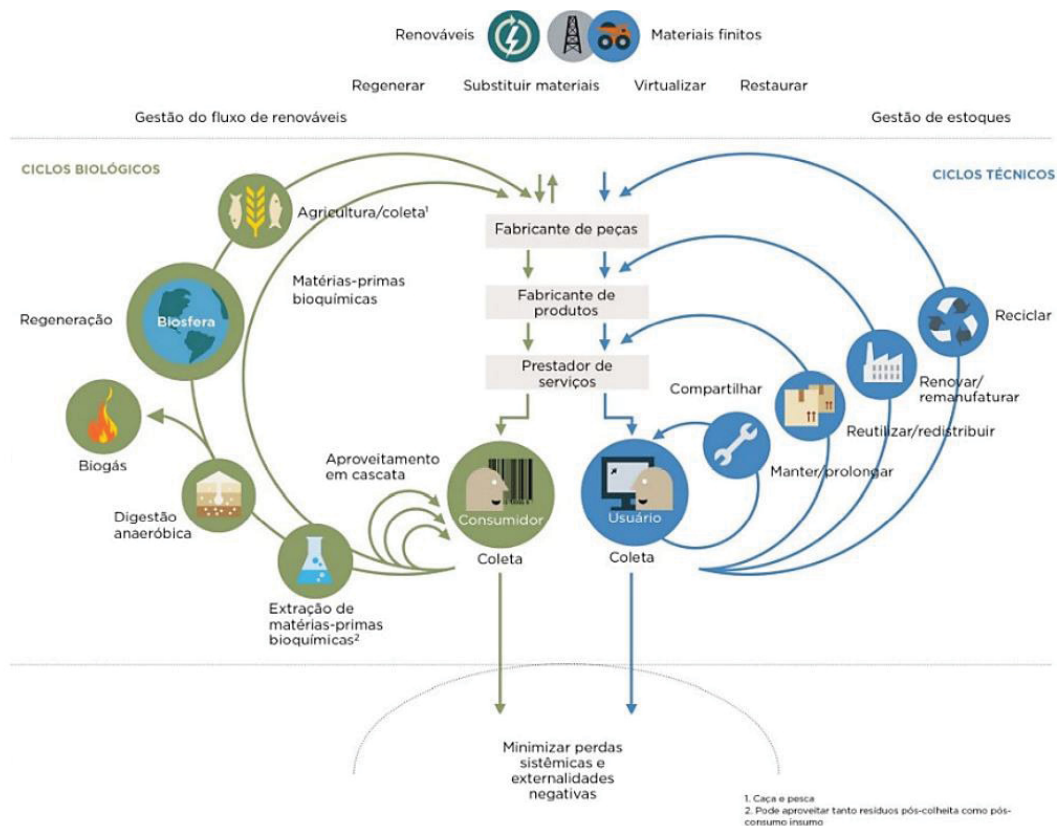
Uma economia circular é um sistema econômico que orienta o crescimento econômico em direção à sustentabilidade, redesenhando os padrões de produção e de consumo para promover a eficiência de recursos e de energia, evitando a degradação ambiental. (Lehmann *et al.*, 2022, p.2, tradução nossa).

Quando se trata da promoção da economia circular, destaca-se a organização filantrópica Ellen MacArthur *Foundation* (EMF), a qual atua diretamente com empresas, membros da área acadêmica, intendentess da política e instituições em projetos para alcançar soluções idealizadas da EC em um contexto global. Atualmente, com a economia linear tradicional, produzimos produtos a partir da matéria-prima retirada da Terra, contudo, após utilização, é realizado o descarte como lixo. Um dos objetivos de uma economia circular é interromper a geração de resíduos. A EC se baseia em três princípios descritos por EMF (2022):

O primeiro deles é a eliminação do lixo e da poluição que se caracteriza como um desperdício decorrente da falha de projeto. As escolhas na fase de projeto de um produto acarretam desperdício quando não é projetada a destinação no final do seu ciclo de vida útil. A ideia em uma economia circular é reinserir os materiais à economia após o seu uso. Para eliminar os resíduos descartados, é necessário introduzir o conceito de EC na fase de projeto de um produto.

O segundo princípio é a circulação de produtos e materiais com o máximo de valor, mesmo quando não tiver mais a “utilidade” inicial para a qual foram projetados. Para que seja possível manter em circulação, há dois ciclos que objetivam evitar o desperdício: o ciclo técnico e o ciclo biológico. O ciclo técnico aponta como alternativas para retenção de valor dos produtos a reutilização, manutenção, reparo, reforma, remanufatura e, como último caso, a reciclagem. O ciclo biológico é uma saída para os materiais biodegradáveis que podem compostar ou digerir anaerobicamente e atuar no processo de regeneração da terra. O seguimento deste segundo princípio também é essencial para os projetistas na concepção do produto ao levantar qual ciclo ele entraria após sua vida útil, promovendo o uso eficiente dos recursos. Ambos os ciclos são representados pelo “diagrama da borboleta” da EC (FIGURA 6) no qual à esquerda em verde refere-se aos processos do ciclo biológico e à direita, em azul, refere-se aos processos do ciclo técnico.

FIGURA 6 - Diagrama borboleta da economia circular: ciclos biológico e técnico



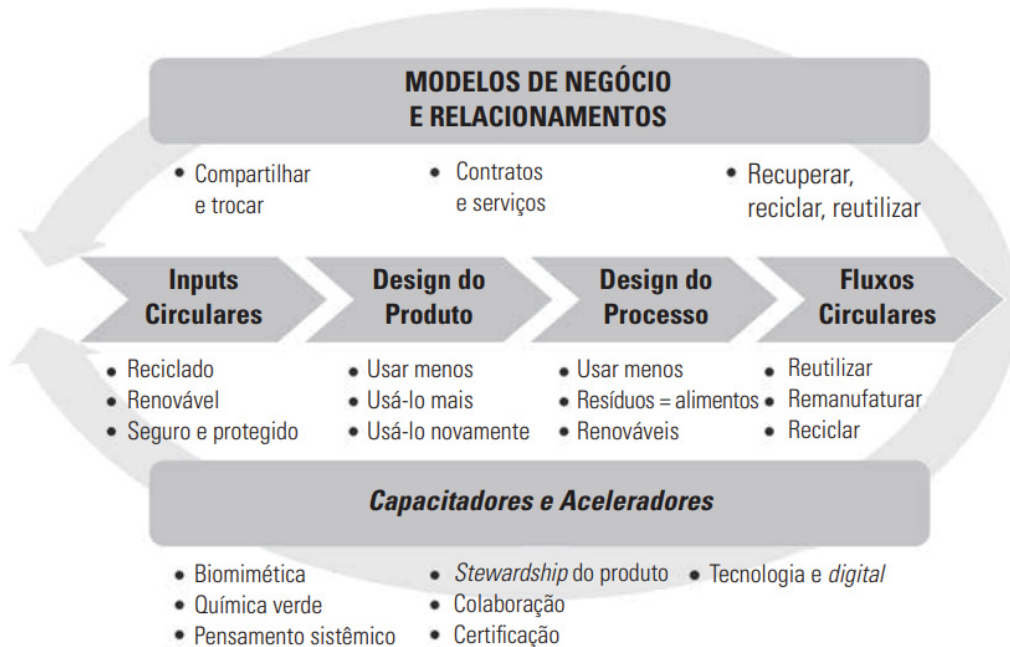
FONTE: EMF (2022).

O terceiro e último princípio se trata da regeneração da natureza. O principal objetivo desse princípio é construir um capital natural por meio da regeneração,

evitando a extração incessável de recursos. Fundamenta-se na afirmação de que não há desperdício na natureza, portanto regenerar é um processo intrínseco dos sistemas naturais e também precisa ser fomentado nos sistemas da invenção humana. A preservação e/ou regeneração dos recursos naturais é instaurada pela redução da extração com o mantimento dos produtos em uso em um ciclo de vida prolongado. Dessa forma, cultivar-se-ão recursos renováveis regenerativamente. Além disso, esse princípio defende a transição para uma energia renovável a qual beneficia a redução dos gases do efeito estufa e, conseqüentemente, as mudanças climáticas.

A partir da economia circular, há uma dissociação entre a atividade econômica e o consumo de recursos finitos, estabelecendo um sistema econômico caracterizado pela resiliência e por trazer benefícios aos negócios, à comunidade e ao meio ambiente (EMF, 2022). Weetman (2019) apresentou uma estrutura da economia circular com abordagens divididas em seis blocos sendo eles: Modelos de negócio e relacionamentos; Entradas Circulares; *Design* do Produto; *Design* do Processo; Fluxos Circulares; e Capacitadores e Aceleradores. A FIGURA 7 traz um resumo de cada bloco componente do *framework* da EC.

FIGURA 7 - O *framework* da economia circular por Weetman (2019)



FONTE: Weetman (2019).

Segundo Weetman (2019), a economia circular de produtos e/ou materiais através de modelos de negócios e relacionamentos se dá por processos de

compartilhamento, de troca, de prestação de serviços e de contratações comerciais tais como locação e arrendamento, de revendas, reciclagem, reparo e manufatura. As entradas circulares referem-se a incorporações de materiais renováveis, seguros e/ou reciclados no projeto de determinado produto. No *design* do produto é possível aumentar a durabilidade do produto em seu primeiro ciclo de vida útil como também para os próximos ciclos na economia. Os *designers* precisam ter uma preocupação com a facilidade de desmontagem e de reparo para assegurar a simplicidade para obtenção dos recursos dos ciclos posteriores. O *design* do processo fundamenta-se na minimização da utilização de recursos necessários à produção, em pensamentos de remanufatura e renovação de produtos em usos subsequentes ao inicial e no desenvolvimento de fluxos simbióticos. Os fluxos circulares relacionam-se ao mantimento de valor no fluxo reverso de recuperação de materiais. Dentre esses fluxos, encaixam-se a reutilização, a remanufatura e a reciclagem. Por fim, os capacitadores e aceleradores da cadeia de valor em uma economia circular são abordagens da biomimética, da química verde, de pensamento sistêmico, de gestão responsável do produto, de colaboração na indústria, de avaliações do ciclo de vida do produto com certificações e de atributos tecnológicos/digitais (Weetman, 2019).

A Confederação Nacional da Indústria (CNI) elencou as principais oportunidades e os principais desafios da economia circular no Brasil conforme consta no QUADRO 6 (CNI, 2021). Dividiram-se entre as categorias Políticas públicas, Infraestrutura, Educação e Mercado.

QUADRO 6 - Oportunidades e desafios da economia circular

Categoria	Oportunidades	Desafios
Políticas públicas	Regularização da informalidade na área trabalhista; geração de empregos.	Incentivo aos ciclos reversos, à inovação e aos modelos de negócio da economia circular.
Infraestrutura	Consolidação da cadeia de valor e crescimento de parques industriais; minimização de recursos de matéria-prima utilizados no processo produtivo.	Acompanhamento da utilização dos materiais nos consecutivos ciclos de vida; logística reversa; obtenção de resíduos devidamente tratados.
Educação	Desenvolvimento de pesquisas que buscam a segurança, renovabilidade e atoxidade nas matérias-primas.	Desenvolvimento de competências gerenciais e habilidades técnicas dos princípios da economia circular.
Mercado	Custos menores dos produtos e/ou materiais; diferenciação de mercados; surgimento de novos negócios de manutenção de valor e de resiliência.	Valorização da cooperação setorial e territorial; visibilidade ao setor privado nacional.

FONTE: CNI (2021).

Pereira *et al.* (2018) mencionaram as principais contribuições da economia circular, tais como a preservação ambiental, uso reduzido de materiais e energia na produção, redução de desperdícios em uma cadeia de suprimentos, criação de novas fontes de lucro e de vantagem competitiva, benefícios aos consumidores como qualidade de serviço e maior aproveitamento do produto e/ou material. Dessa forma, a economia circular traz estratégias e vantagens a todas as partes interessadas do negócio.

2.3.2 Da economia linear para a circular

O processo da economia linear resulta na geração de resíduos, pois a vida útil do produto se inicia com a extração de recursos naturais, seguida pela produção, pelo consumo e por fim pelo descarte (Neves e Marques, 2022). O pensamento linear tende a, futuramente, ocasionar a escassez de recursos finitos para matéria-prima, o que impactaria nocivamente os setores de produção. Visando a sanar esse risco eminente na indústria, surgiram novas práticas, metodologias e princípios direcionados à potencialização do uso dos recursos (Sakthivelmurugan *et al.*, 2022), tal como a economia circular. Como estratégias de promoção da EC têm-se os 10 Rs (FIGURA 8) da sustentabilidade que são recusar, reduzir, repensar, reutilizar, reparar, reformar, remanufaturar, reaproveitar, reciclar e recuperar (Neves; Marques, 2022).

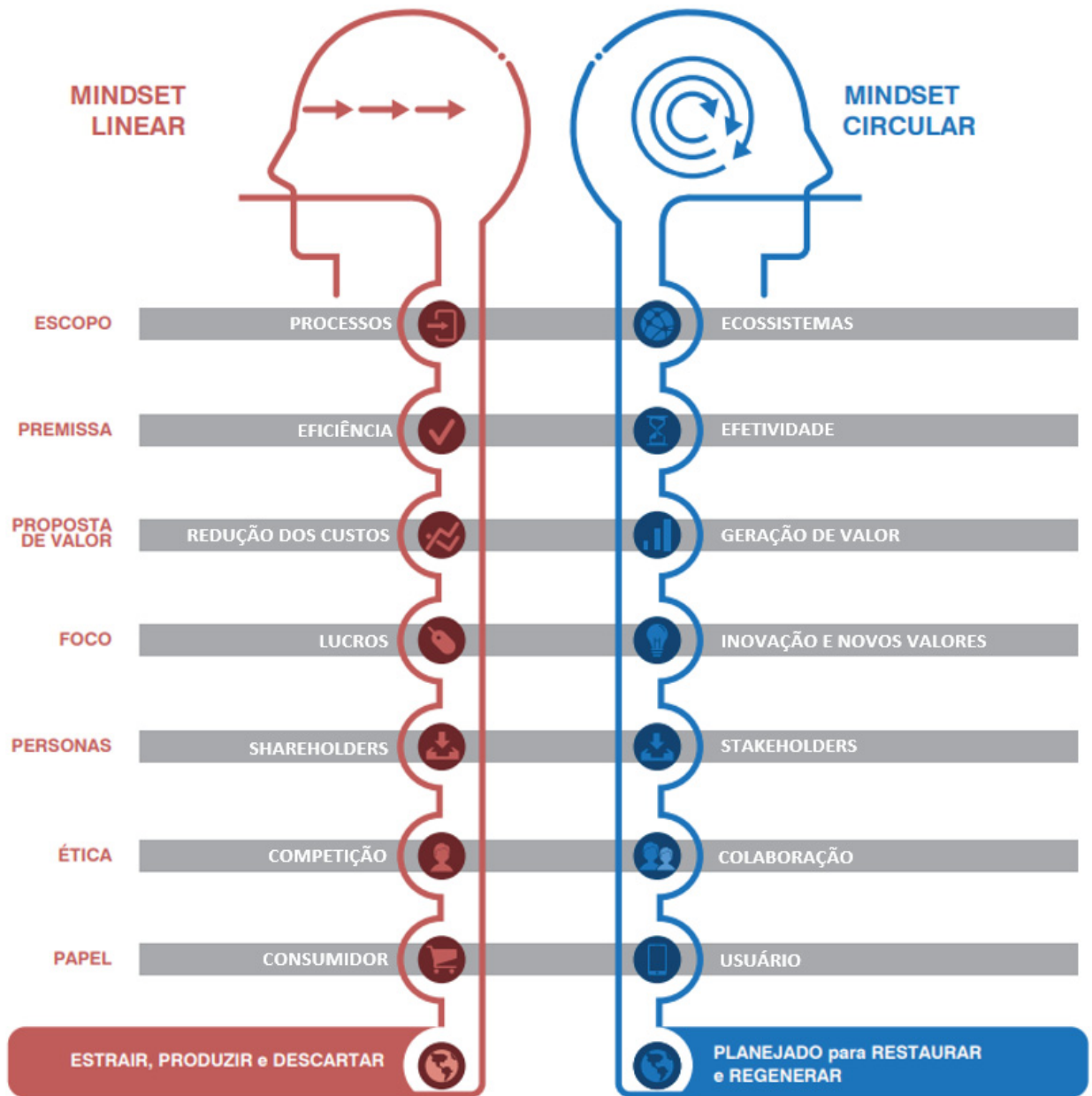
FIGURA 8 - Resumo dos 10 Rs da sustentabilidade

Economia circular ↑ Economia linear	Uso e fabricação de produtos mais inteligentes	R1	Recusar	Dispensar o uso determinado produto por abandono da função ou substituição por outro com função similar de baixo impacto.
		R2	Reduzir	Aumentar a eficiência na fabricação ou uso de produtos de forma que diminua o consumo de recursos naturais e materiais.
		R3	Repensar	Atribuir maior aproveitamento no uso do produto ou redesenhar o ciclo do produto com base na circularidade.
	Prologar a vida útil dos produtos e suas partes	R4	Reutilizar	Reutilizar o produto descartado por outro cliente, quando ainda está em boas condições de uso e de desempenho da função.
		R5	Reparar	Executar serviços de reparo e manutenção de produtos com defeitos que estão aptos a cumprir sua função original.
		R6	Reformar	Restaurar um produto antigo e atualizá-lo.
		R7	Remanufaturar	Usar partes do produto descartado em um produto novo com a mesma função.
	Aplicação útil de materiais	R8	Reaproveitar	Usar produto descartados ou partes em um produto novo com a função diferente.
		R9	Reciclar	Processar materiais para obter a mesma qualidade ou qualidade inferior.
		R10	Recuperar	Incinerar materiais com recuperação de energia.

FONTE: Traduzido de Többen e Opendakker (2022).

A transição da economia linear para economia circular depende de uma mudança de *mindset*. CNI (2018) introduz essa transição do mindset linear para o circular baseada em sete elementos: escopo, premissa, proposta de valor, foco, personas, ética e papel, conforme a FIGURA 9.

FIGURA 9 - Transição de mindset linear para circular



FONTE: Adaptado de CNI (2018).

Quanto à mudança do escopo do linear para o circular, há uma amplitude na visão além dos processos produtivos, transacionando para a preocupação em beneficiar os ecossistemas a que o produto se associa. A premissa para a mentalidade circular vai além da eficiência pressuposta pela economia linear, por isso é necessário considerar a efetividade de determinada atividade, levando-se em conta os seus efeitos e suas consequências. A proposta de valor altera-se da busca por custos menores (linear) para a geração de valor dos recursos por ciclos após seu primeiro uso, mantendo valor agregado por um período longo. O foco é redirecionado na

economia circular, ao invés do lucro, para inovação e agregação de novos valores. Já sobre as personas, a EC ressalta a importância da participação de todas as partes interessadas do negócio (*stakeholders*) no projeto e não apenas os acionistas (*shareholders*). A ética em um mindset circular prioriza a colaboração em oposição à competição. E quanto ao papel, foca-se na experiência do usuário, fortalecendo a relação com o cliente e melhorando a sua satisfação. A partir da transição da economia linear para a economia circular, trazem-se resiliência e sustentabilidade aos processos produtivos (CNI, 2019).

2.4 SÍNTESE DAS TEMÁTICAS APLICADAS À CONSTRUÇÃO

A seguir, serão apresentadas sínteses de trabalhos relevantes da metodologia ágil e da economia circular aplicadas em projetos de construção.

2.4.1 Ágil aplicado à construção

A abordagem ágil mostra-se como uma alternativa para mitigar os problemas que a metodologia tradicional enfrenta ao gerir projetos da indústria da construção. Cronogramas atrasados em atividades gerais e no fornecimento de materiais e equipamentos, por exemplo, orçamentos estourados, baixa produtividade, má gestão perante as mudanças de escopo, insatisfação do cliente e redução da qualidade são alguns dos principais problemas a serem solucionados (Arefazar *et al.*, 2019). Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022) complementam sobre a frequente necessidade de retrabalhos.

A aplicabilidade da metodologia ágil para o gerenciamento de projetos da construção foi questionada, no início dos anos 2000, por Owen *et al.* (2006). Verificou-se um grande potencial da adoção do ágil ao incorporar a mudança como uma estratégia de agregar valor à entrega final. As iterações e incrementos são uma forma de alcançar melhoria contínua e soluções inovadoras. Uma premissa para o sucesso do projeto seria ter uma equipe na indústria da construção altamente motivada, treinada e comprometida mutuamente com todas as tarefas. Os autores validaram o emprego da gestão ágil nas fases de pré-projeto e projeto, porém sinalizaram que a fase de construção seria mais desafiadora por envolver mais interdependências entre as atividades, além das mudanças acarretarem em impactos maiores e mais

onerosos. Um obstáculo levantado na indústria da construção seria a necessidade de mudar a cultura desse setor que é majoritariamente tradicional.

Em conformidade com as conclusões de Owen *et al.* (2006), Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018) e Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018) reforçaram a relevância em adotar a gestão ágil nas fases iniciais do projeto (concepção, planejamento e/ou projeto).

Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018) definiram o projeto de arranha-céus como um problema complexo da construção civil, devido às incertezas em suas fases do ciclo de vida, à complexidade do sistema e a maiores riscos, responsabilidades e investimentos. Os autores apresentaram modelos de ciclo de vida de gerenciamento de projetos, aliados às práticas do Scrum, para melhorar a qualidade da gestão de projetos desses edifícios altos. Decompôs-se o projeto em uma cadeia de projeto, na qual as etapas "conceito" e "projeto e planejamento" tornam-se projetos separados e serão gerenciadas por abordagens ágeis com modelos adaptável e iterativos, respectivamente. Já nas fases de "compras e construção" e de "*start up*" recomendaram-se modelos tradicionais de gestão. A principal ideia defendida foi que é mais fácil parar o "pequeno", ou seja, as frações do início do ciclo de vida do que o projeto de grande escala, quando for identificada a inviabilidade da continuação do projeto. Os autores reforçaram as vantagens do *framework* Scrum no desenvolvimento de modelos em *Building Information Model* (BIM) na construção civil e apontaram como promissora a sua utilização no gerenciamento de eventos.

Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018) determinaram possíveis aplicações de princípios da metodologia ágil em projetos de infraestrutura de engenharia civil. O objetivo é melhorar a taxa de sucesso do projeto com a mitigação de excesso de custos e de atrasos nas atividades do cronograma. Para isso, os autores fizeram uma busca na literatura, através da revisão sistemática, e identificaram por meio dos resultados obtidos que a gestão de projetos ágil tem grande potencial para melhorar a entrega na fase de concepção de projetos de construção. A principal contribuição da pesquisa foi a conclusão de que a metodologia ágil agrega valor à etapa de concepção de projetos de construção, com o gerenciamento de riscos e de mudanças. Além disso, o ágil traz transparência ao projeto, gestão de tempo, melhoria na comunicação entre a equipe e reforça o compromisso com o cliente.

A abordagem ágil aplicada também à fase de construção/execução foi defendida pelos autores Chumpitaz *et al.* (2020) e Jethva e Mirosław (2022).

Chumpitaz *et al.* (2020) adaptaram e aplicaram o Scrum em um projeto de construção com objetivo de otimizar a execução e mitigar retrabalhos, custos imprevistos e aumento de prazo. Estabeleceu-se uma comparação com metodologias atuais empregadas (*lean construction*) e o *framework* ágil por meio da aplicação independente dos métodos na execução estrutural da construção de torres semelhantes em um mesmo projeto. Dessa forma, foi quantificado a otimização da execução da torre gerenciada pelo Scrum. Os autores trouxeram uma aplicação prática do Scrum em um projeto de construção de uma torre em um conjunto residencial. Os dados levantados pelos autores com o acompanhamento da implementação do *framework* ágil, em comparação com as informações coletadas em outra torre gerenciada pelo método tradicional do *lean*, corroboram que a abordagem ágil otimiza as atividades do projeto de construção. Esta evidência se justificou pela redução do número de não conformidades, melhoria na comunicação da equipe e redução do prazo de execução consideravelmente.

Jethva e Mirosław (2022) empregaram a estrutura Scrum em um projeto de *Design-Build* para melhorar o gerenciamento com controle do custo e dos prazos e com uma comunicação eficaz entre as partes interessadas. Para a viabilidade da sua aplicação, foram adaptadas técnicas e processos do Scrum para obter uma performance mais adequada no projeto de construção de uma escola. O sucesso do projeto foi alcançado e os membros da equipe de construção relataram maior facilidade na comunicação e eficiência nas reuniões, além de aprovarem a utilização do Scrum para projetos futuros no setor. Ressaltou-se que a aplicação do Scrum exige adaptações e ajustes para projetos de construção, visto que as suas práticas são voltadas ao desenvolvimento de *software*. Mediante a isso, este *framework* traz ganhos de agilidade à fase de projeto e, parcialmente, à fase de construção, pois mudanças nessa etapa causará impactos de custo. Os autores recomendam o BIM como mitigador deste risco. O treinamento de todos os membros do time Scrum é imprescindível para o sucesso da implantação, assim como a dissipação da hierarquia de cargos no projeto.

2.4.2 Economia circular aplicada à construção

A indústria da construção é regida, predominantemente, por processos de produção da economia linear e está diretamente relacionada ao consumo e à

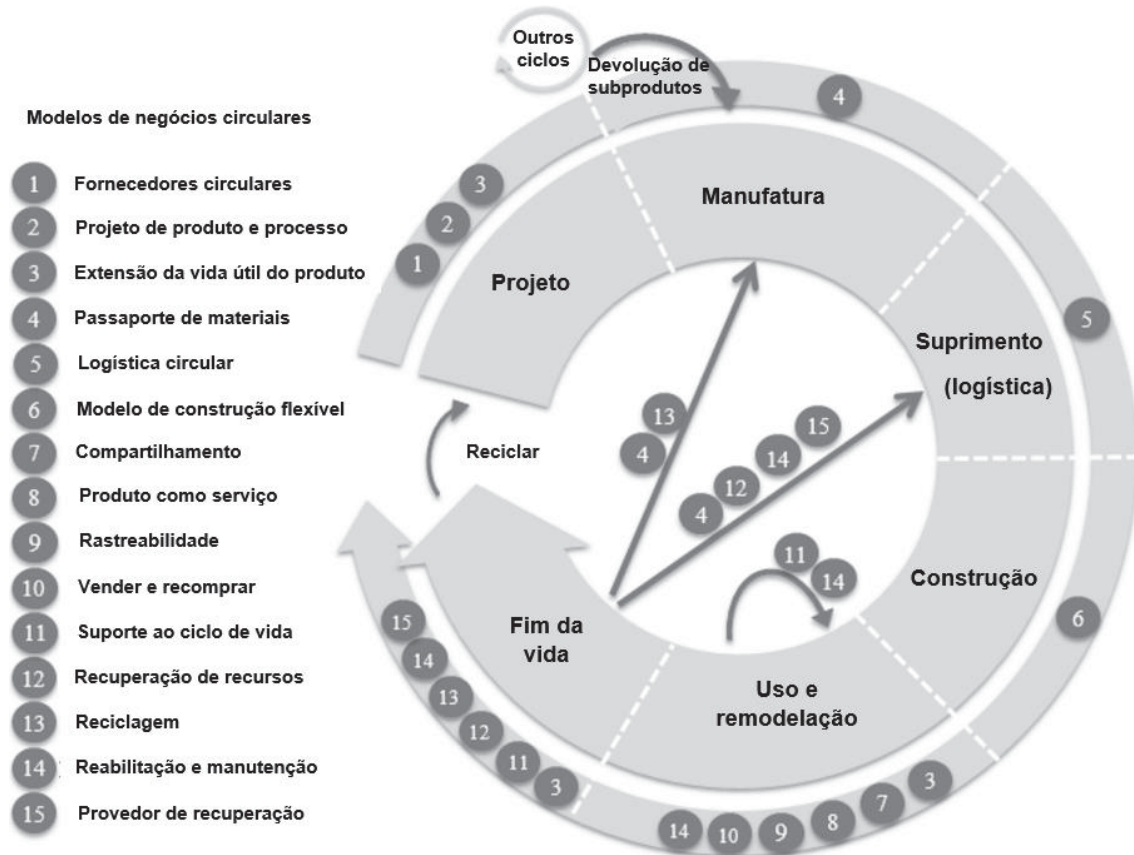
escassez de recursos naturais, à geração de resíduos e à emissão de gases do efeito estufa. Em virtude deste setor causar grande impacto no meio ambiente, a transição para a economia circular tende a se fortalecer. Para o alcance de um mundo circular, é importância a preditiva de uso eficiente de recursos da indústria da construção através da disseminação do *framework* da EC (Wuni, 2022).

Complementando a relevância de uma construção circular, Guerra *et al.* (2021) afirmam que a indústria da construção se caracteriza como a maior consumidora de recursos naturais e matérias-primas do mundo. Estima-se que esse setor gere 2,2 bilhões de toneladas de resíduos de construção e demolição até o ano de 2025, globalmente. Guerra *et al.* (2021) mencionam que apenas 40% dos resíduos de construção e demolição têm sido direcionados à reciclagem, à reutilização ou a instalações de energia. Em decorrência disso, há uma tendência crescente de políticas, pesquisas acadêmicas e iniciativas voltadas à promoção da economia circular na construção, envolvendo-se no tema de ambiente construído. Outro dado, mencionado por Guerra *et al.* (2021), é que o Fórum Econômico Mundial estimou que a implementação da EC na indústria da construção resultará uma economia de mais de US\$ 100 bilhões por ano devido ao aumento da produtividade. Através do uso eficiente de materiais, minimizam-se o consumo de recursos de matéria-prima, refletindo significativamente na quantidade consumo global.

Benachio, Freitas e Tavares (2020) pesquisaram sobre o desenvolvimento da economia circular dentro da indústria da construção, mapeando as principais práticas por fases do ciclo de vida de um projeto. Os autores constataram que há um entendimento da necessidade de mudar para uma economia circular no ambiente construído, entretanto uma barreira foi levantada que é a falta de padronização de métodos para implementação da EC em projetos do setor. Sobre o reaproveitamento de materiais, sugere-se maior aprofundamento em estudos que objetivem encontrar alternativas de reaproveitamento dos materiais de construção em novas funções específicas na edificação ou externa a ela. A criação de estoque foi outra área analisada, a qual propõe-se estocar materiais em larga escala para posterior reutilização, com uma ressalva de que é preciso saber quais materiais podem se aplicar essa prática. Como uma relevante contribuição da pesquisa, tem-se que é essencial inserir os princípios da economia circular já na fase de concepção do projeto, pois auxiliará a tomada de decisão sobre quais materiais utilizar, considerando

potencial de eficiência, e o gerenciamento dos recursos componentes do ciclo de vida do projeto.

Munaro *et al.* (2021) analisaram a implementação de modelos de negócios circulares em projetos de construção. Os autores mencionaram que lacunas de conhecimento sobre esses modelos e sobre os conceitos da economia circular é um obstáculo para trazê-los na indústria da construção. É necessário obter maiores explicações às partes interessadas do projeto acerca dos benefícios da EC nos aspectos socioeconômicos e ambientais na cadeia de valor da construção. A maturidade nos processos da EC, em relação à gestão e fluxos dos materiais e de energia, bem como em soluções na governança precisa ocorrer para conseguir avanços no setor da construção. A transição do linear para o circular em projetos de construção necessitaria ser impulsionada por parcerias público-privadas de integração e fechamento de ciclos de vida de materiais e/ou produtos. Os modelos circulares propuseram práticas de eficiência energética, para redução de emissão de carbono, da mineração de matéria-prima e de impacto no meio ambiente. Munaro *et al.* (2021) trouxeram uma proposta de *framework* de modelo de negócios circular (FIGURA 10) voltada às fases do ciclo de vida de um projeto de construção, com uma estrutura composta por conceitos circulares de criação de valor. Ressalta-se também a compreensão da influência da EC relacionada às partes interessadas, à sociedade, às cadeias de suprimentos e às áreas de inovação e tecnologia para o sucesso da implementação do uso eficiente de recursos no setor.

FIGURA 10 - *Framework* circular de negócios para a indústria da construção

FONTE: Traduzido de Munaro *et al.* (2021).

Sobre a gestão de resíduos de construção civil e demolição, Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2022) informaram que a economia circular está evoluindo em torno desse tema, principalmente devido a contribuições trazidas de pesquisas científicas. Estratégias de reutilização, reciclagem, remanufatura e recuperação da EC foram mencionadas para redução dos resíduos de construção e demolição, aplicadas na fase de construção, na fase de demolição ou combinadas em ambas. A reciclagem, prática mais adotada no setor conforme Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2022), é realizada para materiais como o concreto, vidro, argila, materiais pré-fabricados, plástico, tijolos, argamassa de alvenaria, agregados reciclados, argamassa de cimento e gesso. Já a reutilização, utilizada em menor escala por ter poucos materiais aptos para esse processo, é empregada com solo escavado, painéis de fachada, materiais patrimoniais e materiais pré-fabricados. A remanufatura reconstrói um determinado material com a incorporação de componentes reparados ou novos. Dentre os materiais que podem ser remanufaturados têm-se geopolímeros pré-fabricados e painéis de revestimento de fachadas. Os autores reforçaram sobre a

relevância dos modelos de negócios circulares para a gestão de resíduos e listaram quatro modelos para promoção da EC na indústria da construção: modelo de geração de resíduos de demolição; modelo de avaliação e gestão de resíduos; previsão de custo de demolição e modelo de custo de ciclo de vida; e modelo de composição dos resíduos da construção e demolição. Ao final dessa pesquisa, Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2022) concluíram que a economia circular tem subsídios suficientes para impactar positivamente os processos da indústria da construção, visando à sustentabilidade no consumo.

Em termos de gestão de projetos, Többen e Opdenakker (2022) propuseram a incorporação da economia circular nas fases iniciais de um projeto da indústria da construção, como responsabilidade do gerente de projetos. Os autores afirmam que na indústria da construção, o ciclo técnico é o mais afetado do diagrama borboleta da economia circular, por promover a extração de matérias-primas e conversão em materiais de construção. Para que a EC seja incorporada, é necessário compreender um edifício como estruturas dinâmicas e adaptáveis às necessidades atuais, as quais se compõem por camadas de materiais e produtos distintos. O entendimento do sistema da construção como um todo colabora para implementação de técnicas circulares como edifícios desmontáveis, peças modulares, uso de materiais de base biológica e/ou renováveis e incorporação de materiais reutilizados. Um desafio encontrado pelos autores foi em relação aos aspectos gerenciais, devido à inserção de práticas circulares na gestão de projetos tradicionais. Por isso, estabeleceram uma proposta de *framework*, na qual três pontos foram levantados como primordiais na transição para uma economia circular em projetos de construção, são eles: conhecimento da EC, integração do princípio circular na preparação do projeto e na gestão.

3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

A presente pesquisa quanto à natureza é aplicada e quanto aos objetivos é exploratória. Para tanto, terá como abordagem metodológica a revisão de literatura e a análise de conteúdo. A estrutura da dissertação foi dividida em três artigos, sendo que o primeiro visou à investigação da aplicabilidade da metodologia ágil na gestão de projetos de Arquitetura e de Engenharia da Construção (AEC) por meio de uma revisão sistemática da literatura. Na sequência, o segundo artigo traz uma atualização das práticas de economia circular nos últimos três anos por revisão sistemática da literatura. Por fim, o terceiro artigo analisou as aproximações teóricas da gestão de projeto ágil para a promoção de práticas da economia circular na indústria de construção aplicando análises de conteúdo e de relações.

Os três artigos descritos interagem de forma sequencial e complementar. O primeiro artigo gera uma base conceitual sobre a metodologia ágil aplicada em projetos de construção, fornecendo parâmetros de análise para serem utilizados no terceiro artigo. O segundo artigo expande o campo de estudo ao abordar as práticas de economia circular na indústria da construção, estabelecendo também uma base conceitual e fornecendo dados relevantes para a análise no artigo seguinte. Por fim, o terceiro artigo utiliza as bases conceituais e os parâmetros de análise estabelecidos nos dois primeiros artigos para verificar a sinergia entre a gestão ágil de projetos e as práticas de economia circular no setor de AEC. Para isso, combinaram-se os conhecimentos adquiridos nos dois primeiros artigos para explorar as possíveis interações e proximidades entre essas duas abordagens.

Neste capítulo, apresentam-se as sínteses dos métodos dos artigos, separadamente. Os principais procedimentos foram abordados para a compreensão das estratégias empregadas para atingir os objetivos da pesquisa. Ressalta-se que a complementação detalhada da metodologia será descrita no capítulo de cada artigo.

O método empregado para o desenvolvimento do primeiro artigo “Mapeamento dos atributos da gestão ágil aplicados em projetos de construção”, disposto no capítulo 4, foi a revisão sistemática da literatura. Buscaram-se publicações nas consolidadas bases de dados Scopus, Science Direct e Web of Science, abrangendo o período de busca de 2018 a meados de 2022. Os estudos bibliográficos encontrados serão filtrados por meio critérios de inclusão e exclusão para analisar o estado da arte de forma mais assertiva. Ao final da filtragem, totalizou-se uma amostra

de 26 artigos para coleta e análise de dados. Para realizar a obtenção dos resultados, estabeleceram-se códigos conceituais em torno dos seguintes temas: metodologias de gestão de projetos, metodologia tradicional, construção civil, metodologia ágil e Scrum. Através da codificação, levantaram-se os principais conceitos ágeis mencionados, o *framework* mais relevante, os problemas abordados na construção civil a serem mitigados, as fases do projeto de construção com adoção do ágil e informações sobre a metodologia híbrida. Posteriormente, expuseram-se as discussões pertinentes aos resultados encontrados. Concomitantemente à codificação, relatou-se a síntese de todos os trabalhos selecionados para a revisão em uma planilha do Excel. As informações mapeadas na etapa de coleta de dados para cada referência foram registradas e agruparam-se todos os resumos juntamente com o método empregado e as principais contribuições à presente pesquisa.

Na elaboração do segundo artigo intitulado "Práticas de economia circular em projetos de construção: um estudo da literatura", apresentado no capítulo 5, também foi empregada a abordagem de revisão sistemática da literatura como método. Visou-se à atualização da pesquisa de Benachio (2020) com artigos relacionados à aplicação da Economia Circular (EC) na indústria da construção. Para localizar os artigos publicados nos anos posteriores ao mapeamento do autor (2020-2022), realizou-se uma busca nas três bases de dados utilizadas no primeiro artigo, sendo elas: Scopus, Science Direct e Web of Science. Após filtragem e exclusão baseada em critérios definidos, foram selecionados 52 artigos para leitura detalhada. Empregou-se a análise de conteúdo seguindo a abordagem de Bardin (1977) para categorizar as práticas identificadas e descrever as principais contribuições dos autores selecionados na revisão, resultando na elaboração de um quadro descritivo das práticas adicionais do artigo. Além disso, elaborou-se uma lista final com as práticas encontradas e as práticas do estudo em atualização e correlacionou-se cada uma com os estágios de ciclo de vida estabelecidos pela norma EN 15804.

Já no terceiro artigo no capítulo 6 desta dissertação cujo título é "Relações teóricas entre as práticas de economia circular e a abordagem ágil em projetos de construção", a estratégia da pesquisa baseou-se na análise de conteúdo e na análise das relações, seguindo as diretrizes estabelecidas por Bardin (1977), com o propósito de examinar as interações entre a abordagem Ágil e a economia circular no contexto da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Devido à escassez de estudos que abordam essa combinação específica de conceitos, optou-se por

examiná-los de forma independente, nos dois artigos anteriores, antes de analisar suas relações. Relacionou-se cada prática de economia circular com cada atributo ágil por meio de codificações. Para realizar a análise no terceiro artigo, utilizaram-se as codificações das características ágeis relacionados à gestão de projetos na construção encontradas no primeiro artigo (capítulo 4) e a lista final de PECs levantada no segundo artigo (capítulo 5), bem como o conteúdo dos respectivos autores encontrados em ambos os artigos. A partir da interpretação das relações identificadas, criou-se uma matriz de contingência para visualizar as interações entre as práticas de economia circular e os atributos ágeis. Essa análise permitiu identificar interações positivas e negativas entre os conceitos, contribuindo para estabelecer inferências teóricas.

Ao final das investigações dos artigos, a expectativa é trazer as contribuições da gestão de projetos ágil, associando conceitos do Scrum e da metodologia Ágil, com vistas a motivar a inserir no projeto técnicas e práticas para implementação da economia circular na construção civil. Por isso, as aplicações da economia circular em projetos de construção foram mapeadas no segundo artigo, como realizado no primeiro artigo com os atributos ágeis, para obter-se uma matriz da relação conceitual da gestão ágil e da economia circular a partir das possíveis relações teóricas entre eles.

A transição da economia linear para a circular é desafiadora e complexa, principalmente pela ausência de métodos padronizados para a prática em projetos de construção (Benachio, 2020). A metodologia ágil é uma alternativa para gerenciar as mudanças desses projetos de forma eficaz e garantir a maximização dos seus valores (Mohammed; Karri, 2020). Como resultado final deste artigo, espera-se apresentar uma estratégia de implantação das principais práticas de economia circular citadas por Benachio (2020) que se correlacionem à gestão de projeto ágil. A dúvida a ser dirimida é o quanto a metodologia ágil ajudaria que as empresas entendam e apliquem a economia circular em seus processos de gestão e na tomada de decisão. Busca-se ainda entender a possibilidade de se aplicar completamente ao ciclo de vida da construção.

4 MAPEAMENTO DOS ATRIBUTOS DA GESTÃO ÁGIL APLICADOS EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO

Flávia Luisa Pires Enembreck

Maria do Carmo Duarte Freitas

Luís Bragança

RESUMO

Os envolvidos na gestão de projetos na construção civil buscam alternativas para preservar o valor dos empreendimentos, gerenciar mudanças, melhorar a comunicação com o cliente e antecipar riscos diante de imprevistos, a fim de realizar projetos mais eficientes e eficazes. Diante dos cenários incertos e em constante mudança, a metodologia ágil surgiu para ajudar o setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) a enfrentar os desafios da gestão. Este artigo tem como objetivo investigar a aplicabilidade da metodologia ágil na gestão de projetos de construção. Registrou-se o mapeamento de *insights* do estado da arte com base na revisão sistemática da literatura e análise bibliométrica de 26 artigos selecionados, utilizando critérios elencados no protocolo de pesquisa. Realizou-se uma análise quantitativa da distribuição por ano e por país de publicação e a análise qualitativa do conteúdo, por meio de códigos gerenciados pelo *software* Atlas.ti. Analisaram-se a caracterização de gestão ágil e do *framework* Scrum, os problemas nos projetos de construção, a aplicação na indústria de AEC e a conceituação da abordagem híbrida. Os principais pontos que cercam a pesquisa foram discutidos e os benefícios que o ágil agrega ao gerenciamento de projetos de construção foram validados baseados na literatura.

Palavras-chave: Metodologia ágil; Projetos de construção; Gestão de projetos; Revisão sistemática da literatura.

ABSTRACT

To carry out more efficient and effective projects, those involved in project management in the construction industry seek alternatives to preserve projects' profit and value, manage change, improve communication with the client, and anticipate risks in the face of unforeseen events. In the face of uncertain and ever-changing scenarios, the Agile methodology has emerged to help the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) sector face management challenges. This paper investigates the applicability of Agile methodology in construction project management. Insights from a state-of-the-art were mapped based on a systematic literature review and bibliometric analysis of 26 articles selected using criteria listed in the research protocol. A quantitative analysis of the distribution by year and country of publication and a qualitative analysis of the content were conducted, using codes managed by Atlas.ti software. The characterization of Agile management and the Scrum framework, the problems in construction projects, the application in the AEC industry and the conceptualization of the hybrid approach were analyzed. The authors discussed the main points surrounding the research and validated the benefits Agile adds to construction project management based on the literature.

Keywords: Agile methodology; Construction projects; Project management; Systematic literature review

4.1 INTRODUÇÃO

A gestão de projetos da indústria da construção nacional e internacional é majoritariamente baseada no método tradicional. Este tipo de gerenciamento é processado sequencialmente, com rigidez frente a mudanças, ocasionando problemas como elevação de custo, atraso no prazo e retrabalho (Blessie, 2018). Nos últimos anos, a adoção do gerenciamento tradicional vem sendo questionada diante de cenários incertos e sujeitos a mudanças constantes (Akel *et al.*, 2019). Os profissionais do setor da construção estão em busca de alternativas para o gerenciamento dos projetos, de forma que preservem os lucros e valor dos empreendimentos, além de alcançar projetos mais eficientes e eficazes (Durante *et al.*, 2015).

As discussões recentes confirmam que os projetos de construção apresentam elevado grau de incertezas e riscos, derivados da complexidade do projeto por questões culturais, políticas, sociais e tecnológicas, as quais afetam diretamente a indústria da construção e trazem desafios à gestão. O alto número de *stakeholders* também é um fator influente nos riscos desses projetos (Silva; Kikuti; Melhado, 2018). O projeto se torna cada vez mais complexo à medida que surgem mudanças frequentes durante seu ciclo de vida. A má gestão dessas mudanças, derivadas de escopos mal definidos, da comunicação ineficaz com o cliente e imprevistos nas finanças ou por terceiros, compromete o seu desempenho e, conseqüentemente, o alcance do sucesso do projeto (Arefazar *et al.*, 2019). Um dos fatores impactantes na complexidade do setor da construção foi a pandemia da COVID-19 cujo período trouxe problemas como o aumento de custos da sua matéria-prima e a redução das vendas imobiliárias. Diante desse cenário complexo e incerto, o conceito de adaptabilidade na gestão dessas mudanças e imprevistos ganhou força para os projetos de construção (Colares; Gouvêa; Costa, 2022).

Na busca por suprir as limitações do tradicional e da natureza de incertezas, a metodologia ágil surge para beneficiar o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) ao enfrentar os desafios de gestão (Akel *et al.*, 2019). Tem-se como

pressuposto que a abordagem ágil traz flexibilidade e dinamismo à gestão de projetos, respondendo às mudanças e às questões de complexidade. Além disso, promove a comunicação frequente entre a equipe e as partes interessadas durante todo o projeto (Marnada *et al.* 2022). Essa metodologia originou-se especificamente para o desenvolvimento de *software*. Em 2001, ocorreu o Manifesto Ágil, no qual declararam-se os quatro valores e doze princípios do desenvolvimento ágil (Beck *et al.*, 2001). Anos depois, Owen *et al.* (2006) levantaram o questionamento sobre a aplicabilidade do ágil na indústria da construção e concluíram que há um grande potencial de contribuição e que os benefícios trazidos aos projetos de *software* seriam os mesmos a qualquer outro tipo de projeto. Nos últimos anos, surgiram cada vez mais estudos sobre a adoção do ágil no ramo da construção, comprovando sua aplicação e os ganhos concedidos aos processos e às entregas.

O presente texto tem como objetivo investigar a aplicabilidade da metodologia ágil na gestão de projetos de Arquitetura e de Engenharia da Construção (AEC) com o mapeamento de *insights* do estado da arte, a partir de uma revisão sistemática da literatura e da análise bibliométrica. A partir desta investigação, espera-se compreender como está sendo o desenvolvimento da gestão ágil na indústria da construção, quais recursos ágeis têm sido utilizados e quais os principais atributos que motivam a sua adoção. Ressalta-se que este artigo é parte integrante da dissertação de mestrado em que buscou-se analisar a sinergia entre os conceitos do ágil e da economia circular em projetos de construção e, para isso, faz-se necessário adentrar-se no tema proposto. A estrutura do artigo compõe-se da descrição da metodologia; a apresentação dos resultados bibliométricos e das discussões em torno do tema; e por fim, discorre sobre as principais conclusões da pesquisa.

4.2 MÉTODO

O método empregado para o desenvolvimento desta pesquisa foi a revisão sistemática da literatura. Neste tipo de revisão, todo o processo do estudo descritivo e os critérios adotados são apresentados de forma explícita, possibilitando a sua replicação por parte de outros pesquisadores. Dentre as suas vantagens, têm-se uma estrutura teórica precisa e confiável cuja obtenção decorre com maior eficiência e abrange um conjunto amplo de resultados e publicações (Santos, 2018).

Robson e McCartan (2016) e Santos (2018) elencaram etapas envolvidas no processo de revisão sistemática. Com base nos autores mencionados, formulou-se, resumidamente, o seguinte roteiro adotado nesta revisão sistemática da literatura com as seguintes etapas: definição do problema, determinação dos parâmetros de busca, escolha do âmbito da pesquisa, delimitação dos critérios de busca, filtragem dos estudos, coleta e análise de dados, avaliação de qualidade e redação de relatório de sínteses.

4.2.1 Descrição das etapas

A primeira etapa da revisão ocorreu com a definição do problema, o qual se caracteriza como a pergunta norteadora da pesquisa relatada anteriormente. Para a determinação dos parâmetros de busca, analisaram-se preliminarmente as palavras-chave de artigos publicados, de forma paralela, sobre a gestão de projetos através da metodologia ágil e a indústria da construção civil. Após levantadas as palavras mais utilizadas para se referirem a ambos os conceitos, realizou-se um teste de aderência, seguindo o modelo apresentado no treinamento da UFPR (2020), com combinações das principais expressões encontradas. O teste se iniciou com a busca de pesquisas feitas no Portal de Periódicos CAPES para visualizar o universo de publicações existentes. Dessa forma, verificou-se o número de artigos localizados com cada combinação de conceitos-chave pesquisada no campo “Geral”, com período dentro dos últimos cinco anos e restringindo a artigos revisados por pares. As combinações de palavras que mais obtiveram resultados foram “*project management*”, “*Agile*” e “*construction*” e com os termos “*project management*”, “*Agile*” e “*building*”, as quais foram escritas em inglês no campo de pesquisa devido à sua universalidade. Para complementar o teste de aderência, a qualidade do conteúdo encontrado nas bases Scopus, Science Direct e Web of Science foram computadas, confirmando a prevalência de publicações utilizando os três termos citados anteriormente. Por meio desse levantamento com as bases de dados, observou-se a brusca redução do número de artigos quando se delimita bases específicas em relação ao universo constante no Portal de Periódicos CAPES, introduzindo a aplicação da amostra para esta revisão sistemática da literatura.

Como introduzido na etapa anterior, o âmbito da pesquisa estabeleceu-se com três bases de dados: Scopus, Direct Science e Web of Science. A escolha dessas

plataformas decorreu-se pela presença de uma gama de trabalhos de literatura acadêmica, além de serem sites elegíveis e confiáveis. Benachio (2020) e Munaro (2022) optaram por essas três bases na fase inicial de suas revisões de literatura, atestando a validade desses meios de pesquisa referencial.

O passo subsequente foi a delimitação dos critérios de busca. Para complementar a pesquisa com o uso das palavras-chave definidas, utilizaram-se os recursos de combinação com os operadores *booleanos* “AND” entre as três expressões com significados distintos e “OR” entre os termos semelhantes “*construction*” e “*building*”. Utilizam-se as aspas como símbolo de truncamento para o termo composto “*project management*”. Os campos de pesquisa para localizar os termos foram título, resumo e palavras-chave nas bases Scopus e Science Direct. Já na base Web of Science, o campo utilizado foi o “*topic*” que se refere ao título, assunto e resumo, com a aplicação do filtro de busca somente na coleção principal (*Core Collection*). Quanto ao período delimitado, foram consideradas apenas as publicações dos últimos cinco anos (2018-2022). O QUADRO 7 apresenta um resumo da estratégia de pesquisa nas bases, com os campos considerados e as *strings* utilizadas para busca avançada em cada base de dados.

QUADRO 7 - Estratégia de pesquisa nas bases de dados

Palavras-chave	<i>"project management"; Agile; construction ou building</i>	
Base de dados	Campos de busca	Descrição de busca (<i>Campo: string</i>)
Scopus	Título, resumo e/ou palavras-chave	<i>Enter query string: TITLE-ABS-KEY ("project management" AND Agile AND (construction OR building)) AND PUBYEAR AFT 2017</i>
Science Direct	Título, resumo e/ou palavras-chave	<i>Title, abstract or author-specified keywords: "project management" AND Agile AND (construction OR building) Years: 2018-2022</i>
Web of Science	Tema (Título, resumo e/ou palavras-chave)	<i>Topic: "project management" AND Agile AND (construction OR building) Publication Date: Last 5 years</i>

FONTE: Os autores (2022).

A etapa de filtragem preliminar se deu com uma leitura criteriosa dos títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos encontrados pelas três bases de dados no período de 7 de julho de 2022 até 17 de julho de 2022. A partir desta primeira averiguação, selecionaram-se os artigos que correlacionam a metodologia ágil com a indústria da construção civil com metodologias diversas e que são aderentes ao

conteúdo estudado. Os critérios adotados para a exclusão de publicações foram: a duplicidade de artigos nas diferentes bases; a indisponibilidade de acesso de artigos em versão completa, utilizando o *login* pela instituição Universidade Federal do Paraná nos *sites* das bases de dados; e artigos fora do tema investigado.

Com os artigos selecionados, seguiu-se para a coleta e análise de dados. A coleta de dados foi realizada por meio da leitura dos textos completos, com o mapeamento das abordagens de relações da gestão ágil com a construção civil e as principais conclusões dos autores. A análise dos dados foi qualitativa, na qual se faz a interpretação e busca-se o entendimento dos contextos publicados. Na tabela criada na etapa anterior, foram documentados os principais aspectos do método, dos resultados e das conclusões dos estudos analisados. Para elevar o rigor desta análise e assegurar a confiabilidade dos resultados, será utilizado o *software* Atlas.ti. Este auxilia a sistematização da revisão com o gerenciamento de grandes volumes de dados, em que se fazem codificações referentes ao tema proposto para a análise do conteúdo e para extração de relatórios sobre toda a amostra de textos da pesquisa. A licença utilizada da versão 22 do Atlas.ti pertence ao Grupo de Pesquisa Ciência, Informação e Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

A avaliação de qualidade da revisão é dada com a certificação de pesquisas acadêmicas e/ou artigos publicados por fontes reconhecidas academicamente e extraídos de bases confiáveis. Além disso, os artigos foram revisados por pares, inferindo-se que a qualidade da investigação científica foi verificada por especialistas.

Por último, emitiu-se um relatório final com a síntese de todos os trabalhos selecionados para a revisão cujos resultados foram aderentes à problemática inicial. Resumiram-se as informações mapeadas na etapa de coleta de dados para cada referência e agruparam-se todas as sínteses em uma planilha do Excel juntamente com a numeração do artigo. Nessa planilha, encontram-se o resumo do artigo, do método empregado e das principais contribuições à presente pesquisa.

A seguir, apresenta-se o resumo do protocolo de pesquisa com as estratégias adotadas no QUADRO 8:

QUADRO 8 - Protocolo de pesquisa

Etapa	Descrição
Definição do problema	Quais são os principais atributos ágeis que se aplicam em projetos de construção, segundo o estado da arte, para trazer melhorias na gestão de projetos?

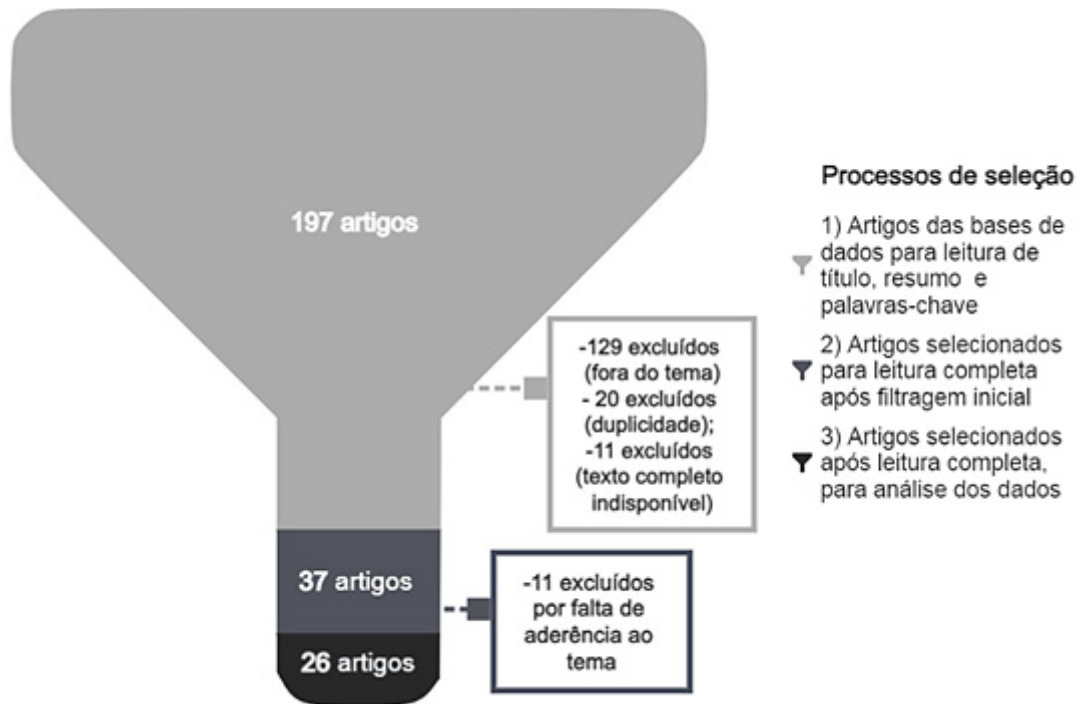
Etapa	Descrição
Determinação dos parâmetros de busca	Através do teste de aderência, as palavras-chave encontradas foram: <i>project management, Agile e construction ou building</i> .
Escolha do âmbito da pesquisa	Scopus, Science Direct e Web of Science
Delimitação dos critérios de busca	As palavras-chave foram combinadas com o operador <i>booleano</i> "AND" e as aspas foram utilizadas para o termo composto " <i>project management</i> ". Busca por publicações dos últimos 5 anos.
Filtragem dos estudos	Leitura de títulos, resumo e palavras-chave. Seleção de artigos sobre metodologia ágil e a indústria da construção civil obtidos das bases de dados. Os critérios para exclusão foram a duplicidade de artigos, indisponibilidade de acesso ao texto completo e artigos fora do tema investigado.
Coleta e análise de dados	Leitura dos artigos completos e seleção dos artigos relevantes ao tema Análise qualitativa de dados com a categorização das pesquisas bibliográficas no <i>software</i> Atlas.ti.
Avaliação de qualidade	As fontes de busca são reconhecidas academicamente e os artigos considerados foram revisados por pares.
Redação do relatório	Elaboração de uma tabela com a síntese de todos os trabalhos selecionados.

FONTE: Os autores (2022).

Conforme as sequências listadas no protocolo acima, estruturou-se um diagrama sintetizado com os números de publicações exploradas no processo de filtragem dos estudos, utilizando o *software* Visme², conforme mostra a FIGURA 11.

FIGURA 11 - Funil com número de artigos por processo de seleção

² Visme - <https://www.visme.co/>



FONTE: Os autores (2022).

Nos processos 1 e 2 de obtenção dos artigos das bases de dados para leitura do título, resumo e palavras-chave e de seleção para leitura completa obtiveram-se 197 publicações sendo 115 da Scopus, 10 da Science Direct e 72 da Web of Science. Excluíram-se 69 artigos dos extraídos da Scopus, 7 artigos da Science Direct e 53 da Web of Science, totalizando 129 excluídos na leitura inicial e, conseqüentemente, 68 artigos selecionados para a leitura completa (46 da Scopus, 3 da Science Direct e 19 da Web of Science). Indica-se que a maior porcentagem dos artigos selecionados para a etapa seguinte foi da base de dados Scopus, perfazendo aproximadamente 68% das publicações, enquanto a Web of Science e a Science Direct correspondem a 28% e 4%, respectivamente. O número de 68 artigos foi reduzido para 37 devido à duplicidade de artigos entre as diferentes bases de dados (20 artigos excluídos) e à indisponibilidade de acesso ao texto completo (11 artigos excluídos).

No terceiro e último processo, selecionaram-se os artigos para seguir com este estudo por meio da leitura completa, com a verificação de pontos relevantes ao tema e contribuição ao problema em questão. Por falta de aderência ao tema no desenvolvimento da pesquisa, 11 artigos foram excluídos. Ao final da filtragem, totalizou-se uma amostra de 26 artigos para coleta e análise de dados. Uma observação quanto aos artigos selecionados é que quatro deles referem-se à indústria de petróleo e gás, contudo não foram excluídos em função da relevância do estudo e

da possibilidade de agregar boas discussões a esta pesquisa. Os artigos selecionados para a investigação da autora estão listados no APÊNDICE A com suas respectivas numerações e referências.

4.2.2 Codificação

Quanto à codificação escolhida, primeiramente, criaram-se grupos de códigos para delimitar os pontos que seriam analisados de acordo com a temática da pesquisa. Os grupos estão divididos nas categorias tipo de metodologias de gestão de projetos, metodologia tradicional, construção civil, metodologia ágil e Scrum. No QUADRO 9. têm-se os 12 grupos.

QUADRO 9 - Grupos de códigos da pesquisa

Número	Categoria	Nome
G1	Metodologias de gestão de projetos	Tipo de metodologia
G2	Metodologia tradicional	Características
G3	Construção civil	Problemas a resolver
G4	Construção civil	Recursos
G5	Construção civil	Aplicações do ágil
G6	Metodologia ágil	Características
G7	Metodologia ágil	Recursos
G8	Metodologia ágil	<i>Frameworks</i>
G9	Metodologia ágil	Ambiente
G10	Scrum	Eventos
G11	Scrum	Papéis
G12	Scrum	Artefatos

FONTE: Os autores (2022).

Após a definição dos grupos, inseriram-se códigos relativos à cada grupo específico, baseado em conceitos básicos da literatura. Além disso, à medida que a leitura avançava, complementaram-se os códigos com itens que estavam presentes nos artigos explorados. A relação de todos os códigos empregados está no APÊNDICE B. Ao todo, são 81 códigos criados. A inserção de códigos foi realizada de forma manual na ferramenta Atlas.ti e evidencia-se que eles foram atribuídos conforme a interpretação textual e conceitual da autora. No QUADRO 10, apresenta-se um fragmento da lista de códigos com os componentes do grupo G1. Os códigos de todos os grupos estão no APÊNDICE B, inclusive os listados no QUADRO 10.

QUADRO 10 - Códigos da pesquisa

Grupo	Código	Descrição
G1	C1	Metodologia ágil
G1	C2	Metodologia híbrida (tradicional e ágil)
G1	C3	Metodologia híbrida (tradicional, ágil e <i>lean</i>)
G1	C4	Metodologia tradicional
G1	C5	Metodologias ágil e <i>lean</i>

FONTE: Os autores (2022).

O presente capítulo apresentou detalhadamente todas as etapas relacionadas à revisão da literatura, as bases e estratégias de busca utilizadas, o protocolo de coleta de dados e o refinamento do número de publicações encontradas. Além disso, apresentaram-se os códigos aplicados no Atlas.ti e as referências dos artigos selecionados para a pesquisa.

4.3 RESULTADOS

Este capítulo traz os resultados dos dados extraídos dos 26 artigos aderentes ao tema. Contemplam-se análises quantitativas e qualitativas. A análise quantitativa indicará a distribuição das publicações nos últimos cinco anos e no mapa mundial. Já a análise qualitativa descreve os principais conceitos ágeis mencionados, o *framework* mais relevante, os problemas abordados na construção civil a serem mitigados, as fases do projeto de construção com adoção do ágil e informações sobre a metodologia híbrida citada por alguns autores. Posteriormente, expõem-se discussões pertinentes aos resultados encontrados.

4.3.1 Análise quantitativa das publicações selecionadas

A busca por artigos se sucedeu por uma delimitação de períodos entre 2018 e 2022. O ano em que teve mais publicações foi 2019, com 8 publicações, e o que teve menos foi 2021, com 3 artigos selecionados para a revisão. Os anos 2018, 2020 e 2022 tiveram igualmente 5 publicações. Vale ressaltar que a pesquisa foi realizada no início do segundo semestre de 2022, o que se faz provável o surgimento de mais publicações. Mapearam-se também os países de publicações dos 26 artigos. Verificou-se uma distribuição quase homogênea em 19 países diferentes. Os países

que mais tiveram publicações foram os Estados Unidos e a Índia com magnitude igual a 3 publicações. Em segundo lugar, com 2 publicações, ficaram o Brasil, Peru e Portugal. Os demais contabilizam somente 1 publicação, sendo os seguintes países: África do Sul, Alemanha, Austrália, Canadá, Emirados Árabes Unidos, Holanda, Irã, Iraque, Irlanda, Nepal, Reino Unido, Rússia, São Vicente e Granadinas e a Turquia.

Após a análise quantitativa de artigos por ano e por país de publicação, seguiram-se para análises do conteúdo relativo ao tema deste estudo.

4.3.2 Análise qualitativa da gestão ágil para a indústria da construção

A realização da análise qualitativa das pesquisas foi possível por meio da leitura completa dos textos e da codificação aplicada no Atlas.ti. Os APÊNDICE C e APÊNDICE D reúnem o resumo e o método dos 26 artigos, respectivamente, e o APÊNDICE E traz uma síntese das principais contribuições à presente pesquisa. Sobre a magnitude da codificação empregada, o APÊNDICE F apresenta o número de artigos que abordaram determinado código.

4.3.2.1 Caracterização da gestão ágil

Para caracterizar a gestão de projetos ágil, os grupos de códigos de categorias “Metodologia Ágil” (G6, G7, G8 e G9) e “Scrum” (G10, G11 e G12), conforme documentado no QUADRO 9, foram analisados em sua magnitude e recorrência dos códigos de cada conjunto.

4.3.2.1.1 Características, recursos e descrição do ambiente ágil

Um total de 18 características foram codificadas por suas aparições nos artigos e relevância. Com base nas magnitudes de citação dos códigos, verificou-se que os quatro principais benefícios que o ágil traz para este setor são: a melhoria na comunicação entre as partes interessadas do projeto; gerenciamento de mudanças por meio de respostas rápidas e da visão de oportunidade e de vantagem competitiva frente às alterações de escopo; a colaboração entre a equipe responsável e com o cliente; e flexibilidade nos processos, no escopo e nos recursos utilizados. Sendo que as duas primeiras apareceram em 19 artigos, as duas últimas em 18 artigos. Com

magnitudes iguais a 13, ou seja, os códigos apareceram em 13 das 26 publicações, têm-se: agregar valor e/ou entrega com valor máximo; adaptabilidade; aumento da eficiência na entrega; melhoria contínua; e auto-organização da equipe. As características menos mencionadas foram: gestão de tempo e/ou prazos mais curtos (11 citações); resolução eficaz de riscos e/ou gestão de riscos (10 citações); transparência (8 citações); inspeção (8 citações); fácil implementação e/ou simplicidade (7 citações); e aumento da produtividade da equipe (6 citações).

Dentre os recursos característicos do ágil, a iteração foi a mais citada. O desenvolvimento iterativo está diretamente relacionado com o gerenciamento de mudanças, pois sustenta a ideia de antecipar a descoberta de riscos para não comprometer as entregas posteriores. Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018), Hussien *et al.* (2019), Campbell (2019), Mohammed e Karri (2020) e Malla e Prasad (2022) foram alguns dos autores que reforçaram a utilização de iterações nos projetos de construção seja para amenizar impactos de mudanças, como também para aumentar a complexidade por meio de frações no tempo. Outros recursos ágeis levantados nos artigos com magnitude relevante foram: equipe multidisciplinar, lições aprendidas e processo cíclico. Os demais referidos como gráfico de *Burndown*, histórias de usuário, lista de verificação de riscos e quadro Kanban foram pouco mencionados, logo apresentam baixa usabilidade em projetos de construção.

O ambiente para a adoção da metodologia ágil foi definido majoritariamente como complexo e com incertezas. Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018) e Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022) se referiram à indústria da construção com os mesmos adjetivos. A dinamicidade e a imprevisibilidade foram mencionadas também como atributos do ambiente ágil e são fatores que os projetos de construção retratam constantemente no cotidiano.

O QUADRO 11 apresenta um resumo das principais características do ágil, os recursos mais citados e a definição do ambiente com os respectivos autores.

QUADRO 11 - Principais características, recursos e descrição do ambiente ágil

	Descrição	Autores
Características	Melhor comunicação entre as partes interessadas do projeto	Carlos, Amaral e Caetano (2018); Slijivar e Gunasekaran (2018); Almarar (2019); Arefazar <i>et al.</i> (2019); Campbell (2019); Hamerski <i>et al.</i> (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Ahmed e Mohammed (2019); Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020); Chumpitaz <i>et al.</i> (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Lalmi, Fernandes e Souad (2021); Vaz-Serra, Hui e Aye (2021); Jethva e Miroslaw (2022); Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022); Malla e Prasad (2022); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022); Shah <i>et al.</i> (2022).
	Mudar a gestão	Besenyoi, Krämer e Husaln (2018); Slijivar e Gunasekaran (2018); Almarar (2019); Arefazar <i>et al.</i> (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Ahmed e Mohammed (2019); Hussien <i>et al.</i> (2019); Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020); Mohammed e Karri (2020); Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020); Chumpitaz <i>et al.</i> (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Lalmi, Fernandes e Souad (2021); Vaz-Serra, Hui e Aye (2021); Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022); Malla e Prasad (2022); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022); Shah <i>et al.</i> (2022).
	Colaboração entre a equipe de gestão e o cliente	Besenyoi, Krämer e Husaln (2018); Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018); Slijivar e Gunasekaran (2018); Almarar (2019); Arefazar <i>et al.</i> (2019); Hamerski <i>et al.</i> (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Ahmed e Mohammed (2019); Hussien <i>et al.</i> (2019); Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Lalmi, Fernandes e Souad (2021); Vaz-Serra, Hui e Aye (2021); Jethva e Miroslaw (2022); Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022); Malla e Prasad (2022); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022).
	Flexibilidade	Carlos, Amaral e Caetano (2018); Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018); Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018); Slijivar e Gunasekaran (2018); Arefazar <i>et al.</i> (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Ahmed e Mohammed (2019); Hussien <i>et al.</i> (2019); Inglês (2019); Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020); Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020); Chumpitaz <i>et al.</i> (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Lalmi, Fernandes e Souad (2021); Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022); Malla e Prasad (2022); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022).
Recursos	Iteração	Besenyoi, Krämer e Husaln (2018); Carlos, Amaral e Caetano (2018); Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018); Almarar (2019); Ahmed e Mohammed (2019); Arefazar <i>et al.</i> (2019); Campbell (2019); Hussien <i>et al.</i> (2019); Inglês (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020); Chumpitaz <i>et al.</i> (2020); Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020); Mohammed e Karri (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Malla e Prasad (2022); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022).
	Equipe multidisciplinar	Carlos, Amaral e Caetano (2018); Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018); Slijivar e Gunasekaran (2018); Ahmed e Mohammed (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Jethva e Miroslaw (2022); Malla e Prasad (2022); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022).

	Descrição	Autores
	Lições aprendidas	Carlos, Amaral e Caetano (2018); Campbell (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020); Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Lalmi, Fernandes e Souad (2021); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022).
	Processo cíclico	Carlos, Amaral e Caetano (2018); Mnqonywa Von Solms e Marnewick (2018); Arefazar <i>et al.</i> (2019); Hussien <i>et al.</i> (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Mohamed e Karri (2020).
Ambiente	Complexo	Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018); Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018); Sljivar e Gunasekaran (2018); Campbell (2019); Hamerski <i>et al.</i> (2019); Ahmed e Mohammed (2019); Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Malla e Prasad (2022); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022); Shah <i>et al.</i> (2022).
	Incerto	Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018); Carlos, Amaral e Caetano (2018); Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018); Arefazar <i>et al.</i> (2019); Hamerski <i>et al.</i> (2019); Ahmed e Mohammed (2019); Mohamed e Moselhi (2019); Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020); Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020); Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Zender e Soto (2021); Lalmi, Fernandes e Souad (2021); Malla e Prasad (2022); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022); Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022); Shah <i>et al.</i> (2022).
	Dinâmico	Carlos, Amaral e Caetano (2018); Mohammed e Karri (2020); Chumpitaz <i>et al.</i> (2020); Sohi Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020); Lalmi, Fernandes e Souad (2021); Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022); Shah <i>et al.</i> (2022).
	Imprevisível	Sljivar e Gunasekaran (2018); Lalmi, Fernandes e Souad (2021).

FONTE: Os autores (2022).

4.3.2.1.2 Relação dos códigos com valores e princípios do Manifesto Ágil

Beck *et al.* (2001) estabeleceram quatro valores e doze princípios no Manifesto para desenvolvimento ágil de *software* durante o Manifesto ágil realizado em 2021. Com base neles, elaboraram-se o QUADRO 12, para correlacionar cada princípio ágil com os quatro valores, e o QUADRO 13, que associa os códigos do APÊNDICE B, utilizados nesta pesquisa, pertencentes aos grupos G6, G7, G10, G11 e G12 com os princípios ágeis. Utilizaram-se esses grupos por se enquadrarem na categoria “Metodologia ágil”, excluindo-se os grupos “*Frameworks*” e “Ambiente” por não serem fundamentos e nem práticas possíveis de relacionar. Reforça-se também que a correlação entre os princípios e os valores ágeis foi realizada para fins de validação dos códigos empregados e para demonstrar como os atributos se encaixam neles.

QUADRO 12 - Correlação entre os 4 valores e os 12 princípios do Manifesto ágil

Valores	Princípios											
	Satisfação do cliente	Vantagem competitiva das mudanças	Entrega com prazos curtos	Trabalho diário em equipe	Motivação da equipe	Conversa cara a cara	Funcionamento como progresso	Desenvolvimento sustentável	Excelência técnica	Simplicidade	Auto-organização da equipe	Reflexão para melhorias
Indivíduos e interações mais que processos e ferramentas	●			●	●	●		●		●	●	●
Software em funcionamento mais que documentação abrangente		●	●		●		●	●	●	●		●
Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●
Responder a mudanças mais que seguir um plano		●			●			●			●	●

FONTE: Os autores (2022).

Após a correlação teórica entre os princípios ágeis e os valores estabelecidos no Manifesto Ágil em 2001, levantaram-se outros códigos utilizados nesta pesquisa com fundamentação em cada princípio ágil.

QUADRO 13 - Associação de códigos com os 12 princípios do Manifesto ágil

Princípio ágil	Códigos relacionados (G6, G7, G10, G11, G12)
Satisfação do cliente	C42, C53, C57
Vantagem competitiva das mudanças	C37, C45, C46, C52, C60
Entrega com prazos curtos	C39, C40, C47, C58, C75, C79, C80
Trabalho diário em equipe	C42, C48, C50, C73
Motivação da equipe	C42, C50
Conversa cara a cara	C50, C73
Funcionamento como progresso	C38, C56, C61, C74, C81
Desenvolvimento sustentável	C51, C56, C61, C81
Excelência técnica	C49, C55, C58
Simplicidade	C43, C44, C62
Auto-organização da equipe	C40, C71, C76, C77, C78
Reflexão para melhorias	C41, C54, C59, C72

FONTE: Os autores (2022).

A análise dos códigos da categoria “Metodologia ágil” e de sua relação com o Manifesto Ágil foi realizada nesta seção e será complementada, na sequência, com o aprofundamento sobre o Scrum, o principal *framework* adotado nas publicações estudadas.

4.3.2.2 Scrum - Principal *framework* adotado

Os artigos analisados que apresentaram estruturas conceituais ou práticas do ágil na indústria da construção empregaram o *framework* Scrum como base da abordagem (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Slijivar; Gunasekaran, 2018; Almarar, 2019; Hamerski *et al.*, 2019; Ahmed; Mohammed, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Ingle, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Chumpitaz *et al.*, 2020; Lamacchia; Chowdhury; Sharif, 2020; Mohammed; Karri, 2020; Sohi; Bosch-Rekveltdt; Hertogh, 2020; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021; Vaz-Serra; Hui; Aye, 2021; Zender; Soto, 2021; Jethva; Mirosław, 2022; Ozorhon; Cardak; Caglayan, 2022). Apenas 2 artigos dos 17, que adotaram o Scrum em sua pesquisa, mencionaram a associação com um segundo *framework*: o Kanban (Mohamed; Moselhi, 2019; Lamacchia; Chowdhury; Sharif, 2020). O *Agile Construction* foi abordado apenas por Campbell (2019). O autor definiu este *framework* como:

O *Agile Construction* é uma maneira de fazer negócios adaptada aos canteiros de obras e à entrega geral do projeto, nascida da fabricação ágil e do gerenciamento de projetos [...] é a aplicação de princípios ágeis à construção, com dois caminhos análogos: medir e melhorar a produtividade e segregar e externalizar o trabalho por meio da pré-fabricação e gerenciamento da cadeia de suprimentos. (Campbell, 2019, p. 210).

Apesar de receber apenas uma menção, o *Agile Construction* é uma estrutura relevante ao tema e sugere-se um aprofundamento maior em suas estratégias para pesquisas futuras.

4.3.2.2.1 Eventos do Scrum

Notou-se que o Scrum é uma estrutura consolidada no desenvolvimento de *software* e se expande para outras áreas de problemas complexos como no setor de

construção. Os principais eventos propostos do Scrum nos trabalhos analisados foram:

- a *sprint* (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Sljivar; Gunasekaran, 2018; Almarar, 2019; Campbell, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Ahmed; Mohammed, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Mohammed; Karri, 2020; Chumpitaz *et al.*, 2020; Lamacchia; Chowdhury; Sharif, 2020; Sohi; Bosch-Rekveltdt; Hertogh, 2020; Zender; Soto, 2021; Jethva; Mirosław, 2022); e,
- a reunião diária (Sljivar; Gunasekaran, 2018; Almarar, 2019; Arefazar *et al.*, 2019; Hamerski *et al.*, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Chumpitaz *et al.*, 2020; Lamacchia; Chowdhury; Sharif, 2020; Sohi; Bosch-Rekveltdt; Hertogh, 2020; Lalmi; Fernandes; Souad; 2021; Zender; Soto, 2021; Jethva; Mirosław, 2022; Ozorhon; Cardak; Caglayan, 2022).

Essas cerimônias relacionam-se com vantagens do *framework*, tais como: focar na comunicação e em reuniões de *feedback* contínuo, promover a inspeção, transparência e adaptação, além do gerenciamento de riscos, de mudanças e do tempo com a divisão das demandas em períodos de tempo.

Apesar de ser fortemente defendido pelos autores, observou-se que, para a aplicação em projetos de construção, algumas adaptações de práticas e processos são necessárias. Jethva e Mirosław (2022) ressaltaram a importância de adaptar o time Scrum para cada fase do projeto e levanta como ponto de atenção a dificuldade em extinguir hierarquias na indústria da construção. Hamerski *et al.* (2019) apresentam uma ideia de utilizar a prática da Reunião diária (*daily*) do Scrum ajustando sua recorrência. Em virtude de algumas etapas dos projetos de construção serem mais lentas e para evitar reuniões improdutivas, Hamerski *et al.* (2019) propuseram uma reunião com o mesmo objetivo da *daily*, porém ocorrendo semanalmente. Inclusive, mencionaram a necessidade de realizar as três perguntas da Reunião diária: “o que foi feito na semana passada? O que será feito esta semana? Existe algum tipo de restrição que bloqueie o que deve ser feito?”. (Hamerski *et al.*, 2019).

4.3.2.2.2 Papéis do Scrum

Os papéis do time Scrum são o *Scrum Master* (SM), o Dono do Produto (*Product owner* ou PO) e a equipe de desenvolvimento, os quais não se definem por hierarquias (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Slijivar; Gunasekaran, 2018; Ingle, 2019; Mohammed; Karri, 2020; Chumpitaz *et al.*, 2020; Lamacchia; Chowdhury; Sharif, 2020; Zender; Soto, 2021; Jethva; Mirosław, 2022).

Alguns autores relacionaram os papéis do Scrum com partes integrantes dos projetos de construção. As relações dos profissionais da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) com o *Scrum Master*, Dono do Produto e equipe de desenvolvimento serão apresentadas a seguir.

Besenyoi, Krämer e Husain (2018) e Slijivar e Gunasekaran (2018) denominam o SM como o coordenador do projeto e líder da equipe de desenvolvimento, responsável por facilitar o projeto, remover bloqueios e promover a auto-organização. Chumpitaz *et al.* (2020) e Mohammed e Karri (2020) associaram o SM como a pessoa responsável pela supervisão do projeto. Chumpitaz *et al.* (2020) complementaram que o *Scrum Master* também tem a função de treinar a equipe de desenvolvimento quanto ao Scrum. O SM no projeto de reabilitação de um shopping, para Zender e Soto (2021), foi o gerente de projetos. Jethva e Mirosław apresentam o engenheiro de projeto como SM cujas responsabilidades seriam manter a equipe nos fundamentos do Scrum, ajudar a equipe com fatores de engenharia com a perspectiva do contratante, realizar reuniões, facilitar a comunicação, trazer melhorias à gestão do projeto e buscar soluções para restrições que aparecerem.

O PO foi majoritariamente relacionado ao gerente de projeto ou engenheiro de projeto (Slijivar; Gunasekaran, 2018; Mohammed; Karri, 2020; Jethva; Mirosław, 2022). Jethva e Mirosław (2022) definem o PO como responsável pela formulação e priorização dos requisitos do escopo do projeto conforme a necessidade do cliente e expectativas das partes interessadas. Chumpitaz *et al.* (2020) e Zender e Soto (2021) entendem o Dono do produto como um representante da supervisão. Segundo Zender e Soto (2021), o PO é um papel que o diretor de operações assume por conhecer as necessidades para o progresso das atividades do projeto e para atualização do produto e dos requisitos.

A equipe de desenvolvimento foi definida como “uma equipe multidisciplinar de prestadores de engenharia e projeto autogerenciada que negocia compromissos com o PO após cada *sprint*” (Sljivar; Gunasekaran, 2018, p. 3). Chumpitaz *et al.* (2020) listam engenheiros, arquitetos e supervisores como integrantes dessa equipe. Zender e Soto (2021) apresentaram uma equipe de cinco profissionais sendo um engenheiro residente, dois engenheiros de campo e dois assistentes. Jethva e Mirosław (2022) diferenciaram as equipes de desenvolvimento por fases do ciclo de vida do projeto, sendo que, na fase de projeto, será composta por engenheiros e arquitetos que desenvolverão o projeto e, na fase de construção, integrará os membros da empresa contratada para a execução. Besenyői, Krämer e Husain (2018) também ressaltaram sobre a diferenciação e a abertura do time Scrum quanto à adição e/ou mudança de membros na equipe de desenvolvimento conforme o ciclo de vida do projeto.

4.3.2.2.3 Artefatos do Scrum

Quanto aos artefatos do Scrum, o incremento e o *Backlog* do produto foram os mais apontados pelos autores. O incremento ou entrega de valor incremental visa ao acompanhamento e inspeção do progresso do projeto e a obter *feedbacks* a cada incremento para atingir o sucesso na entrega final (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Sljivar; Gunasekaran, 2018; Arefazar *et al.*, 2019; Campbell, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Ahmed; Mohammed, 2019; Chumpitaz *et al.*, 2020; Zender; Soto, 2021; Jethva; Skibniewski, 2022; Ozorhon; Cardak; Caglayan, 2022; Lalmi; Fernandes; Boudemagh, 2022).

O *Backlog* do produto é a lista dos requisitos e entregas necessárias que serão completadas no decorrer do projeto (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Sljivar; Gunasekaran, 2018; Hussien *et al.*, 2019; Ingle, 2019; Ahmed; Mohammed, 2019; Chumpitaz *et al.*, 2020; Sohi; Bosch-Rekveltdt; Hertogh, 2020; Mohammed; Karri, 2020; Zender; Soto, 2021; Jethva; Skibniewski, 2022).

O *Backlog* da *sprint* foi mencionado por Besenyoi, Krämer e Husain (2018), Ingle (2019), Zender e Soto (2021) e Jethva e Skibniewski (2022) e conceitua-se como uma lista de tarefas que a equipe de desenvolvimento realizará para obter o incremento necessário durante a *sprint*.

4.3.2.3 Problemas mitigados pela gestão ágil na indústria da construção

Destacam-se como os principais problemas na indústria da construção:

- atraso no cronograma e o descumprimento de prazos (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Burmistrov; Siniavina; Iliashenko, 2018; Mnqonywa, Von Solms; Marnewick, 2018; Sljivar; Gunasekaran, 2018; Almarar, 2019; Arefazar *et al.*, 2019; Hamerski *et al.*, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Ingle, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Chumpitaz *et al.*, 2020; Mohammed; Karri, 2020; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021; Jethva; Skibniewski, 2022; Shah *et al.*, 2022);
- aumento do custo estipulado inicialmente, o que resulta no estouro do orçamento (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Burmistrov; Siniavina; Iliashenko, 2018; Mnqonywa; Von Solms; Marnewick, 2018; Sljivar; Gunasekaran, 2018; Almarar, 2019; Arefazar *et al.*, 2019; Hamerski *et al.*, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Ingle, 2019; Chumpitaz *et al.*, 2020; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021; Jethva; Skibniewski, 2022; Shah *et al.*, 2022; Ozorhon; Cardak; Caglayan, 2022);
- as mudanças no escopo do projeto mal gerenciadas (Mnqonywa; Von Solms; Marnewick, 2018; Sljivar; Gunasekaran, 2018; Arefazar *et al.*, 2019; Campbell, 2019; Ingle, 2019; Ahmed; Mohammed, 2019; Mohammed; Karri, 2020; Albuquerque, Torres; Berssaneti, 2020; Lamacchia; Chowdhury; Sharif, 2020; Sohi; Bosch-Rekveltdt; Hertogh, 2020; Vaz-Serra, Hui; Aye, 2021; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021; Ozorhon; Cardak; Caglayan, 2022);
- A necessidade de retrabalho (Sljivar; Gunasekaran, 2018; Almarar, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Albuquerque; Torres; Berssaneti, 2020; Chumpitaz *et al.*, 2020; Sohi; Bosch-Rekveltdt; Hertogh, 2020; Ozorhon; Cardak; Caglayan, 2022);
- a baixa produtividade (Burmistrov; Siniavina; Iliashenko, 2018; Arefazar *et al.*, 2019; Campbell, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Vaz-Serra; Hui; Aye, 2021; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021; Ozorhon; Cardak; Caglayan, 2022);
- a redução da qualidade (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Sljivar; Gunasekaran, 2018; Arefazar *et al.*, 2019; Hamerski *et al.*, 2019; Mohammed; Karri, 2020; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021; Ozorhon; Cardak; Caglayan, 2022); e,
- o desperdício de recursos e de tempo (Mnqonywa; Von Solms; Marnewick, 2018; Sljivar; Gunasekaran, 2018; Albuquerque; Torres; Berssaneti, 2020; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021; Malla; Prasad, 2022; Lalmi; Fernandes; Boudemagh, 2022).

4.3.2.4 Aplicação do ágil em projetos de construção

Diversas aplicações da metodologia ágil em determinada fase do projeto foram indicadas pelas publicações analisadas. As fases de iniciação ou concepção do projeto (Burmistrov; Siniavina; Iliashenko, 2018; Mnqonywa; Von Solms; Marnewick, 2018; Campbell, 2019; Hamerski *et al.*, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Albuquerque; Torres; Berssaneti, 2020; Sohi; Bosch-Rekveltd; Hertogh, 2020; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021; Jethva; Skibniewski, 2022) e a fase de planejamento e projeto (Besenyoi; Krämer; Husain, 2018; Burmistrov; Siniavina; Iliashenko, 2018; Slijivar; Gunasekaran, 2018; Campbell, 2019; Hamerski *et al.*, 2019; Hussien *et al.*, 2019; Mohamed; Moselhi, 2019; Mohammed; Karri, 2020; Albuquerque; Torres; Berssaneti, 2020; Jethva; Skibniewski, 2022) foram as mais mencionadas e tendem a ter uma aplicação mais eficaz para a introdução do ágil no ambiente tradicional de construção.

Slijivar e Gunasekaran (2018), Campbell (2019), Hamerski *et al.* (2019), Hussien *et al.* (2019), Mohamed e Moselhi (2019), Chumpitaz *et al.*, (2020) e Jethva e Skibniewski (2022) certificaram a adoção do ágil na fase de execução de projetos de construção. Em contraponto, Mohammed e Karri (2020) validaram somente para pequenas alterações na execução da construção.

A utilização da gestão ágil em projetos de inovação da indústria da construção foi abordada por Carlos, Amaral e Caetano (2018), AlMarar (2019) e Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020). Alguns projetos mencionados por Carlos, Amaral e Caetano (2018) no plano de inovação dentro da empresa são produtos ou tecnologias novas, análise de mercado, parcerias e busca de recursos. Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020) reforçaram que os princípios ágeis auxiliam na transformação digital dos projetos de construção para melhorar o envolvimento das partes interessadas.

O emprego do ágil em um projeto de reabilitação de uma edificação foi mencionada por Zender e Soto (2021), trazendo uma alternativa de aplicação que seriam as reformas. Besenyoi, Krämer e Husain (2018) retrataram a aplicação do *framework* Scrum para gerenciar eventos em *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção, o que evidenciou uma aplicabilidade da metodologia ágil na operação da instalação após a execução finalizar.

4.3.2.5 Conceitos sobre a abordagem híbrida

A abordagem híbrida foi apontada em 11 artigos analisados. Entende-se por híbrida a combinação de práticas e princípios de tipos de metodologias diferentes. No caso dos estudos desta revisão, apresentaram-se uma combinação do ágil com outras metodologias como a tradicional e o *lean*.

A utilização da metodologia híbrida entre tradicional e o ágil foram adotadas nas pesquisas de AlMarar (2019), Mohamed e Moselhi (2019), Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020), Sohi, Bosch-Rekvelde e Hertogh (2020) e Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022). A ideia principal dos autores é flexibilizar a transição do setor da construção que é predominantemente tradicional. Além disso, extraíram-se os benefícios de cada prática incluída.

Fundamentos da construção enxuta (*lean*) foram incorporados ao ágil em algumas pesquisas, principalmente objetivando a redução de desperdícios nos projetos de construção. Lalmi, Fernandes e Souad (2021) e Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022) combinaram as abordagens tradicional, ágil e *lean*. Já os autores Hamerski *et al.* (2019), Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020), Vaz-Serra, Hui e Aye (2021) e Malla e Prasad (2022) trouxeram práticas associadas da construção enxuta com o gerenciamento ágil de projetos. O Scrum da metodologia ágil e o *Last Planner System* (LPS) da construção enxuta foram incorporados em uma nova metodologia proposta por Vaz-Serra, Hui e Aye (2021), além de serem citadas por Hamerski *et al.* (2019) como sugestão de método de planejamento e controle.

4.3.3 Discussões

Com base na análise quantitativa realizada, percebe-se que há uma distribuição homogênea na quantidade de artigos nos últimos 5 anos e que ainda há uma escassez de estudos em torno do tema da presente pesquisa, em função do número reduzido de publicações cuja parcela do total encontrado nas bases de dados aproxima-se de 13%. Esses dados mostram que a aplicação do ágil na construção é um assunto inovador no campo acadêmico e ainda não atingiu a completa maturidade. Concomitantemente, visto que foram identificados artigos de 19 países em uma amostra de 26 publicações, notou-se que o tema tem se disseminando

internacionalmente e que há pesquisas em andamento sobre a aplicação da metodologia ágil em questões de gestão no setor AEC.

A partir da caracterização da gestão ágil e dos projetos de construção, inferiu-se que as características da metodologia ágil mais recorrentes nos artigos analisados são as mais necessitadas nos projetos de construção. Os principais problemas na indústria da construção, tais como atraso de entregas, orçamento estourado e mau gerenciamento de mudanças, tendem a ser solucionados através de fundamentos ágeis como gerenciamento de mudanças, comunicação eficaz entre as partes interessadas, gestão de tempo, controle do orçamento, flexibilidade e adaptabilidade. O desenvolvimento iterativo do projeto auxilia na antecipação de riscos e na resolução mais eficiente de possíveis problemas. Visto que o ambiente ágil é semelhante ao ambiente de construção, identificado como complexo e incerto, cria-se uma sinergia entre ambos para que a abordagem ágil traga contribuições à construção.

Para validar os códigos empregados e reforçar a relevância do ágil para áreas além da indústria de *software*, os valores e princípios elencados no Manifesto Ágil foram associados às características e práticas da metodologia ágil e do seu *framework* Scrum mencionadas nos artigos da revisão de literatura. Verificou-se que os princípios com mais códigos relacionados foram “entrega com prazos curtos” (7 códigos) e “vantagem competitiva das mudanças”, “funcionamento como progresso” e “auto-organização da equipe”, todos com 5 códigos cada. Identificou-se que o valor em comum entre esses quatro princípios foi “colaboração com o cliente mais que negociação de contratos”, mostrando a forte presença deste valor nos estudos da revisão sobre o ágil em projetos de construção.

O Scrum foi o principal *framework* levantado pelos autores nas publicações, principalmente pela facilidade de implementação, pela abordagem iterativa e com entrega de valor incremental através da *sprint* e pela simplicidade dos processos. Algumas adaptações foram propostas para sua aplicação nos projetos de construção, porém mantiveram a adoção dos três pilares do Scrum: transparência, inspeção e adaptação.

Com base nas análises dos artigos selecionados, verificou-se uma concordância entre os autores na aplicação da metodologia ágil nas fases de concepção, planejamento e projeto. Nessas etapas, o projeto é considerado mais sujeito a alterações, incertezas e mais instável para um menor período de tempo em relação às fases de construção e operação. Os benefícios do ágil encaixam

adequadamente na mitigação de intercorrências durante o desenvolvimento das atividades destas etapas. Já para a fase de execução ou construção, verificaram-se ainda lacunas para ter conclusões maduras da aplicação no ágil no decorrer da construção de um projeto, devido à necessidade de monitoramento prático de projetos durante todo o ciclo de vida. Tais lacunas são relacionadas ao elevado número de integrantes da equipe de obra e período longo para finalização. A metodologia ágil foi idealizada para o desenvolvimento de *software*, por isso considera equipes reduzidas e curtos períodos, visto que na área de Tecnologia de Informação (TI) os processos acontecem rapidamente. Apesar de ser uma vantagem ágil, a literatura ainda não responde como lidar com os acontecimentos mais morosos da construção.

Os desafios enfrentados para implementar o ágil foi principalmente em relação à resistência do setor da construção em abandonar o tradicional e à falta de entendimento sobre o assunto. A transição do tradicional para o ágil precisa ser feita de maneira gradual, fomentando os ganhos que serão incorporados na gestão para a equipe e providenciando capacitações para domínio da metodologia e do *framework*. Uma sugestão seria incorporar, primeiramente, o *framework* ágil em um projeto de inovação dentro da construtora para que os colaboradores se familiarizem com as práticas ágeis e vejam o sucesso do seu funcionamento. Inclusive, a adoção na área de inovação foi citada como uma aplicação na indústria da construção, na qual o ágil traz uma comunicação aprimorada e resultados mais rápidos. Outra opção considerável, levantada por alguns autores, foi empregar uma abordagem híbrida de metodologias, combinando as vantagens de práticas ágeis e tradicionais, por exemplo. A utilização de uma metodologia híbrida ajudaria a reduzir o impacto causado pela transição brusca de gestão e somaria os benefícios de cada método ao gerenciamento do projeto. A associação do ágil e do *lean* também foi mencionada, porém recomendam-se estudos futuros para aprofundamento do tempo, visto que o foco da presente pesquisa se delimitou ao tema em torno da metodologia ágil.

Os resultados obtidos com as respectivas análises foram apresentados neste item 3 visando a responder o problema da presente pesquisa. Na sequência, discussões foram levantadas acerca das aplicações da metodologia ágil na construção civil, bem como das características mais valorizadas nas publicações em estudo e os pontos de atenção mencionados. A seguir, apresentam-se as conclusões da pesquisa.

4.4 CONCLUSÕES

A pesquisa sobre a aplicabilidade da metodologia ágil na gestão de projetos de Arquitetura e de Engenharia da Construção (AEC) partiu de uma revisão sistemática da literatura foi realizada em três bases de dados confiáveis e selecionaram-se 26 artigos para a análise bibliométrica. A partir da análise quantitativa e qualitativa dos estudos, mapeou-se o estado da arte sobre a aplicação da metodologia ágil no setor de AEC. Os resultados foram divididos em conformidade com a codificação empregada no Atlas.ti.

As principais características da gestão ágil de projetos mencionadas pelos autores conduzem a concluir que os principais atributos do ágil para projetos de construção são a comunicação eficaz, gerenciamento de mudanças, a colaboração e flexibilidade. Esses quatro benefícios traduzem os valores listados no Manifesto Ágil e reafirmam a expansão de tais fundamentos à área da construção. Enfatiza-se o valor “colaboração com o cliente mais que negociação de contratos”, pois está presente na maioria dos princípios e nos quatro princípios ágeis com maior número de códigos mapeados. Outro atributo é o projeto iterativo e incremental proposto pelo ágil, o qual é uma vantagem competitiva por auxiliar a gestão de mudanças e aumentar o envolvimento e satisfação do cliente.

O *framework* mais recomendado foi o Scrum. Constatou-se que é possível trazer os eventos, os papéis e os artefatos do Scrum para projetos da AEC. Todos são aplicáveis aos processos do setor da construção e permitem adaptações nas práticas conforme a particularidade de cada projeto.

Validou-se que os principais problemas da indústria da construção tendem a ser sanados com a incorporação assertiva da gestão ágil de projetos, por meio de aplicações de sucesso estudadas por artigos da revisão. Os autores adotaram práticas ágeis nas fases de concepção, planejamento, projeto, execução, operação e em planos de inovação, contudo ainda existe a necessidade de maior aprofundamento em relação ao tema, principalmente no que diz respeito a aplicações práticas durante todo o ciclo de vida de um mesmo projeto. Visto que o emprego do ágil ainda é um passo inovador no setor da construção, não há um roteiro definido de qual o melhor caminho para sua aplicação. Mas os autores reforçaram a importância de ensinar a metodologia às partes interessadas do projeto e ressaltar o objetivo da sua adoção. Outro ponto relevante foi a integração de técnicas ágeis através de uma abordagem

ágil, ou seja, combinando com princípios tradicionais e/ou do *lean*. A metodologia híbrida é outro fator que apresenta grande potencial para pesquisas futuras, considerando que o ágil é pouco comum no atual cenário da indústria de construção.

Esta pesquisa corrobora o valor dos atributos ágeis frente às frequentes intercorrências não solucionadas pela metodologia tradicional. Como mencionado neste artigo, ainda há lacunas e estudos futuros para complementar práticas e conceitos em conflito entre as indústrias de *software* e da construção. Entretanto, evidenciou-se que os fundamentos da metodologia ágil se encaixaram satisfatoriamente em deficiências de gestão de projetos de construção como a rigidez de processos, riscos não mapeados e respostas inadequadas à imprevisibilidade. Este estudo apresentou o estado da arte em relação à aplicação da metodologia ágil na gestão de projetos de construção e contribui para a disseminação das vantagens ágeis para o setor de AEC. Além disso, ressalta-se que os fundamentos teóricos desta pesquisa serão empregados em estudos de correlação com a implementação da economia circular na indústria da construção, fornecendo um embasamento para o desenvolvimento de investigações de relações teóricas com a metodologia ágil.

4.5 REFERÊNCIAS

AHMED, M. N.; MOHAMMED, S. R. Developing a Risk Management Framework in Construction Project Based on Agile Management Approach. **Civil Engineering Journal**, v. 5, n. 3, p. 608-615, 2019.

AKEL, R. P. et al. Estudo comparativo entre a metodologia tradicional e ágil de gerenciamento de projetos. In: XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 39., 2019, Santos. **Anais...** Santos: ABEPRO, 2019. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_295_1664_38216.pdf/. Acesso em: 18 ago. 2022.

ALBUQUERQUE, F.; TORRES, A. S.; BERSSANETI, F. T. Lean Product development and Agile project management in the construction industry. **Revista de Gestão**, v. 27, n. 2, 2020.

ALMARAR, M. S. EPC strategies for a successful project execution. **SPE Gas & Oil Technology Showcase and Conference**, 2019.

AREFAZAR, Y. et al. Prioritizing Agile project management strategies as a change management tool in construction projects. **International Journal of Construction Management**, v. 22, n. 4, p. 678-689, 2019.

BECK, K. et al. “**Manifesto for Agile Software Development**”. 2001. Disponível em: <http://Agilemanifesto.org/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BENACHIO, G. L. F. **Aproximações teóricas e interações das relações práticas entre a economia circular e os princípios da construção enxuta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil). UFPR, Curitiba, 2020.

BESENYŐI, Z.; KRÄMER, M.; HUSAIN, F. Building Information Modelling in Agile Environments - an Example of Event Management at the Airport of Tempelhof. **MATEC Web of Conferences**, v. 251, p. 03064, 2018.

BLESSIE, J. Framework of Agile management’s sprint planning in construction projects - AFD method. **International Journal of Advance Research and Development**, v. 3, n. 5, p. 88-93, 2018.

BURMISTROV, A; SINIAVINA, M.; ILIASHENKO, O. Project Management Life Cycle Models to Improve Management in High-rise Construction. **E3S Web of Conferences**, v. 33, p. 03005, 2018.

CAMPBELL, D. T. S. Construction information management systems: Conceptual model to improve residential construction project resilience and Productivity in New Zealand and saint vincent and the grenadines. **International Conference on Sustainable Infrastructure**, p. 205-215, 2019.

CARLOS, R; AMARAL, D. C.; CAETANO, M. Framework for Continuous Agile Technology Roadmap Updating. **Innovation & Management Review**, v. 15, n. 3, p. 321-36, 2018.

CHUMPITAZ, B. et al. Application of the Scrum framework to optimize time in construction projects. In: Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), 2020. **Proceedings... IEEE**, 2020.

COLARES, A. C. V.; GOUVÊA, D. A. P.; COSTA, J. S. Impactos da pandemia da COVID-19 no setor de construção civil. **Percursos Acadêmicos**, p. 188-208, 2021.

DURANTE, F. K. et al. Avaliação de aspectos fundamentais para a gestão integrada do processo de projeto e planejamento com uso do BIM. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção - Edificações, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM ao CIM, 7., 2015, Recife. **Anais... Porto Alegre: ANTAC**, 2015.

HAMERSKI, D. C. et al. Bringing Lean and Agile Project Management in a Multi-Project Environment: Case Study in a Retail Company. In: 27th Annual Conference of the International, 27., 2019, Dublin. **Proceedings... Dublin: Group for Lean Construction (IGLC)**, 2019, p. 239-250.

HUSSIEN, A. et al. Optimizing project delivery through augmented reality and Agile methodology. **Developments in eSystems Engineering (DeSE)**, IEEE, p. 1006-1013, 2019.

INGLE, A. Agile project management: Feasible methodology in construction industry. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, v. 9, n.1 p. 5210-5213, 2019.

JETHVA, S. S.; MIROSŁAW J. S. Agile Project Management for Design-Build Construction Projects: A Case Study. **International Journal of Applied Science and Engineering**, v. 19, n. 1, p. 1-11, 2022.

LALMI, A.; FERNANDES, G.; BOUDEMAGH, S. Synergy between Traditional, Agile and Lean management approaches in construction projects: bibliometric analysis. **Procedia Computer Science**, v. 196, p. 732-739, 2022.

LALMI, A.; FERNANDES, G.; SOUAD, B. S. A Conceptual Hybrid Project Management Model for Construction Projects. **Procedia Computer Science**, v. 181, p. 921-930, 2021.

LAMACCHIA, D.; CHOWDHURY, K.; SHARIF, O. A novel way of project management to ensure engagement for successful digital transformation. **Offshore Technology Conference**, OTC, 2020.

MALLA, V.; PRASAD, K. V. Critical success factors and perceptions of stake holders to Lean-Agile adoption in construction projects (LACP). **AIP Conference Proceedings 2393**, 020017 1-5, 2022.

MARNADA, P. et al. Agile Project Management Challenge in Handling Scope and Change: A Systematic Literature Review. **Procedia Computer Science**, v. 197, p. 290-300, 2022.

MNQONYWA, S.; VON SOLMS, S.; MARNEWICK, A. A systematic literature review of the Agile methodology applied during construction project design. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, p. 1430-1442, 2018.

MOHAMED, B; MOSELHI, O. A framework for utilization of Agile management in construction management. In: Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference, 2019, Laval. **Proceedings...** Laval: CSCE, 2019, p. CON21 1-10.

MOHAMMED, K. N.; KARRI, S. C. An Analytical Approach in Usage of Agile Methodologies in Construction Industries - A Case Study. **Materials Today: Proceedings**, v. 33, p. 475-479, 2020.

MUNARO, M. R. **The circular economy in the construction sector: existing trends, challenges, and tools towards buildings as material banks**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). UFPR, Curitiba, 2022.

OWEN, R. et al. **Is Agile project management applicable to construction?** In: 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 14., 2006, Santiago. **Proceedings...**Santiago: Ponteficia Universidad Católica de Chile, 2006.

OZORHON, B.; CARDAK, F. CAGLAYAN, S. Investigating the Agile Hybrid Approach in Construction. **Journal of Management in Engineering**, v. 38, n. 4, p. 04022022 1-13, 2022.

ROBSON, C.; MCCARTAN, K. **Real World Research**. 4 ed. Wiley. Nova York, 2016.
SANTOS, A. (org.). **Seleção do método de pesquisa: guia para pós-graduandos em Design e áreas afins**. Insight Editora. Curitiba, 2018.

SHAH, A. et al. Influence of Agile Leadership on Project Success; A Moderated Mediation Study on Construction Firms in Nepal. **Engineering Letters**, v. 30:2, 2022.

SILVA, T. F. L., KIKUTI, S. Z., MELHADO, S. B. Gestão de Riscos em Projetos de Engenharia. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018, p. 2427-2433.

SLJIVAR, I.; GUNASEKARAN, A. Agile-Scrum for Facility Design Project Management. **SPE Western Regional Meeting Proceedings**, SPE-190080-MS, p. 1-11, 2018.

SOHI, A. J.; BOSCH-REKVELDT, M.; HERTOIGH, M. Four Stages of Making Project Management Flexible: Insight, Importance, Implementation and Improvement. **Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal**, v. 12, n. 1, p. 2117-2136, 2020.

UFPR. Sistema de Bibliotecas. **Estratégias de busca e recuperação da informação**. Curitiba: UFPR, 2020. 1 vídeo (1h51m45s). Palestrante Janete Saldanha Bach Estevão. Publicado pelo canal SiBi UFPR. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=U9ZD_GVUwbY&t=5837s. Acesso em: 11 jul. 2022.

VAZ-SERRA, P.; HUI, F.; AYE, L. Construction Project Managers Graduate Agile Competencies Required to Meet Industry Needs. **Lecture Notes in Civil Engineering**, ICSECM 2019, v. 94, Springer Singapore, p. 601-607, 2021.

ZENDER, Y. O.; SOTO, B. G. de. Use of Scrum in the rehabilitation of a commercial building in Peru. **Construction Innovation**, v. 21, n. 2, p. 145-163, 2021.

4.6 APÊNDICE A - REFERÊNCIAS DOS 26 ARTIGOS

Artigo	Referência
A1	BESENYÓI, Z.; KRÄMER, M.; HUSAIN, F. Building Information Modelling in Agile Environments - an Example of Event Management at the Airport of Tempelhof. MATEC Web of Conferences , v. 251, p. 03064, 2018.
A2	CARLOS, R; AMARAL, D. C.; CAETANO, M. Framework for Continuous Agile Technology Roadmap Updating. Innovation & Management Review , v. 15, n. 3, p. 321-36, 2018
A3	BURMISTROV, A; SINIAVINA, M.; ILIASHENKO, O. Project Management Life Cycle Models to Improve Management in High-rise Construction. E3S Web of Conferences , v. 33, p. 03005, 2018
A4	MNQONYWA, S.; VON SOLMS, S.; MARNEWICK, A. A systematic literature review of the Agile methodology applied during construction project design. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management , p. 1430-1442, 2018.
A5	SLJIVAR, I.; GUNASEKARAN, A. Agile-Scrum for Facility Design Project Management. SPE Western Regional Meeting Proceedings , SPE-190080-MS, p. 1-11, 2018.
A6	HUSSEIN, A. et al. Optimizing project delivery through augmented reality and Agile methodology. Developments in eSystems Engineering (DeSE) , IEEE, p. 1006-1013, 2019.
A7	INGLE, A. Agile project management: Feasible methodology in construction industry. International Journal of Engineering and Advanced Technology , v. 9, n.1 p. 5210-5213, 2019.
A8	HAMERSKI, D. C. et al. Bringing Lean and Agile Project Management in a Multi-Project Environment: Case Study in a Retail Company. In: 27th Annual Conference of the International, 27., 2019, Dublin. Proceedings... Dublin: Group for Lean Construction (IGLC), 2019, p. 239-250.
A9	AREFAZAR, Y. et al. Prioritizing Agile project management strategies as a change management tool in construction projects. International Journal of Construction Management , v. 22, n. 4, p. 678-689, 2019.
A10	ALMARAR, M. S. EPC strategies for a successful project execution. SPE Gas & Oil Technology Showcase and Conference , 2019.
A11	MOHAMED, B; MOSELHI, O. A framework for utilization of Agile management in construction management. In: Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference, 2019, Laval. Proceedings... Laval: CSCE, 2019, p. CON21 1-10.
A12	CAMPBELL, D. T. S. Construction information management systems: Conceptual model to improve residential construction project resilience and Productivity in New Zealand and saint vincent and the grenadines. International Conference on Sustainable Infrastructure , p. 205-215, 2019.
A13	AHMED, M. N.; MOHAMMED, S. R. Developing a Risk Management Framework in Construction Project Based on Agile Management Approach. Civil Engineering Journal , v. 5, n. 3, p. 608-615, 2019.
A14	CHUMPITAZ, B. et al. Application of the Scrum framework to optimize time in construction projects. In: Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), 2020. Proceedings... IEEE, 2020.
A15	ALBUQUERQUE, F.; TORRES, A. S.; BERSSANETI, F. T. Lean Product development and Agile project management in the construction industry. Revista de Gestão , v. 27, n. 2, 2020.
A16	SOHI, A. J.; BOSCH-REKVELDT, M.; HERTOOGH, M. Four Stages of Making Project Management Flexible: Insight, Importance, Implementation and Improvement. Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal , v. 12, n. 1, p. 2117-2136, 2020.
A17	LAMACCHIA, D.; CHOWDHURY, K.; SHARIF, O. A novel way of project management to ensure engagement for successful digital transformation. Offshore Technology Conference , OTC, 2020.
A18	MOHAMMED, K. N.; KARRI, S. C. An Analytical Approach in Usage of Agile Methodologies in Construction Industries - A Case Study. Materials Today: Proceedings , v. 33, p. 475-479, 2020.
A19	ZENDER, Y. O.; SOTO, B. G. de. Use of Scrum in the rehabilitation of a commercial building in Peru. Construction Innovation , v. 21, n. 2, p. 145-163, 2021.
A20	VAZ-SERRA, P.; HUI, F.; AYE, L. Construction Project Managers Graduate Agile Competencies Required to Meet Industry Needs. Lecture Notes in Civil Engineering , ICSECM 2019, v. 94, Springer Singapore, p. 601-607, 2021.
A21	LALMI, A.; FERNANDES, G.; SOUAD, B. S. A Conceptual Hybrid Project Management Model for Construction Projects. Procedia Computer Science , v. 181, p. 921-930, 2021.
A22	OZORHON, B.; CARDAK, F. CAGLAYAN, S. Investigating the Agile Hybrid Approach in Construction. Journal of Management in Engineering , v. 38, n. 4, p. 04022022 1-13, 2022.
A23	MALLA, V.; PRASAD, K. V. Critical success factors and perceptions of stake holders to Lean-Agile adoption in construction projects (LACP). AIP Conference Proceedings 2393, 020017 1-5, 2022.
A24	JETHVA, S. S.; MIROSLAW J. S. Agile Project Management for Design-Build Construction Projects: A Case Study. International Journal of Applied Science and Engineering , v. 19, n. 1, p. 1-11, 2022.
A25	SHAH, A. et al. Influence of Agile Leadership on Project Success; A Moderated Mediation Study on Construction Firms in Nepal. Engineering Letters , v. 30:2, 2022.
A26	LALMI, A.; FERNANDES, G.; BOUDEMAGH, S. Synergy between Traditional, Agile and Lean management approaches in construction projects: bibliometric analysis. Procedia Computer Science , v. 196, p. 732-739, 2022.

4.7 APÊNDICE B - LISTA DE CÓDIGOS

Grupo	Código	Descrição
G1	C1	Metodologia ágil
G1	C2	Metodologia híbrida (tradicional e ágil)
G1	C3	Metodologia híbrida (tradicional, ágil e <i>lean</i>)
G1	C4	Metodologia tradicional
G1	C5	Metodologias ágil e <i>lean</i>
G2	C6	Cascata
G2	C7	Conservador
G2	C8	Escopo fixo
G2	C9	PMBOK
G2	C10	Processo sequencial / linear
G3	C11	Atraso em documentações
G3	C12	Atraso no cronograma / prazo
G3	C13	Atraso no fornecimento de materiais e equipamentos
G3	C14	Aumento do custo / Orçamento estourado
G3	C15	Baixa produtividade
G3	C16	Desperdícios
G3	C17	Desvantagem para o meio ambiente
G3	C18	Insatisfação do cliente
G3	C19	Mudança no escopo do projeto (má gestão)
G3	C20	Redução da qualidade
G3	C21	Retrabalhos
G4	C22	BIM
G4	C23	Gestão da Cadeia de Suprimentos da Construção (CSC)
G4	C24	Gestão de <i>facilities</i>
G4	C25	Gestão de informações
G4	C26	<i>Last Planner System</i> do <i>lean</i>
G4	C27	<i>Lean construction</i>
G4	C28	Realidade aumentada
G5	C29	Conceito / concepção / iniciação
G5	C30	Execução completa
G5	C31	Inovação
G5	C32	Operação da instalação
G5	C33	Pequenas alterações na execução
G5	C34	Planejamento
G5	C35	Projeto
G5	C36	Reabilitação / Reforma
G6	C37	Adaptabilidade
G6	C38	Agregar valor / Entrega com valor máximo
G6	C39	Aumento da eficiência na entrega
G6	C40	Aumento da produtividade da equipe
G6	C41	Auto-organização da equipe

Grupo	Código	Descrição
G6	C42	Colaboração
G6	C43	Controle do orçamento / Redução de custos
G6	C44	Simplicidade
G6	C45	Flexibilidade
G6	C46	Gerenciamento de mudanças
G6	C47	Gestão do tempo / Prazos mais curtos
G6	C48	Inspeção
G6	C49	Melhoria contínua
G6	C50	Melhoria na comunicação / <i>feedback</i> rápido
G6	C51	Melhoria/desenvolvimento sustentável
G6	C52	Resolução eficaz de riscos / Gestão de riscos
G6	C53	Satisfação do cliente
G6	C54	Transparência
G7	C55	Equipe multidisciplinar
G7	C56	Gráfico de Burndown
G7	C57	Histórias de usuário / Requisitos do cliente
G7	C58	Iteração / Desenvolvimento iterativo
G7	C59	Lições aprendidas
G7	C60	Lista de verificação de riscos
G7	C61	Processo cíclico
G7	C62	Quadro Kanban
G8	C63	<i>Agile Construction</i>
G8	C64	Kanban
G8	C65	Scrum
G9	C66	Ambiente não linear
G9	C67	Dinâmico
G9	C68	Imprevisível
G9	C69	Incertezas
G9	C70	Problemas complexos
G10	C71	Planejamento da <i>sprint</i>
G10	C72	Retrospectiva da <i>sprint</i>
G10	C73	Reunião diária (<i>Daily</i>)
G10	C74	Revisão da <i>sprint</i>
G10	C75	<i>sprint</i>
G11	C76	Dono do produto
G11	C77	Equipe de desenvolvimento
G11	C78	Scrum master
G12	C79	<i>Backlog</i> da <i>sprint</i>
G12	C80	<i>Backlog</i> do produto
G12	C81	Incremento

4.8 APÊNDICE C - RESUMO DOS 26 ARTIGOS

Artigo	Resumo
A1	Besenyoi, Krämer e Husain (2018) apresentaram um estudo de caso de gerenciamento de eventos baseado em BIM, por meio da adoção do <i>framework</i> ágil Scrum. Os autores criaram dois fluxos de trabalho ágeis para a criação do modelo BIM, sendo que o primeiro fluxo propõe a gestão de <i>facilities</i> (<i>Facility Management</i> - FM) utilizando o BIM e o segundo fluxo implementa a gestão de eventos com o modelo BIM-FM estabelecido. Os eventos são considerados como projetos de construção curtos, nos quais ocorrem mudanças frequentes nos requisitos do projeto.
A2	Carlos, Amaral e Caetano (2018) apresentaram um roteiro de atualização contínua de <i>roadmaps</i> incorporada em uma empresa de construção civil que estabelece o processo de <i>roadmapping</i> nas organizações. Concomitantemente, o método considera técnicas ágeis para gerenciamento de projetos como a atualização e coordenação da equipe.
A3	Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018) definiram o projeto de arranha-céus como um problema complexo da construção civil, devido às incertezas em suas fases do ciclo de vida, à complexidade do sistema e aos maiores riscos, responsabilidades e investimentos. Os autores apresentaram modelos de ciclo de vida de gerenciamento de projetos para melhorar a qualidade da gestão de projetos desses edifícios altos. Decompôs-se o projeto em uma cadeia de projeto, na qual as etapas "conceito" e "projeto e planejamento" tornam-se projetos separados e serão gerenciadas por abordagens ágeis com modelos adaptável e iterativos, respectivamente. Já nas fases de "compras e construção" e de " <i>start up</i> " recomendaram-se modelos tradicionais de gestão. A principal ideia defendida foi que é mais fácil parar o "pequeno", ou seja, as frações do início do ciclo de vida do que o projeto de grande escala, quando for identificada a inviabilidade da continuação do projeto.
A4	Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018) determinaram possíveis aplicações de princípios da metodologia ágil em projetos de infraestrutura de engenharia civil. O objetivo é melhorar a taxa de sucesso do projeto com a mitigação de excesso de custos e de atrasos nas atividades do cronograma. Para isso, os outros fizeram uma busca na literatura, através da revisão sistemática, e identificaram por meio dos resultados obtidos que a gestão de projetos ágil tem grande potencial para melhorar a entrega na fase de concepção de projetos de construção.
A5	Sljivar e Gunasekaran (2018) demonstraram o modo de aplicação do gerenciamento de projetos <i>Agile-Scrum</i> (AS) no projeto de instalações do setor de petróleo e gás. Relacionando os papéis do Scrum com os cargos dentro do projeto de engenharia da construção, os autores propuseram um modelo de gestão com equipes multidisciplinares e auto-organizadas que buscam atingir o sucesso do escopo de requisitos do projeto com a entrega de valor incremental e priorizada.
A6	Hussien <i>et al.</i> (2019) estruturaram um modelo de gestão de projeto que associa a realidade aumentada e a metodologia ágil. Para isso, os autores determinaram os benefícios de ambas as abordagens e, na sequência, desenvolveram uma estrutura conceitual denominada ARGILE. Com a adoção de princípios ágeis, o ARGILE engloba as cerimônias do Scrum como forma de melhorar a colaboração, comunicação e tomada de decisão. Um dos principais focos desse método é envolver o cliente em todo o ciclo de vida do projeto e realizar uma entrega incremental, com desenvolvimento iterativo e <i>feedbacks</i> frequentes.
A7	Ingle (2019) estabeleceu uma pesquisa criteriosa sobre a metodologia ágil, especificamente o método Scrum, identificando como projetá-lo na indústria da construção civil. O autor apresentou a aplicabilidade dos artefatos, cerimônias e papéis do Scrum no gerenciamento de projetos de construção. Verificou-se no questionário realizado com profissionais da construção, a gestão de projetos ágil ainda é incomum para grande parcela das partes interessadas.
A8	Hamerski <i>et al.</i> (2019) estudaram a aplicação de um modelo de planejamento e controle combinando as abordagens teóricas das metodologias <i>lean</i> e ágil para o gerenciamento de projetos de construção. O autor investigou a implementação das práticas de gestão em multiprojetos de uma empresa varejista de moda do Brasil que possui um Departamento de Arquitetura e Engenharia (DAE). A finalidade desta pesquisa foi aprimorar a confiabilidade da gestão de portfólio e contribuir para obtenção de uma gestão de projetos mais eficiente.
A9	Arefazar <i>et al.</i> (2019) apresentaram uma pesquisa de priorização de estratégias ágeis para serem incorporadas ao gerenciamento de mudanças nos projetos de construção. Visto que a adoção de todas as práticas ágeis depende de um grande investimento inicial, o objetivo do estudo foi identificar os facilitadores ágeis mais favoráveis para gerir as mudanças mais críticas mapeadas nos projetos de construção iranianos.

Artigo	Resumo
A10	AlMarar (2019) discutiu a combinação do método de gerenciamento ágil Scrum com a metodologia tradicional em cascata, identificando os riscos envolvidos e os benefícios trazidos a megaprojetos da indústria de petróleo e gás. O gerenciamento híbrido de projetos proporcionou em uma implementação de sucesso do projeto de EPC (<i>Engineering, Procurement & Construction</i>) relatado no artigo, com a mitigação dos riscos, engajamento dos participantes do projeto (equipe de liderança da construção, engenheiros, empresa de construção, equipe de operações, entre outros) e controle do prazo.
A11	Mohamed e Moselhi (2019) apresentaram aplicações do gerenciamento ágil de projetos, extraindo os benefícios esperados quando os conceitos dessa metodologia forem implantados em projetos de construção. As situações imprevistas durante a construção requerem uma gestão que contemple ciclos curtos de <i>feedback</i> , adaptabilidade frente às mudanças e comunicação contínua de todas as partes interessadas.
A12	Campbell (2019) elaborou modelos conceituais de sistema de gerenciamento de informações de construção visando a melhorias na produtividade e na resiliência de projetos de construção residencial na Nova Zelândia e em São Vicente e Granadinas. Em ambos os países, o setor de construção residencial tem enfrentado redução de produtividade, gestão de informações ineficazes e efeitos negativos das mudanças climáticas e eventos climáticos. Em decorrência disso, o autor utilizou princípios da abordagem ágil para gerenciar informações da execução de projetos, acarretando no desenvolvimento do "Sistema Ágil de Gerenciamento de Informações de Construção Residencial".
A13	Ahmed e Mohammed (2019) caracterizaram os projetos de construção como imprevisíveis e de altos riscos. Dessa forma, trazem uma estrutura de gestão de riscos baseada na metodologia ágil, já que o princípio ágil considera que o futuro é impossível de prever e por isso é necessário aprender a lidar com as mudanças. Os autores estabelecem uma conexão entre o Scrum e o PMBOK no gerenciamento de riscos. Na gestão ágil, este é construído em sintonia com os eventos, papéis e artefatos do Scrum. A estrutura estudada auxilia os gerentes de projeto de construção a se adaptarem a uma abordagem mais flexível para gerenciamento e implementação. Além disso, propõe-se o processo ágil como alternativa de mitigação ou de eliminação dos riscos, reduzindo os seus impactos e antecipando desafios e falhas do projeto.
A14	Chumpitaz <i>et al.</i> (2020) adaptaram e aplicaram o Scrum em um projeto de construção com objetivo de otimizar a execução e mitigar retrabalhos, custos imprevistos e aumento de prazo. Estabeleceu-se uma comparação com metodologias atuais empregadas (<i>lean construction</i>) e o <i>framework</i> ágil. por meio da aplicação independente dos métodos na execução estrutural da construção de torres semelhantes em um mesmo projeto. Dessa forma, foi possível quantificar a otimização da execução da torre gerenciada pelo Scrum.
A15	Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020) investigaram o potencial de inserção do <i>lean</i> e do ágil em uma das indústrias mais tradicionais que é a construção civil, limitando-se na fase de projeto. O objetivo dos autores foi analisar a realidade de empresas selecionadas e apresentar a fundamentação da literatura. Com base na teoria de ambas as abordagens, verificou-se a aplicabilidade no setor da construção. Contudo as empresas avaliadas apresentaram uma resistência para a recepção desses conceitos e para mudança em seus processos atuais.
A16	Sohi, Bosch-Rekveltd e Hertogh (2020) apresentaram uma estrutura prática de flexibilidade no gerenciamento de projetos incorporada às fases de início do projeto. Visto que a metodologia tradicional se mostra cada vez menos eficaz em gerenciar a complexidade e incertezas, o aumento da flexibilidade é um caminho para uma gestão da dinâmica de projetos.
A17	Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020) desenvolveram uma abordagem de gestão de projetos aberta, para fomentar a transformação digital em megaprojetos da indústria de petróleo e gás. Para implementar a OPM, construíram uma plataforma digital que permitirá a colaboração mais assídua da equipe e obtenção de <i>feedback</i> rápido, com a utilização da tecnologia de redes sociais. Essa nova forma aberta de gerenciamento de projetos foi estruturada para unir processos da metodologia tradicional de projetos com os processos do ágil.
A18	Mohammed e Karri (2020) descreve uma estrutura, utilizando o <i>framework</i> Scrum, para gerenciamento ágil na construção civil e a fim de evitar os impactos negativos das mudanças, tais como: aumento do custo, prazo estendido do projeto, demolições e retrabalhos, baixa produtividade, redução da qualidade das obras e atraso de materiais. Propôs-se a divisão do projeto em fases iterativas: iniciação (escopo do projeto definido pelo cliente), planejamento e projeto (projeto dividido em pequenas atividades chamadas de <i>sprints</i>) e execução e monitoramento. O gerenciamento de mudanças se aplica por meio dessas fases, passando por um processo iterativo, ou seja, vão sendo aplicadas às próximas <i>sprints</i> .

Artigo	Resumo
A19	Zender e Soto (2021) aplicaram o Scrum para a reabilitação de um shopping center no Peru. Através deste estudo de caso, foi possível avaliar a implementação do Scrum em um projeto de construção e confirmar a viabilidade na indústria de construção. Entende-se que a metodologia tradicional apresenta lacunas no gerenciamento de projetos e por isso nem sempre é eficaz quando a complexidade e incertezas aumentam. Os autores concluíram que o Scrum traz benefícios aos projetos de construção com redução de prazos, aceite de mudanças, geração de valor, gestão de riscos e maior satisfação das partes interessadas.
A20	Vaz-Serra, Hui e Aye (2021) investigaram as necessidades atuais da indústria da construção e as expectativas dos profissionais do setor em relação aos princípios <i>lean</i> e ágil. O artigo reforçou a importância das competências de gestão de projetos para o alcance do sucesso e para aumentar a capacidade da indústria da construção em lidar com desafios de colaboração e de responsabilidades ambientais e sociais.
A21	Lalmi, Fernandes e Souad (2021) conceituaram o gerenciamento de projetos híbrido, considerando as abordagens tradicional (cascata), ágil e <i>lean</i> , para projetos de construção civil. Os autores defenderam o princípio de que a combinação dessas abordagens usufrui de seus benefícios particulares e elimina os seus pontos fracos. O uso das melhores práticas tradicionais, ágeis e <i>lean</i> nas fases pertinentes do projeto aumentam a chance de sucesso, controla os custos e prazo, elimina desperdícios e melhora a satisfação do cliente.
A22	Diante do aumento da complexidade e incertezas na indústria da construção, Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022) propuseram uma estrutura de integração ágil no processo tradicional de gestão de projetos. Observou-se que a aplicação do ágil é bem difundida nas indústrias de TI e manufatura, porém apresenta limitação para o setor construção. Em virtude disso, os autores construíram uma estrutura conceitual através da combinação do ágil e da metodologia tradicional. A partir desta pesquisa, os profissionais do ramo da construção se certificam das motivações, dos desafios a serem enfrentados, dos facilitadores, dos recursos necessários e dos benefícios que a integração ágil traz aos projetos.
A23	Malla e Prasad (2022) avaliaram a adoção de técnicas <i>lean</i> e ágil em projetos de construção na Índia. Os benefícios do ágil são as adaptações frente às mudanças, desenvolvimento iterativo, <i>feedbacks</i> rápidos e colaboração entre a equipe. Já o <i>lean</i> complementa com princípios de redução de desperdícios, por exemplo. A pesquisa visou à caracterização dos fatores críticos de sucesso ao implementar este modelo híbrido e das percepções dos <i>stakeholders</i> sobre esses fatores aplicados na indústria da construção.
A24	Jethva e Mirosław (2022) empregaram a estrutura Scrum em um projeto de <i>Design-Build</i> para melhorar o gerenciamento com controle do custo e dos prazos e com uma comunicação eficaz entre as partes interessadas. Para a viabilidade da sua aplicação, foram adaptadas técnicas e processos do Scrum para obter uma performance mais adequada no projeto de construção de uma escola. O sucesso do projeto foi alcançado e os membros da equipe de construção relataram maior facilidade na comunicação e eficiência nas reuniões, além de aprovarem a utilização do Scrum para projetos futuros no setor.
A25	Shah <i>et al.</i> (2022) investigaram a relação entre a liderança ágil e o sucesso de projetos de construção. Para isso, os autores projetaram um modelo de equação estrutural a fim de testar as hipóteses de mediação entre os constructos liderança ágil, equipe auto-organizada, sucesso do projeto e complexidade.
A26	Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022) exploraram a sinergia entre as abordagens tradicional, ágil e <i>lean</i> para gestão de projetos a partir de análise bibliométrica de conceitos dos três métodos. A pesquisa contribuiu para mapear os conceitos das três abordagens e para desenvolver o conhecimento do gerenciamento híbrido de projetos de construção.

4.9 APÊNDICE D - MÉTODO DOS 26 ARTIGOS

Artigo	Método
A1	A metodologia utilizada por Besenyoi, Krämer e Husain (2018) foi um estudo de caso através da implementação de um piloto no evento “Sommerfest - Tag der offenen Tür”, organizado em 1 de setembro de 2018 no Aeroporto de Tempelhof. Adotou-se o desenvolvimento BIM baseado no Scrum.
A2	Carlos, Amaral e Caetano (2018) desenvolveram um <i>framework</i> para atualização contínua de <i>roadmaps</i> com princípios de gestão ágil, através de uma pesquisa-ação em uma empresa manufatureira da construção civil.
A3	A metodologia empregada por Burmistrov, Siniavina e Iliashenko (2018) foi a busca de dados em periódicos científicos sobre métodos de gestão de projetos disponíveis. Além disso, os autores mapearam a qualidade desse gerenciamento na Rússia e no mundo.
A4	Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018) realizaram uma revisão sistemática da literatura, com a busca em nove bases de dados. Após a aplicação dos critérios de exclusão, foram analisados e sintetizados 22 artigos para discussão das questões da pesquisa.
A5	Sljivar e Gunasekaran (2018) fizeram uma proposta de gerenciamento <i>Agile-Scrum</i> em projetos de instalações com base em aspectos teóricos da metodologia e o funcionamento dos projetos da indústria de petróleo e gás.
A6	Métodos de pesquisa mistos foram empregados na pesquisa de Hussien <i>et al.</i> (2019). Aplicou-se um questionário sobre a implementação da realidade aumentada no ciclo de vida do projeto de construção. Em seguida, realizaram-se entrevistas com o objetivo de avaliar as formas atuais de gestão no setor da construção civil. Com os dados dessas entrevistas, analisaram-se qualitativamente os resultados pelo método misto convergente. Após mapear os benefícios da realidade aumentada e do ágil, os autores desenvolveram uma proposta conceitual de <i>framework</i> nomeada como ARGILE.
A7	Ingles (2019) realizou um estudo de caso, no qual o cliente, o consultor e o contratado como as três principais partes dos projetos assimilados com os papéis do Scrum. Coletaram-se dados por meio de um questionário a fim de entender o nível de conhecimento sobre metodologia ágil na área da construção e verificar sobre a preocupação com as mudanças recorrentes de escopo em seus projetos.
A8	A abordagem metodológica utilizada por Hamerski <i>et al.</i> (2019) foi <i>Design Science Research</i> (DSR). O modelo de planejamento e controle foi desenvolvido por meio de um processo de pesquisa cuja estratégia é semelhante à pesquisa-ação. Investigou-se o problema prático em projetos de construção de novas lojas e o artefato foi mapeado e analisado em conjunto com os colaboradores da empresa.
A9	Arefazar <i>et al.</i> (2019) realizaram uma busca na literatura e elencou 34 fatores internos e externos de mudanças em projetos de construção. Para identificar as mudanças mais críticas, aplicou-se um questionário para 60 empresas iranianas de consultoria e empreiteiras da área da construção. Na sequência, entrevistaram-se 12 especialistas em gestão de mudanças de projetos de construção, os quais selecionaram os facilitadores da metodologia ágil mais adequada para gerir as mudanças mais prioritárias.
A10	AlMarar (2019) realizou um estudo de caso de dois projetos com implementações bem-sucedidas do gerenciamento ágil sendo um projeto <i>greenfield</i> de gerenciamento do tipo EPC e o outro um projeto de TI.
A11	Mohamed e Moselhi (2019) propuseram uma estrutura de gestão ágil para o setor da construção, estabelecendo os principais conceitos aplicáveis a projetos dessa natureza. Primeiramente, uma revisão da literatura foi feita para descrever definição, benefícios e <i>frameworks</i> da metodologia ágil. Em seguida, desenvolveram uma estrutura, baseada em suposições para um projeto, com uma abordagem híbrida cujas técnicas são combinadas entre tradicional e ágil.
A12	Campbell (2019) coletou dados qualitativos e quantitativos por meio de um projeto de métodos mistos paralelos convergentes. Os dados qualitativos foram extraídos de entrevistas com 30 profissionais de construção residencial dos dois países em estudo. Já os dados quantitativos foram obtidos por questionários da web com 160 profissionais de gestão de construção, respondidos anonimamente. Com base nos resultados da pesquisa inicial e do contexto teórico da revisão de literatura, o autor propôs um modelo conceitual original, nomeado por “Sistema Ágil de Gerenciamento de Informações de Construção Residencial”.

Artigo	Método
A13	Ahmed e Mohammed (2019) desenvolveram uma estrutura de gestão de riscos em projetos de construção, com base nos fundamentos da abordagem ágil e correlacionando princípios teóricos das metodologias tradicional e ágil.
A14	Chumpitaz <i>et al.</i> (2020) dividiram a metodologia em quatro etapas. Na primeira, coletaram as informações técnicas para o planejamento do projeto e, na segunda, definiram o método tradicional utilizado pela construtora (<i>lean construction</i>). Na terceira etapa, adaptou-se o Scrum para projetos de construção com a descrição dos processos em fluxograma. Após isso, na etapa final, o Scrum foi implementado no projeto para comparação com o desempenho obtido com o método tradicional. A pesquisa se desenvolveu em um conjunto residencial de 7 torres com 12 a 13 pavimentos. Registraram-se as informações da torre 1 gerenciada pelo método tradicional e, após a realização das etapas mencionadas anteriormente, coletaram-se as informações da torre 3 (semelhante à torre 1) cuja execução guiou-se pelo Scrum.
A15	Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020) selecionaram três empresas brasileiras para a investigação, sendo elas: uma empresa pequena e familiar, uma empresa pública multinacional e uma empresa privada nacional. Realizaram-se entrevistas semiestruturadas com profissionais de engenharia dessas empresas envolvidos na fase de projeto. Os questionamentos das entrevistas visaram ao entendimento dos atuais processos da empresa, à compreensão do atual cenário de conhecimento sobre <i>lean</i> e ágil e à possível aplicação de ambos os conceitos nas respectivas empresas. Para minimizar os impactos do viés metodológico, coletaram-se também observações dos processos de execução de cada empresa.
A16	Para desenvolver a proposta de estrutura de flexibilidade, Sohi, Bosch-Rekveltd e Hertogh (2020) seguiram quatro fases e buscaram respostas a quatro questões. A primeira fase trouxe explicações sobre o conceito de flexibilidade na atual abordagem de gestão de projetos e realizou-se uma busca na literatura de estudos de caso. Na fase 2, elencaram-se os facilitadores da flexibilidade a parti de entrevistas. Com a utilização da metodologia Q, verificaram as perspectivas dos profissionais no que diz respeito à integração da flexibilidade nos processos dos projetos. Por fim, na quarta fase, analisou-se estatisticamente os dados de 111 <i>surveys</i> para apurar o efeito da flexibilidade no desempenho de um projeto.
A17	Os autores pesquisaram informações sobre o engajamento de funcionários, metodologias tradicional e ágil e tecnologia digital para propor uma nova abordagem de gerenciamento de projetos denominada Open Project Management (OPR). Na sequência os autores definiram uma estratégia para implementação da OPR com o desenvolvimento da plataforma digital iDES (LAMACCHIA; CHOWDHURY e SHARIF, 2020).
A18	A metodologia aplicada por Mohammed e Karri (2020) foi um estudo de caso cujo escopo do cliente é um apartamento padrão. Hipoteticamente, no processo de execução, inseriu uma mudança que seria incrementar um banheiro anexo a um quarto. Neste caso, a identificação das <i>sprints</i> que terão alterações é necessária para passar pelo seguinte processo cíclico: planejamento das mudanças, execução do plano revisado das mudanças, monitoramento do trabalho e conclusão da mudança da <i>sprint</i> .
A19	A metodologia utilizada por Zender e Soto (2021) foi um estudo de caso com a implementação do Scrum no projeto de construção da reabilitação de um shopping center. Para adquirir embasamento suficiente para aplicar as práticas do Scrum, realizou-se uma revisão de literatura do estado da arte e dos conceitos teóricos em torno do <i>framework</i> .
A20	Vaz-Serra, Hui e Aye (2021) realizaram uma pesquisa com 24 grandes empreiteiros da Austrália do setor de construção civil para entender a visão dos funcionários sobre as metodologias <i>lean</i> e ágil. Além disso, mapearam-se as experiências e o perfil dos entrevistados.
A21	Com base na análise da revisão de literatura, Lalmi, Fernandes e Souad (2021) desenvolveram um modelo conceitual de gerenciamento de projetos híbrido, extraindo as melhores práticas das abordagens de gestão de projetos tradicional, ágil e <i>lean</i> propostas para gerenciar cada fase do ciclo de vida do projeto (fase de iniciação, fase de planejamento e projeto, fase de replanejamento, fase de execução e controle e fase de encerramento).

Artigo	Método
A22	Para analisar a abordagem híbrida (tradicional e ágil) em projetos de construção, Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022) formularam uma estrutura conceitual composta por seis constructos da integração ágil: direcionadores, barreiras, facilitadores, insumos, melhorias de processos e benefícios. Após isso, buscaram-se indicadores de cada constructo por meio de uma revisão de literatura, totalizando 42 indicadores encontrados. Essas informações foram avaliadas através de um questionário aplicado a profissionais da construção. Com o auxílio de uma modelagem de equações estruturais, testou-se a validade dos constructos.
A23	Malla e Prasad (2022) empregaram uma metodologia dividida em três fases. A princípio, realizou-se uma busca bibliográfica sobre os fatores críticos de projetos de construção adeptos às abordagens <i>lean</i> e ágil. Na sequência, aplicou-se um questionário a <i>stakeholders</i> da construção para avaliar a importância dos fatores por meio de uma classificação. E na terceira fase, uma análise de variância (ANOVA) foi feita para mapear as divergências de opiniões dos empreiteiros, proprietários, consultores e demais partes interessadas. A pesquisa abrangeu respostas de 225 profissionais da construção cujo questionário foi repassado remotamente pelo formulário do Google.
A24	Um estudo de caso de construção de um edifício escolar caracterizou a pesquisa de Jethva e Mirosław (2022). Neste projeto, o Scrum foi adotado como estrutura de gestão. Uma revisão da literatura foi realizada anteriormente para mapear estudos anteriores sobre o emprego do <i>framework</i> e levantar os artefatos, papéis e cerimônias do Scrum, os quais foram adaptados para o projeto em questão. Após a aplicação prática no projeto e na construção, questionaram-se membros da equipe de atuação para entender as suas percepções sobre a estrutura ágil.
A25	Uma metodologia empírica foi adotada por Shah <i>et al.</i> (2022) para determinar a influência da liderança no sucesso de projetos do setor de construção. Obteve-se um conjunto de informações por meio de um questionário respondido por 310 profissionais de construtoras e gerentes de projeto do Nepal. As questões se relacionavam aos quatro constructos: liderança ágil, equipe auto-organizada, sucesso do projeto e complexidade. Uma estrutura de mediação e moderação foi utilizada com a análise das relações entre os constructos.
A26	A metodologia utilizada por Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022) foi um estudo bibliométrico composto pela definição das palavras-chave, pela definição das bases de dados, pela busca dos artigos e por fim pela análise dos dados. A base de dados utilizada foi a Web of Science e processaram-se os dados bibliométricos no <i>software</i> VOSViewer.

4.10 APÊNDICE E - PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DOS 26 ARTIGOS

Artigo	Principais contribuições
A1	Besenyoi, Krämer e Husain (2018) reforçaram as vantagens do <i>framework</i> Scrum no desenvolvimento de modelos em BIM na construção civil e apontaram como promissora a sua utilização no gerenciamento de eventos em BIM.
A2	Carlos, Amaral e Caetano (2018) trouxeram um <i>framework</i> aplicado à estratégia de inovação incorporada em uma empresa de construção civil que estabelece o processo de atualização do documento de <i>roadmapping</i> considerando equipes ágeis. A principal contribuição é a utilização do <i>framework</i> e princípios ágeis no plano de inovação dentro da empresa, tais como: produtos ou tecnologias novas, análise de mercado, parcerias e busca de recursos.
A3	Um projeto de grande porte como um arranha-céu tem sua gestão aprimorada com a divisão em uma cadeia de projetos. Nesta cadeia, o principal empecilho do sucesso do projeto é a falta de elaboração dos requisitos nas fases iniciais do seu ciclo de vida. Recomenda-se aplicar o gerenciamento ágil nas fases de conceito, planejamento e projeto, em virtude de a incerteza ser maior que nas subsequentes (BURMISTROV; SINIAVINA e ILIASHENKO, 2018).
A4	A principal contribuição da pesquisa de Mnqonywa, Von Solms e Marnewick (2018) foi a conclusão de que a metodologia ágil pode agregar valor à etapa de concepção de projetos de construção, com os gerenciamentos de riscos e de mudanças. Além disso, o ágil traz transparência ao projeto, gestão de tempo, melhoria na comunicação entre a equipe e reforça o compromisso com o cliente.
A5	Slijivar e Gunasekaran (2018) trouxeram formas de aplicações dos recursos ágeis do Scrum e reforçaram que a estrutura <i>Agile-Scrum</i> na fase de projeto de instalações traz uma economia de custos e desenvolvimento sustentável da indústria. Como conclusão de seu trabalho, os autores apontaram que o <i>Agile-Scrum</i> é uma alternativa comprovada para minimizar riscos e melhorar a colaboração dentro e fora da empresa, por isso recomendam fortemente sua adoção.
A6	Hussien <i>et al.</i> (2019) ressaltaram a importância do ágil para aumentar a satisfação do cliente por meio de recursos do Scrum e agregar valor ao projeto com a melhorias na comunicação e na colaboração das partes interessadas. Este estudo trouxe a compreensão de que as abordagens ágeis e da realidade aumentada são eficazes para alcançar o sucesso do projeto com a gestão de tempo, a capacitação de equipes e melhorias na colaboração e comunicação entre todos os envolvidos do projeto.
A7	Ingles (2019) relacionou os artefatos, eventos e os papéis da estrutura Scrum com as partes interessadas, reuniões de grupo e documentos aplicáveis nos projetos de construção civil. Validou-se que a gestão de projetos tradicional, em cascata, apresenta problemas e insatisfações, principalmente no que diz respeito a mudanças de escopo e ao controle de orçamento e de gastos do projeto. Apesar de ser uma tarefa difícil, a implementação da abordagem iterativa pelo Scrum nos projetos de construção é uma alternativa para que o cliente possa revisar, incluir ou alterar tarefas durante o projeto de acordo com suas necessidades.
A8	Hamerski <i>et al.</i> (2019) propuseram a combinação do <i>lean construction</i> e da metodologia ágil para trazer melhorias ao gerenciamento de projetos de construção com a otimização do planejamento e controle dos processos. As seguintes práticas foram mencionadas, como a utilização de um protocolo de processos com painel integrado do planejamento de todos os projetos e a formulação das perguntas da <i>daily</i> do Scrum feitas em tempos semanais pelo engenheiro responsável. A pesquisa contribuiu para enfatizar que a metodologia tradicional já não supre as complexidades dos projetos de construção e precisam ser substituídas por novas abordagens.
A9	Arefazar <i>et al.</i> (2019) constataram que o cliente é a principal causa interna de mudanças no ciclo de vida do projeto e o aumento de materiais por variações da economia é o fator externo que mais influencia as mudanças de escopo. Listaram-se também as estratégias ágeis para a gestão dessas mudanças, sendo os princípios de "melhoria contínua", "monitoramento e avaliação constante", "fluxo de trabalho flexível" e "participação do cliente e usuários finais" dados como mais eficazes. Apesar de defender a metodologia ágil, o autor ressaltou que há um desafio grande para alcançar a autogestão ágil das equipes de construção e que, para a validação das soluções elencadas, necessita-se de uma implementação em um projeto real.
A10	AlMarar (2019) apresenta um exemplo de projeto de EPC cujo gerenciamento combinou as metodologias ágil (Scrum) e cascata, resultando em uma conclusão dentro do cronograma e sem custos excedentes. Dessa forma, comprovou-se que a abordagem híbrida é uma solução eficaz na gestão de componentes de megaprojetos na fase de EPC, quando usado em processos de inovação. Porém o autor ressaltou que os requisitos de gerenciamento ágeis necessitam de avaliação antes do seu uso em cada projeto, pois nem todos os princípios se encaixam em projetos de construção.

Artigo	Principais contribuições
A11	Mohamed e Moselhi (2019) contribuíram com a ideia de que a abordagem híbrida é a mais adequada para utilizar no gerenciamento de projetos de construção. A combinação entre tradicional e ágil traz técnicas interativas e incrementais para melhorar a eficiência das equipes e o sucesso do projeto. Recomenda-se a sua incorporação na transição gradual do tradicional para o ágil. Os autores complementam para iniciar sua aplicação em projetos com menos riscos para aprendizagem da equipe. A estrutura proposta pelos autores fornece <i>insights</i> para os gestores de projetos multidisciplinares e complexos que colaboram com melhores resultados durante seu andamento. Já os ciclos curtos de <i>feedback</i> auxiliam na gestão de mudanças e na mitigação de riscos.
A12	Como principal contribuição de sua pesquisa, Campbell (2019) desenvolveu um modelo para gerenciamento ágil de informações da construção civil e relacionou a implementação de práticas ágeis para aumentar a produtividade, priorizar a qualidade do resultado e alcançar o sucesso do projeto. Citaram-se práticas como: <i>sprints</i> semanais; planejamento de tarefas e dos papéis da equipe; inspeção; revisão semanal e curva de produtividade real da <i>sprint</i> . Por meio do processo iterativo, a resiliência da equipe frente às adversidades se sobressai para uma rápida recuperação. A aplicação do <i>Agile Construction</i> é exemplificada também com a terceirização do trabalho pela pré-fabricação e o gerenciamento da cadeia de suprimentos, e estende-se desde o pré-projeto até os canteiros de obra.
A13	Ahmed e Mohammed (2019) constataram que o risco aumenta à medida que a duração do projeto se estende, por isso a abordagem iterativa com divisão em <i>sprints</i> diminui a ocorrência dos riscos. Outro quesito do gerenciamento de riscos é a necessidade de antecipar suas soluções o mais rápido possível, alocando nas iterações mais próximas. Como forma de mitigar riscos de ausência ou mudança de membros da equipe, o Scrum incentiva a multidisciplinaridade de sua equipe. A gestão ágil tende a ser proativa diante do risco, pois à medida que a duração do projeto é estendida, a chance de risco aumenta, portanto, a divisão do projeto em iterações, <i>sprints</i> reduz as chances desses riscos. A velocidade de entrega também é um fator influente no risco, pois um trabalho em andamento trata-se de um risco.
A14	Chumpitaz <i>et al.</i> (2020) trouxeram uma aplicação prática do Scrum em um projeto de construção de uma torre em um conjunto residencial. Os dados levantados pelos autores com o acompanhamento da implementação do <i>framework</i> ágil, em comparação com as informações coletadas em outra torre gerenciada pelo método tradicional do <i>lean</i> , corroboram que a abordagem ágil otimiza as atividades do projeto de construção. Esta evidência se justificou pela redução do número de não conformidades, melhoria na comunicação da equipe e redução do prazo de execução consideravelmente.
A15	Albuquerque, Torres e Berssaneti (2020) mapearam uma aderência baixa, no contexto organizacional, aos principais fundamentos do <i>lean</i> e do ágil nas três empresas brasileiras estudadas. Verificou-se que os entrevistados têm pouco conhecimento sobre as metodologias. Ressaltou-se uma preocupação na promoção equivocada do gerenciamento ágil de projetos ao disseminar que é uma abordagem exclusiva para desenvolvimento de <i>software</i> e não se aplica à construção. Os autores não encontraram empecilhos técnicos que atrapalhassem a implementação do <i>lean</i> e do ágil na construção, porém os entrevistados levantaram obstáculos culturais internos e externos (funcionários da empresa, clientes e fornecedores). A resistência cultural à mudança é o principal impeditivo da incorporação do <i>lean</i> e ágil nos projetos de construção. Outra conclusão foi que a gestão de projetos com esses princípios inovadores fica mais difícil se houver o envolvimento de somente um elo da cadeia de suprimentos e os demais continuarem a seguir o tradicional.
A16	Visto que a indústria da construção precisa evoluir na aplicação de novos desenvolvimentos na gestão de projetos para alcançar outras indústrias, o estudo de Sohi, Bosch-Rekveltd e Hertogh (2020) remete à introdução de abordagens flexíveis na gestão de projetos de construção, as quais são conceitos novos para esses tipos de projeto. Com a estrutura da flexibilidade proposta pelos autores, a indústria da construção obtém vantagens competitivas para o sucesso do cliente. Outra contribuição foi em relação ao Scrum. Os autores mostraram aspectos positivos e negativos do <i>framework</i> e reforçaram que a aplicação do Scrum na prática apresenta desalinhamentos com a teoria. A abordagem híbrida foi identificada em todos os estudos de caso da pesquisa, por isso a combinação do tradicional (cascata) e do ágil é uma alternativa funcional para gestão de projetos.
A17	Lamacchia, Chowdhury e Sharif (2020) trazem uma aplicação da metodologia ágil combinada com a tradicional na inovação de projetos de infraestrutura da indústria de petróleo e gás. Neste estudo, o ágil auxilia na transformação digital dos projetos para melhorar o envolvimento das partes interessadas ao fundamentar, com adaptações, a nova abordagem proposta pelos autores de gestão de projetos aberta e a plataforma iDES.
A18	Mohammed e Karri (2020) apresentaram a estrutura de gestão ágil para gerenciar mudanças nos projetos de construção, através do planejamento de <i>sprint</i> . A aplicação recomendada pelos autores foi na fase de planejamento e projeto e em pequenas alterações na fase de execução.

Artigo	Principais contribuições
A19	Zender e Soto (2021) comprovaram o sucesso do Scrum no estudo de caso de projeto de construção. Ressaltaram a importância de treinar os funcionários com as técnicas ágeis para aumentar a maturidade do trabalho e esclarecer os benefícios da troca do tradicional para essas práticas mais inovadoras. Segundo Zender e Soto (2021), "à medida que investidores, projetistas, supervisores, construtores e fornecedores se conscientizarem dos benefícios, veremos mais sinergia para atingir com sucesso os objetivos dos projetos". Não é fácil realizar a transição para o gerenciamento ágil, principalmente no setor da construção que é mais resistente a mudanças. Porém, como constatou-se na pesquisa, é possível conseguir a adaptação dos times de engenharia de construção e a consolidação de vantagens como a flexibilidade e a gestão de um ambiente de mudanças rápidas e incertezas. Uma recomendação dada foi incluir um <i>Agile</i> coach para apoiar a implementação do Scrum junto com a equipe. Uma contribuição relevante do Scrum é a transparência e simplicidade nas informações do projeto, as quais se tornam mais visíveis para todas as partes interessadas.
A20	Vaz-Serra, Hui e Aye (2021) concluíram que há uma necessidade de trazer os conceitos do <i>lean</i> e do ágil para empresas de construção através de uma educação organizacional, para que os funcionários entendam os ganhos da incorporação dessas metodologias na eficiência do processo. A pesquisa realizada identificou que as habilidades de comunicação foi um fator indicado com grande importância pelos entrevistados, porém eles não têm ciência de que a metodologia ágil, por exemplo, visa a melhorar a comunicação das partes interessadas do projeto.
A21	Lalmi, Fernandes e Souad (2021) apresentaram os benefícios do gerenciamento híbrido de projetos, com a utilização das abordagens tradicional, ágil e <i>lean</i> para diferentes fases do ciclo de vida do projeto. Com sua aplicação, os autores reforçaram que é possível agregar vantagens como a previsibilidade do tradicional, a adaptabilidade do ágil e a redução de desperdícios com o <i>lean</i> .
A22	Os resultados do estudo de Ozorhon, Cardak e Caglayan (2022) trazem contribuições para o cenário do ágil na construção. Como a principal motivação para implementação ágil tem-se a busca por melhor desempenho do projeto. A barreira mais crítica encontrada foi a falta de conhecimento e entendimento do ágil, o que se torna um empecilho na mudança de formas de trabalho. Os facilitadores mais relevantes foram o comprometimento de todas as partes interessadas, bem como os <i>feedbacks</i> rápidos e contínuos que proporcionam o aprendizado organizacional e a adaptabilidade dos processos. Visto que obter uma equipe que promove a auto-organização e multidisciplinaridade elimina a gestão hierárquica, este insumo é uma dificuldade na adoção do ágil para o setor tradicional da construção. Levantou-se também, como melhoria principal, o gerenciamento de mudanças com respostas oportunas nos processos e o alcance de melhor desempenho como o benefício mais esperado.
A23	Com base no estudo de Malla e Prasad (2022), verificou-se que a disposição da organização, busca por melhoria e aprendizado contínuo são os principais requisitos para implementar a abordagem híbrida com o <i>lean</i> e o ágil. Além disso, a flexibilidade perante mudanças, colaboração, transparência, adaptabilidade e treinamento das práticas de gestão são pontos-chaves para alcançar uma implementação sustentável de sucesso do <i>lean-ágil</i> .
A24	Jethva e Miroslaw (2022) ressaltaram que a aplicação do Scrum exige adaptações e ajustes para projetos de construção, visto que as suas práticas são voltadas ao desenvolvimento de <i>software</i> . Mediante a isso, este <i>framework</i> traz ganhos de agilidade à fase de projeto e, parcialmente, à fase de construção, pois mudanças nessa etapa causará impactos de custo. Os autores recomendam o BIM como mitigador deste risco. O treinamento de todos os membros do time Scrum é imprescindível para o sucesso da implantação, assim como a dissipação da hierarquia de cargos no projeto.
A25	Shah <i>et al.</i> (2022) fortalecem a ideia de que o ágil na indústria de construção tem muito a contribuir com o sucesso dos projetos. Duas descobertas da pesquisa certificam as vantagens da liderança ágil. São elas: a equipe auto-organizada como mediadora parcial e influenciadora direta e positiva entre a liderança ágil e o sucesso do projeto; e a complexidade avaliada como negativamente moderada entre ambos os constructos. Visto que a auto-organização de times e a gestão de problemas complexos são características ágeis, a liderança ágil é essencial para maximizar o sucesso dos projetos e potencializar os processos da indústria da construção.
A26	Lalmi, Fernandes e Boudemagh (2022) constataram que a combinação das abordagens tradicional, ágil e <i>lean</i> é um assunto novo em projetos de construção. Os autores frisaram que a abordagem <i>lean</i> se torna eficiente em ambientes estáticos ou previsíveis. Já a gestão ágil encaixa-se em ambientes dinâmicos e incertos. Como o projeto de construção apresenta diferentes características de ambiente durante o seu ciclo de vida, sendo classificado nesta pesquisa como ambientes previsíveis e incertos, a metodologia híbrida tem grande potencial estratégico na gestão desses projetos. Como não há uma metodologia específica que atenda todas as necessidades das fases do projeto de construção, propõe-se o gerenciamento híbrido para trazer os benefícios das melhores práticas de cada abordagem.

APÊNDICE F - MAGNITUDE DOS CÓDIGOS UTILIZADOS

Grupo	Código	Descrição	Número de artigos codificados
G1	C1	Metodologia ágil	13
G1	C2	Metodologia híbrida (tradicional e ágil)	4
G1	C3	Metodologia híbrida (tradicional, ágil e <i>lean</i>)	5
G1	C4	Metodologia tradicional	2
G1	C5	Metodologias ágil e <i>lean</i>	17
G2	C6	Cascata	12
G2	C7	Conservador	1
G2	C8	Escopo fixo	7
G2	C9	PMBOK	4
G2	C10	Processo sequencial / linear	10
G3	C11	Atraso em documentações	2
G3	C12	Atraso no cronograma / prazo	15
G3	C13	Atraso no fornecimento de materiais e equipamentos	3
G3	C14	Aumento do custo / Orçamento estourado	14
G3	C15	Baixa produtividade	8
G3	C16	Desperdícios	6
G3	C17	Desvantagem para o meio ambiente	1
G3	C18	Insatisfação do cliente	3
G3	C19	Mudança no escopo do projeto (má gestão)	13
G3	C20	Redução da qualidade	7
G3	C21	Retrabalhos	8
G4	C22	BIM	5
G4	C23	Gestão da Cadeia de Suprimentos da Construção (CSC)	2
G4	C24	Gestão de <i>facilities</i>	1
G4	C25	Gestão de informações	1
G4	C26	<i>Last Planner System</i> do <i>lean</i>	2
G4	C27	<i>Lean construction</i>	1
G4	C28	Realidade aumentada	1
G5	C29	Conceito / concepção / iniciação	10
G5	C30	Execução completa	7
G5	C31	Inovação	3
G5	C32	Operação da instalação	1
G5	C33	Pequenas alterações na execução	1
G5	C34	Planejamento	2
G5	C35	Projeto	10
G5	C36	Reabilitação / Reforma	1
G6	C37	Adaptabilidade	13
G6	C38	Agregar valor / Entrega com valor máximo	13
G6	C39	Aumento da eficiência na entrega	13
G6	C40	Aumento da produtividade da equipe	6
G6	C41	Auto-organização da equipe	13
G6	C42	Colaboração	18
G6	C43	Controle do orçamento / Redução de custos	6

Grupo	Código	Descrição	Número de artigos codificados
G6	C44	Fácil implementação / Simplicidade	7
G6	C45	Flexibilidade	18
G6	C46	Gerenciamento de mudanças	19
G6	C47	Gestão do tempo / Prazos mais curtos	11
G6	C48	Inspeção	8
G6	C49	Melhoria contínua	13
G6	C50	Melhoria na comunicação / <i>feedback</i> rápido	19
G6	C51	Melhoria/desenvolvimento sustentável	5
G6	C52	Resolução eficaz de riscos / Gestão de riscos	10
G6	C53	Satisfação do cliente	14
G6	C54	Transparência	8
G7	C55	Equipe multidisciplinar	11
G7	C56	Gráfico de <i>Burndown</i>	1
G7	C57	Histórias de usuário / Requisitos do cliente	2
G7	C58	Iteração / Desenvolvimento iterativo	18
G7	C59	Lições aprendidas	9
G7	C60	Lista de verificação de riscos	1
G7	C61	Processo cíclico	6
G7	C62	Quadro <i>Kanban</i>	1
G8	C63	<i>Agile Construction</i>	1
G8	C64	<i>Kanban</i>	2
G8	C65	Scrum	17
G9	C66	Ambiente não linear	1
G9	C67	Dinâmico	7
G9	C68	Imprevisível	2
G9	C69	Incertezas	16
G9	C70	Problemas complexos	12
G10	C71	Planejamento da <i>sprint</i>	10
G10	C72	Retrospectiva da <i>sprint</i>	7
G10	C73	Reunião diária (<i>Daily</i>)	13
G10	C74	Revisão da <i>sprint</i>	10
G10	C75	<i>sprint</i>	13
G11	C76	Dono do produto	8
G11	C77	Equipe de desenvolvimento	8
G11	C78	Scrum master	8
G12	C79	<i>Backlog</i> da <i>sprint</i>	4
G12	C80	<i>Backlog</i> do produto	10
G12	C81	Incremento	12

5 PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO: UM ESTUDO DA LITERATURA

Flávia Luisa Pires Enembreck

Maria do Carmo Duarte Freitas

Luis Bragança

Gabriel Luiz Fritz Benachio

RESUMO

Esta investigação traz o relato das práticas de economia circular (PECs) em projetos de construção encontradas na literatura, destacando as práticas mais recentes exploradas após levantamentos publicados anteriormente. A indústria da construção é conhecida por seu significativo impacto ambiental, elevado consumo de recursos naturais e alta geração de resíduos. A economia circular (EC) é considerada uma estratégia para alcançar projetos de construção cada vez mais sustentáveis. Adotou-se, como técnica, a revisão sistemática da literatura abrangendo o período de 2020 ao início de 2023 e, para tratamento dos dados a análise de conteúdo. Descobriram-se 12 novas PECs na construção civil. Entre as práticas mais citadas estão o uso de tecnologias digitais e projetos de eficiência energética. Conclui-se o estudo com uma lista das práticas identificadas na bibliografia (anteriores e as recentes) relacionando-as aos estágios de ciclo de vida da norma internacional EN 15804. Além disso, estabeleceram-se correlações entre as PECs e os 10 Rs da sustentabilidade. Finalmente, o estudo fornece uma visão abrangente dos avanços mais recentes do processo de transição para uma economia circular na indústria da construção com provocações para continuidade das investigações neste campo de conhecimento.

Palavras-chave: Práticas circulares; Indústria da construção; Tecnologias Digitais; Eficiência energética; Sustentabilidade.

ABSTRACT

This research reports on circular economy practices (CEPs) found in the literature for construction projects, highlighting the most recent practices raised in previously published surveys. The construction industry is known for its significant environmental impacts, high consumption of natural resources, and high waste generation. Circular economy (CE) is considered a strategy to achieve increasingly sustainable construction projects. The technique chosen was a systematic literature review from 2020 to early 2023 and a content analysis for data processing. Twelve new CEPs in construction were discovered. The most frequently cited practices include using digital technologies and energy efficiency projects. The study concludes with a list of practices identified in the (past and recent) literature related to the life cycle phases of the international standard EN 15804. In addition, the authors established correlations between the CEPs and the 10 Rs of sustainability. Finally, the study provides a comprehensive overview of recent progress in the transition to a circular

economy in the construction industry and provides suggestions for further research in this area.

Keywords: Circular practices; Construction industry; Digital technologies; Energy efficiency; Sustainability.

5.1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil consome uma quantidade considerável de recursos naturais, produz altos volumes de resíduos e causa diversos impactos ambientais negativos, incluindo emissões de carbono. Esses desafios são inerentes às cadeias de valor lineares tradicionalmente adotadas (Ajayebi *et al.*, 2021). Estima-se que a área da construção consome cerca de 3 bilhões de toneladas de recursos naturais anualmente, o que representa um alto impacto ambiental. De acordo com uma pesquisa realizada pelo World Resources Institute, a indústria da construção é responsável por 40% do total de resíduos gerados em escala global. Para enfrentar esse problema e reduzir o uso ineficiente de recursos, é necessário adotar práticas de economia circular (PECs) nos projetos de construção (Hassan *et al.*, 2023).

A economia circular destaca-se como uma abordagem promissora para impulsionar a sustentabilidade e caracteriza-se como uma estratégia para alcançar edifícios mais sustentáveis na indústria da construção (Cellucci, 2021). A adoção da EC propõe o alcance de um desenvolvimento sustentável, beneficiando as dimensões ambiental, econômica e social (De Oliveira Neto *et al.*, 2022). Entretanto, a implementação do conceito de construção circular ainda está em processo de desenvolvimento (Hassan *et al.*, 2023).

A importância da temática tem impulsionado o desenvolvimento e descoberta do conhecimento, em especial, no setor da construção em todo mundo. Benachio, Freitas e Tavares (2020) investigaram o desenvolvimento da economia circular (EC) no período de 2015 a 2019, a partir de uma revisão de literatura, e elaboraram uma lista com as práticas percebidas em projetos de construção citadas pelos autores das publicações analisadas. O interesse no tema motivou explorar as atuais pesquisas na área, por meio de uma revisão sistemática da literatura, abrangendo o período de 2020 até o início de 2023 para avançar no conhecimento sobre as PECs em projetos de construção. A literatura contempla pesquisas similares ao tema e dedicadas a identificar as aplicações da economia circular no setor da Arquitetura, Engenharia e

Construção (AEC). O objetivo deste artigo é atualizar essa lista de práticas de economia circular, explorando os levantamentos mais recentes estudados nos anos seguintes à sua publicação.

Os resultados da análise de conteúdo destacaram as PECs e as novas descobertas disseminadas nos últimos anos. Como parte da atualização da lista, também foram apontados os respectivos estágios do ciclo de vida de cada prática de acordo com a norma europeia EN 15804, *Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*. Esta norma estabelece regras básicas de categoria de produto para declarações ambientais Tipo III de produtos e serviços de construção, elencando os estágios do ciclo de vida de um produto considerados na Declaração Ambiental de Produto (DAP) (European Standard, 2023). Ao atualizar as fases do ciclo de vida conforme o padrão europeu da EN 15804, visa-se a uma abordagem de padronização internacional.

Este artigo busca preencher a lacuna de conhecimento sobre as últimas tendências e abordagens emergentes na implementação da economia circular na indústria da construção. De modo geral, buscou-se fornecer uma visão abrangente das inovações e avanços científicos que ocorreram no campo da economia circular no setor AEC nos últimos anos, bem como contribuir para o desenvolvimento contínuo desse campo de conhecimento. Dessa forma, promove-se o fornecimento de informações atualizadas e direcionamentos para a comunidade científica e profissionais da construção interessados em instaurar a economia circular no setor. Além disso, anteriormente, tais práticas foram relacionadas com os princípios do *lean*. Já a presente pesquisa compõe a base teórica de estudos sobre as relações entre a economia circular e a metodologia ágil.

O presente relato está organizado em cinco seções que começa com essa introdução (5.1) e, em seguida, a descrição detalhada do método adotado (5.2). Nas seções 5.3 e 5.4, respectivamente, estão os resultados obtidos por meio da análise de conteúdo e as discussões relevantes relacionadas ao tema. Por fim, a seção 5.5 aborda as principais conclusões derivadas da pesquisa.

5.2 MÉTODO DA PESQUISA

O método empregado para o desenvolvimento desta pesquisa foi a atualização de revisão sistemática da literatura do artigo “*Circular economy in the construction industry: a integrative literature review*” de Benachio, Freitas e Tavares (2020). A partir desta atualização, visou-se à investigação do panorama dos anos posteriores à pesquisa em relação ao conhecimento e à aplicação da economia circular nos processos da construção.

O problema da pesquisa é “Quais são as novas práticas de economia circular na indústria da construção estudadas nos anos seguintes à publicação de Benachio, Freitas e Tavares (2020)?” Para localizar os documentos publicados nos anos posteriores ao mapeamento do autor (2020-2023), realizou-se uma busca nas bases de dados Scopus, Science Direct e Web of Science com as mesmas palavras-chave utilizadas no artigo em atualização, sendo elas: “*Circular economy*” e “*Buildings*”. As fontes de busca são reconhecidas academicamente e os artigos coletados foram revisados por pares.

Para complementar a pesquisa com o uso das palavras-chave definidas, utilizaram-se os recursos de combinação com os operadores booleanos “AND” entre as duas expressões. Utilizam-se as aspas como símbolo de truncamento para o termo composto “*Circular economy*”. O campo de pesquisa utilizado para localizar os termos foi “palavras-chave” nas bases Scopus (*KEY*) e Web of Science (*Author Keywords* e *Keyword Plus*). Já na base Science Direct, os campos utilizados foram “título”, “resumo” e “palavras-chave” (*Title, abstract, keywords*). Quanto ao período delimitado, foram consideradas apenas as publicações dos últimos anos (2020-2023). Incluiu-se, no campo de pesquisa, a restrição de busca de apenas publicações com texto completo disponível, considerando acesso por meio do *login* institucional da Universidade Federal do Paraná. O QUADRO 14 apresenta um resumo da estratégia de pesquisa nas bases, com os campos considerados e as *strings* utilizadas para busca avançada em cada base de dados.

QUADRO 14 - Estratégia de pesquisa nas bases de dados

Palavras-chave	"circular economy"; "buildings"	
Base de dados	Campos de busca	Descrição de busca
<i>Scopus</i>	Palavras-chave	KEY ("circular economy" AND "buildings") AND PUBYEAR AFT 2019 AND (LIMIT-TO (OA , "all") OR LIMIT-TO (OA , "publisherfullgold") OR LIMIT-TO (OA , "publisherhybridgold") OR LIMIT-TO (OA , "publisherfree2read") OR LIMIT-TO (OA , "repository"))
<i>Science Direct</i>	Título, resumo e/ou palavras-chave	<i>Year:2020-2023</i> Title, abstract, keywords:"circular economy" AND buildings <i>Open access & Open archive</i>
<i>Web of Science</i>	Palavras-chave	"circular economy" and buildings (Author Keywords) OR "circular economy" and buildings (Keyword Plus ®) <i>Timespan: 2020-01-01 to 2023-01-18 (Index Date)</i> <i>Open access</i>

FONTE: Os autores (2023).

A filtragem dos artigos ocorreu com o auxílio do aplicativo *web* denominado Rayyan³, por meio de uma leitura criteriosa dos títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos encontrados pelas três bases de dados no período de 01 de janeiro de 2020 até 18 de janeiro de 2023. A partir desta primeira averiguação, selecionaram-se os artigos que correlacionam a economia circular com a indústria da construção civil. Os critérios adotados para a exclusão de publicações foram os seguintes: duplicidade de artigos, artigos fora do tema, indisponibilidade de acesso ao texto completo nas bases de dados com o *login* institucional da Universidade Federal do Paraná e pesquisas cuja temática aborda prática(s) que se assemelha(m) às práticas descritas no QUADRO 15.

QUADRO 15 - Práticas de economia circular em projetos de construção

Descrição do código	Fase do ciclo de vida do projeto
Projeto e uso de edifícios modulares	Projeto
Projeto para adaptabilidade de edifícios existentes	
Projeto para desmontagem de estruturas de edifícios	
Utilização de uma escala para analisar o nível de implantação das práticas de Economia Circular na empresa	
Utilização de uma simulação em modelo BIM para analisar o potencial de reaproveitamento dos materiais de diferentes tipos de projetos no início do projeto	
Uso da Avaliação do Ciclo de Vida para encontrar os benefícios de reutilizar diferentes tipos de materiais na fase de projeto	

³ Rayyan - <https://www.rayyan.ai/>

Descrição do código	Fase do ciclo de vida do projeto
Uso de dados de estoque de materiais para ajudar na reutilização de materiais de um novo edifício	
Mudança de uso de materiais, dando a propriedade aos fabricantes para reaproveitar os materiais após o fim da vida útil do primeiro edifício	Fabricação
Desenvolvimento de passaportes materiais	
Reaproveitamento de materiais secundários na produção de materiais de construção	Construção
Reaproveitamento de materiais de construção em uma nova construção	
Redução de resíduos	
Construção fora do local	Operação
Utilização de uma ferramenta para avaliar o estado dos materiais durante a vida útil e fim de vida de um edifício	
Uso de práticas de gestão de água	
Minimizar a manutenção recuperativa com manutenção preventiva	Fim da vida
Analisar o potencial de reutilização ou reciclagem de materiais existentes e se é viável em comparação com o uso de novos materiais	
Gestão de Resíduos de Demolição	
Utilização de uma ferramenta de circularidade para avaliar edifícios existentes e dar as melhores soluções possíveis para a reabilitação	
Desconstrução de estruturas e materiais de construção	

Fonte: Adaptado de Benachio, Freitas e Tavares (2020).

A coleta de dados desta atualização de revisão foi realizada a partir da leitura completa dos textos selecionados. Concomitantemente, elaborou-se uma lista de práticas da economia circular mencionadas nas pesquisas, buscando-se identificar novas PECs aplicáveis em projetos de construção. As práticas listadas compuseram a categorização para a análise de conteúdo segundo a abordagem de Bardin (1977). Foram exploradas as publicações minuciosamente, a fim de aprofundar-se nos temas relevantes e, posteriormente, discorrer sobre os conhecimentos às práticas relacionadas.

No QUADRO 16, apresentam-se as principais etapas do método da pesquisa empregado para a realização deste artigo.

QUADRO 16 - Protocolo de pesquisa

Etapa	Descrição
Definição do problema	Quais são as novas práticas de economia circular na indústria da construção estudadas nos anos seguintes à publicação de Benachio, Freitas e Tavares (2020)?
Determinação dos parâmetros de busca	Conforme empregado por Benachio (2020), as palavras-chave foram: “ <i>Circular economy</i> ” e “ <i>Buildings</i> ”
Escolha do âmbito da pesquisa	Scopus, Science Direct e Web of Science.
Delimitação dos critérios de busca	As palavras-chave foram combinadas com o operador boleano “AND” e as aspas foram utilizadas para o termo composto “ <i>Circular economy</i> ”. Busca por publicações dos últimos 3 anos.

Etapa	Descrição
	Inclusão somente de publicações com acesso disponível ao texto completo nas bases de dados com o <i>login</i> institucional da Universidade Federal do Paraná.
Filtragem dos estudos	Leitura de títulos, resumo e palavras-chave. Seleção de artigos sobre a economia circular e a indústria da construção civil obtidos das bases de dados. Os critérios para exclusão foram: duplicidade de artigos, artigos fora do tema, não aderência ao problema, indisponibilidade de acesso ao texto completo e abordagens de práticas mapeadas no estudo anterior
Coleta de dados	Leitura dos artigos completos relevantes ao tema. Listagem de práticas da economia circular na indústria da construção entre (2020-2023) não mapeadas no QUADRO 15. Análise de conteúdo conforme abordagem de Bardin (1977).
Avaliação de qualidade	As fontes de busca são reconhecidas academicamente e os artigos considerados foram revisados por pares.
Redação do relatório	Elaboração de uma tabela com as novas práticas encontradas de economia circular Elaboração de uma tabela com as práticas compiladas e os respectivos estágios de ciclo de vida

FONTE: Os autores (2022).

Na busca de artigos, considerando as *strings* mencionadas no QUADRO 14, extraiu-se um total de 493 publicações. Todos os artigos encontrados foram carregados em uma revisão criada no Rayyan para detecção de duplicatas. Ao todo, excluíram-se 146 publicações por duplicidade. A partir da leitura de título, resumo e palavras-chave dos demais artigos e a conferência com o que já foi mapeado no QUADRO 15 realizou-se a segunda de etapa da filtragem. Excluíram-se 178 artigos devido às práticas abordadas já terem sido mapeadas na pesquisa em atualização de acordo com o QUADRO 15. Um acréscimo de 64 artigos foi feito à exclusão, em virtude da não aderência ao tema. Foram identificadas 53 publicações que não traziam práticas da temática em questão para serem incorporadas ao ciclo de vida de um projeto de construção, o que sinaliza a não aderência ao problema desta pesquisa e por isso foram excluídas da seleção. Perfez-se um total de mais 279 artigos excluídos após ciência de suas temáticas. Ao final da filtragem, selecionaram-se 52 artigos para leitura completa visando ao embasamento das novas práticas elencadas. A FIGURA 12 apresenta um resumo da seleção dos artigos com os quantitativos das exclusões.

FIGURA 12 - Relação de artigos por etapa de seleção

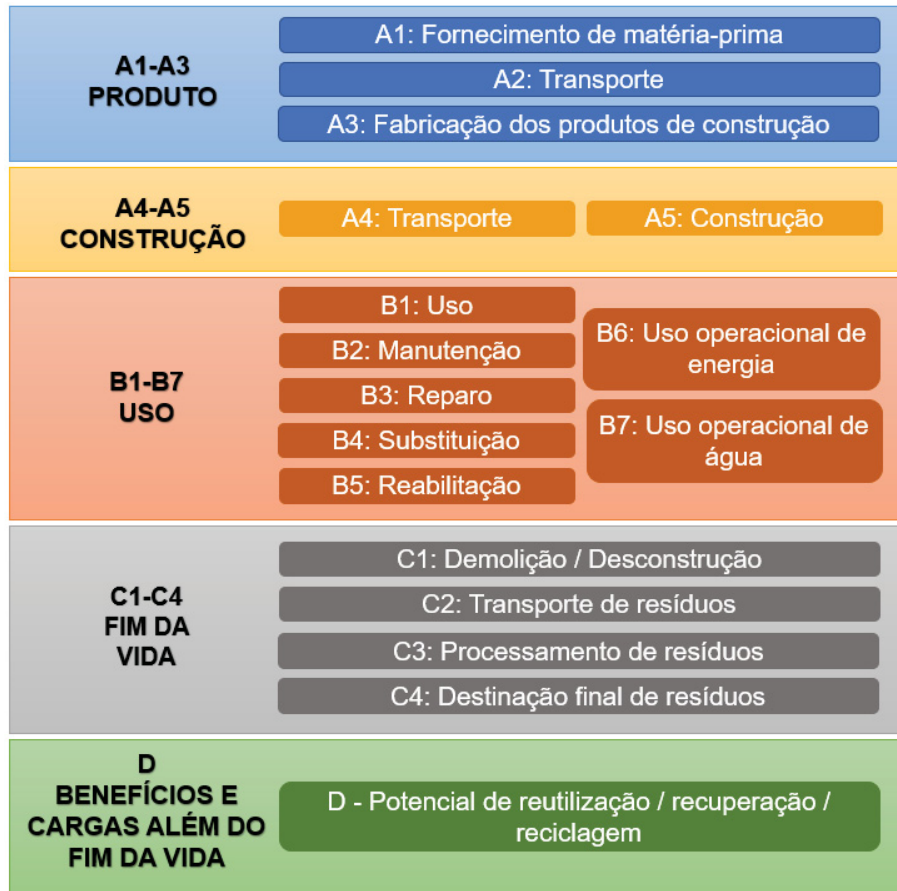
Etapas para seleção de artigos		Excluídos	Total
1	Busca de artigos nas bases de dados com as palavras-chave "Circular economy" e "Buildings"		493
2	Exclusão por duplicidade	-146	347
3	Exclusão por fuga do tema	-64	283
4	Exclusão por não aderência ao problema desta pesquisa	-53	230
5	Exclusão por tratar abordagens de práticas já mapeadas por Benachio <i>et al.</i> (2020)	-178	52
6	Total de artigos selecionados para leitura completa		52

FONTE: Os autores (2022).

Após a leitura completa dos artigos selecionados, elaborou-se um quadro, na seção de resultados (QUADRO 17), com as práticas novas descritas de forma genérica e ampla, as quais serão trazidas e discutidas na sequência deste artigo.

Compilaram-se no QUADRO 19 as práticas adicionais mapeadas nesta pesquisa com as práticas do QUADRO 15. Atualizaram-se também os estágios de ciclo de vida a que cada medida se refere, conforme a classificação da EN 15804 descrita na FIGURA 13.

FIGURA 13 - Estágios do ciclo de vida conforme EN 15804



FONTE: Adaptado de CEN (2019).

Uma análise final dos resultados foi conduzida para estabelecer a conexão entre as PECs identificadas na literatura e o principal "R" da sustentabilidade com o qual cada uma se alinha. Essa avaliação foi baseada na listagem de Többen e Opdenakker (2022) e na estrutura circular dos Rs em ordem de prioridade de Munaro e Tavares (2022), elencando os 10 Rs na transição da economia linear para a economia circular, como ilustrado na FIGURA 14.

FIGURA 14 - Lista dos 10 Rs da sustentabilidade

Economia circular	Uso e fabricação de produtos mais inteligentes	R0	Recusar	Dispensar o uso determinado produto por abandono da função ou substituição por outro com função similar de baixo impacto.
		R1	Repensar	Atribuir maior aproveitamento no uso do produto ou redesenhar o ciclo do produto com base na circularidade.
		R2	Reduzir	Aumentar a eficiência na fabricação ou uso de produtos de forma que diminua o consumo de recursos naturais e materiais.
	Prolongar a vida útil dos produtos e suas partes	R3	Reutilizar	Reutilizar o produto descartado por outro cliente, quando ainda está em boas condições de uso e de desempenho da função.
		R4	Reparar	Executar serviços de reparo e manutenção de produtos quando ainda está em boas condições de uso e desempenho da função.
		R5	Reformar	Restaurar um produto antigo e atualizá-lo.
		R6	Remanufaturar	Usar partes do produto descartado em um produto novo com a mesma função.
		R7	Reaproveitar	Usar produto descartados ou partes em um produto novo com a função diferente.
	Aplicação útil de materiais	R8	Reciclar	Processar materiais para obter a mesma qualidade ou qualidade
		R9	Recuperar	Incinerar materiais com recuperação de energia.
Economia linear				

FONTE: Adaptado de Munaro e Tavares (2022) e Többen e Opdenakker (2022).

A presente seção apresentou detalhadamente todos as etapas relacionados à revisão sistemática da literatura, as bases e estratégias de busca utilizadas, o protocolo de coleta de dados e as análises das publicações encontradas.

5.3 RESULTADOS

Esta seção traz os resultados obtidos a partir da leitura completa dos artigos integrantes da revisão, bem como as análises realizadas acerca das práticas em relação aos estágios do ciclo de vida e aos 10 Rs da sustentabilidade. A relação de práticas adicionais às práticas do QUADRO 15 será apresentada a seguir, fornecendo uma visão abrangente sobre o desenvolvimento do tema na literatura. Na sequência, explanam-se descrições teóricas de cada prática, conforme foram abordadas na bibliografia, extraídas através da análise de conteúdo de Bardin (1977).

A revisão sistemática da literatura possibilitou a complementação da lista de PECs para o ambiente construído. A partir da leitura completa dos 52 artigos

selecionados na revisão sistemática da literatura, levantaram-se 12 novas práticas de economia circular na construção civil compiladas no QUADRO 17, junto com os respectivos autores que as mencionaram.

QUADRO 17 - Práticas adicionais de economia circular em projetos de construção

Item	PEC Genérica	Autor(es)
1	Utilização de tecnologias digitais para auxiliar a promoção da economia circular	Akbarieh <i>et al.</i> (2020); Çetin; De Wolf; Bocken (2021); Jin <i>et al.</i> (2021); Lima <i>et al.</i> (2021); Medina; Fu (2021); Baduge <i>et al.</i> (2022); Caldas <i>et al.</i> (2022); Çetin; Gruis; Straub (2022); Gómez-Gil <i>et al.</i> (2022); Oviedo Hernandez <i>et al.</i> (2022); Setaki; Van Timmeren (2022); Yu <i>et al.</i> (2022); Giovanardi <i>et al.</i> (2022); Kaewunruen <i>et al.</i> (2023); Oluleye; Chan; Antwi-Afari (2023).
2	Uso de materiais de base biológica	Pujadas-Gispert <i>et al.</i> (2020); Dams <i>et al.</i> (2021); Oorschot; Asselbergs (2021); Besana; Tirelli (2022); Rabbat <i>et al.</i> (2022); Butt; Dimitrijevic (2022).
3	Projeto de eficiência energética	Foster; Kreinin; Stagl (2020); Frankovič <i>et al.</i> (2020); Li <i>et al.</i> (2020); Marconi <i>et al.</i> (2020); Mercader-Moyano; Esquivias (2020); Pujadas-Gispert <i>et al.</i> (2020); Rucińska; Komerska; Kwiatkowski (2020); Antolinc; Filipič (2021); González <i>et al.</i> (2021); Ipsen <i>et al.</i> (2021); De Lucia; Treves; Comino (2021); Majumder <i>et al.</i> (2021); Mercader-Moyano; Anaya-Durán; Romero-Cortés (2021); Neri <i>et al.</i> (2021); Serrano <i>et al.</i> (2021); Mazzoli <i>et al.</i> (2022); Díaz-López <i>et al.</i> (2022); Oviedo <i>et al.</i> (2022); Piotrowska; Słyś (2023); Sadowski (2023).
4	Uso do BIM para gestão de resíduos de construção e demolição	Akbarieh <i>et al.</i> (2020); Copeland; Bilec (2020); Ganiyu <i>et al.</i> (2020); Han; Kalantari; Rajabifard (2021); Jin <i>et al.</i> (2021).
5	Uso do BIM para melhorar a operação, manutenção e gerenciamento de ativos	Abrishami; Martin-Duran (2021); Kaewunruen <i>et al.</i> (2023).
6	Utilização do BIM para desconstrução de edifícios	Akbarieh <i>et al.</i> (2020); Van Den Berg; Voordijk; Adriaanse (2021); Charef (2022).
7	Modelagem e aplicação do Custo do Ciclo de Vida	Medina-Salgado <i>et al.</i> (2021).
8	Abordagem DfMA no projeto de fabricação e montagem	Abrishami; Martin-Duran (2021); Ipsen <i>et al.</i> (2021).
9	Reciclagem de resíduos <i>in loco</i>	Wanaguru; Mallawaarachchi; Vijerathne (2022); Oluleye; Chan; Antwi-Afari (2023).
10	Gerenciamento de materiais perigosos	Wu <i>et al.</i> (2022); Oluleye; Chan; Antwi-Afari (2023).
11	Uso de materiais locais	Dabaieh; Maguid; El-Mahdy (2021).
12	Gerenciamento operacional da ocupação de espaços de edificações	Mallis <i>et al.</i> (2021); Ruokamo <i>et al.</i> (2023).

FONTE: Os autores (2022).

Para complementar o QUADRO 17, foi realizada uma análise qualitativa de conteúdo para obter um melhor entendimento das práticas mapeadas, a qual será apresentada a seguir. Essa abordagem permitiu uma compreensão mais aprofundada do estado atual das práticas na literatura, proporcionando uma visão mais completa e detalhada sobre cada uma delas.

5.3.1 Análise de conteúdo das práticas mapeadas

Neste item, discorrem-se sobre as práticas de economia circular listadas no QUADRO 17, considerando as contribuições dos diversos autores incluídos na revisão. Através de uma análise de conteúdo, foram identificadas as principais ideias e perspectivas provenientes das pesquisas, abordando cada uma das práticas em questão.

5.3.1.1 Utilização de tecnologias digitais para promoção da economia circular

A análise de tecnologias que trazem benefícios à economia circular na indústria da construção foi realizada por Setaki e Van Timmeren (2022). Dentre as tecnologias digitais estudadas têm-se: Internet das coisas (IoT); *Building Information Model* (BIM); robôs; Inteligência Artificial (IA); impressão 3D; *blockchain*; drones; e realidade aumentada (RA). Os autores ressaltaram que esses recursos têm potencial para colaborar com estratégias circulares na indústria da construção com o gerenciamento de operações e otimização de fluxos dos materiais, por exemplo. Contudo, a implementação dessas tecnologias ainda está em fase inicial para atingir a maturidade em termos de viabilidade comercial e preveem-se que as técnicas de construção tradicionais ainda prevaleçam na década atual. O QUADRO 18 traz os potenciais benefícios de cada tecnologia disruptiva, no contexto da economia circular em projetos de construção, elencados pelos autores Setaki e Van Timmeren (2022).

QUADRO 18 - Benefícios das tecnologias disruptivas para a economia circular na construção civil

Tecnologia	Benefícios
Internet das coisas (IoT)	Economia de energia; maior utilização de ativos por meio do compartilhamento; material otimizado, manutenção e gerenciamento de resíduos.
BIM	Eficiência do processo de construção; <i>design</i> otimizado de uma perspectiva de gerenciamento de materiais e resíduos; suporte de novos conceitos de CE.
Robôs	Alta precisão; conjunto; automação.
IA	Aumento da eficiência em toda a cadeia de valor; otimização de monitoramento e manutenção.
(Robótica) Impressão 3D	Uso otimizado de materiais; possibilidade de usar materiais reciclados ou recicláveis; materiais de origem local; potencial para construção sem desperdício.
<i>Blockchain</i>	Aumento da funcionalidade, eficiência e visibilidade; rastreamento descentralizado de informações como fluxos de materiais e resíduos.
Drones	Rastreamento de ativos digitais no local, inspeção espacial contínua e monitoramento de progresso; promoção da redução de desperdício.
RA	Construção otimizada no local; conserto ou construção guiados de forma remota

FONTE: Traduzido e adaptado de Setaki e Van Timmeren (2022).

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) foram investigadas por Yu *et al.* (2022) como meios de suporte para práticas da economia circular aplicadas na indústria da construção. Analisaram-se sete soluções de TIC no âmbito de tomada de decisão pelo gerenciamento de informações. Notaram-se que o BIM, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Identificação por radiofrequência (RFID), e Modelagem e simulação por modelos numéricos são ferramentas mais consolidadas no apoio do gerenciamento da cadeia de suprimentos da construção e da implementação de atribuições advindas da economia circular nas fases do ciclo de vida da construção. Em paralelo, identificaram-se tecnologias promissoras tais como a Internet das coisas (IoT), *blockchain* e análise de *Big Data*, as quais ainda não foram estudadas e aplicadas de forma sólida na indústria. Çetin, De Wolf e Bocken (2021) discutiram sobre as tecnologias digitais ou da Indústria 4.0, as quais já são consideradas como essenciais para transacionar a uma economia circular em indústrias aeroespacial, automotiva e de processo. As tecnologias levantadas com grande potencial de aplicação no ambiente construído e em projetos de construção foram: fabricação

robótica, *Big Data* e análises, *blockchain*, BIM, plataformas e mercados digitais, gêmeos digitais, SIG, passaporte de materiais, IoT e IA.

Baduge *et al.* (2022) reforçam que a utilização da Inteligência Artificial é capaz de acelerar a transição para uma economia circular nos processos de reutilização, reparo e reciclagem. A partir de algoritmos de agrupamento, promovem-se melhorias no compartilhamento digital de recursos para incentivos à reutilização. A identificação de padrões repetitivos, pela análise de séries temporais, traz a previsão da necessidade de possíveis reparos. A IA viabiliza o monitoramento automatizado e digital da eficiência de materiais desde a fabricação até a fase final do ciclo de vida. Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2023) também estudaram o potencial dos algoritmos de IA aplicados para circularidade sistêmica na indústria da construção civil. Os autores identificaram modelos de IA para previsão, modelagem, simulação e otimização de materiais de construção e circularidade de resíduos. As aplicações de IA mencionadas por Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2023) foram: seleção de materiais; projetos para desconstrução e previsibilidade de resíduos de construção e demolição (RCD); previsão da circularidade técnica e econômica de materiais; logística reversa; gerenciamento e análise dos dados para tomada de decisão quanto aos materiais residuais e de demolição; e otimização na gestão de RCD.

Giovanardi *et al.* (2022) atribuíram à Internet das coisas o encargo de rastreabilidade, permitindo o gerenciamento circular de ativos, a partir do fluxo de informações e de dados, visando à preservação do valor durante o ciclo de vida do material e à redução de consumo. O nicho estudado pelos autores foi o setor de fachada de edifícios. Criou-se uma estrutura teórica de informações para os sistemas de fachada e, através da IoT, foi possível adotar contratos inteligentes, otimizar processos, abordar o *design* orientado a dados, prestar suporte a modelos de negócios de serviços e introduzir o cadastro digital de informações dos materiais.

A utilização de gêmeos digitais para práticas de economia circular foi abordada pelos autores Akbarieh *et al.* (2020), Jin *et al.* (2021), Çetin, De Wolf e Bocken (2021), Çetin, Gruis e Straub (2022), Oviedo Hernandez *et al.* (2022) e Kaewunruen *et al.* (2023). Conforme afirmaram Akbarieh *et al.* (2020), a concepção de um gêmeo digital auxilia no monitoramento do *status* do projeto e da integridade dos componentes. Çetin, De Wolf e Bocken (2021) introduziram que os gêmeos digitais tratam-se de réplicas virtuais do mundo físico, as quais se atualizam com dados em tempo real integrados a sensores analíticos do ativo físico. Akbarieh *et al.*

(2020) e Çetin, De Wolf e Bocken (2021) mencionaram as ferramentas BIM para auxiliar a criação dos gêmeos digitais. Diferentemente de um modelo BIM, que registra as informações do projeto de construção, o gêmeo digital é alimentado por dados coletados durante o ciclo de vida do edifício e retrata o objeto de construção em mundo real. Dentre os seus benefícios na transição para uma economia circular na construção civil, têm-se a manutenção preditiva através da sua conexão com o passaporte de materiais e o gerenciamento do espaço (Çetin; De Wolf; Bocken, 2021). Akbarieh *et al.* (2020) e Jin *et al.* (2021) complementam a utilização de um gêmeo digital como forma de tomada de decisão inteligente em projetos de construção. Çetin, Gruis e Straub (2022) afirmaram que a IA, os gêmeos digitais e as tecnologias de digitalização são fundamentais para auxiliar na coleta, integração e análise de dados, visando à otimização das estratégias de manutenção, tal como a associação do gêmeo digital e da IA para um sistema de inspeção de edifícios citada pelos autores. Kaewunruen *et al.* (2023) corroboram a viabilidade da tecnologia de gêmeos digitais para aprimorar a manutenção e otimização de resiliência de pontes ferroviárias. Além disso, os gêmeos digitais promovem uma colaboração virtual para co-simulações e co-criação de valor, como também resultam na redução de custos e emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Aliado à economia circular na construção civil, alguns autores abordaram práticas adicionais a partir de tecnologias digitais, como: a adoção de uma calculadora de emissão de dióxido de carbono incorporada; bancos de dados para resíduos e indexação de circularidade de materiais de construção comuns (Medina e Fu, 2021); utilização de Sistemas de Classificação de Informação da Construção (sigla em inglês, CICS), os quais são estruturas de categorização e análise utilizadas para organizar e classificar informações relacionadas à construção, adaptados ao BIM para gestão criteriosa de produtos com menor impacto ambiental (Lima *et al.*, 2021); realidade virtual e realidade aumentada para virtualização do setor de construção (Caldas *et al.*, 2022); e a elaboração de um diário de bordo da construção digital, ou seja, um sistema que armazena todos os dados relevantes de um edifício em um único repositório, objetivando favorecer a circularidade (Gómez-Gil *et al.*, 2022).

5.3.1.2 Uso de materiais de base biológica

A utilização de materiais de base biológica em edifícios da construção civil foi estudada pelos autores Pujadas-Gispert *et al.* (2020), Dams *et al.* (2021), Oorschot e Asselbergs (2021), Besana e Tirelli (2022), Rabbat *et al.* (2022) e Butt e Dimitrijevic (2022). Dentre os materiais convencionais como concreto, aço e madeira aplicados para estruturas, tem-se apenas a madeira proveniente de base biológica. Os materiais de base biológica ainda não se estabeleceram como convencionais na indústria da construção e são considerados como materiais emergentes. Tratam-se de uma alternativa sustentável ao fornecer cadeias de suprimentos renováveis e reduzir as emissões de carbono por meio do processo natural de sequestro de carbono em biomateriais (DAMS *et al.*, 2021). Além disso, caracterizam-se como renováveis, reutilizáveis e sua produção pode ser feita ecologicamente com gastos reduzidos de transporte. Em contrapartida, os materiais de base biológica precisam estar aliados a tratamentos para prolongar sua vida útil, já que conferem instabilidades dimensional, térmica e mecânica, além de resistências reduzidas ao fogo e à degradação (Pujadas-Gispert *et al.*, 2020).

Uma das estratégias validadas por Besana e Tirelli (2022) para descarbonizar o setor da construção foi o incremento volumétrico de materiais de origem biológica na estrutura, no isolamento e nos acabamentos, o que acarretou o armazenamento de carbono biogênico, compensando as emissões de carbono incorporado. Dessa forma, com a substituição dos materiais convencionais pelos biológicos, reduziu-se o impacto de carbono. Rabbat *et al.* (2022) estudaram sobre os tipos de materiais de isolamento à base de biomassa e complementaram sobre as rotas de recuperação mais eficientes no fator ambiental, objetivando a gestão sustentável de resíduos e incentivando a bioeconomia circular.

Butt e Dimitrijevic (2022) investigaram sobre os métodos de projeto baseados na natureza, tais como biomimética, biomorfismo, biofilia, bioutilização e zoomorfismo. Apesar de os autores afirmarem que esses métodos são essenciais para a sustentabilidade de um projeto de construção, também identificaram que há uma escassez de pesquisa transdisciplinar resultante da limitação na comunicação das disciplinas em relação à indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção e aos usuários finais.

5.3.1.3 Projeto de eficiência energética

Medidas que visam ao aumento da eficiência energética foram estudadas por diversos autores nessa revisão de literatura considerando mudanças climáticas e visando à melhoria térmica da edificação (Foster; Kreinin; Stagl, 2020; Frankovič *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2020; Marconi *et al.*, 2020; Mercader-Moyano; Esquivias, 2020; Pujadas-Gispert *et al.*, 2020; Rucińska; Komerska; Kwiatkowski, 2020; Antolinc; Filipič, 2021; González *et al.*, 2021; Ipsen *et al.*, 2021; De Lucia; Treves; Comino, 2021; Majumder *et al.*, 2021; Mercader-Moyano; Anaya-Durán; Romero-Cortés, 2021; Neri *et al.*, 2021; Serrano *et al.*, 2021; Mazzoli *et al.*, 2022; Díaz-López *et al.*, 2022; Oviedo *et al.*, 2022; Piotrowska e Słyś, 2023; Sadowski, 2023).

Um projeto de eficiência energética pretende diminuir o consumo de energia ao longo do ciclo de vida de um edifício, abrangendo a redução tanto da energia operacional quanto da energia incorporada, que se refere à energia necessária para a produção de materiais e construção do edifício. Otimizações na geometria e na orientação do edifício, projetos de iluminação e ventilação naturais, adequação dos sistemas de aquecimento e resfriamento e promoção do isolamento adequado são práticas para alcançar maior eficiência energética operacional. Para minimizar a energia incorporada, concentra-se na seleção de materiais e métodos construtivos, considerando também o consumo potencial de energia durante o fim da vida útil do projeto (Ipsen *et al.*, 2021).

Frankovič *et al.* (2020), Pujadas-Gispert *et al.* (2020), Mercader-Moyano, Anaya-Durán e Romero-Cortés (2021), González *et al.* (2021) e Mazzoli *et al.* (2022) exploraram projetos de fachadas como meio de promover a eficiência energética. Frankovič *et al.* (2020) avaliaram o uso de painéis de fachada isolantes compostos por agregadores de resíduos de construção e demolição para melhorar a eficiência térmica da edificação. Marconi *et al.* (2020), Neri *et al.* (2021), Antolinc e Filipič (2021) e Majumder *et al.* (2021) propuseram a utilização de materiais alternativos, tais como resíduos de couro, materiais domésticos, resíduos têxteis e materiais reciclados, respectivamente, para perfazer o isolamento de edifícios com baixo impacto ambiental. De Lucia, Treves e Comino (2021) investigaram o conforto térmico em paredes verdes com substrato alternativo composto por solo argiloso e casca de arroz.

Pujadas-Gispert *et al.* (2020) avaliaram na prática o desempenho de uma fachada ventilada, construída por materiais de base biológica, e constataram que

houve uma contribuição significativa no resfriamento do edifício e na redução do consumo de energia. Mercader-Moyano, Anaya-Durán e Romero-Cortés (2021) aprofundaram-se também na análise das vantagens de fachadas ventiladas ecoeficientes e concluíram que houve melhorias da eficiência energética, por meio da redução das perdas de energia e do impacto ambiental, ao reabilitar a fachada em comparação com a fachada convencional. González *et al.* (2021) também ressaltaram a renovação energética de fachadas e utilizaram, como alternativa de *retrofit*, um sistema de revestimento de isolamento térmico externo, denominado como sistema ETICS, o qual se trata de um sistema de redução de consumo de energia passiva. O sistema ETICS também foi citado por Mazzoli *et al.* (2022), o qual utilizaram-se painéis de isolamento de poliestireno expansível (EPS) em duas fachadas (sul e leste) e nas outras fachadas (norte e oeste) foi aplicado o sistema de fachada PREFAB com a instalação de painéis pré-fabricados preenchidos com lã de vidro e de rocha. Associados à reabilitação das fachadas, Mazzoli *et al.* (2022) interviram na substituição de janelas com vidro duplo e com isolamento térmico e na reforma do telhado com camadas de isolantes térmicos. A instalação de painéis fotovoltaicos no telhado foi mencionada em ambos os trabalhos de González *et al.* (2021) e Mazzoli *et al.* (2022) como um sistema ativo de redução de consumo de energia.

Díaz-López *et al.* (2022) analisaram estratégias de *design* passivo em relação à otimização da sustentabilidade no âmbito da economia circular. O objetivo dessas estratégias é manter o edifício e seus componentes com o máximo de valor ao longo de sua vida útil, adaptando-o para as alterações climáticas. Verificou-se que a ventilação natural, telhados verdes, janelas de baixa transmitância térmica e sombreamento solar foram identificadas como as mais comuns. Já fachadas ventiladas e sistema de resfriamento evaporativo foram os menos utilizados. Li *et al.* (2020) e Sadowski (2023) analisaram a adaptabilidade climática de construções para eficiência energética a fim de acelerar o desenvolvimento da economia circular. A análise do clima e da previsibilidade ambiental, por meio de dados meteorológicos, traz vantagens ao projeto quando utilizada em sua concepção e/ou em tomadas de decisão para reconstruir edificações existentes (Li *et al.*, 2020). Rucińska, Komerska e Kwiatkowski (2020) reforçam também que é importante considerar as mudanças climáticas de longo prazo desde o início do projeto de um edifício. Os autores propuseram um *benchmark* preliminar de emissões de gases do efeito estufa (GEE), denominado índice GWP, para escritórios na Polônia, representando o fator potencial

de aquecimento global. Apesar de depender de acordos políticos para se consolidar, as estimativas levantadas no índice GWP aliadas à avaliação do ciclo de vida são relevantes para o planejamento inicial do projeto. Serrano *et al.* (2021) avaliaram cenários e *benchmarks* como forma de analisar quantitativamente o potencial das estratégias de economia circular, as quais se encaixam na fabricação e no uso de produtos de forma mais inteligente, no prolongamento da vida útil do produto ou na aplicação útil do material, para alcançar as metas nacionais de diminuição de emissões de GEE.

A descarbonização aplicada em projetos de reabilitação fez parte das pesquisas de Foster, Kreinin e Stagl (2020) e Mercader-Moyano e Esquivias (2020). Segundo o estudo de Foster, Kreinin e Stagl (2020), a eficiência energética está estreitamente relacionada à reutilização adaptativa de edifícios existentes como uma forma de atingir objetivos importantes, como a mitigação das mudanças climáticas, a promoção de energia limpa, a eficiência de recursos e a redução de materiais.

Piotrowska e Słyś (2023) afirmaram que as ações da economia circular estão relacionadas com a mitigação das emissões de GEE, o aumento da eficiência energética e a adoção de fontes de energia renováveis e residuais. A economia circular é de grande relevância para o alcance da neutralidade climática nos próximos anos. Neste sentido, os autores abordaram a recuperação de energia residual de águas cinzas e reforçaram a importância da economia circular no setor energético.

5.3.1.4 BIM para Gerenciamento de resíduos de construção e demolição

A aplicação do BIM para auxiliar a gestão de resíduos de construção e demolição foi abordada pelos autores Akbarieh *et al.* (2020), Copeland e Bilec (2020), Ganiyu *et al.* (2020), Han, Kalantari e Rajabifard (2021) e Jin *et al.* (2021). Akbarieh *et al.* (2020) relataram que estudos anteriores discutiram várias práticas relacionadas à gestão de resíduos na construção, destacando o uso do *Building Information Modeling* (BIM) como uma ferramenta para otimização e redução de desperdícios. O BIM ajuda na comparação de diferentes esquemas de projeto com base na estimativa de produção de resíduos, promovendo a reutilização, a reciclagem e a eficiência na aquisição de materiais. Além disso, o BIM auxilia na redução de erros de projeto, minimizando retrabalhos e complicações no local de construção. Outras abordagens incluem a estimativa precisa dos impactos ambientais, o desenvolvimento de sistemas

de estimativa de resíduos baseados em BIM e a criação de índices de sustentabilidade para a seleção de materiais e tratamento de resíduos. Além dos benefícios ambientais, o gerenciamento adequado de resíduos leva ao uso eficiente dos materiais de construção, evitando desperdícios decorrentes de práticas inadequadas (Akbarieh *et al.*, 2020).

A tecnologia BIM traz alternativas para melhorar a qualidade do gerenciamento do projeto e da construção, o que resulta na redução da geração de resíduos e dos custos do projeto. A gestão através do BIM ocorre a partir de recursos como o método MQT (*Model Quality Takeoff*), o qual realiza a extração de quantidades de materiais e estimativas de custos de um modelo de informação de um projeto de construção, reduzindo a dependência de métodos tradicionais manuais e propensos a erros. Além do recurso MQT, o BIM proporciona uma análise de conflito espacial e comunicações de dados multidisciplinares. Através da utilização de competências de coordenação de modelos BIM e da quantificação de materiais, os projetistas têm a capacidade de comparar diferentes formulações de projeto com base na estimativa de produção de resíduos para cada tipo de material. Essa abordagem visa ao aprimoramento das taxas de reutilização e de reciclagem, além da eficiência de aquisição, promovendo a otimização da seleção de materiais e da coordenação dimensional (Han; Kalantari; Rajabifard, 2021).

Porém, como enunciado por Ganiyu *et al.* (2020) e Han, Kalantari e Rajabifard (2021), ainda há poucas pesquisas em torno da forma mais eficaz de gerenciar os resíduos de demolição de edifícios existentes utilizando as ferramentas BIM. Ganiyu *et al.* (2020) levantaram as competências do BIM que têm potencial de promover a eficiência de resíduos em projetos de construção. Ganiyu *et al.* (2020) identificaram várias competências importantes, incluindo a minimização de alterações no projeto durante a construção, o uso do modelo BIM para gerar informações sobre resíduos de construção, a disponibilidade de dados sobre atividades de construção para facilitar o uso de materiais reaproveitáveis, a visualização fácil do modelo durante a construção para evitar retrabalhos e a capacidade de incorporar técnicas de construção modular. Jin *et al.* (2021) citaram alguns estudos existentes que envolvem o BIM na gestão de resíduos da construção e demolição. Extraíram-se abordagens como a incorporação de algoritmos de estimativa de resíduos no BIM para automatizar a quantificação e a tomada de decisão no projeto. Han, Kalantari e Rajabifard (2021) pautaram-se em identificar os principais desafios e propuseram possíveis soluções

frente às dificuldades para implantação do BIM no gerenciamento de resíduos da construção, tais como melhorias da eficiência e da qualidade na captura de dados e desenvolvimento de um esquema de dados IFC estendido com um banco de dados dos materiais componentes.

5.3.1.5 BIM para melhorar a operação, manutenção e gerenciamento de ativos

Abrishami e Martin-Duran (2021) e Kaewunruen *et al.* (2023) apresentaram em suas pesquisas aplicações do BIM para melhorar a operação, a manutenção e o gerenciamento de ativos. Abrishami e Martin-Duran (2021) definiram o BIM como uma tecnologia digital com potencial de ser aplicada em diversas etapas do ciclo de vida de um projeto, desde o planejamento até a operação. Essa ferramenta digital facilita a criação, manutenção e utilização de informações, tornando o processo mais colaborativo e eficiente para todas as partes interessadas. Durante a fase de operação e manutenção, o ativo é constantemente monitorado e atualizado com base no modelo BIM de gerenciamento de instalações (*facilities management*). Isso envolve o acompanhamento do consumo e da produção de energia, bem como o desempenho dos componentes (utilizando RFID). Dessa forma, as informações são mantidas atualizadas e alinhadas com o modelo BIM, garantindo um controle eficiente do ativo ao longo do tempo (Abrishami; Martin-Duran, 2021).

Kaewunruen *et al.* (2023) abordaram a criação de gêmeos digitais com base no modelo BIM para melhorar a operação, manutenção e gerenciamento de ativos. O BIM é uma abordagem que permite criar e gerenciar modelos tridimensionais contendo informações digitais relevantes para todo o ciclo de vida de um projeto. A aplicação do BIM oferece melhorias na eficiência do gerenciamento de custos e prazos, reduzindo o tempo necessário para a conclusão do projeto. Suplementarmente, os gêmeos digitais atuam como plataformas de visualização e compartilhamento de informações durante a operação, utilizando *softwares* BIM como Revit e Navisworks. Isso promove maior eficiência e redução de riscos, permitindo a colaboração em tempo real, bem como a visualização e o compartilhamento de dados. Dessa forma, ao relacionar ambos os conceitos de BIM e gêmeo digital, aprimoram-se a sustentabilidade, a resiliência e a manutenção de ativos.

5.3.1.6 BIM para desconstrução de edifícios

Akbarieh *et al.* (2020), Van Den Berg, Voordijk e Adriaanse (2021) e Charef (2022) estudaram sobre a aplicação do BIM para planejamento de desconstrução de edifícios. De acordo com Akbarieh *et al.* (2020), a visibilidade e a qualidade dos ativos físicos existentes são aumentadas pelo uso do BIM, facilitando a antecipação de métodos específicos de demolição/desconstrução. Uma abordagem trazida por Akbarieh *et al.* (2020) para o projeto de construção seria aliar o BIM a um banco de dados “M/C” (*Material/Component Bank*). O BIM retém o histórico do ciclo de vida dos materiais e componentes, trocando essas informações com o banco de dados. No entanto, a falta de diretrizes claras para um banco M/C viável é um obstáculo para a aceitação do uso de elementos reutilizáveis no projeto. É importante comunicar de forma clara o mecanismo que permite projetar para a desconstrução, e se beneficiar de um banco M/C. É fundamental elaborar o projeto primeiramente de forma flexível e depois escolher elementos reutilizáveis no banco M/C, ou reservar os elementos no banco M/C e projetar com base em suas dimensões e desempenho exatos. Além disso, os protocolos de integração entre bancos BIM e M/C também precisam ser estabelecidos.

Van Den Berg, Voordijk e Adriaanse (2021) apresentaram um estudo de caso para desconstrução e estudo de novos usos do local após o fim da vida. O BIM foi implementado nas atividades de análise 3D das condições existentes, de rotulagem de elementos reutilizáveis e de desconstrução do planejamento, por meio de um modelo 4D, integrando informações geométricas tridimensionais com dados de tempo (4ª dimensão) durante o processo de desconstrução de um edifício ou estrutura. Gordon *et al.* (2023) avançaram sobre o tema da utilização do BIM para desconstrução no campo dos métodos Scan-to-BIM, com o intuito de investigar estoques de edifícios existentes e reconstruir as interações entre seus elementos. A pesquisa de Gordon *et al.* (2023) focou na adaptação dos procedimentos de digitalização existentes para o BIM, a fim de criar modelos digitais de projeto de demolição. O objetivo principal é aprimorar o planejamento da desconstrução e maximizar o valor dos materiais recuperados. Esse processo se baseia na coleta de dados utilizando tecnologias (*hardwares*) de baixo custo que permitem uma adoção mais ampla na indústria.

Conforme destacado por Charef (2022), é de extrema importância abordar o fim de vida de um ativo com uma abordagem sustentável, priorizando a recuperação

de materiais e adotando práticas como reutilização e reaproveitamento. Essa etapa do ciclo de vida do ativo está intrinsecamente ligada à fase de projeto e, dentro do contexto do BIM, surgem discussões sobre dimensões adicionais além das tradicionais 3D, 4D e 5D relacionadas ao tempo e ao custo. O estudo proposto por Charef (2022) sugere a inclusão da oitava dimensão (8D) para a gestão do fim de vida, permitindo a simulação de diversos cenários. Isso envolve a análise detalhada dos componentes para maximizar a reutilização de materiais e calcular os custos envolvidos na desconstrução. O uso do BIM desempenha um papel fundamental nesse processo, fornecendo suporte para a tomada de decisões durante o projeto e avaliando aspectos de sustentabilidade e circularidade do ativo. Dessa forma, evidencia-se a relevância da utilização do BIM ao longo de todo o ciclo de vida do ativo, inclusive na fase de desconstrução, pois isso beneficia tanto para os profissionais envolvidos no processo de desconstrução quanto para o cliente final. Charef (2022) complementou que pesquisas futuras, a partir de estudos de caso, são necessárias para fornecer evidências sobre o uso do BIM em projetos de desconstrução e para explorar tecnologias associadas ao BIM para melhor gerenciamento da fase de fim de vida e de materiais recuperados.

5.3.1.7 Modelagem adaptativa do custo do ciclo de vida

Uma ferramenta essencial para avaliar a sustentabilidade econômica é o custo do ciclo de vida, traduzido do inglês *Life Cycle Costing* (LCC). A literatura sugere que existem duas categorias principais de LCC: convencional e ambiental. O LCC convencional concentra-se nos custos enfrentados pela empresa ao longo do ciclo de vida do produto. Ele considera os custos diretos e indiretos, como aquisição, operação, manutenção e descarte. Por outro lado, o LCC ambiental tem um foco mais amplo e considera não apenas os custos internos da empresa, mas também as externalidades associadas ao produto. Isso significa que ele leva em conta os impactos ambientais e sociais que precisam ser considerados e internalizados pelos atores envolvidos no ciclo de vida do produto. A análise do LCC ambiental busca uma visão mais abrangente e holística dos custos, incluindo os efeitos externos que têm um impacto significativo na sustentabilidade econômica e ambiental (Medina-Salgado *et al.*, 2021)

No contexto da manufatura, o LCC é frequentemente considerado uma extensão da avaliação do ciclo de vida (ACV), limitando-o apenas na determinação do valor econômico dos impactos ambientais. Medina-Salgado *et al.* (2021) buscaram ampliar a aplicação do LCC incluindo parâmetros de circularidade. Os autores propuseram dois modelos conceituais complementares, a partir do custo do ciclo de vida, a fim de avaliar a sustentabilidade econômica. No primeiro modelo, o custo total do produto não é considerado uma técnica de avaliação de investimentos. Em vez disso, ele se concentra em medir os recursos utilizados, recursos recuperados e os impactos externos ao longo do ciclo de vida e da cadeia de valor circular. Isso permite uma avaliação mais precisa do verdadeiro valor do produto e ajuda a evitar a duplicação de contabilização ao considerar os impactos ambientais em cada etapa. Além disso, esse modelo identifica os custos relacionados a sistemas eficientes que reduzem resíduos, promovendo a economia circular. Na segunda abordagem, combina-se o modelo LCC padrão com o primeiro esquema, permitindo avaliar os custos futuros decorrentes de investimentos ambientalmente responsáveis, com foco na economia circular. Essa abordagem leva em conta tanto o custo indireto da estrutura da empresa como o custo do sistema legal em que ela opera. Identificam-se que algumas ações de sustentabilidade implementadas pelas empresas não são consideradas em suas tomadas de decisão devido à falta de informações relevantes.

5.3.1.8 Abordagem DfMA no projeto de fabricação e montagem

Abrishami e Martin-Duran (2021) e Ipsen *et al.* (2021) abordaram a metodologia DfMA para aplicação de princípios da economia circular nas fases de fabricação e montagem de elementos da construção.

O DfMA (*Design for Manufacture and Assembly*) é uma abordagem de projeto que busca aprimorar a fabricação e a montagem de produtos. Ele engloba duas partes fundamentais: o *Design for Manufacture* (DfM), que propõe simplificar e melhorar os processos de fabricação, e o *Design for Assembly* (DfA), que busca simplificar e facilitar a montagem dos componentes. Os objetivos do DfMA são reduzir custos, aumentar a eficiência e qualidade do produto, diminuir o tempo de produção e tornar a fabricação e a montagem mais fáceis. Isso é alcançado por meio da simplificação do projeto, redução de peças e operações complexas, padronização de componentes e processos, eliminação de etapas de montagem desnecessárias e utilização de

técnicas de projeto que facilitem a automação e a eficiência na produção. Ao aplicar o DfMA, as empresas otimizam o processo de projeto, levando em consideração a viabilidade de fabricação e montagem desde o início, evitando possíveis problemas e custos adicionais durante a produção. Isso resulta em produtos mais econômicos, com melhor qualidade e tempos de produção reduzidos. (Abrishami; Martin-Duran, 2021).

Neste contexto, Ipsen *et al.* (2021) complementaram que o BIM contribui com o DfMA, a partir da avaliação da capacidade de construção de cada solução de projeto. Reforçaram também que, na literatura, existe uma limitação em exemplos de aplicação do DfMA na indústria de manufatura e no setor da construção. Por isso, trata-se de um tema com grande potencial exploratório e apontam, como próximo passo de pesquisa, o desenvolvimento de diretrizes de projeto para sua aplicação sistemática.

5.3.1.9 Reciclagem de resíduos *in loco*

Wanaguru, Mallawaarachchi e Vijerathne (2022) e Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2023) citam a reciclagem de resíduos no local como uma prática circular. Wanaguru, Mallawaarachchi e Vijerathne (2022) sugerem a necessidade de desenvolvimento de planos para o estabelecimento da reciclagem *in loco*, porém direcionaram a pesquisa para uma avaliação teórica dos 10R com princípios da economia circular.

Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2023) afirmaram que a implementação da reciclagem de resíduos no local é essencial para promover o consumo sustentável na indústria da construção. Os autores ressaltam que é imprescindível a utilização de um sistema robótico para coletar e classificar os resíduos de construção e demolição no próprio local. Para isso, relataram que pesquisadores desenvolveram um sistema de robô baseado em visão, utilizando tecnologias como R-CNN e SLAM, que permite a segmentação e adaptação do robô às condições complexas do ambiente real. Um banco de dados foi criado utilizando modelos de visão computacional para a reciclagem de tubos e cabos e sua eficácia foi avaliada em experimentos de laboratório e no local. Além disso, um protótipo de robô de resíduos BCDW foi desenvolvido para reciclar pregos e parafusos no local, utilizando abordagens como R-CNN e CV para localizar e reciclar automaticamente esses componentes em tempo real. O estudo de Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2023) mostra a importância em adotar

recursos tecnológicos no gerenciamento sistêmico de materiais na fase de construção em direção à circularidade.

5.3.1.10 Gerenciamento de materiais perigosos

Wu *et al.* (2022) apresentaram a auditoria pré-demolição, gerenciamento *in situ* de materiais e a demolição seletiva como alternativas para garantir uma gestão segura e mais sustentável de resíduos perigosos. A auditoria pré-demolição permite detectar antecipadamente os riscos relacionados a materiais perigosos em uma estrutura ou local. Com essa detecção, associada à separação na fonte e à coleta no local, é possível planejar o trabalho de demolição seletiva, processando as frações de material para recuperação de alta qualidade. A realização de auditorias pré-demolição, juntamente com a integração com regulamentações, resulta em ferramentas de avaliação de materiais baseadas em dados associada ao risco de materiais perigosos, que auxiliam na demolição seletiva. Melhorar a qualidade dos resíduos misturados é crucial para alcançar a circularidade de materiais na construção e isso depende da identificação precisa de materiais perigosos durante a demolição seletiva.

Por meio do gerenciamento *in situ* de materiais perigosos, busca-se aprimorar a possibilidade de reciclagem dos resíduos provenientes de demolições e reduz-se incertezas relacionadas a custos excessivos e atrasos no desenvolvimento de projetos. A identificação *in loco* de materiais perigosos presentes nas construções auxilia os proprietários a gerenciar os riscos de exposição à saúde e evitar interrupções indesejadas nos projetos, contribuindo para estabelecer um ciclo fechado de materiais na indústria da construção. Além disso, constatou-se que a aplicação de tecnologias, como IA e digitalização na coleta e na visualização de dados, melhora a disponibilidade de informações e auxilia na tomada de decisões no que diz respeito à avaliação dos materiais utilizados na construção (Wu *et al.*, 2022).

Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2023) também trouxeram melhorias na auditoria pré-demolição para se tornar mais eficaz. Os autores salientaram que a auditoria de resíduos é uma estratégia essencial para prever e gerenciar os resíduos produzidos na indústria da construção, especialmente em construções que buscam a redução de desperdícios e a transição para uma economia circular. No entanto, apontaram que as metodologias manuais existentes se tornam mais eficazes quando aliadas a

recursos de tecnologia de ponta. Um exemplo trazido por Oluleye, Chan e Antwi-Afari (2023) foi uma abordagem baseada em visão computacional, utilizando Redes Neurais Convolucionais (CNN), desenvolvida para automatizar auditorias de resíduos em estações de trabalho. Esse sistema alcançou alta precisão na identificação de resíduos em situações reais e possibilita que os profissionais substituam a realização manual de auditorias de resíduos por um sistema automatizado de coleta de dados em tempo real.

5.3.1.11 Uso de materiais locais

Dabaieh, Maguid e El-Mahdy (2021) exploraram a relação entre a economia circular e a arquitetura vernacular no contexto da construção. Os autores destacaram a possibilidade de aplicar os princípios circulares por meio do uso de técnicas construtivas e materiais locais. A arquitetura vernacular consiste em projetar edifícios conforme as necessidades e recursos locais, refletindo a cultura e as tradições da região. Essas construções oferecem soluções adequadas para desafios locais, além de serem duráveis e mais sustentáveis. A pesquisa revela uma convergência entre os conceitos da arquitetura vernacular e da economia circular. No entanto, há uma lacuna em estudos que exploram diretamente a interseção entre essas duas abordagens. Dabaieh, Maguid e El-Mahdy (2021) presumiram que os conceitos arquitetura vernacular beneficia a adoção futura da economia circular na arquitetura contemporânea. A arquitetura vernacular contribui significativamente para a redução dos impactos ambientais negativos dos edifícios e o uso excessivo de recursos naturais.

No entanto, é importante observar que a maioria dos edifícios atuais ainda não segue os princípios do *design* circular. Além disso, a literatura existente se concentra principalmente na avaliação do ciclo de vida de materiais de construção e na eficiência de materiais inovadores com menor impacto ambiental e potencial de reciclagem. Dessa forma, fazem-se necessárias mais investigações acerca da utilidade da arquitetura vernacular na economia circular em edifícios contemporâneos (Dabaieh; Maguid; El-Mahdy, 2021).

5.3.1.12 Gerenciamento operacional da ocupação de espaços de edificações

Mallis *et al.* (2021) e Ruokamo *et al.* (2023) abordaram em suas pesquisas sobre o gerenciamento operacional da ocupação de espaços de edificações como uma estratégia de economia circular. Mallis *et al.* (2021) desenvolveram o ISUMS, um sistema de monitoramento baseado em IoT que registra com precisão as taxas de ocupação de espaços compartilhados em edifícios comerciais e de escritórios para monitoramento do uso do espaço em ambientes internos. O ISUMS expande as funcionalidades dos edifícios inteligentes e do gerenciamento de construções, permitindo um gerenciamento adaptativo do espaço com base nas mudanças dinâmicas das necessidades de uso. Dessa forma, os autores demonstraram como a IoT em conjunto com o modelo de Economia Circular (EC) orientado por dados contribui para um ambiente construído mais sustentável.

A otimização do uso do espaço de edificações residenciais e comerciais também foi mencionada por Ruokamo *et al.* (2023). Os autores apontaram alternativas de otimização como espaços compartilhados, *design* modular e flexibilidade. Isso desempenha um papel importante na redução da necessidade de novas construções e novos materiais, o que traz benefícios significativos para a biodiversidade e para o meio ambiente. A adoção de práticas como *downsizing* e estratégias de otimização permite a criação de edifícios menores, com o aumento das áreas de pátio e da superfície permeável. Essas medidas combinadas têm um impacto positivo adicional na biodiversidade, contribuindo para a conservação e preservação dos ecossistemas.

5.3.2 Lista final das PECs e relação com estágios do ciclo de vida

Somando as práticas adicionais com as práticas mapeadas no QUADRO 15, obteve-se uma lista final com as PECs na indústria da construção civil. O QUADRO 19 perfaz um total de 32 práticas relacionadas com os estágios do ciclo de vida segundo a EN 15804 (FIGURA 13). As fases do ciclo de vida das práticas identificadas por Benachio, Freitas e Tavares (2020) foram atualizadas, abrangendo todos os estágios relacionados às atividades mencionadas, e não apenas a fase principal. As decisões relativas à classificação dos estágios do ciclo de vida influenciadas por determinada prática de economia circular foram deliberadas e acordadas por consenso entre os autores deste artigo. A abordagem de consenso foi adotada para a promoção de uma análise robusta e abrangente, usufruindo da experiência e do conhecimento dos autores no campo da economia circular na construção civil.

QUADRO 19 - Lista final das PECs em projetos de construção relacionadas aos estágios do ciclo de vida

Item da prática	PEC na indústria da construção	Estágios do ciclo de vida														Benefícios e cargas além do fim da vida				
		Produto				Construção				Uso							Fim da vida			
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2		C3	C4	D	
1	Utilização de tecnologias digitais para auxiliar a promoção da economia circular.			X		X	X	X											X	
2	Uso de materiais de base biológica.	X	X	X	X	X														
3	Projeto de eficiência energética.			X		X						X								
4	Uso do BIM para gestão de resíduos de construção e demolição.					X								X	X	X			X	
5	Uso do BIM para melhorar a operação, manutenção e gerenciamento de ativos.						X	X	X										X	
6	Utilização do BIM para desconstrução de edifícios.														X				X	
7	Modelagem e aplicação do Custo do Ciclo de Vida.			X										X	X				X	
8	Abordagem DfMA no projeto de fabricação e montagem.			X		X														
9	Reciclagem de resíduos in loco.															X				
10	Gerenciamento de materiais perigosos.	X	X	X	X	X								X	X					
11	Uso de materiais locais.	X	X	X	X	X														
12	Gerenciamento operacional da ocupação de espaços de edificações.						X							X						
13	Projeto e uso de edifícios modulares (*)	X	X	X	X	X														
14	Projeto para adaptabilidade de edifícios existentes (*)			X								X							X	


Item da prática	PEC na indústria da construção	Estágios do ciclo de vida														Benefícios e cargas além do fim da vida		
		Produto			Construção		Uso							Fim da vida				
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2		C3	C4
23	Reaproveitamento de materiais de construção em uma nova construção (*).	X	X	X	X	X								X	X	X		X
24	Redução de resíduos (*).					X												X
25	Construção fora do local (*).					X												
26	Utilização de uma ferramenta para avaliar o estado dos materiais durante a vida útil e fim de vida de um edifício (*).					X	X	X	X	X								
27	Uso de práticas de gestão de água (*).			X		X								X				
28	Minimizar a manutenção recuperativa com manutenção preventiva (*).							X										
29	Analisar o potencial de reutilização ou reciclagem de materiais existentes e se é viável em comparação com o uso de novos materiais. (*).																X	X
30	Gestão de Resíduos de Demolição (*).													X	X	X		X
31	Utilização de uma ferramenta de circularidade para avaliar edifícios existentes e dar as melhores soluções possíveis para a reabilitação (*).																	X
32	Desconstrução de estruturas e materiais de construção (*).													X				X

FONTE: Adaptado de (*) Benachio, Freitas e Tavares (2020).

5.3.3 Análise das PECs com os 10 Rs da sustentabilidade

A fim de caracterizar as PECs em relação aos 10 Rs da sustentabilidade, procedeu-se uma classificação de cada prática de acordo com o principal "R" ao qual estão associadas. Utilizando essa abordagem, encaixaram-se as práticas de EC no fluxo de transição da economia linear para a economia circular através dos 10 Rs enunciados por Többen e Opdenakker (2022) e ordenados em prioridade circular por Munaro e Tavares (2022). Essa estrutura conceitual entre as práticas e os Rs foi apresentada na FIGURA 15.

FIGURA 15 - Relação das 32 PECs com os 10 Rs

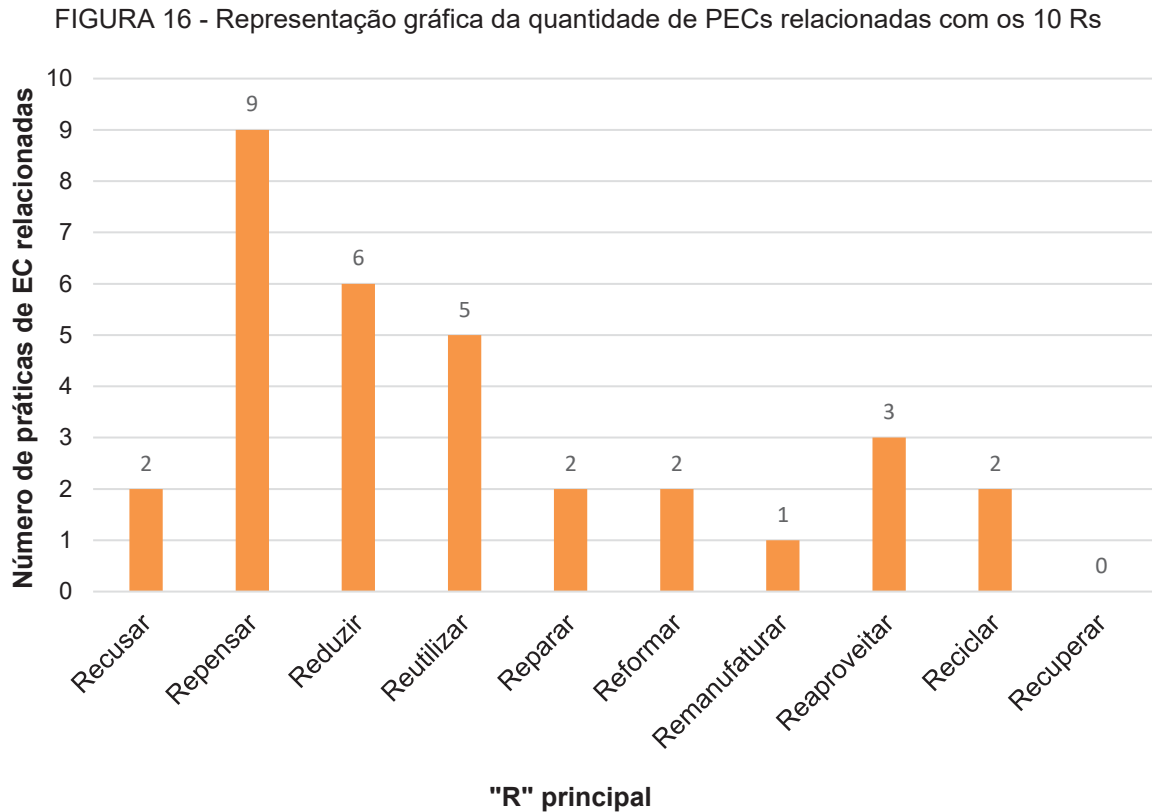


Economia circular	Recusar	PEC 2	PEC 11
	Repensar	PEC 1	PEC 7
		PEC 12	PEC 13
		PEC 16	PEC 18
		PEC 21	PEC 26
		PEC 29	
	Reduzir	PEC 3	PEC 4
		PEC 24	PEC 25
		PEC 27	PEC 30
	Reutilizar	PEC 6	PEC 8
PEC 15		PEC 19	
PEC 32			
Reparar	PEC 5	PEC 28	
Reformar	PEC 14	PEC 31	
Remanufaturar	PEC 23		
Reaproveitar	PEC 17	PEC 20	
	PEC 22		
Economia linear	Reciclar	PEC 9	PEC 10
	Recuperar	-	

FONTE: Os autores (2023).

A análise da FIGURA 15 aponta para o número de PECs associadas a cada um dos Rs da sustentabilidade. Constatou-se que os Rs que apresentaram maior correlação com as práticas foram "Repensar", "Reduzir" e "Reutilizar", representando, respectivamente, 28%, 19% e 16% do total de PECs. No entanto, o décimo "R", definido como "Recuperar", não demonstrou uma conexão predominante com nenhuma das práticas de EC elencadas neste estudo. Verificou-se também que 17

PECs, ou seja, 53% do total das práticas, se referem aos 3 Rs prioritários na transição. A FIGURA 16 traz um gráfico com o número de PECs relacionadas com cada “R”.



FONTE: Os autores (2023).

Após essa análise, findou-se a seção “Resultados” deste artigo. Esta seção proporcionou um aprofundamento teórico sobre as práticas de EC adicionais, bem como a consolidação delas com as práticas citadas no artigo em atualização. Além disso, trouxe análises com relação aos estágios do ciclo de vida da EN 15804 e aos 10 Rs da sustentabilidade. Na sequência deste estudo, serão abordadas as principais discussões sobre os resultados obtidos.

5.4 DISCUSSÕES

A seguir, serão trazidas as principais discussões acerca das práticas encontradas na presente revisão de literatura em relação à economia circular e em comparação ao artigo em atualização. Esta seção se dividirá em duas partes, sendo

a primeira composta pelas discussões do conteúdo das publicações analisadas e a segunda parte refere-se às lacunas da pesquisa para investigações futuras.

5.4.1 Discussões de conteúdo

Analisando as práticas complementares encontradas na revisão de literatura desta pesquisa, verificou-se que as mais citadas foram: utilização de tecnologias digitais para auxiliar a promoção da economia circular e projeto de eficiência energética.

Em comparação com as práticas do QUADRO 15, identificou-se um crescente desenvolvimento tecnológico para contribuir com a implementação de princípios da economia circular no ambiente construído. No QUADRO 15, nota-se que consta apenas a utilização do BIM para análise do potencial de reaproveitamento de materiais no início do projeto. Já nesta revisão, surgiram abordagens de tecnologia de ponta, como também a adoção do BIM voltada a outras fases do projeto como operação e fim da vida. As tecnologias mencionadas foram: IoT, RFID, SIG, robôs, Inteligência Artificial, impressão 3D, *blockchain*, drones, Realidade aumentada, *Big Data* e gêmeos digitais. Essa tendência de incorporação de recursos tecnológicos refere-se ao conceito da Indústria 4.0, na qual se aplicam tecnologias digitais e avançadas para otimizar a eficiência, a qualidade e a flexibilidade dos processos produtivos. Ao analisar os estudos mencionados na prática 1 (QUADRO 17), foi possível constatar os progressos da Indústria 4.0 no estímulo de práticas alinhadas com a economia circular na indústria da construção. Essas pesquisas evidenciaram a evolução deste tema nos últimos três anos.

A prática 12, que consiste no gerenciamento operacional da ocupação de espaços de edificações, relaciona-se sinergicamente com o projeto de adaptabilidade de edifícios existentes mapeado por Benachio, Freitas e Tavares (2020) no contexto de economia circular. Essa abordagem contribui para otimizar o uso de recursos, reduzir desperdícios e prolongar a vida útil dos ambientes construídos. Por meio de uma gestão eficiente dos espaços internos, buscam-se benefícios como a criação de espaços flexíveis e adaptáveis, maximização da eficiência do uso dos recursos, redução da necessidade de novas construções e de novos materiais, e a promoção da sustentabilidade e da conservação do meio ambiente.

A prática 3 sobre projetos de eficiência energética foi incluída conforme as definições sobre a economia circular, no âmbito do Comitê Técnico da ISO 323, que engloba contribuições no setor energético ao desenvolvimento sustentável. Os artigos da presente revisão abordaram medidas que atribuíram à economia circular um papel de neutralização climática e descarbonização nos projetos de construção. No artigo em atualização, a abordagem tinha ênfase na análise de ciclo de vida como prática direta para implementação de medidas de redução de emissões de gases do efeito estufa e de mitigação das mudanças climáticas.

Duas práticas novas foram mapeadas a fim de complementar o direcionamento sobre quais materiais utilizar no contexto circular. São elas: uso de materiais de base biológica (prática 2) e uso de materiais locais, ou seja, da arquitetura vernacular (prática 11). Comparando a recorrência de citações, a prática 2 teve seis menções na bibliografia analisada e a prática 11 foi abordada apenas por um autor. Embora sejam consideradas medidas abrangentes da economia circular, é fundamental a implementação de Declarações Ambientais do Produto, como reforçado por Benachio, Freitas e Tavares (2020). Essas declarações são essenciais para a incorporação desses tipos de materiais a uma prática descrita pelos autores como "passaporte de materiais", que busca verificar a origem e o impacto ambiental dos produtos utilizados.

Conforme detalhado na seção "Método da pesquisa", excluíram-se os artigos que se referiam a práticas mencionadas no QUADRO 15. Dessa forma, no que diz respeito ao emprego do BIM em sinergia com a economia circular, investigaram-se as fases de construção, operação e fim de vida, conforme as práticas 4, 5 e 6 do QUADRO 17. Os estudos que abordaram a modelagem BIM se relacionavam com a gestão de resíduos de construção e demolição, melhorias na operação, na manutenção e na gestão de ativos, e a colaboração com o projeto de desconstrução de edificações. Constatou-se que há uma tendência de pesquisa em aplicar o BIM para além da fase de projeto para atingir objetivos circulares na construção. No entanto, evidencia-se que o cenário ideal ainda é a concepção do projeto em BIM, o que permite uma gestão mais eficiente do projeto e a aplicação da metodologia BIM ao longo de todos os estágios do ciclo de vida.

A abordagem DfMA (prática 8) no projeto de fabricação e montagem colabora com a economia circular, buscando eficiência e sustentabilidade em todas as etapas do ciclo de vida do produto. Os estudos apontam que o projeto mais eficiente,

compacto e com menor quantidade de materiais conduz a redução de desperdícios e o consumo de recursos. Além disso, a facilidade de desmontagem dos produtos facilita a reciclagem e reutilização de componentes, prolongando sua vida útil e evitando descartes prematuros. No entanto, verificou-se que o tema ainda é pouco explorado, especialmente no que se refere a exemplos práticos do uso do DfMA na indústria da construção. Há lacunas a serem preenchidas no contexto prático e seus respectivos impactos precisam ser mais investigados.

A reciclagem de resíduos *in loco* (prática 9) foi uma das alternativas circulares listadas nesta pesquisa e se trata de uma vertente da prática de gestão de resíduos mapeada anteriormente. A prática 9, que envolve a reciclagem de resíduos *in loco*, oferece vantagens para a economia circular, tais como: reduzir o transporte de resíduos, minimizar o desperdício por meio do reaproveitamento dos materiais no próprio local, economizar recursos ao reintroduzir materiais reciclados na cadeia produtiva e reduzir o impacto ambiental ao evitar a geração de mais resíduos. Além disso, essa prática impulsiona o desenvolvimento econômico local, gerando oportunidades de emprego e serviços relacionados à reciclagem e reutilização.

Sobre a prática 10 (QUADRO 17), que se refere à gestão de materiais perigosos, englobam-se a auditoria pré-demolição, o gerenciamento *in situ* de materiais perigosos e a demolição seletiva. Essas medidas estão diretamente relacionadas à economia circular, representando, com a prática 9, um complemento importante para a gestão de resíduos de demolição previamente identificada no QUADRO 15. Tal prática associa-se com os princípios da economia circular, uma vez que visa a maximizar a utilização de recursos, a reduzir o desperdício e a promover a reutilização e reciclagem de materiais na indústria da construção. Além de contribuírem para a transição de um modelo linear de produção e descarte para um modelo mais sustentável, no qual os materiais são mantidos em ciclos de uso por períodos mais longos, minimizando o impacto ambiental e promovendo a eficiência na gestão de recursos.

Complementarmente à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) mapeada anteriormente, apontou-se a prática 7, referente ao LCC, utilizado a partir da sua modelagem e da sua aplicação adaptativa do custo do ciclo de vida. O estudo de Medina-Salgado *et al.* (2021), integrante da revisão de literatura, apresentaram abordagens de LCC que têm potencial de combinação, possibilitando identificar as soluções que apresentam menor impacto ambiental e também menor custo ao longo

do ciclo de vida. Isso colabora para o direcionamento das decisões sobre os produtos mais econômicos e viáveis na transição para uma economia circular.

Com relação à atualização e à classificação dos estágios do ciclo de vida, indicaram-se as fases mais impactadas em cada prática com base na EN 15804. Verificou-se que o estágio de produto (A1-A3) é o mais impactado com uma recorrência de 39 menções no QUADRO 19. Em segundo lugar, ficou o estágio de fim da vida (C1-C4) com 34 menções. Os estágios menos citados foram o processo de construção (A4-A5), uso (B1-B7) e os benefícios além do fim da vida (D), os quais tiveram 19, 17 e 16 menções, respectivamente.

Ressalta-se que há limitações da norma no que tange a gestão de projetos e de processos. Devido à especificação da norma não contemplar explicitamente a fase de projeto, encaixaram-se as práticas referentes à etapa de concepção, planejamento e projeto nos estágios A1-A3, pois são as etapas preliminares do ciclo de vida da edificação. Porém, tais etapas se adequariam melhor se fossem detalhadas no estágio de produto ou em um novo estágio inicial. Uma sugestão seria incluir um estágio “A0” para incorporar essas atividades. Outro ponto de atenção é que a norma não traz um estágio para a geração de indicadores para promoção da melhoria contínua, que se trata de um fundamento do *lean* e do ágil. A prática 26 do QUADRO 19, relacionada à criação de uma escala, foi classificada como estágio D. Porém, encaixar-se-ia melhor se tivessem mais classes dentro deste estágio, por exemplo D1 e D2, contemplando etapas suplementares ao potencial de reutilização, recuperação e/ou reciclagem.

Sobre a relação entre as PECs e os 10 Rs da sustentabilidade, verificou-se que “Repensar” foi o “R” principal do maior número de práticas. Isso demonstra que a maioria das práticas mapeadas envolvem uma reavaliação dos processos e mudanças de padrões de consumo, o que sugere a necessidade de gerenciar eficazmente as etapas do ciclo de vida do projeto. “Reduzir” e “Reutilizar” também foram relacionadas de forma significativa, evidenciando que a implementação dessas práticas traz a minimização do consumo de recursos e a redução de descarte com a reutilização de materiais e produtos. Por meio da FIGURA 16, também se verificou que as práticas, majoritariamente, estão relacionadas ao uso e fabricação de produtos mais inteligentes, conforme Többen e Opdenakker (2022) categorizaram os Rs “Recusar”, “Repensar” e “Reduzir”. Essa categorização ressalta os Rs de maior prioridade segundo Munaro e Tavares (2022), o que destaca a capacidade das

práticas relacionadas em potencializar e aumentar a presença da economia circular no processo construtivo gerencial. Observou-se que não houve correlação significativa com o conceito "Recuperar", apontando para uma área com potencial de desenvolvimento e exploração adicional. Entre as práticas mapeadas, a incineração para recuperação de energia não emergiu como um foco principal. No entanto, recomenda-se investigações futuras para compreender como essa prática está sendo implementada no contexto da economia circular na indústria da construção.

5.4.2 Lacunas da pesquisa

O presente artigo buscou levantar quais foram as novas práticas de economia circular na indústria da construção estudadas nos anos seguintes à publicação de Benachio, Freitas e Tavares (2020), limitando-se às publicações no período de 2020 ao início de 2023. Em virtude disso, excluíram-se da análise os artigos que abordavam sobre práticas já listadas no estudo em análise, delimitando-se à busca de práticas diferentes que complementassem essa lista. Dessa forma, evidencia-se, para pesquisas futuras, explorar quais foram as mudanças e os incrementos da literatura nas práticas anteriormente mapeadas pelos autores no contexto atual. A partir dessa investigação, será possível entender como está o avanço prático de tais medidas para formulação de modelos de negócio circulares.

Neste contexto de aplicação prática, sugere-se também uma investigação das novas práticas listadas neste trabalho no que diz respeito à sua implementação em estudos de casos de projeto de construção. Pesquisas sobre como implantá-las e como adotá-las de forma sinérgica na indústria da construção, a partir de exemplos práticos, favorecem a validação dos resultados e a identificação de pontos de melhoria para o avanço neste campo de estudo.

5.5 CONCLUSÕES

A revisão sistemática da literatura analisada incluiu 52 artigos, publicados em 2020, 2021, 2022 e início de 2023, após a filtragem considerando os critérios de inclusão e de exclusão mencionados no método da pesquisa. A partir da análise de conteúdo dos artigos, mapearam-se 12 práticas adicionais à lista do artigo em

atualização, que promovem os princípios da economia circular na indústria da construção, atingindo o objetivo deste estudo.

Comparando os resultados com o estudo anterior, verificou-se um crescente desenvolvimento tecnológico para apoiar a implementação dos princípios da economia circular no ambiente construído. Enquanto o estudo anterior focou na utilização do BIM para análise de reaproveitamento de materiais no início do projeto, os estudos mais recentes apresentam uma ampla gama de tecnologias digitais, como Internet das Coisas (IoT), Realidade Aumentada, Impressão 3D, *blockchain* e outros. Essa tendência está associada com o conceito da Indústria 4.0, que busca otimizar a eficiência dos processos produtivos por meio de tecnologias avançadas. Além da amplitude na utilização do BIM para estágios do ciclo de vida além do projeto, tais como na gestão de resíduos, no gerenciamento da operação e manutenção, e na desconstrução de edifícios.

A revisão de literatura identificou novas práticas emergentes, como a gestão operacional de espaço e o uso de materiais de base biológica e vernacular. Essas práticas ganharam destaque na literatura recente devido à sua conversão para a economia circular, buscando prolongar a vida útil dos edifícios e reduzir o impacto negativo sobre recursos naturais. Neste cenário, em comparação com o estudo em atualização, observou-se uma maior preocupação dos pesquisadores quanto à fase de fim de vida do edifício.

Com base nos resultados desta revisão, evidencia-se que a economia circular na indústria da construção está avançando e incorporando cada vez mais práticas inovadoras e tecnologias avançadas. Essas abordagens têm o potencial de promover a sustentabilidade e a eficiência no setor, garantindo a preservação do meio ambiente e o uso mais responsável dos recursos naturais. Dessa forma, direcionam-se esforços para a implementação de soluções mais sustentáveis e promove-se uma transformação positiva no setor da construção, visando a reduzir o impacto ambiental, otimizar o uso de recursos e criar ambientes construídos mais duráveis e eficientes. No entanto, ainda existem algumas lacunas na pesquisa, especialmente em relação à aplicação prática de abordagens como DfMA (*Design for Manufacture and Assembly*) e o LCC.

Quanto à atualização dos estágios de ciclo de vida de acordo com a EN 15804, verificou-se que o estágio de produto está mais sujeito a interferências das práticas mapeadas de economia circular. Isso sugere a importância de prever e mitigar

os impactos ambientais no início do projeto do edifício, promovendo um planejamento adequado da implantação de alternativas mais sustentáveis e impulsionando a gestão de riscos em um contexto circular. No entanto, discutiu-se que a classificação da EN 15804 está limitada em relação a etapas da gestão. Faz-se necessária uma revisão da norma considerando a inclusão de práticas relativas à concepção do projeto, à geração de indicadores do projeto e à gestão de processos.

O artigo também trouxe uma análise das PECs em relação aos 10 Rs da sustentabilidade. A predominância do "Repensar" como o principal "R" associado a um maior número de práticas ressalta a reavaliação de processos e padrões de consumo nas PECs e enfatiza a necessidade de uma gestão adequada em todo o ciclo de vida do projeto de construção. Além disso, as correlações significativas com "Reduzir" e "Reutilizar" destacam como a implementação destas práticas resulta na minimização do consumo de recursos e na redução do descarte de produtos no setor. Notou-se também que mais de metade das práticas se concentra nos três "Rs" prioritários da estrutura circular delineada por Munaro e Tavares (2022), demonstrando a capacidade dessas práticas em fortalecer a presença da economia circular no âmbito da gestão de projetos de construção.

Conforme relatado na subseção "Lacunas da pesquisa", necessita-se de mais investigações para explorar a implantação das medidas em estudos de caso práticos e para maior aprofundamento sobre as práticas levantadas anteriormente que foram excluídas desta revisão. Por meio desses estudos futuros, será possível compreender efetivamente o potencial de todas as abordagens listadas nesta pesquisa e no artigo de Benachio, Freitas e Tavares (2020) para uma efetiva transição à economia circular na indústria da construção.

5.6 REFERÊNCIAS

ABRISHAMI, S.; MARTÍN-DURÁN, R. BIM and DfMA: A Paradigm of New Opportunities. **Sustainability**, v. 13, n. 17, p. 9591, 26 ago. 2021.

AJAYEBI, A. et al. Estimation of structural steel and concrete stocks and flows at urban scale—towards a prospective circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 174, p. 105821, nov. 2021.

AKBARIEH, A. et al. BIM-Based End-of-Lifecycle Decision Making and Digital Deconstruction: Literature Review. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 2670, 28 mar. 2020.

ANTOLINC, D.; FILIPIČ, K. E. Recycling of Nonwoven Polyethylene Terephthalate Textile into Thermal and Acoustic Insulation for More Sustainable Buildings. **Polymers**, v. 13, n. 18, p. 3090, 1 jan. 2021.

BADUGE, S. K. et al. Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. **Automation in Construction**, v. 141, p. 104440, 1 set. 2022.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BENACHIO, G. L. F.; FREITAS, M. C. D.; TAVARES, S. F. Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121046, 2020.

BESANA, D.; TIRELLI, D. Reuse and Retrofitting Strategies for a Net Zero Carbon Building in Milan: An Analytic Evaluation. **Sustainability**, v. 14, n. 23, p. 16115, 2 dez. 2022.

BUTT, A. N.; DIMITRIJEVIĆ, B. Multidisciplinary and Transdisciplinary Collaboration in Nature-Based Design of Sustainable Architecture and Urbanism. **Sustainability**, v. 14, n. 16, p. 10339, 19 ago. 2022.

CALDAS, L. R. et al. How Different Tools Contribute to Climate Change Mitigation in a Circular Building Environment? A Systematic Literature Review. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3759, 22 mar. 2022.

CELLUCCI, C. Circular economy strategies for adaptive reuse of residential building. VITRUVIO - **International Journal of Architectural Technology and Sustainability**, v. 6, n. 1, p. 110, 30 jun. 2021.

COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO (CEN). EN 15804+A2 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. 2019.

ÇETIN, S.; DE WOLF, C.; BOCKEN, N. Circular Digital Built Environment: An Emerging Framework. **Sustainability**, v. 13, n. 11, p. 6348, 3 jun. 2021.

ÇETIN, S.; GRUIS, V.; STRAUB, A. Digitalization for a circular economy in the building industry: Multiple-case study of Dutch social housing organizations. **Resources, Conservation & Recycling Advances**, v. 15, p. 200110, nov. 2022.

CHAREF, R. The use of Building Information Modelling in the circular economy context: Several models and a new dimension of BIM (8D). **Cleaner Engineering and Technology**, v. 7, p. 100414, abr. 2022.

COPELAND, S.; BILEC, M. Buildings as material banks using RFID and building information modeling in a circular economy. **Procedia CIRP**, v. 90, p. 143–147, 2020.

DABAIEH, M.; MAGUID, D.; EL-MAHDY, D. Circularity in the New Gravity—Re-Thinking Vernacular Architecture and Circularity. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 328, 29 dez. 2021.

DAMS, B. et al. A circular construction evaluation framework to promote designing for disassembly and adaptability. **Journal of Cleaner Production**, v. 316, p. 128122, 20 set. 2021.

DE LUCIA, M.; TREVES, A.; COMINO, E. Rice husk and thermal comfort: Design and evaluation of indoor modular green walls. **Developments in the Built Environment**, v. 6, p. 100043, maio 2021.

DÍAZ-LÓPEZ, C. et al. Passive cooling strategies to optimise sustainability and environmental ergonomics in Mediterranean schools based on a critical review. **Building and Environment**, v. 221, p. 109297, ago. 2022.

FOSTER, G.; KREININ, H.; STAGL, S. The future of circular environmental impact indicators for cultural heritage buildings in Europe. **Environmental Sciences Europe**, v. 32, n. 1, 23 out. 2020.

FRANKOVIČ, A. et al. Up-scaling and performance assessment of façade panels produced from construction and demolition waste using alkali activation technology. **Construction and Building Materials**, v. 262, p. 120475–120475, 1 nov. 2020.

GANIYU, S. A. et al. BIM Competencies for Delivering Waste-efficient Building Projects in a Circular Economy. **Developments in the Built Environment**, v. 4, p. 100036, dez. 2020.

GIOVANARDI, M. et al. Internet of things for building façade traceability: A theoretical framework to enable circular economy through life-cycle information flows. **Journal of Cleaner Production**, v. 382, p. 135261, nov. 2022.

GÓMEZ-GIL, M. et al. Contribution of New Digital Technologies to the Digital Building Logbook. **Buildings**, v. 12, n. 12, p. 2129, 4 dez. 2022.

GONZÁLEZ, A. et al. Methodology to assess the circularity in building construction and refurbishment activities. **Resources, Conservation & Recycling Advances**, v. 12, p. 200051, 1 dez. 2021.

GORDON, M. et al. Automating building element detection for deconstruction planning and material reuse: A case study. **Automation in Construction**, v. 146, p. 104697, fev. 2023.

HAN, D.; KALANTARI, M.; RAJABIFARD, A. Building Information Modeling (BIM) for Construction and Demolition Waste Management in Australia: A Research Agenda. **Sustainability**, v. 13, n. 23, p. 12983, 24 nov. 2021.

HASSAN, M. S. et al. Risk assessment of circular economy practices in construction industry of Pakistan. **Science of The Total Environment**, v. 868, p. 161418, abr. 2023.

HONIC, M. et al. Material Passports for the end-of-life stage of buildings: Challenges and potentials. **Journal of Cleaner Production**, v. 319, p. 128702, out. 2021.

IPSEN, K. L. et al. How Lack of Knowledge and Tools Hinders the Eco-Design of Buildings—A Systematic Review. **Urban Science**, v. 5, n. 1, p. 20, 7 fev. 2021.

JIN, R. et al. Developing a methodological framework for adopting digitalization for deconstruction planning. **AIP Conference Proceedings**, v. 2428, p. 030001, 1 jan. 2021.

KAEWUNRUEN, S. et al. Digital Twins for Managing Railway Bridge Maintenance, Resilience, and Climate Change Adaptation. **Sensors**, v. 23, n. 1, p. 252, 1 jan. 2023.

LI, Z. et al. Climate Adaptability Analysis of Dwellings in Eastern Hebei Province under Building Energy Efficiency Context. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1624, p. 042048, 1 out. 2020.

LIMA, R. A. et al. EXPERIENCE IN THE FIELD OF SUSTAINABILITY ENHANCED CONSTRUCTION CLASSIFICATION SYSTEM. **WIT Transactions on The Built Environment**, v. 205, 17 nov. 2021.

MAJUMDER, A. et al. Thermal Characterization of Recycled Materials for Building Insulation. **Energies**, v. 14, n. 12, p. 3564, 1 jan. 2021.

MALLIS, D. et al. **ISUMS: Indoor Space Usage Monitoring System for Sustainable Built Environment Using LoRaWAN**. 17th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS). **Anais...** 1 jul. 2021. Acesso em: 3 jul. 2023.

MARCONI, M. et al. Reuse of leather scraps for insulation panels: Technical and environmental feasibility evaluation. **Procedia CIRP**, v. 90, p. 55–60, 1 jan. 2020.

MAZZOLI, C. et al. Assessing and Developing Circular Deep Renovation Interventions towards Decarbonisation: The Italian Pilot Case of “Corte Palazzo” in Argelato. **Sustainability**, v. 14, n. 20, p. 13150, 13 out. 2022.

MEDINA, E. M.; FU, F. A new circular economy framework for construction projects. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability**, p. 1–12, 22 abr. 2021.

MEDINA-SALGADO, M. S. et al. Adaptive Life Cycle Costing (LCC) Modeling and Applying to Italy Ceramic Tile Manufacturing Sector: Its Implication of Open Innovation. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 7, n. 1, p. 101, 19 mar. 2021.

MERCADER-MOYANO, P.; ANAYA-DURÁN, P.; ROMERO-CORTÉS, A. Eco-Efficient Ventilated Facades Based on Circular Economy for Residential Buildings as an Improvement of Energy Conditions. **Energies**, v. 14, n. 21, p. 7266, 3 nov. 2021.

MERCADER-MOYANO, P.; ESQUIVIAS, P. M. Decarbonization and Circular Economy in the Sustainable Development and Renovation of Buildings and Neighbourhoods. **Sustainability**, v. 12, n. 19, p. 7914, 24 set. 2020.

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F. Analysis of Brazilian public policies related to the implementation of circular economy in civil construction. **Ambiente Construído**, v. 22, n. 2, p. 129–142, 2022.

NERI, M. et al. Conversion of End-of-Life Household Materials into Building Insulating Low-Cost Solutions for the Development of Vulnerable Contexts: Review and Outlook towards a Circular and Sustainable Economy. **Sustainability**, v. 13, n. 8, p. 4397, 15 abr. 2021.

OLULEYE, B. I.; CHAN, D. W. M.; ANTWI-AFARI, P. Adopting Artificial Intelligence for enhancing the implementation of systemic circularity in the construction industry: A critical review. **Sustainable Production and Consumption**, v. 35, p. 509–524, dez. 2022.

OORSCHOT, L.; ASSELBERGS, T. New Housing Concepts: Modular, Circular, Biobased, Reproducible, and Affordable. **Sustainability**, v. 13, n. 24, p. 13772, 14 dez. 2021.

PIOTROWSKA, B.; SŁYŚ, D. Comprehensive Analysis of the State of Technology in the Field of Waste Heat Recovery from Grey Water. **Energies**, v. 16, n. 1, p. 137, 1 jan. 2023.

PUJADAS-GISPERT, E. et al. Design, construction, and thermal performance evaluation of an innovative bio-based ventilated façade. **Frontiers of Architectural Research**, v. 9, n. 3, p. 681–696, set. 2020.

RABBAT, C. et al. Sustainability of biomass-based insulation materials in buildings: Current status in France, end-of-life projections and energy recovery potentials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 156, p. 111962, mar. 2022.

RUCIŃSKA, J.; KOMERSKA, A.; KWIATKOWSKI, J. Preliminary Study on the GWP Benchmark of Office Buildings in Poland Using the LCA Approach. **Energies**, v. 13, n. 13, p. 3298, 27 jun. 2020.

RUOKAMO, E. et al. Exploring the potential of circular economy to mitigate pressures on biodiversity. **Global Environmental Change**, v. 78, p. 102625, jan. 2023.

SADOWSKI, K. Comparison of the Carbon Payback Period (CPP) of Different Variants of Insulation Materials and Existing External Walls in Selected European Countries. **Energies**, v. 16, n. 1, p. 113, 22 dez. 2022.

SERRANO, T. et al. Contribution of circular economy strategies to climate change mitigation: Generic assessment methodology with focus on developing countries. **Journal of Industrial Ecology**, p. 1–16, 18 ago. 2021.

SETAKI, F.; VAN TIMMEREN, A. Disruptive technologies for a circular building industry. **Building and Environment**, v. 223, p. 109394, jul. 2022.

TÖBBEN, J.; OPDENAKKER, R. Developing a Framework to Integrate Circularity into Construction Projects. **Sustainability**, v. 14, n. 9, 5136, 2022.

VAN DEN BERG, M.; VOORDIJK, H.; ADRIAANSE, A. BIM uses for deconstruction: an activity-theoretical perspective on reorganising end-of-life practices. **Construction Management and Economics**, v. 39, n. 4, p. 323–339, 8 fev. 2021.

WANAGURU, K.; MALLAWAARACHCHI, H.; VIJERATHNE, D. **Circular Economy (CE) based material selection: Development of a CE-based “10R” evaluation framework for building construction projects in Sri Lanka**. Proceedings of the 10th World Construction Symposium. **Anais...**23 jun. 2022. Acesso em: 3 jul. 2023.

WU, P.-Y. et al. Predicting the presence of hazardous materials in buildings using machine learning. **Building and Environment**, v. 213, p. 108894, abr. 2022.

YU, Y. et al. Circular economy in the construction industry: A review of decision support tools based on Information & Communication Technologies. **Journal of Cleaner Production**, v. 349, p. 131335, maio 2022.

6 RELAÇÕES TEÓRICAS ENTRE AS PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR E A ABORDAGEM ÁGIL EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO

Flávia Luisa Pires Enembreck

Maria do Carmo Duarte Freitas

Luis Bragança

RESUMO

A indústria da construção é uma grande consumidora de recursos naturais e geradora de resíduos, o que causa impactos significativos no meio ambiente. Simultaneamente, o setor enfrenta desafios na gestão como inconsistência nos projetos, conflitos de prazos, orçamentos excessivos e desvantagens ambientais. A economia circular (EC) surge como uma solução promissora para combater o uso ineficiente de recursos e minimizar os impactos negativos no meio ambiente, enquanto a gestão de projetos ágil busca alcançar projetos mais bem-sucedidos e eficientes. O objetivo é investigar a sinergia entre a abordagem Ágil e a economia circular na indústria da construção por meio da análise de conteúdo de práticas de economia circular (PECs) e os atributos ágeis para projetos de construção, considerando as interações positivas e negativas. Os resultados mostraram uma sinergia positiva entre ambos os conceitos, com destaque para a utilização de tecnologias digitais na promoção da economia circular e o projeto de edifícios modulares, enfocando o estágio inicial do ciclo de vida (projeto) que teve o maior número de relações. A flexibilidade e a transparência foram os atributos ágeis mais associados às PECs, destacando a categoria “processos gerenciais” como a mais interativa. O estudo propõe a adaptação do *framework* ágil Scrum para a gestão de projetos de inovação circular em paralelo com a construção, a fim de promover a transição da economia linear para a circular na indústria da construção.

Palavras-chave: Indústria da construção, Práticas circulares, Gestão ágil de projetos, Scrum.

ABSTRACT

The construction industry is a major consumer of natural resources and a waste generator, resulting in significant environmental impacts. At the same time, the sector faces management problems, such as project inconsistencies, missed deadlines, budget overruns, and environmental degradation. Circular economy (CE) emerges as a promise to address inefficient resource use and minimize negative environmental impacts, while Agile project management aims at more successful and efficient projects. This paper explores the synergy between the Agile approach and circular economy in the construction industry through a content analysis of CE practices and Agile attributes for construction projects, examining positive and negative interactions. The results show a positive synergy between both approaches, highlighting the use of digital technologies to promote a circular economy and the design of modular buildings, focusing on the early phase of the life cycle (project), which has the most connections. Flexibility and transparency were the Agile attributes most associated with circular economy practices. The "management processes"

category stands out as the most interactive one. The study suggests adapting the Scrum agile framework for managing circular innovation projects in parallel with the construction to promote the transition from a linear to a circular economy in the construction industry.

Keywords: Construction industry, Circular practices, Agile project management, Scrum.

6.1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é uma das principais consumidoras de recursos naturais, sendo responsável pelo uso anual de 3 bilhões de toneladas de matérias-primas e pela geração de 40% dos resíduos globais. Prevê-se que até 2023, a quantidade de emissões globais de gases de efeito estufa crescerá 14% (Ghobadi; Sepasgozar, 2023). Diante desse cenário, a implementação da economia circular (EC) no setor surge como uma solução promissora para combater o uso ineficiente de recursos e minimizar os impactos negativos no meio ambiente (Hassan *et al.*, 2023). Em meio às previsões de aumento das emissões globais de gases de efeito estufa, a EC na construção assume um papel essencial para contribuir com as metas climáticas nacionais, trazendo práticas que englobam a redução de resíduos, melhoria de processos e reutilização de materiais (Ghobadi; Sepasgozar, 2023).

A EC propõe uma mudança de paradigma em relação ao sistema econômico linear "pegar-fazer-descartar", buscando inovação, mitigação de resíduos e eficiência no uso de materiais (Kucukvar *et al.*, 2021). Entretanto, a implementação dessas práticas está em fase de desenvolvimento (Hassan *et al.*, 2023). Incorporar estratégias circulares nos projetos de construção exige mudanças e superação de obstáculos, porém torna o crescimento econômico independente do uso excessivo de recursos naturais, favorecendo a utilização mais eficiente dos materiais e a minimização da geração de resíduos (Piotrowska; Słyś, 2023). No entanto, a resistência à mudança, a complexidade dos produtos e as barreiras tecnológicas têm dificultado a adoção dos princípios circulares na indústria da construção (Illankoon; Vithanage, 2023).

O cenário atual da indústria da construção enfrenta desafios que impactam negativamente a eficiência e o sucesso dos projetos, tais como inconsistência nos projetos, conflitos de prazos, orçamentos excessivos e desvantagens ambientais (Shah *et al.*, 2022). Além de baixa produtividade e rigidez à adoção de inovações (Vaz-Serra; Hui; Aye, 2021). Neste sentido, pesquisadores têm buscado ferramentas

e métodos para obter projetos mais bem-sucedidos (Shah *et al.*, 2022). Diante das rápidas mudanças tecnológicas, a aplicação de modelos de gerenciamento de projetos ágeis tem se mostrado uma abordagem promissora para enfrentar esses desafios específicos do setor de construção (Vaz-Serra; Hui; Aye, 2021).

A busca por aumento da eficiência na entrega de projetos acarreta a necessidade de alterações no método de gestão tradicional de construção. Para superar os obstáculos da gestão de mudanças, maximizar o valor dos projetos e gerenciar os riscos, os métodos ágeis têm se destacado como técnicas eficazes. O ágil é uma metodologia iterativa que planeja e orienta o desenvolvimento do projeto e tem sido amplamente utilizado em diversas indústrias, incluindo a construção (Mohammed; Karri, 2020).

Dentre os métodos ágeis, o Scrum é o mais aplicado em projetos de construção (Lalmi; Fernandes; Souad, 2021). Com treinamento adequado, as equipes de projeto adquirem agilidade na tomada de decisões, resultando em comunicação transparente e eficaz, contribuindo para melhor controle de custos, de cronograma e da qualidade do projeto. A flexibilidade do Scrum permite adaptações para atender às necessidades específicas de cada equipe, garantindo uma implementação ágil em projetos de diferentes escalas (Jethva; Skibniewski, 2022).

Esta pesquisa tem como principal objetivo investigar as interações entre a abordagem ágil e a economia circular na indústria da construção, por meio da análise de conteúdo. Para isso, adotaram-se os fundamentos do método de Bardin (1977), buscando responder o seguinte problema: “Quais as relações teóricas entre a abordagem ágil e a economia circular em projetos do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)?”. Considerando a importância socioeconômica da construção civil, a representatividade em impacto ambiental, a complexidade do setor e os desafios em relação a mudanças, a adoção de práticas ágeis e da economia circular proporciona uma gestão mais eficiente e sustentável dos projetos de construção. Por isso, é de suma importância investigar a sinergia entre a economia circular e o ágil, como forma de colaborarem entre si para implementação na indústria da construção.

Esta pesquisa contribui para o avanço do conhecimento sobre a aplicação da gestão ágil em projetos de economia circular na indústria da construção, possibilitando a formulação de estratégias e modelos de gestão mais eficientes e sustentáveis. A partir das discussões apresentadas, exploram-se as principais relações teóricas identificadas e apontam para possíveis caminhos de aplicação prática dessa sinergia.

Com base nesses resultados, espera-se que este estudo estimule futuras investigações e iniciativas que promovam a adoção conjunta dessas abordagens inovadoras na busca por um setor da construção mais sustentável e eficiente. O artigo está organizado em cinco seções, abrangendo introdução, método, resultados, discussões relevantes e principais conclusões.

6.2 MÉTODO DA PESQUISA

O método adotado nesta pesquisa foi a análise de conteúdo, seguindo as premissas de Bardin (1977) para investigar as interações entre a abordagem Ágil e a economia circular no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Como não há muitos estudos que abordam essa combinação de conceitos direcionados, optou-se por estudá-los separadamente e depois analisar suas interações. Visto que o ponto de partida será a investigação da bibliografia existente sobre ambos os temas, a pesquisa classifica-se como qualitativa. A partir da análise de conteúdo serão examinados os textos relevantes sobre o assunto para identificar e compreender o potencial de correlação da economia circular e do ágil em projetos de construção.

A análise de conteúdo de Bardin (1977) fragmenta-se nas fases pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados e interpretações. A fase de pré-análise consiste em etapas como leitura flutuante dos materiais, definição de objetivos e/ou hipóteses, estabelecimento de índices ou categorias de análise e preparação do material para o processo de codificação. Na fase de exploração do material, o pesquisador realiza a codificação do conteúdo, atribuindo códigos teóricos relevantes a categorias predefinidas durante uma pré-análise. A última etapa é composta pelo tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação na qual estudam-se os dados codificados, analisando as conexões entre as categorias e extraem-se significados relevantes em relação aos objetivos da pesquisa.

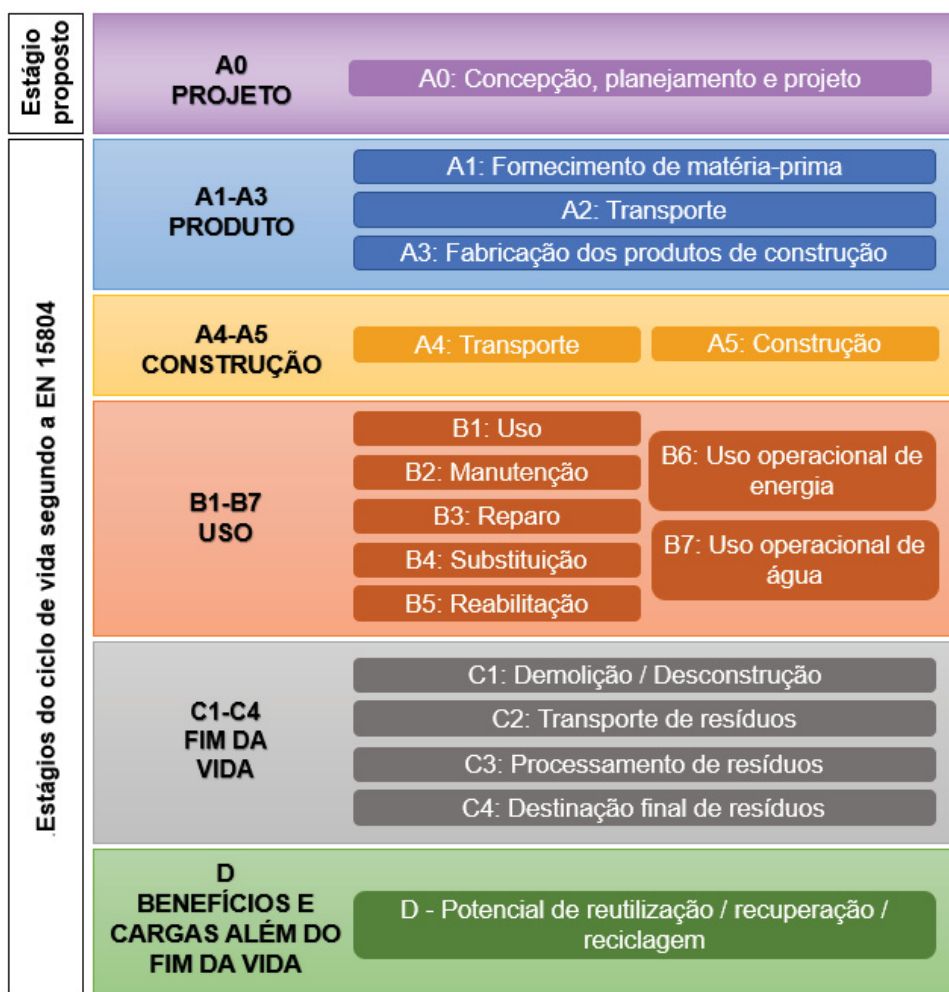
Para a pré-análise, foram realizadas leituras preliminares sobre os conceitos do ágil e sobre as práticas de economia circular (PECs) na indústria da construção civil. Após isso, estabeleceu-se o seguinte objetivo: identificar as interações entre os atributos da gestão ágil e as práticas de economia circular aplicadas à indústria da construção.

Uma revisão bibliográfica foi realizada no Capítulo 4 desta dissertação a fim de investigar a aplicabilidade da metodologia ágil na gestão de projetos de Arquitetura

e de Engenharia da Construção (AEC). Ao todo, foram 26 publicações analisadas, nas quais se identificaram os principais atributos ágeis para projetos de construção. Os atributos mais mencionados entre os autores tornaram-se as categorias de análise do conceito ágil nesta análise de conteúdo. Em relação à economia circular, o material pré-analisado contemplou o estudo de Benachio, Freitas e Tavares (2020) e a revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 5 desta dissertação. A revisão bibliográfica incluiu 52 artigos e mapearam-se 12 práticas adicionais. Concluindo a fase de pré-análise, o material foi preparado. Elaborou-se o QUADRO 20 que se trata de uma lista compilada de PECs estabelecida no Capítulo 5, considerando as 12 PECs levantadas no segundo artigo desta dissertação e as 20 PECs listadas por Benachio, Freitas e Tavares (2020).

Visando ao complemento da análise das relações, separaram-se as práticas em categorias considerando o primeiro estágio do ciclo de vida do projeto em que impactam. A categorização se baseou nos estágios de ciclo de vida da norma EN 15804 e na classificação das fases realizada no artigo “Práticas de economia circular em projetos de construção: atualização de estudo da literatura”, descrito no Capítulo 5 desta dissertação. Ponderou-se também a sugestão proposta no artigo em adotar um estágio adicional às fases presentes na norma, previamente denominada como A0, para incluir atividades referentes à etapa de concepção, planejamento e projeto, conforme a FIGURA 17. A EN 15804 enuncia que a etapa A3 refere-se à fabricação dos produtos de construção e todos os processos desde o berço até o portão (*cradle to gate*), considerando como “produtos de construção” tanto bens quanto serviços utilizados durante o ciclo de vida de um edifício (BRE Group, 2014). Contudo, verifica-se que para chegar ao estágio A3, faz-se necessária uma etapa de projeto e planejamento para, por exemplo, definir quais materiais serão utilizados. Dessa forma, as PECs foram subdividas nos seguintes estágios: Projeto (práticas cujo A0 seria a primeira fase de impacto); Produto (práticas com enfoque na fabricação); Construção; Uso; e Benefícios e cargas além da vida.

FIGURA 17 - Estágios do ciclo de vida de um edifício para categorização das PECs



FONTE: Adaptado de CEN (2019).

Essa lista de práticas foi relacionada com o Grupo 6 dos códigos criados no Capítulo 4, denominado “Características” na categoria Metodologia ágil, que abrange as principais características do ágil identificadas, conforme apresentado no QUADRO 21. Tais características também foram divididas em três categorias conforme estão relacionadas, sendo elas: entrega do projeto; equipe e/ou partes interessadas; e processos gerenciais.

QUADRO 20 - Codificação do tema de economia circular na indústria da construção

Chave	Prática de EC na indústria da construção	Estágio do ciclo de vida
1	Utilização de tecnologias digitais para auxiliar a promoção da economia circular	Projeto (Fase "A0")
2	Projeto de eficiência energética	
3	Modelagem e aplicação do Custo do Ciclo de Vida.	
4	Abordagem DfMA no projeto de fabricação e montagem.	
5	Projeto e uso de edifícios modulares (*).	
6	Projeto para adaptabilidade de edifícios existentes (*).	
7	Projeto para desmontagem de estruturas de edifícios (*).	
8	Utilização de uma escala para analisar o nível de implantação das práticas de Economia Circular na empresa (*).	
9	Utilização de uma simulação em modelo BIM para analisar o potencial de reaproveitamento dos materiais de diferentes tipos de projetos no início do projeto (*).	
10	Uso da avaliação do ciclo de vida para encontrar os benefícios de reutilizar diferentes tipos de materiais na fase de projeto (*).	
11	Uso de dados de estoque de materiais para ajudar na reutilização de materiais de um novo edifício (*).	
12	Uso de práticas de gestão de água (*).	
13	Uso de materiais de base biológica.	
14	Gerenciamento de materiais perigosos.	
15	Uso de materiais locais.	
16	Mudança de uso de materiais, dando a propriedade aos fabricantes para reaproveitar os materiais após o fim da vida útil do primeiro edifício (*).	
17	Desenvolvimento de passaportes materiais (*).	
18	Reaproveitamento de materiais secundários na produção de materiais de construção (*).	
19	Reaproveitamento de materiais de construção em uma nova construção (*).	Construção (Fase A4-A5)
20	Uso do BIM para gestão de resíduos de construção e demolição.	
21	Redução de resíduos (*).	
22	Construção fora do local (*).	Uso (B1-B7)
23	Uso do BIM para melhorar a operação, manutenção e gerenciamento de ativos.	
24	Gerenciamento operacional da ocupação de espaços de edificações.	
25	Utilização de uma ferramenta para avaliar o estado dos materiais durante a vida útil e fim de vida de um edifício (*).	
26	Minimizar a manutenção recuperativa com manutenção preventiva (*).	
27	Utilização do BIM para desconstrução de edifícios.	Fim da vida (C1-C4)
28	Reciclagem de resíduos <i>in loco</i> .	
29	Analisar o potencial de reutilização ou reciclagem de materiais existentes e se é viável em comparação com o uso de novos materiais. (*).	
30	Gestão de Resíduos de Demolição (*).	
31	Desconstrução de estruturas e materiais de construção (*).	Benefícios e cargas além do fim da vida (D)
32	Utilização de uma ferramenta de circularidade para avaliar edifícios existentes e dar as melhores soluções possíveis para a reabilitação (*).	

FONTE: Adaptado de (*) Benachio, Freitas e Tavares (2020).

QUADRO 21 - Codificação do tema de gestão ágil na indústria da construção

Chave	Atributo ágil	Categoria dos atributos
A	Agregar valor / Entrega com valor máximo	Entrega do projeto
B	Aumento da eficiência na entrega	
C	Gestão do tempo / Prazos mais curtos	
D	Satisfação do cliente	
E	Controle do orçamento / Redução de custos	
F	Aumento da produtividade da equipe	Equipe e/ou partes interessadas
G	Auto-organização da equipe	
H	Colaboração	
I	Melhoria na comunicação / <i>feedback</i> rápido	
J	Fácil implementação / Simplicidade	Processos gerenciais
K	Flexibilidade	
L	Gerenciamento de mudanças	
M	Inspeção	
N	Melhoria contínua	
O	Melhoria / desenvolvimento sustentável	
P	Resolução eficaz de riscos / Gestão de riscos	
Q	Transparência	

FONTE: Os autores.

Após definidas as codificações descritas nos QUADROS 20 e 21, partiu-se para a fase de exploração do material, pautada por Bardin (1977), com as operações de codificações nas quais cada prática de EC são relacionadas com a cada atributo ágil. Nesta fase, identifica-se qualitativamente se há sinergia entre a economia circular e o ágil, com base na análise das relações dos autores, por meio da elaboração de uma matriz de contingência. Cada linha da matriz equivale a uma das práticas de EC e as colunas são as características do ágil. Para auxiliar a organização da matriz, estabeleceram-se chaves numéricas para as linhas e chaves alfabéticas para as colunas, de acordo com as chaves dos QUADROS 20 e 21. Além disso, na interseção entre a linha e a coluna, quando identificada, registrou-se o número referente à interação encontrada.

Para finalizar a análise de conteúdo fundamentada por Bardin (1977), tem-se a fase “tratamento de resultados e interpretações”, na qual se realizaram confrontações sistemáticas e inferências das relações na matriz, permitindo estabelecer relações teóricas entre os conceitos, seja em interações positivas, quando há benefícios na combinação, ou em interações negativas, quando a associação das variáveis resulta em desfavorecimento. Com base nessa análise, foram feitas

inferências e interpretações dos resultados obtidos. Os resultados quantitativos também foram tratados como forma de mapear a frequência de relações entre os conceitos. Ressalta-se que o estabelecimento de tais interações foi conduzido por meio de um processo de consenso envolvendo os autores deste artigo, baseando-se na expertise dos pesquisadores para a solidez das conclusões e das inferências teóricas obtidas.

No QUADRO 22, apresentaram-se as principais etapas do método da pesquisa empregado para a realização deste artigo.

QUADRO 22 - Etapas da análise de conteúdo

Etapa	Descrição
1) Pré-análise	1.a) Leitura flutuante: aprofundamento teórico sobre os temas da gestão ágil e da economia circular ambos aplicados na indústria da construção civil. 1.b) Definição do objetivo: identificar quais são as relações teóricas da gestão de projeto ágil para a promoção de práticas da economia circular na indústria de construção. 1.c) Escolha do material: para o tema de economia circular foram a pesquisa de Benachio, Freitas e Tavares (2020) e revisão bibliográfica do Capítulo 5. Já para a caracterização do ágil, utilizou-se a revisão bibliográfica do Capítulo 4 desta dissertação. 1.d) Preparação do material: listas de práticas de economia circular e de características do ágil para projetos de construção.
2) Exploração do material	2.a) Análise de relações entre as listas. 2.b) Elaboração da matriz de contingência.
3) Tratamento de resultados, inferências e interpretações	3.a) Tratamento de resultados pelo Excel. 3.b) Quadro com as interações entre os conceitos da economia circular e o ágil na construção civil. 3.c) Inferências e interpretações acerca das relações teóricas.

FONTE: Os autores (2023).

A presente seção apresentou os procedimentos do método utilizados nesta pesquisa. A estratégia da pesquisa utilizada envolveu a análise de conteúdo e de relações de Bardin (1977), e as etapas da pesquisa incluíram a pré-análise, exploração do material e tratamento e interpretação dos resultados. Correlacionaram-se as PECs com os atributos ágeis. Na seção posterior, os resultados obtidos foram apresentados e discutidos a partir da matriz de contingência, bem como das interpretações acerca das interações levantadas.

6.3 RESULTADOS

Esta seção traz o mapeamento das interações pela análise de conteúdo de Bardin (1977). Os resultados qualitativos perfazem-se uma matriz de contingência (QUADRO 23) e as respectivas interações entre as PECs e os atributos ágeis relacionados na matriz estão descritas no APÊNDICE A.

A matriz de contingência compôs-se das interações positivas entre os conceitos, indicadas pelo respectivo número de referência e o símbolo “+”, e das interações negativas cujos números de referência estão destacados em negrito e precedem o símbolo “-“. O estabelecimento das interações se deu por meio de inferências e interpretações entre as categorias, identificando as relações teóricas entre os temas economia circular e metodologia ágil na indústria da construção. Totalizaram-se 153 interações, sendo 146 interações positivas e 7 interações negativas, conforme apresentado no QUADRO 23.

QUADRO 23 - Matriz de contingência

Categoria	Item	Descrição	Atributos ágeis																					
			Entrega do projeto					Equipe e/ou partes interessadas				Processos gerenciais												
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q					
Projeto ("A0")	1	Utilização de tecnologias digitais para auxiliar a promoção da economia circular (*).	1+	2+						3+		4+	9+			5+	6+	7+	8+	10+	11+	12+		
	2	Projeto de eficiência energética (*).	13+			14+																		
	3	Modelagem e aplicação do Custo do Ciclo de Vida (*).					15+									16+			17+		18+	19+		
	4	Abordagem DfMA no projeto de fabricação e montagem (*).		20+	21+		22+					23+			24+						25+			
	5	Projeto e uso de edifícios modulares (**).	26+	27+	28+	29+	30+			31+				32+		33+			34+		35+	36+		
	6	Projeto para adaptabilidade de edifícios existentes (**).				37+											38+	39+		40+				
	7	Projeto para desmontagem de estruturas de edifícios (**).	41+	42+			43+								148-	44+					45+	46+		

Práticas da EC		Atributos ágeis																	
		Entrega do projeto						Equipe e/ou partes interessadas				Processos gerenciais							
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
Item	Descrição	Agregar valor / Entrega com valor máximo	Aumento da eficiência na entrega	Gestão do tempo / Prazos mais curtos	Satisfação do cliente	Controle do orçamento / Redução de custos	Aumento da produtividade da equipe	Auto-organização da equipe	Colaboração	Melhoria na comunicação / feedback rápido	Fácil implementação / Simplicidade	Flexibilidade	Gerenciamento de mudanças	Inspeção	Melhoria contínua	Melhoria / desenvolvimento sustentável	Resolução eficaz de riscos / Gestão de riscos	Transparência	
8	Utilização de uma escala para analisar o nível de implantação das práticas de Economia Circular na empresa (**).									47+				48+	49+				
9	Utilização de uma simulação em modelo BIM para analisar o potencial de reaproveitamento dos materiais de diferentes tipos de projetos no início do projeto (**).				50+				51+				53+		54+		55+	56+	
10	Uso da avaliação do ciclo de vida para encontrar os benefícios de reutilizar diferentes tipos de materiais na fase de projeto (**).	57+				58+									59+			60+	

Práticas da EC	Atributos ágeis																				
	Entrega do projeto						Equipe e/ou partes interessadas				Processos gerenciais										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q				
	Item	Descrição	Agregar valor / Entrega com valor máximo	Aumento da eficiência na entrega	Gestão do tempo / Prazos mais curtos	Satisfação do cliente	Controle do orçamento / Redução de custos	Aumento da produtividade da equipe	Auto-organização da equipe	Colaboração	Melhoria na comunicação / feedback rápido	Fácil implementação / Simplicidade	Flexibilidade	Gerenciamento de mudanças	Inspeção	Melhoria contínua	Melhoria / desenvolvimento sustentável	Resolução eficaz de riscos / Gestão de riscos	Transparência		
	18	Reaproveitamento de materiais secundários na produção de materiais de construção (**).					81+														
	19	Reaproveitamento de materiais de construção em uma nova construção (**).	82+				83+														
Construção (A4-A5)	20	Uso do BIM para gestão de resíduos de construção e demolição (*).		84+				85+		86+	87+					88+				89+	
	21	Redução de resíduos (**).	90+				92+									93+					
	22	Construção fora do local (**).		94+	95+		96+	97+				150-	151-		98+						
Uso (B1-B7)	23	Uso do BIM para melhorar a operação, manutenção e gerenciamento de ativos (*).								100+	101+				102+	103+		104+		105+	
	24	Gerenciamento operacional da ocupação de espaços de edificações (*).					106+						107+	108+							

Por meio da matriz de contingência, analisou-se quantitativamente a incidência de interações por práticas de economia circular. A FIGURA 18 traz graficamente a quantidade de interações de cada prática, incluindo as interações positivas (em verde) e as interações negativas (em vermelho). Para melhor entendimento acerca das práticas citadas na FIGURA 18, recomenda-se a consulta do QUADRO 20 para correspondência de numerações atribuídas.

Em relação às interações positivas, a prática 1, referente à utilização de tecnologias digitais para auxiliar a promoção da economia circular, teve o maior número de interações, perfazendo interações positivas com 12 atributos ágeis diferentes. A prática 5, referente ao projeto e uso de edifícios modulares, obteve 11 interações positivas. Já as práticas com menos interações positivas foram a prática 15 (uso de materiais locais) e prática 18 (reaproveitamento de materiais secundários na produção de materiais de construção) totalizando 1 interação cada.

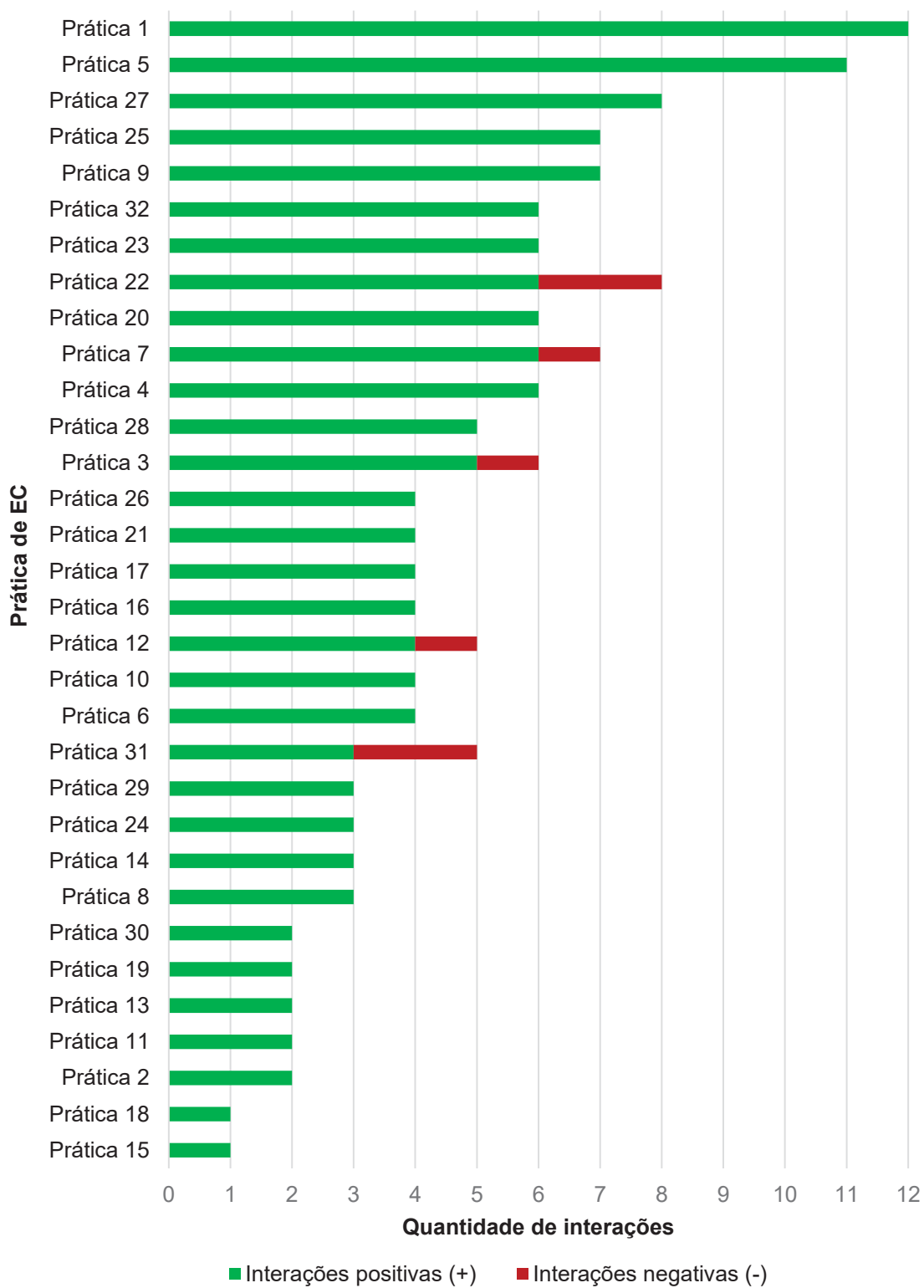
Analisando as interações negativas, verificou-se que apenas 6 práticas diferentes se relacionaram negativamente com as características ágeis. As práticas 22 (Construção fora do local) e 31 (Desconstrução de estruturas e materiais de construção) tiveram 2 interações negativas. Mapeou-se 1 interação negativa para as práticas 3 (Modelagem e aplicação do Custo do Ciclo de Vida), 7 (Projeto para desmontagem de estruturas de edifícios) e 12 (Uso de práticas de gestão de água).

A incidência de interações também foi analisada por atributo ágil, ou seja, levantou-se a quantidade de interações de cada característica do ágil na indústria da construção e representou-se graficamente na FIGURA 19.

Sobre as interações positivas, os atributos ágeis que apresentaram maior incidência foram a flexibilidade e a transparência, ambos com 16 interações positivas. Em seguida, dentre os atributos mais relacionados, estão o controle de orçamento, a melhoria contínua e a gestão de riscos com 14 interações positivas. Já o atributo auto-organização da equipe não teve nenhuma interação mapeada.

A identificação de interações negativas se deu em 4 atributos ágeis diferentes, sendo que o atributo “fácil implementação/simplicidade” obteve 4 relações negativas com práticas de EC. Os atributos “controle de orçamento”, “flexibilidade” e “gestão de tempo/prazos mais curtos” apresentaram 1 interação negativa.

FIGURA 18 - Incidência de interações por prática de EC



FONTE: Os autores (2023).

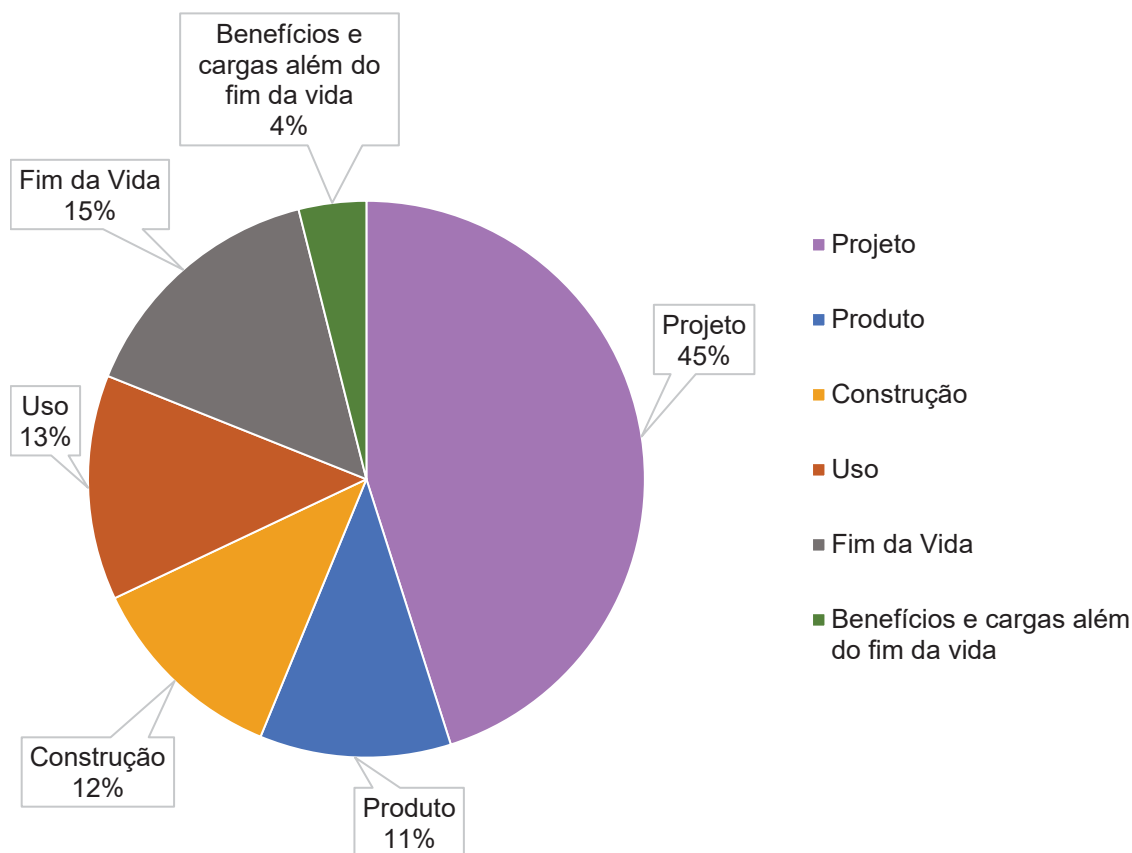
FIGURA 19 - Incidência de interações por atributo ágil



FONTE: Os autores (2023).

No contexto das fases do ciclo de vida de um edifício, que são impactadas pelas práticas consideradas, foram investigadas as interações presentes em cada estágio. Para essa análise, foram contempladas tanto as interações positivas quanto as negativas, uma vez que as interações desfavoráveis são pouco frequentes e o volume total de interações já é significativo. A FIGURA 20 revela que o estágio de projeto apresentou o maior número de interações, totalizando 66 interações positivas e 3 negativas, o que corresponde a 45% do total das relações identificadas. Em contraste, o estágio de "benefícios e cargas além do fim da vida" registrou um menor número de interações, representando apenas 4% do total levantado, ou seja, 6 interações positivas.

FIGURA 20 - Incidência de interações por estágio de ciclo de vida

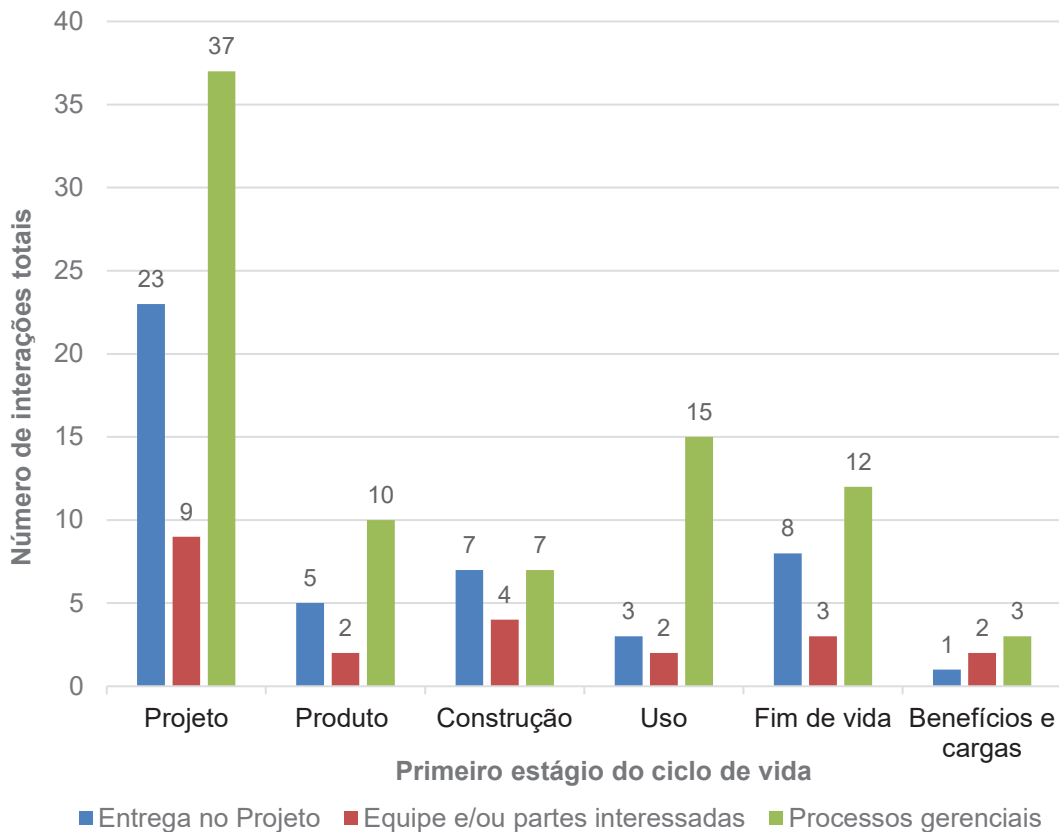


FONTE: Os autores (2023).

Com base nas categorias das PECs nos diferentes estágios do ciclo de vida (projeto, produto, construção, uso, fim de vida e benefícios pós-fim de vida), juntamente com os atributos ágeis influenciados por características específicas (entrega do projeto, equipe e/ou partes interessadas e processos gerenciais), conduziu-se uma análise para compreender as interações entre essas variáveis.

A FIGURA 21 ilustra essa análise e revela que as interações relacionadas aos atributos ágeis no contexto dos processos gerenciais são predominantes em todos os estágios do ciclo de vida. Por outro lado, os atributos ágeis associados à equipe e às partes interessadas apresentam menos incidência de interações em quase todos os estágios, exceto na fase de "benefícios e encargos pós-fim de vida", na qual a categoria "entrega do projeto" teve menor frequência de interações.

FIGURA 21 - Incidência de interações por estágios do ciclo de vida e tipo dos atributos ágeis



FONTE: Os autores (2023).

A partir dos resultados apresentados nesta seção e das interações descritas no APÊNDICE A, partiu-se para as discussões, na seção seguinte, acerca das análises realizadas.

6.4 DISCUSSÕES

Esta seção aborda as principais discussões sobre as relações teóricas entre as PECs e os atributos ágeis em projetos de construção encontrados na literatura, bem como apresenta uma proposta sinérgica de gestão entre o ágil e a economia circular.

A partir da FIGURA 18, verificou-se que a prática 1 “utilização de tecnologias digitais para auxiliar a promoção da economia circular” teve o maior número de interações sendo 12 positivas. No geral, as tecnologias da Indústria 4.0, tais como Internet das coisas (IoT), robótica, BIM, Inteligência Artificial (IA), *blockchain* e realidade aumentada (RA), têm o potencial de trazer benefícios para a economia

circular na indústria da construção durante todo o ciclo de vida do projeto (Setaki; Van Timmeren, 2022). Essas tecnologias digitais são essenciais para a transição de uma economia linear para uma economia circular. A recorrente assimilação entre a prática 1 e a gestão ágil advém dos benefícios que essas tecnologias trazem ao gerenciamento do projeto. Tais benefícios incluem: inovação; maior eficiência e qualidade na entrega; otimização das práticas da economia circular; flexibilidade para incorporar medidas circulares; rastreamento e monitoramento das informações; identificação de melhorias; centralização de informações e agilidade na comunicação entre os envolvidos; desenvolvimento sustentável; colaboração na gestão de riscos e maior transparência e visibilidade na gestão de dados (Çetin; De Wolf e Bocken, 2021). Além disso, a teoria de associar à origem da metodologia ágil, que ocorreu na área de tecnologia da informação (TI) e de desenvolvimento de *software*, traz os valores estabelecidos no Manifesto Ágil (Beck *et al.*, 2001) para a prática de uso de tecnologias na promoção da economia circular.

O projeto e uso de edifícios modulares (prática 5) foi a segunda prática com mais interações. A construção e utilização de edifícios oferecem uma solução construtiva eficiente, de qualidade e com maior controle no processo (Benachio; Freitas; Tavares, 2021). A pré-fabricação dos componentes resulta em um maior controle de qualidade e eficiência na entrega, reduzindo custos e minimizando desperdícios. Além disso, a abordagem modular permite adaptações, promove a transparência no processo e possibilita melhorias contínuas, tornando-a uma solução flexível e satisfatória para os clientes. Identificou-se uma similaridade com a pesquisa de Benachio, Freitas e Tavares. (2021), pois os autores também tinham mapeado esta prática como a segunda mais interativa com os princípios do *lean*. A partir dessa analogia, verificam-se semelhanças entre o *lean* e do ágil como a simplicidade, a melhoria contínua, a flexibilidade e a transparência.

Neste sentido, relacionam-se o *lean* com o ágil e as PECs. Os cinco princípios *lean* definidos pelos autores Womack e Jones (2004) são: valor, que visa a compreender o valor do produto sob a perspectiva do cliente; fluxo de valor, que envolve o mapeamento do fluxo de produção do produto desde a concepção até o cliente; fluxo, que objetiva alcançar uma produção eficiente sem desperdícios; puxar, que condiciona a produção com a demanda; e perfeição, que envolve a busca pela melhoria contínua. No que diz respeito ao primeiro princípio (valor), um *framework* ágil se concentra em identificar e atender os requisitos do produto, visando a alcançar o

valor desejado pelo cliente. Em relação ao segundo princípio (fluxo de valor), a abordagem ágil desempenha um papel fundamental ao direcionar os papéis na gestão de projetos, esclarecendo artefatos e cerimônias, além de mapear os processos ao longo de todo o projeto até a sua entrega final. O terceiro princípio (fluxo) intimamente ligado à gestão eficiente e à implementação de práticas circulares, reduzindo o desperdício de recursos. Quanto ao quarto princípio (puxar), a gestão ágil de projetos desempenha um monitoramento contínuo do processo, permitindo à equipe selecionar, periodicamente, as tarefas a serem trabalhadas com base na demanda do cliente e assegurando a disponibilidade adequada de recursos. O quinto princípio (perfeição) se entrelaça ao conceito ágil de melhoria contínua, no qual incrementos de valor são gradualmente incorporados ao produto a cada iteração. Adicionalmente, a implementação de PECs também enriquecem o valor da produção.

As práticas com menos interações positivas foram a prática 15 (uso de materiais locais) e a prática 18 (reaproveitamento de materiais secundários na produção de materiais de construção). Ambas as práticas são alternativas de substituição de materiais e dificultam a correlação com características ágeis de gestão. Estas práticas estão presentes nas decisões a serem realizadas no início do projeto e seus benefícios para as demais fases não se associaram com termos gerenciais do ágil.

Ao examinar as interações negativas, constatou-se que somente 6 práticas distintas apresentaram associações desfavoráveis com as características ágeis. As práticas “construção fora do local” e “desconstrução de estruturas e materiais de construção” tiveram 2 interações negativas. A construção fora do local contrapõe com a simplicidade, pois apresenta complexidades no transporte de peças extensas e pesadas e no planejamento (Benachio; Freitas; Tavares, 2021). Além disso, a falta de flexibilidade para fazer alterações durante a montagem é uma limitação decorrente dessa abordagem construtiva. Em relação à desconstrução, comparando com a demolição convencional, necessita-se de um planejamento mais complexo, adicionam-se etapas ao final da vida útil e se trata de um processo mais demorado e minucioso (Allam; Nik-Bakht, 2023).

A partir da FIGURA 18, estabeleceram-se análises sobre a recorrência das relações teóricas de cada atributo ágil. Os atributos com mais interações positivas foram a flexibilidade e a transparência. A flexibilidade é imprescindível para aplicação de práticas de economia circular, principalmente no quesito de transição de linear para

circular. Além da necessidade de ter cenários flexíveis no ciclo de vida do produto para atingir projetos mais sustentáveis. Já a transparência é fundamental para a tomada de decisões durante o projeto, estabelecendo visibilidade e confiança às partes interessadas. Dessa forma, a transparência torna-se indispensável para a grande maioria das práticas de economia circular para uma implementação bem-sucedida.

O atributo auto-organização da equipe não interagiu com nenhuma prática de EC mapeada. Embora seja um atributo com grande potencial de trazer vantagens nos processos de gestão da transição para uma economia circular, não teve interação devido às práticas não estabelecerem diretrizes específicas para gestão como essa característica do ágil se aplica. Porém, evidencia-se que o autogerenciamento dos profissionais envolvidos traz vantagens competitivas ao projeto e que estudos futuros podem identificar hipóteses de relações com a economia circular. O atributo ágil “fácil implementação e/ou simplicidade” teve o maior número de interações negativas. Isso decorre de complexidades atribuídas às práticas correlacionadas, as quais demandam de desafios adicionais para a implementação bem-sucedida como planejamento robusto, análise detalhada e técnicas específicas.

Em relação a análise das categorias, constatou-se que a interação entre as PECs e os atributos ágeis, especialmente as interações relacionadas aos processos gerenciais, desempenham um papel significativo nas fases iniciais do ciclo de vida do edifício, ou seja, na fase de projeto. Enfatiza-se a importância de adotar um planejamento sustentável desde o estágio inicial da concepção de um edifício. Isso envolve, por exemplo, a incorporação do *design* circular da economia circular e a integração dos processos para incorporar inovações. Ao combinar o conceito da economia circular com processos de gestão de projetos logo na fase inicial do projeto, responde-se à interação substancial entre essa etapa e as abordagens mencionadas.

Foi observada uma baixa frequência de interações na categoria "equipe e/ou partes interessadas", o que está relacionado à fraca presença de diretrizes sólidas de gestão nos modelos de economia circular. A EC ainda não atingiu um nível de maturidade que permita caracterizar de maneira adequada as qualidades essenciais de uma equipe, bem como desenvolver estratégias para aprimorar a comunicação com os *stakeholders*. Nesse contexto, este estudo ganha relevância ao propor uma sinergia entre a gestão ágil de projetos e a economia circular, permitindo que ambas se complementem.

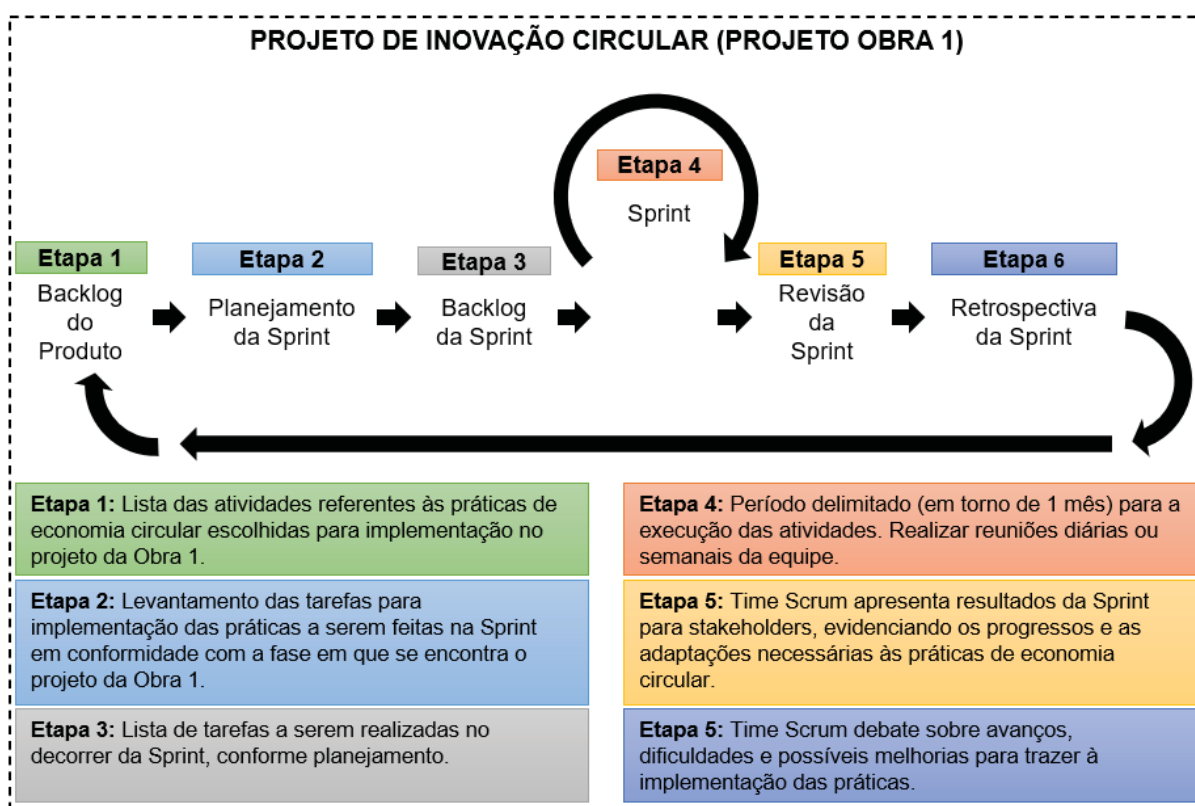
Em relação à fase “benefícios e cargas além do fim da vida”, a baixa incidência de interação com a categoria “entrega do projeto” ocorre devido ao objetivo de as práticas relacionadas a esse estágio sobreporem o foco do entregável ao cliente, pensando mais além do fim da vida. O fato desse estágio ter sido o menos relacionado com o ágil também ocorre pelas características ágeis considerarem a gestão de projetos até o término da fase ativa. Essa interação limitada surge de questões pós-projeto, como a necessidade de um planejamento estendido e as mudanças nas partes interessadas e usuários finais. A reduzida conexão entre a gestão ágil de projetos e essa fase específica realça a importância de adaptar as abordagens de gestão de acordo com a natureza e as características distintas das várias etapas do ciclo de vida. Essa situação também indica a necessidade de desenvolver estratégias específicas para abordar os desafios e benefícios que emergem após a conclusão formal de um projeto. Em virtude de complexidades na implementação de práticas neste estágio, a abordagem ágil se destaca como uma alternativa para gerir tais problemas complexos, devido à sua capacidade flexível e adaptativa.

Em suma, os resultados indicaram que há sinergia entre a economia circular e a gestão ágil de projetos. A partir das interações encontradas, majoritariamente positivas, verificou-se que a combinação entre ambos os conceitos tem potencial para trazer benefícios aos projetos de construção. Dessa forma, uma proposta de aplicação, para a corroboração e validação na realidade desta sinergia, é adaptar um *framework* ágil para o gerenciamento da implementação de uma ou mais PECs no projeto de construção.

Para impulsionar a transição da economia linear para a economia circular na indústria da construção, sugere-se realizá-la de forma gradativa e bem articulada. Por isso, o ágil contribui a partir de sua abordagem iterativa e incremental. Além disso, a indústria da construção precisa se familiarizar com a metodologia ágil para expandir sua utilização em cada vez mais projetos. Para isso, propõe-se criar um projeto de inovação circular dentro da empresa para cada projeto de edifício, os quais serão geridos de acordo com a metodologia ágil. Autores como Lalmi, Fernandes e Souad (2021) comentam que o *framework* ágil mais utilizado no panorama da construção civil é o Scrum. Em virtude disso, a presente pesquisa recomenda o *framework* Scrum para a formulação de um modelo de gestão voltado à implementação de práticas da economia circular em projetos de construção.

A FIGURA 22 traz um esquema exemplificando a gestão ágil das práticas de economia circular, por meio de um projeto de inovação paralelo a uma construção respectiva, considerando os papéis, cerimônias e artefatos descritos no guia do Scrum (Schwaber; Sutherland, 2020). Apresenta-se uma possibilidade de adaptação em relação à reunião diária proposta pelo Scrum, a qual se propõe a alteração para reuniões semanais, pois há fases em que o processo de um projeto de construção ocorre mais lentamente que fases de desenvolvimento de *software* de sua origem. Recomenda-se iniciar o projeto de inovação circular simultaneamente com a concepção do projeto da obra. Para isso, estabelece-se um time Scrum com uma equipe multidisciplinar para atuar com as atividades referentes ao projeto de inovação, um Dono do Produto (sugestão: engenheiro projetista) e um Scrum *Master* (profissional com capacitação do Scrum). Também se faz necessário elencar os principais *stakeholders* do projeto, tais como: proprietário do negócio, gerência da empresa, profissionais da Engenharia e Arquitetura, entre outros.

FIGURA 22 - Esquema de gestão de um projeto de inovação circular utilizando o *framework* Scrum



FONTE: Os autores (2023).

É importante reforçar que um *framework* traz as diretrizes para a gestão do projeto, porém não é um processo engessado, possibilitando flexibilizações conforme o tipo e a fase em que o projeto se encontra. Ressalta-se também a importância do time Scrum em flexibilizar o tempo da *sprint* em conformidade com a fase do ciclo de vida do produto de construção. Um exemplo seria estender o tempo da *sprint* quando estiver em fase de construção, proporcionalmente ao tempo de execução das atividades selecionadas.

O esquema de gestão mostrado na FIGURA 22 busca extrair uma aplicação prática da sinergia entre a economia circular e o ágil, apresentando o ágil como um impulsionador da implementação de modelos de negócio de economia circular na indústria da construção. No entanto, para aplicar essa abordagem, requerem-se uma mudança cultural e uma aquisição de novas habilidades por parte dos profissionais envolvidos. Nesse contexto, a realização de treinamentos é uma estratégia eficaz para capacitar os profissionais da indústria da construção sobre as práticas de economia circular em conjunto com a metodologia ágil. A oferta de programas de treinamento precisa introduzir conceitos-chave da economia circular e da metodologia ágil, bem como a integração desses dois conceitos. Além disso, enfatiza a importância da gestão eficiente de projetos na promoção da economia circular ao longo do ciclo de vida dos projetos de construção.

6.5 CONCLUSÕES

A pesquisa adotou o método de análise de conteúdo e de relações proposto por Bardin (1977) para responder à pergunta “Quais as relações teóricas entre a abordagem Ágil e a economia circular em projetos do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)?”. Através de uma revisão de literatura, foram mapeadas práticas de economia circular e atributos ágeis para projetos de construção. A análise de conteúdo permitiu identificar 146 interações positivas e 7 interações negativas entre as PECs e os atributos ágeis. Os resultados indicaram uma sinergia entre ambos os conceitos, com destaque para a utilização de tecnologias digitais para promover a economia circular e o projeto de edifícios modulares.

Os atributos ágeis com maior incidência de interações positivas foram a flexibilidade e a transparência. Por outro lado, o atributo "fácil implementação/ simplicidade" teve o maior número de interações negativas. A análise dos resultados

indicou que a combinação entre a abordagem ágil e a economia circular traz benefícios aos projetos de construção, devido à sinergia entre os conceitos.

As características ágeis como flexibilidade, transparência, controle de orçamento, gestão de riscos e melhoria contínua, se relacionam sinergicamente com as práticas da economia circular, conforme detalhado:

- a flexibilidade permite a adaptação rápida necessária para estratégias de economia circular, respondendo a mudanças no mercado e nas necessidades dos clientes;
- a transparência promove a divulgação e compartilhamento de informações para otimizar as práticas sustentáveis;
- o controle de orçamento advém da alocação eficiente de recursos, da redução de desperdícios e da reinserção de materiais à economia após o fim da vida útil, através de soluções circulares;
- a gestão de riscos possibilita a identificação e mitigação de impactos ambientais, sociais e econômicas associadas ao modelo circular; e,
- a melhoria contínua apoia a busca constante por inovações que tornem os processos mais sustentáveis e contribuam para um ciclo circular com o máximo de valor dos materiais.

Constatou-se que a combinação entre o ágil e a economia circular favorece a promoção de práticas circulares na indústria da construção, bem como é um meio de introduzir a metodologia ágil no setor.

A análise das categorias revelou a importância da interação entre PECs e atributos ágeis, especialmente em relação aos processos gerenciais, nas fases iniciais do ciclo de vida de edifícios, enfatizando a necessidade de adotar um planejamento sustentável desde a concepção. Notou-se escassa interação na categoria "equipe e/ou partes interessadas" devido à incipiente presença de diretrizes de gestão na EC. A fase "benefícios e cargas além do fim da vida" revelou uma menor interação com o ágil, ressaltando a adaptação essencial das abordagens de gestão ao adotar PECs desse estágio. Enfatiza-se a necessidade de estratégias específicas para abordar desafios pós-projeto, acentuando a importância de considerar as nuances das diferentes fases do ciclo de vida na busca por práticas mais eficazes e sustentáveis. Nesse contexto, a abordagem ágil se destaca por sua capacidade flexível e adaptativa, ganhando relevância.

Com base nos resultados, propõe-se a adaptação do *framework* ágil Scrum para a gestão de projetos de inovação circular em paralelo com a construção, visando a promover a transição da economia linear para a circular na indústria da construção. A proposta de associação entre o ágil e economia circular em um projeto de inovação da empresa tem o intuito de familiarizar os profissionais da AEC com ambos os temas, sem estabelecer uma mudança brusca em todo o processo de gestão. Essa abordagem permite a implementação gradual e articulada das práticas de economia circular nos projetos de construção, com a gestão ágil proporcionando uma abordagem iterativa e incremental para alcançar projetos mais sustentáveis. Dessa forma, favorece-se a superação da resistência à mudança e impulsionam-se os avanços em inovação, os quais são passos cruciais para alcançar projetos da indústria da construção mais sustentáveis e eficientes. Ressalta-se a necessidade de treinamentos para capacitar os profissionais sobre a implementação de práticas da economia circular e da metodologia ágil, como também para fomentar os benefícios que essa sinergia traz aos projetos de construção.

Por fim, a sinergia entre a economia circular e o ágil representa uma oportunidade para impulsionar a adoção de práticas sustentáveis na indústria da construção, promovendo a inovação e a melhoria contínua. Ressalta-se que o estabelecimento das interações se deu por meio de inferências e interpretações entre as categorias, identificando as relações teóricas entre os temas economia circular e metodologia ágil na indústria da construção baseadas no estado atual da literatura. Dessa forma, o escopo desta pesquisa não incluiu comprovar ou trazer evidências práticas por estudos de caso sobre as interações teóricas levantadas. Por isso, recomenda-se que futuros estudos explorem essa abordagem prática para validar sua eficácia real e aprimorar ainda mais a integração entre a economia circular e a gestão ágil em projetos de construção.

Além disso, durante a análise das interações, verificou-se uma proximidade entre o ágil e a construção enxuta (*lean construction*), sendo que ambas as abordagens apresentam princípios e características em comum. A associação do ágil e das práticas circular também se relacionaram favoravelmente com os cinco princípios do *lean*. Em virtude disso, aponta-se a relação entre o ágil e o *lean* como um tema promissor para ser investigado em pesquisas posteriores, fornecendo subsídios de melhoria para gestão de projetos na indústria da construção.

6.6 REFERÊNCIAS

ALLAM, A. S.; NIK-BAKHT, M. From demolition to deconstruction of the built environment: A synthesis of the literature. **Journal of Building Engineering**, v. 64, p. 105679, 2023.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BECK, K. et al. “**Manifesto for Agile Software Development**”. 2001. Disponível em: <http://agilemanifesto.org/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BENACHIO, G. L. F.; FREITAS, M. C. D.; TAVARES, S. F. Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121046, mar. 2020.

BENACHIO, G. L. F.; FREITAS, M. C. D.; TAVARES, S. F. Interactions between Lean Construction Principles and Circular Economy Practices for the Construction Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 7, 2021.

BRE GROUP. **BRE Global Product Category Rules for Type III environmental product declaration of construction products to EN 15804: 2012+A1: 2013**. Watford, UK: BRE Group, 2014.

COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO (CEN). EN 15804+A2 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. 2019.

ÇETIN, S.; DE WOLF, C.; BOCKEN, N. Circular Digital Built Environment: An Emerging Framework. **Sustainability**, v. 13, n. 11, p. 6348, 3 jun. 2021.

GHOBADI, M.; SEPASGOZAR, S. M. E. Circular economy strategies in modern timber construction as a potential response to climate change. **Journal of Building Engineering**, v. 77, p. 107229, 2023.

HASSAN, M. S. et al. Risk assessment of circular economy practices in construction industry of Pakistan. **Science of The Total Environment**, v. 868, p. 161418, 2023.

ILLANKOON, C.; VITHANAGE, S. C. Closing the loop in the construction industry: A systematic literature review on the development of circular economy. **Journal of Building Engineering**, v. 76, p. 107362–107362, 2023.

JETHVA, S. S.; SKIBNIEWSKI, M. J. Agile project management for design-build construction projects: a case study. **International Journal of Applied Science and Engineering**, v. 19, n. 1, p. 1–11, 2022. Acesso em: 18/4/2022.

KUCUKVAR, M. How circular design can contribute to social sustainability and legacy of the FIFA World Cup Qatar 2022TM? The case of innovative shipping container stadium. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 91, p. 106665, 2021.

LALMI, A.; FERNANDES, G.; SOUAD, S. B. A conceptual hybrid project management model for construction projects. **Procedia Computer Science**, v. 181, p. 921–930, 2021.

MOHAMMED, K. N.; KARRI, S. C. An analytical approach in usage of agile methodologies in construction industries – A case study. **Materials Today: Proceedings**, v. 33, p. 475–479, 2020.

PIOTROWSKA, B.; SŁYŚ, D. Comprehensive Analysis of the State of Technology in the Field of Waste Heat Recovery from Grey Water. **Energies**, v. 16, n. 1, p. 137, 2023.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **The Scrum Guide**. 2020.

SETAKI, F.; VAN TIMMEREN, A. Disruptive technologies for a circular building industry. **Building and Environment**, p. 109394, 2022.

SHAH, A. et al. Influence of Agile Leadership on Project Success; A Moderated Mediation Study on Construction Firms in Nepal. **Engineering Letters**, v. 30:2, 2022.

VAZ-SERRA, P.; HUI, F.; AYE, L. Construction Project Managers Graduate Agile Competencies Required to Meet Industry Needs. **Lecture Notes in Civil Engineering**, v. 94, p. 601–607, 2020.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

6.7 APÊNDICE A - DESCRIÇÃO DAS INTERAÇÕES

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
1+	A utilização de tecnologias de ponta no projeto agrega valor em termos de inovação e melhorias na eficiência e na qualidade da entrega.	1	A
2+	A adoção de tecnologias digitais para promoção da economia circular torna o processo mais otimizado, eficiente e ágil. A partir das tecnologias, promove-se um aumento da eficiência em toda a cadeia de valor do projeto de construção.	1	B
3+	Com o auxílio das tecnologias, aumenta-se a produtividade da equipe para implantar práticas da economia circular na indústria da construção.	1	F
4+	As tecnologias digitais promovem um ambiente colaborativo entre as partes interessadas durante o ciclo de vida do produto de construção, conforme sua utilização.	1	H
5+	Utilizar tecnologias digitais facilita a centralização de informações e agiliza a comunicação entre os envolvidos no projeto.	1	I
6+	O uso de tecnologias digitais flexibiliza o processo de incorporação de medidas da economia circular em projetos de construção pois fornecem previsibilidade e permitem adaptações e ajustes, se necessário.	1	K
7+	O uso de tecnologias digitais favorece a transição de uma economia linear para a economia circular, trazendo melhorias na tomada de decisões, na incorporação de mudanças e na adaptação no projeto.	1	L
8+	Por meio das tecnologias digitais, estabelecem-se o rastreamento e monitoramento de informações para a gestão e a inspeção do progresso do sucesso das práticas circulares.	1	M
9+	Os registros criados pelas tecnologias digitais fornecem subsídios para o profissional e/ou a empresa mapearem os pontos de melhoria no processo de incorporação da economia circular nos próximos projetos.	1	N
10+	A utilização de tecnologias digitais proporciona um desenvolvimento sustentável pois fomentam melhorias na comunicação entre as partes interessadas e na gestão do projeto, possibilitando uma constância no ritmo dos processos.	1	O
11+	O monitoramento e a inspeção do projeto promovido pelas tecnologias disruptivas colabora com gestão de riscos, pois auxilia a identificação precoce de problemas, bem como permite a ação rápida sobre eles.	1	P
12+	O gerenciamento dos dados do projeto e da implementação da economia circular tornam-se mais transparentes e visíveis com o auxílio de tecnologias digitais.	1	Q
13+	O projeto de eficiência energética agrega valor aos edifícios em termos de conforto térmico, de redução no consumo de energia a longo prazo e de adaptabilidade climática.	2	A
14+	A satisfação do cliente decorre da aquisição de um edifício projetado para a eficiência energética com maior conforto térmico aos usuários e com a previsão de economias financeiras sobre o consumo de energia.	2	D
15+	O LCC colabora com o controle do orçamento de um projeto de construção através de uma visão abrangente dos custos e dos impactos ambientais, possibilitando um balanceamento sobre o ciclo de vida do produto e a adoção de abordagens mais sustentáveis.	3	E

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
16+	A modelagem e aplicação do custo do ciclo de vida permite a criação cenários flexíveis de decisão, levando em conta os impactos ambientais e a sustentabilidade econômica.	3	K
17+	A aplicação dos modelos de LCC faz com que a empresa tenha mais visibilidade dos custos e dos impactos ao longo do ciclo de vida do produto, detectando oportunidades de melhoria contínua na gestão de recursos, na redução de impactos ambientais e na adoção de práticas de economia circular.	3	N
18+	O LCC permite a avaliação de impactos negativos da produção e os investimentos em modelos de produção mais circulares, mitigando riscos à sustentabilidade econômica e ambiental.	3	P
19+	A modelagem do LCC traz maior transparência na visualização dos custos ao longo do ciclo de vida e da cadeia de valor circular.	3	Q
20+	O DfMA busca simplificar e melhorar os processos de fabricação e montagem de elementos da construção, otimizando o tempo de produção e aumentando a eficiência.	4	B
21+	A abordagem construtiva DfMA contribui para tornar os prazos do projeto mais curtos, devido à simplificação e melhoria nos processos que provocam a redução do tempo de produção.	4	C
22+	O DfMA objetiva otimização e redução de custos no projeto de fabricação e montagem, considerando a viabilidade desde o início e evitando gastos adicionais durante a produção.	4	E
23+	O DfMA é uma estratégia colaborativa entre os profissionais envolvidos (engenheiros, projetistas, fabricantes e montadores) sendo que seu sucesso está diretamente relacionado à colaboração das partes interessadas.	4	H
24+	O DfMA propõe simplificar e padronizar processos, eliminando etapas desnecessárias, facilitando a implementação de projetos de fabricação e montagem.	4	J
25+	A simplificação e otimização advindas do DfMA favorecem a minimização de ocorrências de problemas na fabricação e na montagem, por isso é uma prática colaborativa com a gestão de riscos.	4	P
26+	O projeto e o uso de edifícios modulares permitem agregar valor ao oferecer uma solução construtiva eficiente e de qualidade. A partir da qualidade controlada das estruturas modulares, incrementam-se mais segurança e durabilidade.	5	A
27+	A pré-fabricação de componentes de edifícios resulta em um processo com um controle maior de qualidade e de precisão e, conseqüentemente, aumenta a eficiência na entrega.	5	B
28+	A abordagem construtiva modular é geralmente mais rápida do que a construção no local, devido ao maior controle no processo e à agilidade na montagem.	5	C
29+	As vantagens dos edifícios modulares como a flexibilidade, a rapidez na entrega e a qualidade dos edifícios modulares atribuem maior satisfação na entrega pelo cliente.	5	D
30+	Os edifícios modulares trazem economia ao orçamento do projeto, com reduções no consumo de mão de obra, minimização dos desperdícios e de gastos com manutenção.	5	E
31+	O projeto e o uso de elementos modulares tornam a produção mais rápida e otimizada, com ganhos de produtividade na etapa de montagem.	5	F
32+	Edifícios modulares demandam uma comunicação eficaz entre os envolvidos nas fases do projeto, necessitando de respostas rápidas e contínuas durante todo o processo.	5	I

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
33+	O projeto utilizando componentes modulares favorece a adaptação e personalização conforme às necessidades dos clientes, caracterizando-o como uma solução flexível.	5	K
34+	A construção modular permite melhorias contínuas no projeto, na fabricação e na execução, com a introdução de técnicas e tecnologias mais adequadas, conforme a performance dos projetos anteriores.	5	N
35+	O gerenciamento de edifícios modulares traz uma melhor identificação e gestão dos riscos, pois as etapas de produção são mais controladas e os problemas são detectados com antecedência, agilizando as soluções e mitigando riscos.	5	P
36+	Com a abordagem modular de edifícios, aumenta-se a transparência no processo de construção, proporcionando uma visão clara das etapas, dos custos e dos prazos envolvidos para todos os stakeholders do projeto.	5	Q
37+	O projeto para adaptabilidade de edifícios existentes busca atender às necessidades dos clientes, permitindo a personalização e a flexibilidade dos espaços.	6	D
38+	O projeto para adaptabilidade de edifícios existentes está diretamente relacionado à flexibilidade, pois busca criar espaços que possam ser facilmente modificados e adaptados às necessidades do cliente.	6	K
39+	O projeto para adaptabilidade envolve o gerenciamento de mudanças, pois requer a capacidade de antecipar e de incorporar mudanças futuras no projeto.	6	L
40+	O projeto para adaptabilidade de edifícios existentes busca promover a melhoria contínua, incrementando as necessidades e as oportunidades futuras para atualizar e melhorar os espaços no decorrer do tempo.	6	N
41+	Uma estrutura projetada para ser desmontada favorece a sua reutilização. Dessa forma, maximiza-se o valor dos materiais e dos componentes que podem ser reaproveitados.	7	A
42+	O projeto para desmontagem de estruturas de edifícios busca otimizar o processo de desmontagem, visando ao aumento da eficiência na entrega dos materiais e componentes que serão reutilizados ou reciclados.	7	B
43+	O projeto para desmontagem de estruturas de edifícios colabora com o controle do orçamento e a redução de custos, pois busca minimizar os gastos associados à demolição convencional e aproveitar ao máximo os recursos existentes.	7	E
44+	A flexibilidade é uma característica necessária do projeto para desmontagem para definir estratégias em conformidade com as especificidades da estrutura e para decidir as formas de reutilização após o fim da vida útil.	7	K
45+	A gestão de riscos desempenha um papel fundamental no projeto de desmontagem de estruturas para identificar e mitigar possíveis perigos e impactos negativos ao longo de toda a vida útil do edifício, incluindo o fim da vida útil dos componentes.	7	P
46+	Com a identificação precisa dos materiais e componentes que podem ser reutilizados no projeto de desmontagem, promove-se maior transparência no processo.	7	Q
47+	Uma escala para análise colabora com a visão geral do panorama circular do projeto a partir dos índices quantitativos, o que facilita a comunicação entre as partes interessadas.	8	I
48+	Utilizar uma escala para análise do nível de implantação das práticas de economia circular auxilia a inspeção das etapas do projeto em relação à aplicabilidade dos princípios circulares.	8	M

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
49+	Com a análise dos dados da escala, promove-se a melhoria contínua, utilizando-a, ao final de cada projeto, para avaliar o avanço da empresa na incorporação das práticas de economia circular.	8	N
50+	A aplicação do BIM na análise do potencial de reutilização viabiliza a incorporação das opiniões dos clientes durante a concepção do projeto, além de fornecer dados sobre os impactos ambientais dos materiais. Isso auxilia os clientes na tomada de decisões sobre a escolha dos recursos, resultando em maior satisfação com o entrega do projeto.	9	D
51+	O BIM se trata de uma ferramenta colaborativa que fomenta a colaboração entre os envolvidos no projeto, tais como projetistas, fabricantes e demais interessados.	9	H
52+	O uso de uma simulação em modelo BIM possibilita analisar diferentes cenários e identificar oportunidades de reaproveitamento de materiais, adaptando o projeto conforme necessário e promovendo a flexibilidade.	9	K
53+	A simulação pelo BIM auxilia na análise do potencial de reaproveitamento de materiais no início do projeto, favorecendo o gerenciamento de mudanças pela implementação de ajustes ou alterações necessárias.	9	L
54+	Ao realizar uma análise do potencial de reutilização de materiais durante a fase inicial do projeto, por meio de simulação BIM, estimula-se a busca por práticas e soluções mais eficientes, impulsionando a melhoria contínua na utilização dos recursos disponíveis.	9	N
55+	Devido à previsibilidade inicial, o uso do BIM permite a identificação antecipada de riscos relacionados ao reaproveitamento de materiais, possibilitando a adoção de medidas eficazes para mitigá-los.	9	P
56+	Por conta das estimativas e informações detalhadas dos materiais desde o início do projeto nos modelos BIM, o processo de reutilização se torna mais transparente.	9	Q
57+	O uso avaliação do ciclo de vida para identificar os benefícios de reutilizar diferentes projetos agrega valor ao projeto em termos de sustentabilidade e resulta em uma entrega com aproveitamento máximo dos recursos	10	A
58+	O uso da AVC traz oportunidades de reutilização, ameniza custos com a aquisição de novos materiais e otimiza o uso dos recursos disponíveis.	10	E
59+	A ACV permite identificar oportunidades de melhorias e tomar decisões com base no histórico de diferentes projetos, visando à otimização e à sustentabilidade nos estágios de vida dos projetos.	10	N
60+	Ao utilizar a avaliação do ciclo de vida, os benefícios da reutilização de materiais são avaliados de forma clara, permitindo maior transparência sobre a tomada de decisões do projeto.	10	Q
61+	A utilização de dados de estoque de materiais permite uma colaboração eficiente entre as partes interessadas, facilitando o compartilhamento de informações e o planejamento da reutilização de materiais.	11	H
62+	O uso de dados de estoque de materiais contribui para a transparência, pois permite que todas as partes interessadas tenham acesso às informações sobre os materiais disponíveis e a sua viabilidade para reutilização, proporcionando uma maior clareza na tomada de decisões.	11	Q

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
63+	A partir de práticas de gestão de água é agregar valor à entrega do projeto, tanto em termos estéticos como telhados verdes, como também em alternativas que reduzam os gastos com abastecimento de água, devido às estratégias de reúso em atividades que não necessitam de potabilidade.	12	A
64+	O uso de práticas de gestão de água melhora a satisfação do cliente em relação à entrega do projeto, pois resultam em economia financeira em fase de operação na redução do consumo de água potável. Além de que colabora para um projeto mais sustentável e comprometido com o meio ambiente.	12	D
65+	O uso de práticas como telhados verdes e sistema de coleta de água da chuva iabiliza uma gestão mais flexível da água, em termos de reúso e de menos dependência de fontes externas.	12	K
66+	A incorporação de estratégias de gestão de recursos hídricos promove uma maior transparência nas iniciativas relacionadas ao uso e ao reúso da água.	12	Q
67+	O uso de materiais de base biológica reduz gastos com transporte para a produção, contribuindo para o controle do orçamento.	13	E
68+	A flexibilidade está presente no emprego de materiais de base biológica em substituição a materiais convencionais, pois o incremento de tais materiais é flexível, podendo ser parcial ou total, bem como ser usado desde a estrutura até os acabamentos da edificação.	13	K
69+	O gerenciamento de materiais perigosos busca obter uma gestão mais segura e sustentável de resíduos perigosos, reduzindo incertezas e atrasos no desenvolvimento do projeto e acarretando uma maior eficiência.	14	B
70+	O gerenciamento de materiais perigosos colabora com o desenvolvimento sustentável do projeto, mantendo o ritmo constante no seu andamento, evitando problemas de contaminação e exposição indevida, estabelecendo um ciclo fechado dos materiais de forma segura.	14	O
71+	O gerenciamento de materiais perigosos, com a auditoria pré-demolição e o gerenciamento in situ, permitem a detecção antecipada de riscos, auxiliando na gestão eficaz dos riscos de exposição à saúde e evitando interrupções indesejadas nos projetos.	14	P
72+	O uso de materiais locais e da arquitetura vernacular fomenta a flexibilidade com a necessidade de se adaptar à disponibilização de recursos locais, incluindo, no projeto de construção, diferentes materiais e técnicas construtivas adaptadas ao ambiente local.	15	K
73+	A mudança do uso de materiais visando ao reaproveitamento pelos fabricantes promove a flexibilidade com a adaptação dos materiais para novos usos após o fim da vida do edifício.	16	K
74+	As mudanças do uso dos materiais para reaproveitamento, após fim da vida útil, necessitarão de um gerenciamento de mudanças para o planejamento e o controle serem eficazes.	16	L
75+	O envolvimento dos fabricantes na mudança de uso dos materiais para o reaproveitamento possibilita uma melhor gestão dos riscos associados à sua utilização e ao seu descarte.	16	P
76+	Ao atribuir a propriedade aos fabricantes na mudança de uso dos materiais, há uma maior transparência no processo, pois estabelecem-se responsabilidades claras para direcionar o reaproveitamento de forma mais transparente.	16	Q
77+	O desenvolvimento de passaportes materiais requer a colaboração entre os envolvidos no projeto, incluindo	17	H

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
	forneedores, fabricantes e demais profissionais da construção civil, para compartilhar informações e conhecimentos sobre os materiais utilizados.		
78+	Os passaportes de materiais facilitam a comunicação eficiente entre os diferentes stakeholders do projeto, fornecendo informações claras e precisas sobre os materiais utilizados, bem como o potencial de reutilização.	17	I
79+	Os passaportes materiais fornecem informações detalhadas sobre os materiais utilizados em um projeto, propiciando maior flexibilidade na tomada de decisões relacionadas ao reúso, à reciclagem ou ao descarte desses materiais.	17	K
80+	Ao desenvolver passaportes materiais, busca-se uma maior transparência em relação aos materiais utilizados em um projeto, fornecendo informações completas sobre a origem, composição e ciclo de vida desses materiais.	17	Q
81+	O reaproveitamento de materiais secundários na produção de materiais novos reduz os custos de produção de materiais de construção, pois substitui a extração de recursos naturais.	18	E
82+	O reaproveitamento dos materiais de construção em uma nova construção agrega valor aos projetos com o prolongamento da vida útil dos materiais de demolição.	19	A
83+	O reaproveitamento de materiais reduz os custos de aquisição em uma construção, pois materiais de demolição são mais acessíveis em substituição a materiais novos.	19	E
84+	O uso do BIM para a gestão de resíduos de construção e demolição possibilita a otimização e redução de desperdícios, estimando a produção de resíduos e auxiliando escolhas para destinação final.	20	B
85+	A gestão de resíduos de construção e demolição auxiliada pelo BIM minimiza a dependência de estimativas manuais e propensas a erros, o que reduz a incidência de retrabalhos e aumenta a produtividade da equipe.	20	F
86+	A análise de conflitos espaciais e a comunicação de dados multidisciplinares extraídos de um modelo BIM permitem uma maior colaboração entre os envolvidos no projeto, facilitando a gestão mútua de resíduos.	20	H
87+	O BIM facilita a visualização do modelo para gestão de resíduos durante a construção, o que simplifica a comunicação entre as partes interessadas do projeto, bem como agiliza a tomada de decisões necessárias.	20	I
88+	A modelagem BIM para gestão de resíduos de construção e demolição disponibilizam dados sobre os processos construtivos que propiciam avaliar a capacidade de incorporação de técnicas mais sustentáveis, tal como a construção modular, promovendo a melhoria contínua.	20	N
89+	O uso do BIM para a gestão de resíduos estima precisamente os impactos ambientais e fornece as informações sobre os resíduos de construção e demolição de forma transparente aos envolvidos.	20	Q
90+	A redução de resíduos na construção agrega valor ao projeto, minimizando desperdícios, aproveitando os recursos de forma mais eficiente.	21	A
91+	Com a redução dos resíduos, diminuem-se etapas de gestão e descartes dos materiais remanescentes, o que resulta em prazos mais curtos do projeto de construção.	21	C
92+	Com a redução dos resíduos da construção, controla-se o orçamento com a redução de desperdícios e de gastos com a destinação e gestão de resíduos.	21	E

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
93+	A redução de resíduos é uma consequência da melhoria contínua nos projetos, pois os processos precisam incluir melhorias para atingir gerações de resíduos cada vez menores na construção.	21	N
94+	Com a construção fora do local, executam-se etapas de construção paralelamente e em ambiente controlado, aumentando a eficiência da entrega e atingindo prazos mais rápidos.	22	B
95+	Com a construção fora do local, é executam-se etapas de construção paralelamente e em ambiente controlado, atingindo prazos mais rápidos e evitando atrasos por retrabalhos por intercorrências externas no canteiro de obras.	22	C
96+	A construção fora do local colabora com o controle do orçamento e minimiza os custos com a redução de desperdícios de recursos e com o aumento da eficiência no processo.	22	E
97+	A produtividade é favorecida pela construção fora do local, pois permite que as equipes de construção otimizem o fluxo de trabalho e diminua a recorrência de atrasos. Além de que há um maior controle da execução mitigando interferências climáticas e uma redução de retrabalhos devido à precisão.	22	F
98+	A construção fora do local assegura uma maior transparência no projeto de construção, pois o processo produtivo ocorre em ambiente controlado, favorecendo a inspeção das etapas.	22	M
99+	A construção fora do local caracteriza-se por processo de padronização e repetição, facilitando a identificação de oportunidades de melhorias continuamente com a avaliação dos projetos.	22	N
100+	O BIM torna o processo de gestão da operação, da manutenção e de ativos mais colaborativo, possibilitando o acompanhamento em tempo real de informações relevantes ao longo do ciclo de vida do projeto, quando performam um gêmeo digital.	23	H
101+	O uso do BIM para melhorar a operação, manutenção e gerenciamento de ativos resulta no compartilhamento mais ágil de informações, facilitando a tomada de decisões e o feedback entre as partes interessadas.	23	I
102+	A inspeção e o controle periódico dos ativos de um projeto são facilitadas pela modelagem BIM com a atualização das informações tais como consumo, energia e desempenho.	23	M
103+	A modelagem BIM disponibiliza dados sobre os ativos, os quais são utilizados para trazer melhorias contínuas, seja por meio de gaps na gestão e da identificação de manutenções no projeto, bem como por lições aprendidas para outros projetos da empresa.	23	N
104+	O uso do BIM durante a operação atua em conjunto com a gestão de riscos, permitindo uma melhor compreensão do desempenho dos ativos e a implementação de manutenções preventivas.	23	P
105+	A utilização do BIM e a criação de gêmeos digitais proporcionam um gerenciamento de ativos mais transparente, atualizado e alinhado com o modelo digital, melhorando a visibilidade aos envolvidos.	23	Q
106+	O gerenciamento operacional do espaço de edificações, a adoção de práticas como downsizing e estratégias de otimização resulta na redução de custos ao mitigar a necessidade de novas construções e/ou recursos.	24	E
107+	O gerenciamento operacional da ocupação de edificações demonstra a flexibilidade em adaptar o uso do espaço em edifícios residenciais e comerciais.	24	K
108+	A gestão de mudanças é essencial para o gerenciamento operacional da ocupação de espaços dos edifícios, pois trata-se	24	L

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
	de um processo adaptativo com base nas mudanças dinâmicas das necessidades de uso.		
109+	Utilização de uma ferramenta para avaliar o estado dos materiais durante seu ciclo de vida acarreta em um orçamento mais controlado, pois permite realizar manutenção preventiva, como também identificar eventuais problemas precocemente, evitando gastos excedentes ao final da vida útil.	25	E
110+	O uso de uma ferramenta de avaliação do estado dos materiais desde o estágio inicial da vida útil até o final facilita a decisão quanto à destinação adequada dos resíduos da construção.	25	J
111+	O acompanhamento do estado dos materiais no decorrer de sua vida útil e no final dela flexibilidade na gestão do edifício flexibiliza os processos de manutenções, substituições, reutilização e/ou eliminação, a partir dos retornos da ferramenta na avaliação.	25	K
112+	A utilização de uma ferramenta de avaliação do estado dos materiais no ciclo de vida de um edifício impulsiona o gerenciamento ágil de mudanças na tomada de decisões, a partir da identificação rápida de problemas e adaptação durante o projeto.	25	L
113+	A avaliação dos materiais durante todo o projeto de construção possibilita a inspeção periódica do processo para tomada de decisões corretivas ou de melhorias, condicionando-se ao estabelecimento de métricas e de critérios de aceitação para acompanhamento.	25	M
114+	A utilização de uma ferramenta para avaliar o estado dos materiais oportuniza a melhoria contínua durante todo o projeto. A partir da avaliação e da inspeção, possibilita-se a implementação de melhorias e/ou correções para aumentar a vida útil dos materiais e trazer benefícios ao edifício.	25	N
115+	As informações levantadas pela ferramenta de avaliação atribuem mais transparência aos stakeholders quanto ao estado dos materiais e à evolução do projeto.	25	Q
116+	A manutenção preventiva é uma forma de minimizar os custos com a manutenção recuperativa, os quais são mais onerosos por se tratarem de intervenções mais graves, complexas e emergenciais. A prevenção também prolonga a vida útil do produto, mitigando a frequência de substituições, e melhora a eficiência operacional.	26	E
117+	A manutenção preventiva é favorecida por meio da inspeção das etapas do projeto. A inspeção propicia a identificação rápida de problemas e de oportunidades de melhorias e contribui para implementação de práticas de manutenção e prevenção.	26	M
118+	Com a manutenção preventiva, promove-se a melhoria contínua do projeto a partir da identificação de oportunidades de melhoria e de mitigação de falhas em contraponto à manutenção recuperativa.	26	N
119+	A manutenção preventiva é uma alternativa para a mitigar riscos como falhas, defeitos ou problemas no processo de operação. Trata-se de um conjunto de medidas que evitam o agravamento dos danos, estabelecendo uma segurança maior frente às adversidades.	26	P
120+	A utilização do BIM agrega valor à etapa de desconstrução, permitindo a análise detalhada dos componentes e a maximização da reutilização de materiais.	27	A
121+	A utilização do BIM possibilita a criação de modelos com informações relevantes para todo o ciclo de vida do projeto,	27	B

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
	facilitando a análise 3D das condições existentes e de reutilização reutilizáveis e, alcançando maior eficiência no planejamento da desconstrução,		
122+	A utilização do BIM torna o projeto de desconstrução mais colaborativo entre as partes interessadas, pois possibilita o compartilhamento de dados e auxilia a tomada de decisões.	27	H
123+	O emprego do BIM para suporte à desconstrução traz um compartilhamento mais ágil de informações, facilitando a tomada de decisões e o feedback entre as partes interessadas.	27	I
124+	O BIM facilita a visualização e o planejamento da desconstrução, possibilitando a exploração de diferentes cenários e a adoção de abordagens flexíveis.	27	K
125+	A modelagem BIM disponibiliza dados sobre a desconstrução dos edifícios que são utilizados para trazer melhorias contínuas tanto no processo de recuperação dos materiais quanto em projetos futuros por meio de lições aprendidas.	27	N
126+	O BIM viabiliza a análise detalhada dos componentes do edifício e a simulação de diferentes cenários de desconstrução, o que facilita a identificação e a mitigação de riscos durante esse processo.	27	P
127+	Por meio do BIM, estabelecem-se uma melhor visualização e compartilhamento de informações, promovendo a transparência entre as partes interessadas no projeto de desconstrução.	27	Q
128+	Por meio da utilização da robótica e da tecnologia computacional, a reciclagem in loco de resíduos na construção possibilita uma coleta, triagem e reciclagem mais eficientes, minimizando o desperdício e otimizando o processo de forma sustentável.	28	B
129+	A reciclagem in loco ocorre em um menor período do que sistema de reciclagem complexos, pois ocorre no local de geração de resíduos e evita-se o tempo de transporte para uma unidade externa de reciclagem.	28	C
130+	A colaboração entre as partes interessadas é essencial na reciclagem de resíduos in loco para a o planejamento e a implementação de sistemas de coleta, triagem e processamento de resíduos	28	H
131+	A reciclagem de resíduos in loco aliada com o uso tecnologias como R-CNN e SLAM, permite a segmentação e adaptação do robô às condições complexas do ambiente real, possibilitando maior flexibilidade no processo de reciclagem.	28	K
132+	A adoção de recursos tecnológicos, como robôs, para o processo de reciclagem de resíduos in loco colabora com o mantimento de um ritmo constante no progresso do projeto, garantindo a reciclagem automática de componentes em tempo real.	28	O
133+	Analisar o potencial e a viabilidade de reutilização ou reciclagem de materiais existentes agregam valor com prolongamento do ciclo de vida de determinados materiais e a maximização do uso dos recursos disponíveis.	29	A
134+	A redução de custos ocorre a partir da análise de reutilização de materiais, pois, se validada a reutilização, minimizam-se os custos de aquisição de novos recursos, de descarte, de transporte e de desperdícios.	29	E
135+	Realizar uma análise para verificar qual a melhor escolha entre reutilizar/reciclar ou usar novos materiais colabora com a gestão dos riscos do projeto, tais como riscos financeiros e ambientais.	29	P
136+	A gestão de resíduos de demolição colabora com a resolução de riscos associados à destinação inadequada de resíduos e a	30	P

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
	problemas causados pelo mau planejamento no canteiro de obras.		
137+	A gestão de resíduos de demolição proporciona maior transparência nos processos de separação e destinação final dos materiais na fase de fim da vida, possibilitando o acompanhamento dos stakeholders sobre as práticas de gestão desde o planejamento no início do projeto.	30	Q
138+	A desconstrução de estruturas e materiais de construção agrega valor à fase de fim da vida com a minimização de desperdícios, redução de resíduos e assegurando um processo mais seguro e controlado em comparação com a demolição.	31	A
139+	A desconstrução flexibiliza a destinação final dos componentes e materiais e possibilita a reutilização e o reaproveitamento de elementos em outros projetos.	31	K
140+	A desconstrução favorece uma melhor gestão de riscos por se tratar de um processo controlado, mitigando riscos ambientais e promovendo maior segurança no trabalho.	31	P
141+	O uso de uma ferramenta de circularidade agrega valor ao projeto de reabilitação, auxiliando a tomada de decisão dos stakeholders e visando a orientar quanto às melhorias soluções possíveis, bem como prolonga a sua vida útil.	32	A
142+	A utilização de uma ferramenta para avaliar edifícios existentes torna o processo mais colaborativo entre as partes interessadas, facilitando o trabalho mútuo.	32	H
143+	A utilização de uma ferramenta para avaliar edifícios existentes traz melhorias à comunicação entre as partes interessadas na reabilitação dos edifícios, favorecendo a comunicação durante a avaliação e nas decisões necessárias.	32	I
144+	A partir da avaliação dos edifícios existentes para reabilitação, promove-se a flexibilidade na operação e a adequação dos espaços.	32	K
145+	Uma ferramenta de circularidade para avaliar edifícios existentes, que fornece as soluções de reabilitação mais pertinentes ao projeto, colabora com o gerenciamento de mudanças, assessorando a implementação de mudanças nas construções e no uso do local.	32	L
146+	O processo de utilizar uma ferramenta colaborativa para a reabilitação de edifícios existentes torna o projeto mais transparente em relação às escolhas das melhores soluções e as suas justificativas.	32	Q
147-	A implementação do modelo de custo do ciclo de vida (LCC) é complexa devido à coleta e análise dos dados. Além disso, há uma dificuldade na incorporação de parâmetros de circularidade, o que requer uma avaliação mais abrangente e detalhada dos recursos utilizados e recuperados ao longo do ciclo de vida.	3	J
148-	O projeto para desmontagem de estruturas de edifícios requer uma complexidade maior com o acréscimo de técnicas e etapas conceptivas e construtivas.	7	J
149-	A implementação de práticas de gestão de água, como telhados verdes e o reúso de água da chuva, demanda custos iniciais mais elevados em comparação métodos convencionais de construção.	12	E
150-	A construção fora do local enfrenta dificuldades na fase de transporte, principalmente quando se trata de peças extensas e pesadas, necessitando de planejamento e de suporte mais complexos.	22	J

Número da interação	Interação	Chave Prática EC	Chave Atributo Ágil
151-	Devido à construção ser realizada fora do canteiro de obra, acarreta-se a falta de flexibilidade para realizar alterações durante a montagem, se necessário.	22	K
152-	Em virtude de a desconstrução ser uma abordagem seletiva em relação à demolição convencional, o procedimento se torna mais lento e necessita de um intervalo maior de tempo para executá-lo.	31	C
153-	A desconstrução de estruturas e de materiais de construção envolve uma complexidade maior em comparação à demolição convencional com a necessidade de um planejamento mais robusto e acréscimo de processos no fim da vida.	31	J

6.8 APÊNDICE B - SIMULAÇÃO DA CONVERGÊNCIA NA APLICAÇÃO DO ESQUEMA ÁGIL ASSOCIADO À ECONOMIA CIRCULAR

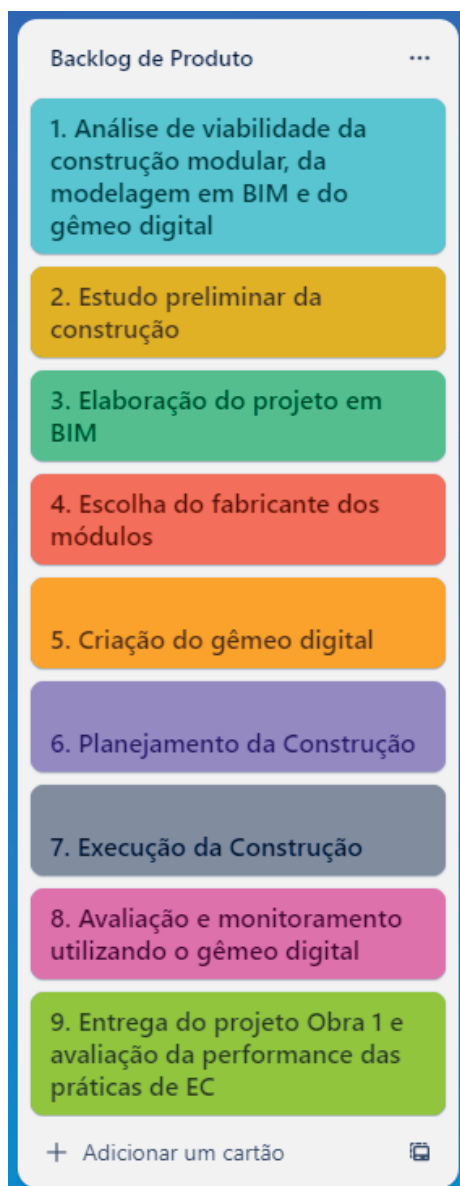
Este apêndice não consta na ideia original desta investigação, porém o desafio posto surge após estabelecer as bases teóricas dos capítulos 4, 5 e 6. A proposta é apresentar uma simulação prática do esquema de gestão apresentado no Capítulo 6 (FIGURA 22), a fim de ilustrar a aplicação da convergência entre a gestão ágil e a economia circular em projetos de construção.

O exercício será com a utilização de tecnologias digitais e projetos de edifícios modulares que foram as duas práticas com mais sinergia entre os conceitos ágil e economia circular. Esta simulação partirá do princípio do planejamento e execução de uma casa residencial de 40m², denominada Obra 1, a qual será uma construção modular e utilizar-se-ão o BIM e a tecnologia de gêmeo digital para promoção da economia circular. O projeto de inovação respectivo à Obra 1 durará até a entrega de chaves ao cliente, convergindo com a finalização do projeto Obra 1.

Primeiramente, o time Scrum será formado por: um Dono do Produto, o qual recomenda-se que seja o engenheiro responsável pelo projeto da Obra 1; uma equipe de desenvolvimento multidisciplinar de analistas, engenheiros, arquitetos e/ou especialistas nos temas das práticas, que estarão envolvidos na etapa de projeto e construção; e um Scrum *Master*, o qual precisa ser um profissional qualificado no *framework* Scrum para assegurar o seguimento dos seus princípios e diretrizes. Importante reforçar que, conforme atribuído pelo Guia do Scrum (Schwaber; Sutherland, 2020), o número ideal de participantes em um time Scrum é de no máximo 10 pessoas.

6.8.1 Etapa 1 – *Backlog* do Produto

O Dono do Produto (engenheiro responsável) levanta quais práticas de economia circular serão implementadas no projeto da Obra 1, sendo o responsável por elaborar o *Backlog* do Produto e mantê-lo atualizado conforme as necessidades do cliente e do negócio. É importante utilizar um *software* de gestão de projetos, como o Trello para facilitar a visibilidade do escopo do projeto. A FIGURA 23 traz um exemplo do *Backlog* do Produto para o projeto de inovação da Obra 1 elaborado no Trello.

FIGURA 23 - Exemplo do *Backlog* do Produto do projeto de inovação da Obra 1

Fonte: A autora.

Importante reforçar que a escolha do item do *Backlog* do Produto para atuação na *sprint* não precisa ser na ordem descrita, bem como permite-se escolher dois ou mais itens simultaneamente se a equipe conseguir e se dispor a atender as demandas no tempo definido para a *sprint*.

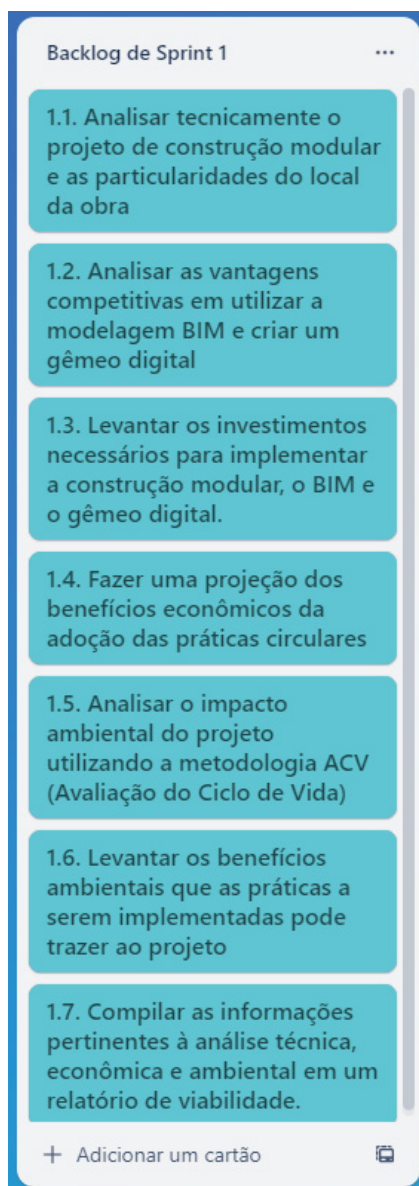
6.8.2 Etapa 2 – Planejamento da *sprint*

O planejamento da *sprint* trata-se de uma reunião em que a equipe de desenvolvimento seleciona o item ou os itens que serão trabalhados durante a *sprint*.

O Scrum *Master* acompanha com um facilitador da reunião. A presença do Dono de Produto também é importante para auxiliar a equipe de desenvolvimento. O Scrum instrui que uma *sprint* durará no máximo quatro semanas. Porém, como o projeto de construção compõe-se por etapas com duração longa, tal como a execução, sugere-se aumentar o tempo da *sprint* quando o projeto estiver nessa fase, se necessário, não ultrapassando um tempo máximo de três meses, para não atrapalhar a inspeção. Para a realização deste evento, recomenda-se seguir os fundamentos do Guia do Scrum (Schwaber; Sutherland, 2020).

6.8.3 Etapa 3 – *Backlog* da *sprint*

Como principal saída do planejamento da *sprint*, elabora-se o *Backlog* da *sprint* com a descrição das tarefas decompostas do item escolhido, ou seja, uma lista do que precisará ser feito para concluir o item. Recomenda-se também já assinalar os respectivos responsáveis pelas tarefas criadas. A FIGURA 24 mostra um exemplo do *Backlog* da *Sprint* 1 do projeto em análise no Trello. Para a *Sprint* 1, considerou-se que o time Scrum selecionou apenas o item “Análise de viabilidade da construção modular, da modelagem em BIM e do gêmeo digital”. A FIGURA 25 mostra um exemplo do *card* de uma tarefa, no qual se delega um ou mais membros da equipe de desenvolvimento para execução da tarefa e coloca-se o prazo para finalização da tarefa visando ao melhor controle de entregas dos envolvidos.

FIGURA 24 - Exemplo do *Backlog* da *Sprint* 1 do projeto de inovação da Obra 1

Fonte: A autora.

FIGURA 25 - Exemplo de *card* de uma tarefa da *sprint*

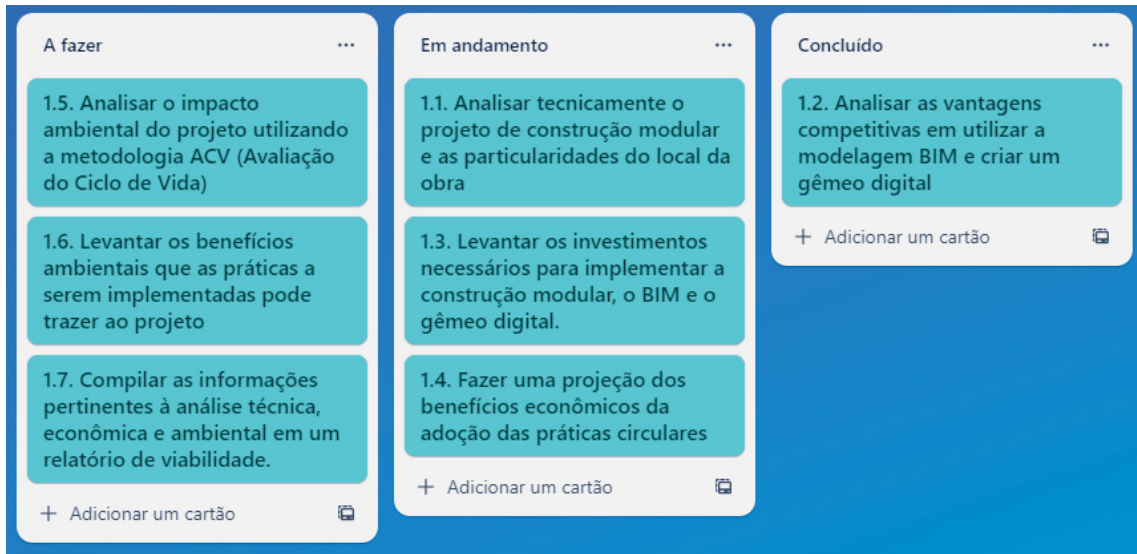
Fonte: A autora.

6.8.4 Etapa 4 – *sprint*

Trata-se do período de tempo no qual as tarefas planejadas na etapa anterior serão executadas com base no *Backlog* da *sprint*. Durante a *sprint*, realizam-se reuniões diárias com o time Scrum, requerendo a presença obrigatória da equipe de desenvolvimento, para promover a inspeção, acompanhar o progresso das atividades e remover possíveis impedimentos. A periodicidade dessas reuniões é flexível, possibilitando a realização semanalmente, com base no tamanho das tarefas a serem executadas, e se houver comum acordo entre os membros do time Scrum.

Para auxiliar as reuniões de andamento da *sprint*, propõe-se utilizar o quadro Kanban de tarefas no Trello, com as tarefas que precisam ser feitas (coluna *Backlog* da *sprint*), as tarefas em andamento e as concluídas, conforme demonstrado na FIGURA 26.

FIGURA 26 - Quadro Kanban de tarefas



Fonte: A autora.

6.8.5 Etapa 5 – Revisão da *sprint*

A revisão da *sprint* é o evento em que a equipe de desenvolvimento apresentará o que foi executado durante a *sprint* às partes interessadas. Nesta reunião, faz-se necessária a presença de todo o time Scrum e dos principais *stakeholders* do projeto, como: proprietário do negócio, gerência da empresa, profissionais da Engenharia e Arquitetura, coordenador da área de inovação, entre outros. Exemplificando uma revisão da *sprint* para a *Sprint* 1 do projeto de inovação em simulação, apresentar-se-ia o relatório de viabilidades com todos os levantamentos técnicos, econômicos e ambientais realizados sobre as práticas da construção modular, do modelo BIM e do gêmeo digital. Neste momento, analisa-se também a necessidade de possíveis ajustes e/ou adaptações para o seguimento do projeto.

6.8.6 Etapa 5 – Retrospectiva da *sprint*

A retrospectiva da *sprint* trata-se de um evento restrito à equipe Scrum para o mapeamento dos pontos positivos e negativos da *sprint* em termos de gestão, de planejamento e de operacionalização, além da identificação de oportunidades de melhoria para a próxima *sprint*. O Trello também intermedia as saídas desta reunião, conforme simulado na FIGURA 27.

FIGURA 27 - Quadro da Retrospectiva da *sprint*

Fonte: A autora.

Por fim, após o último evento da *Sprint 1*, finaliza-se o primeiro ciclo do projeto, e se iniciará um novo ciclo, ou seja, a *Sprint 2*, voltando ao *Backlog* do Produto para selecionar o próximo item de atuação da equipe e seguindo as demais etapas posteriores. O projeto de inovação findará após “n” iterações necessárias para a entrega de todo o *Backlog* do Produto.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo principal analisar a sinergia entre as práticas da economia circular e os atributos da abordagem ágil na gestão de projetos da indústria da construção. Os objetivos específicos delineados foram devidamente abordados em três artigos distintos, cada um contribuindo para uma compreensão mais profunda do tema e alcançar o objetivo principal. Tais artigos foram apresentados nos capítulos 4, 5 e 6.

No capítulo 4 “Mapeamento dos atributos da gestão ágil aplicados em projetos de construção”, realizou-se uma revisão sistemática da literatura para examinar a aplicabilidade da abordagem ágil na gestão de projetos de Arquitetura e Engenharia da Construção (AEC). Os dois primeiros objetivos específicos desta investigação foram alcançados com a análise dos artigos integrantes da revisão, a qual resultou no maior aprofundamento sobre o atual estado da arte da adoção da metodologia ágil e no mapeamento dos atributos ágeis mais aplicados na indústria da construção. Identificaram-se os quatro principais atributos ágeis mais relevantes para projetos de construção: comunicação eficaz, gerenciamento de mudanças, colaboração e flexibilidade. Além disso, o *framework* Scrum, composto por processos cíclicos para promoção da melhoria contínua, foi apontado como altamente aplicável, adaptando-se bem às fases do ciclo de vida dos projetos de construção. Essas descobertas validaram a potencial aplicação da abordagem ágil na indústria da construção, resolvendo desafios tradicionais de gestão e promovendo maior eficiência e satisfação do cliente. Apesar do grande potencial de pesquisa sobre o ágil na indústria da construção, a literatura apresenta uma quantidade limitada de publicações. Dessa forma, ainda há lacunas para novas pesquisas em relação a essa temática.

O capítulo 5 “Práticas de economia circular em projetos de construção: um estudo da literatura”, conduzido através de outra revisão sistemática da literatura, concentrou-se na atualização das práticas da economia circular na indústria da construção nos últimos anos para alcance do terceiro objetivo específico. Mapearam-se 12 práticas adicionais à economia circular na construção, com destaque para a crescente adoção de tecnologias digitais como BIM, IoT, Realidade Aumentada, robôs, drones, Impressão 3D e *blockchain* para a contribuir na transição da economia linear para a economia circular. Projetos de eficiência energética e a gestão de resíduos ganharam importância e refletiu-se uma maior preocupação com o fim de

vida dos edifícios. Uma lista final de PECs foi elaborada, apontando-se os estágios de ciclo de vida segundo a norma EN 15804 a que se referem. Após a classificação das práticas de acordo com os estágios, sugeriu-se visitar a norma EN 15804, visando à ampliação de sua abrangência. Recomenda-se a incorporação de abordagens relacionadas à concepção, planejamento e projeto, com a proposição de um novo estágio "A0". Além disso, propôs-se incluir subdivisões do estágio D para atribuição de práticas referentes a indicadores de circularidade. Tais medidas permitiriam a integração mais adequada de práticas ligadas ao projeto, indicadores e gestão.

Outra conclusão do capítulo 5 decorre da relação entre as práticas de economia circular (PECs) encontradas e os 10 Rs da sustentabilidade. Identificou-se que "Repensar", que se caracteriza por buscar maior aproveitamento do uso do produto e pelo redesenho dos estágios do ciclo de vida para promoção da circularidade, foi o que teve mais correlações com as práticas de economia circular. Neste sentido, reforça-se a necessidade de um planejamento conciso e uma gestão de projetos eficiente para implementação das práticas que se relacionam a esse conceito. Além disso, verificou-se que a maioria das práticas estão relacionadas aos Rs prioritários do *framework* circular, mostrando que suas incorporações fortalecem a presença da economia circular na fase inicial de concepção e na gestão de projetos de construção.

Com base nos resultados obtidos nos capítulos 4 e 5, partiu-se para o sexto capítulo, no qual, utilizando análise de conteúdo e relações, exploraram-se as relações entre as características ágeis e a economia circular pela identificação de interações positivas e negativas. Ao relacionar ambos os conceitos, constatou-se que existe uma sinergia entre os atributos da abordagem ágil e as práticas de economia circular, pois, aproximadamente 95% das interações encontradas foram positivas. Evidenciaram-se que características ágeis como a flexibilidade, a transparência, a gestão de riscos e a melhoria contínua se correlacionam favoravelmente com as práticas da economia circular. Contudo, também foram identificadas algumas interações negativas entre os dois conjuntos de práticas, principalmente no que diz respeito à simplicidade da implementação, a qual se trata de um atributo ágil. Isso sugere que, apesar da sinergia geral, é importante avaliar cuidadosamente a aplicação conjunta desses conceitos para evitar conflitos ou dificuldades na implementação. Enfatizou-se também uma forte interação entre práticas de economia circular e atributos ágeis, especialmente na gestão inicial do ciclo de vida dos edifícios,

ou seja, estágio de projeto, ressaltando a necessidade de um planejamento sustentável desde a concepção. Na categoria com menor interação, "equipe e/ou partes interessadas" do enfoque ágil, observou-se que a metodologia ágil contribuirá com a economia circular para fortalecer os princípios de gestão intrínsecos na transição, sustentando o *mindset* circular de colaboração com as partes interessadas e foco nos usuários. Além disso, o ágil contribui para gerir a complexidade trazida por práticas no estágio "benefícios e cargas além do fim da vida".

O capítulo 6 "Relações teóricas das práticas de economia circular com a abordagem ágil aplicada a gestão de projetos" também trouxe uma proposta de adaptação do *framework* ágil denominado Scrum para implementação de práticas de economia circular na indústria da construção, através da criação de um projeto de inovação. A proposta de associação entre o ágil e economia circular em um projeto de inovação tem o intuito de familiarizar os profissionais da AEC com ambos os temas, sem estabelecer uma mudança brusca em todo o processo de gestão. Essa abordagem permite a implementação gradual e articulada das práticas de economia circular nos projetos de construção com a gestão ágil, proporcionando uma abordagem iterativa e incremental para alcançar projetos mais sustentáveis. Dessa forma, permite-se superar a resistência à mudança e investir em inovação, os quais são passos cruciais para alcançar projetos da indústria da construção mais sustentáveis e eficientes.

Em síntese, esta dissertação concluiu que há sinergia entre o ágil e a economia circular. Enfatizou-se a relevância de adotar abordagens sustentáveis e inovadoras na gestão de projetos de construção, utilizando a metodologia ágil para incorporar as práticas circulares ao longo do ciclo de vida do projeto de construção. Destaca-se que a sinergia entre a metodologia ágil e os princípios da economia circular oferece uma rota significativa para lidar com os complexos desafios ambientais, econômicos e sociais, que permeiam a indústria da construção, e tem potencial para promover uma transformação benéfica nos projetos deste setor.

A partir de *frameworks* adaptativos como o Scrum, cria-se um ambiente propício para a integração dos princípios da economia circular, com ênfase na flexibilidade, transparência, colaboração e melhoria contínua. Através da abordagem ágil, as empresas conseguem adotar a economia circular de maneira iterativa e incremental, permitindo a implementação e ajuste contínuos de práticas sustentáveis ao longo do ciclo de vida dos projetos. O ágil também simplifica a incorporação do

feedback das partes interessadas, aprimorando a comunicação. Além disso, a capacidade de responder rapidamente às mudanças e adaptar-se é fundamental para garantir uma transição bem-sucedida para a economia circular. A combinação entre as diretrizes ágeis e os princípios da economia circular oferece uma abordagem abrangente e dinâmica para a gestão de projetos circulares na indústria da construção. Isso permite não apenas uma implementação mais eficaz das práticas circulares, mas também contribui para a criação de um ambiente de trabalho mais ágil, colaborativo e responsivo às demandas em constante evolução.

No contexto da aplicação da gestão ágil de projetos ao longo dos estágios do ciclo de vida de um edifício, foi observado um potencial mais significativo na fase de projeto. Ao considerar as etapas desde a criação do produto até o seu encerramento, cabe ao gestor do projeto estabelecer um planejamento minucioso das tarefas necessárias, juntamente com a adaptação dos intervalos de tempo das iterações do *framework*, como nas *sprints*. Isso também envolve a avaliação da composição da equipe, determinando se é necessário incluir ou remover membros conforme a demanda.

Apesar de fornecer *insights* relevantes sobre a convergência entre a abordagem ágil e a economia circular na construção, é essencial ressaltar que as conclusões derivam de uma análise teórica. Por isso, recomenda-se estudos futuros para investigar empiricamente essas relações em estudos de caso reais, a fim de validar sua eficácia prática e oferecer orientações concretas para a implementação da economia circular em conjunto com a gestão ágil. A relação entre a abordagem ágil e o *lean* também emergiu como uma área promissora para futuras pesquisas, tornando-se uma alternativa para o aprimoramento da gestão de projetos na indústria da construção. Outro ponto a ser explorado em futuras pesquisas é a aplicação da abordagem ágil em práticas que se inserem no estágio “benefícios e cargas além do fim da vida”, investigando como lidar com práticas nesses estágios avançados.

REFERÊNCIAS

AREFAZAR, Y. et al. Prioritizing Agile project management strategies as a change management tool in construction projects. **International Journal of Construction Management**, v. 22, n. 4, p. 678-689, 2019.

AKEL, R. P. et al. Estudo comparativo entre a metodologia tradicional e ágil de gerenciamento de projetos. In: XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 39., 2019, Santos. **Anais...** Santos: ABEPRO, 2019. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_295_1664_38216.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.

BECK, K. et al. **“Manifesto for Agile Software Development”**. 2001. Disponível em: <http://Agilemanifesto.org/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BENACHIO, G. L. F. **Aproximações teóricas e interações das relações práticas entre a economia circular e os princípios da construção enxuta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil). UFPR, Curitiba, 2020.

BENACHIO, G. L. F.; FREITAS, M. C. D.; TAVARES, S. F. Circular economy in the Construction Industry: A Systematic Literature Review. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 121046, 2020.

BURMISTROV, A.; SINIAVINA, M.; ILIASHENKO, O. Project Management Life Cycle Models to Improve Management in High-rise Construction. **E3S Web of Conferences**, v. 33, p. 03005, 2018.

CHUMPITAZ, B. et al. Application of the Scrum framework to optimize time in construction projects. In: Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), 2020. **Proceedings...** IEEE, 2020.

CNI (Confederação Nacional da Indústria). **Economia circular e gestão de resíduos na OCDE**. 2021. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/c4/d9/c4d9df11-bf21-4d45-947c-d8019f65c1f4/ocde_briefing_economicircular.pdf. Acesso em: 22 set. 2022.

CNI (Confederação Nacional da Indústria). **Sondagem Indústria da Construção**. ISSN: 2317-7322, ano 13, n. 6, junho, 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2022/07/sondagemindconstrjun22v41.pdf>. Acesso em: 30 set. 2022.

CNI (Confederação Nacional da Indústria). **Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira**. ISBN: 978-85-7957-166-4, Brasília, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324729539_Economia_Circular_Oportunidades_e_desafios_para_a_industria_brasileira. Acesso em: 28 set. 2022.

DIGITAL.AI. **15th State of Agile Report**. Digital.ai, 2021. Disponível em: <https://Digital.ai/resource-center/analyst-reports/state-of-Agile-report>. Acesso em: 08 set. 2022.

DRÄGER, P.; LETMATHE, P. Value Losses and Environmental Impacts in the Construction Industry - Tradeoffs or Correlates? **Journal of Cleaner Production**, v. 336, 130435, 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Circular economy introduction**. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>. Acesso em: 20 set. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Eliminate waste and pollution**. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/eliminate-waste-and-pollution>. Acesso em: 20 set. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Circulate Products and materials**. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circulate-Products-and-materials>. Acesso em: 20 set. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Regenerate nature**. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/regenerate-nature>. Acesso em: 20 set. 2022.

ENDRES, M.; BICAN, P. M.; WÖLLNER, T. Sustainability Meets Agile: Using Scrum to Develop Frugal Innovations. **Journal of Cleaner Production**, v. 347, 130871, 2022.

FRANZOLIN, C. T. S. **Barreiras na implementação de Metodologias Ágeis: estudo de caso em uma empresa de meios de pagamento**. Dissertação (Mestrado em Ciências). USP, São Paulo, 2019.

GUERRA, B. C. et al. Circular economy Applications in the Construction Industry: A Global Scan of Trends and Opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 324, 129125, 2021.

HEIMICKE, J.; KAISER, S.; ALBERS, A. Agile product development: an analysis of acceptance and added value in practice. **Procedia CIRP**, v. 100, p. 768–773, 2021.

HRON, M.; OBWEGESER, N. Why and How Is Scrum Being Adapted in Practice: A Systematic Review. **Journal of Systems and Software**, v. 183, 111110, 2022.

JETHVA, S. S.; MIROSŁAW J. S. Agile Project Management for Design-Build Construction Projects: A Case Study. **International Journal of Applied Science and Engineering**, v. 19, n. 1, p. 1-11, 2022.

KADENIC, M. D.; KOUMADITIS, K.; JUNKER-JENSEN, L. Mastering Scrum with a Focus on Team Maturity and Key Components of Scrum. **Information and Software Technology**, v. 153, p. 107079, 2022.

KRAUSMANN, F. et al. Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 8, p. 1880–1885, 2017.

KUCUKVAR, M. How circular design can contribute to social sustainability and legacy of the FIFA World Cup Qatar 2022™? The case of innovative shipping container stadium. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 91, p. 106665, 2021.

LEHMANN, C. et al. Leveraging the Circular economy: Investment and Innovation as Drivers. **Journal of Cleaner Production**, v. 360, 132146, 2022.

LEI, H. et al. A Statistical Analysis of the Effects of Scrum and Kanban on Software Development Projects. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 43, p. 59-67, 2017.

LIU, Q. et al. A Survey and Analysis on Public Awareness and Performance for Promoting Circular economy in China: A Case Study from Tianjin. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 2, p. 265-270, 2009.

MALIK, M.; SARWAR, S.; ORR, S. Agile Practices and Performance: Examining the Role of Psychological Empowerment. **International Journal of Project Management**, v. 39, n. 1, p. 10-20, 2021.

MARNADA, P. et al. Agile Project Management Challenge in Handling Scope and Change: A Systematic Literature Review. **Procedia Computer Science**, v. 197, p. 290-300, 2022.

MCKINSEY & COMPANY. **The next normal in construction Executive summary**. 2020.

MIES, A.; GOLD, S. Mapping the Social Dimension of the Circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 321, 128960, 2021.

MNQONYWA, S.; VON SOLMS, S.; MARNEWICK, A. A systematic literature review of the Agile methodology applied during construction project design. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, p. 1430-1442, 2018.

MOHAMED, B; MOSELHI, O. A framework for utilization of Agile management in construction management. In: Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference, 2019, Laval. **Proceeding...** Laval: CSCE, 2019, p. CON21 1-10.

MOHAMMED, K. N.; KARRI, S. C. An analytical approach in usage of Agile methodologies in construction industries - A case study. **Materials Today: Proceeding**, v. 33, p. 475-479, 2020.

MOYANO, C. G. et al. Uses of Business Process Modeling in Agile Software Development Projects. **Information and Software Technology**, v.152, 107028, 2022.

MUNARO, M. R. et al. Circular Business Models: Current State and Framework to Achieve Sustainable Buildings. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 12, 04021164, 2021.

- NEVES, S. A.; MARQUES, A. C. Drivers and Barriers in the Transition from a Linear Economy to a Circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v.341, 130865, 2022.
- OLULEYE, B. I.; CHAN, D. W. M.; ANTWI-AFARI, P. Circular economy Research on Building Construction and Demolition Waste: A Review of Current Trends and Future Research Directions. **Journal of Cleaner Production**, v. 357, 131927, 2022.
- OSUNSANMI, T. O. et al. Modelling construction 4.0 as a vaccine for ensuring construction supply chain resilience amid COVID-19 pandemic. **Journal of Engineering, Design and Technology**, Emerald Insight, v. 20, n. 1, p. 132-158, 2021.
- OZORHON, B.; CARDAK, F. CAGLAYAN, S. Investigating the Agile Hybrid Approach in Construction. **Journal of Management in Engineering**, v. 38, n. 4, 04022022, p. 1-13, 2022.
- PEREIRA, R. et al. Economia circular e cadeia de suprimentos: uma revisão da literatura. In: SEMEAD 2018 – XXI Seminários em Administração, 21., 2018, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEAUSP, 2018, ISSN 2177-3866.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Agile practice Guide**. Newtown Square, 2017.
- RADHAKRISHNAN, A. et al. The Impact of Project Team Characteristics and Client Collaboration on Project Agility and Project Success: An Empirical Study. **European Management Journal**, 2021.
- RAHARJO, T.; PURWANDARI, B. Agile Project Management Challenges and Mapping Solutions: A Systematic Literature Review. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Software Engineering and Information Management. **Proceedings...** 2020, p.123-129.
- RIZOS, V.; TUOKKO, K.; BEHRENS, A. **The Circular economy: A review of definitions, processes and impacts**. Research Report, Centre for European Policy Studies, 2017.
- SANTOS, A. (org.). **Seleção do método de pesquisa: guia para pós-graduandos em Design e áreas afins**. Insight Editora. Curitiba, 2018.
- SAKTHIVELMURUGAN, E. et al. Analysis of the Impact of Circular economy over Linear Economy in the Paper Processing Industry. **Materials Today: Proceedings**, v. 66, p. 1446-1452, 2022.
- SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **The Scrum Guide**. 2020.
- THESING, T.; FELDMANN, C.; BURCHARDT, M. Agile versus Waterfall Project Management: Decision Model for Selecting the Appropriate Approach to a Project. **Procedia Computer Science**, v. 181, p. 746-756, 2021.

TÖBBEN, J.; OPDENAKKER, R. Developing a Framework to Integrate Circularity into Construction Projects. **Sustainability**, v. 14, n. 9, 5136, 2022.

WEETMAN, C. **Economia circular: Conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. Tradução Afonso Celso da Cunha Serra. Autêntica Business, ed. 1, São Paulo, 2019.

WEFLEN, E.; MACKENZIE, C.A.; RIVERO, I. V. An Influence Diagram Approach to Automating Lead Time Estimation in Agile Kanban Project Management. **Expert Systems with Applications**, v. 187, 115866, 2022.

WUNI, I. Y. Mapping the Barriers to Circular economy Adoption in the Construction Industry: A Systematic Review, Pareto Analysis, and Mitigation Strategy Map. **Building and Environment**, v. 223, 109453, 2022.

YU, Y. et al. A Systematic Literature Review on Circular economy Implementation in the Construction Industry: A Policy-Making Perspective. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 183, 106359, 2022.

ZIELSKE, M.; HELD, T. Agile Methods Used by Traditional Logistics Companies and Logistics Start-Ups: A Systematic Literature Review. **Journal of Systems and Software**, v. 190, 111328, 2022.