

TRANSFORMANDO A CONSTRUÇÃO
CIVIL COM A ECONOMIA CIRCULAR

JOGO CIRCULAR VILLAGE

AUTORA

PAMELLA MENEZES TEODOSIO



**TRANSFORMANDO A
CONSTRUÇÃO CIVIL COM
A ECONOMIA CIRCULAR:
JOGO CIRCULAR VILLAGE**



Conselho Editorial Científico

Abílio Eduardo

(Universidade Katyavala Bwila – AO)

Adriano Fonseca

(Universidade Federal do Tocantins - BR)

Aldo Parra

(Universidad Del Cauca - CO)

Alexandre Pais

(Manchester University - UK)

Armando Aroca

(Universidad del Atlántico - CO)

Eliane Vasquez

(Universidade Federal do Amapá - BR)

Elisângela Melo

(Universidade Federal do Tocantins - BR)

Hilbert Blanco

(Universidad de Nariño - CO)

Ieda Giongo

(Universidade do Vale do Taquari - BR)

Natividad Adamuz

(Universidad de Córdoba - ES)

Nuno Vieira

(Universidade Lusófona - PT)

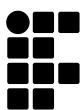
Sávio Bicho

(Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - BR)

Presidente da República
Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação
Leonardo Barchini

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Marcelo Bregagnoli



INSTITUTO FEDERAL
Amapá

Reitor

Romaro Antonio Silva

Pró-Reitor de Pesquisa,
Pós-graduação e Inovação

Welber Carlos Andrade da Silva

Supervisora da Editora Edifap

Nayara França Alves

Conselho Editorial

» Titulares

Mábia Nunes Toscano

Luiz Ricardo Fernandes de Farias Aires

Benedita Machado Pureza

Marialva do Socorro Ramalho de Oliveira de Almeida

Romaro Antonio Silva

Veralucia Severina da Silva

Argemiro Midonês Bastos

David Figueiredo de Almeida

Dennys Max dos Santos da Conceição

Ana Maria Guimarães Bernardo

Caroline Pessoa da Silva

Jemina de Araújo Moraes Andrade

Risonete Santiago da Costa

Rosinete Cardoso Ferreira

Caio Teixeira Brandão

Bruno Sérvulo da Silva Matos

Sílvia Gomes Correia

Ronne Franklim Carvalho Dias

» Suplente

Carlos Alexandre Santana Oliveira

Ivan Gomes Pereira

Projeto Gráfico e Diagramação

Ivan Gomes Pereira



Rodovia BR 210 KM 3, s/n - Bairro Brasil Novo.

CEP: 68.909-398 – Email: editora@ifap.edu.br – Tel: (96) 3198-2150

TRANSFORMANDO A CONSTRUÇÃO CIVIL COM A ECONOMIA CIRCULAR: JOGO CIRCULAR VILLAGE

PAMELLA MENEZES TEODOSIO
Autora

DÉBORA DE GOIS SANTOS
Co-autora e orientadora



Macapá, 2026

TRANSFORMANDO A CONSTRUÇÃO CIVIL COM A ECONOMIA CIRCULAR: JOGO CIRCULAR VILLAGE

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não sej a para venda ou qualquer fim comercial. Os artigos assinados, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da Editora do Instituto Federal do Amapá. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores. A revisão textual, formatação e adequação à s normas ABNT são de responsabilidade dos autores.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

370

T314t

Teodosio, Pamella Menezes.

Transformando a construção civil com a economia circular:
jogo circular village /Pamella Menezes Teodosio; co-autoria
Débora de Gois Santos - Macapá : Edifap, 2026.
133p.

ISBN: 978-65-89513-42-1

1. Economia circular. 2. Engenharia - construção civil. 3.
Jogos - práticas educativas. I. Teodosio, Pamella Menezes. II.
Santos, Débora de Gois. III. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Érica Elaine Costa, CRB2 1442,
com dados fornecidos pela Editora do IFAP

Esta obra foi submetida e selecionada por meio de edital específico para publicação pela Editora Ifap, tendo sido analisado por pares no processo de editoração científica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Edna e Antônio, por mais uma vez me apoiarem incondicionalmente em minha jornada de estudos e aprendizado. E à Amanda e ao Dinho, cujo constante apoio e orgulho em minhas conquistas têm sido um grande incentivo.

Ao Lázaro, meu namorado, que sempre esteve ao meu lado, fornecendo força e confiança nos momentos de dúvida, além de contribuir significativamente na revisão dos meus textos em inglês e planilhas.

À minha companheira de pesquisa, Taiane, com quem compartilhei experiências, desafios e com quem construí uma amizade que nos fortaleceu ao longo deste mestrado.

À professora Débora, que não apenas orientou meu trabalho com profissionalismo, mas também demonstrou uma humanidade admirável.

Aos meus queridos amigos Luana, Bia, Rafa, Vitor e Anderson, bem como meu sobrinho Essien, que trouxeram leveza e diversão aos dias mais desafiadores desta jornada.

À equipe de pesquisa, que dedicou seu tempo e esforço às dinâmicas que enriqueceram meu trabalho. Em particular, agradeço a Henrique, Jennifer e Sarah, pela constante colaboração e organização exemplares.

Ao Janysson, cujos talentos na criação dos banners de divulgação do meu trabalho foram essenciais, e a todos os professores que reservaram um tempo para participação nas dinâmicas do meu trabalho.

Por fim, expresso minha gratidão à banca examinadora composta pelos professores Sérgio, Cleiton e Rui, cujas valiosas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento da minha pesquisa. E não poderia deixar de mencionar o apoio fundamental do PROEC e da CAPES, que tornaram possível a realização deste trabalho.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	Building Information Modeling
CC	Construção civil
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO2	Dióxido de carbono
DSR	Design Science Research
EC	Economia circular
GO	Gerenciamento de obras
IES	Instituições de ensino superior
IGLC	International Group for Lean Construction
MEC	Ministério da Educação
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
RCC	Resíduos da construção civil
RCD	Resíduos da construção e da demolição
TC	Tecnologia das construções

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
CAPÍTULO 1	
A ECONOMIA CIRCULAR E SUAS RAMIFICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL ..	15
CAPÍTULO 2	
INTEGRAÇÃO DE TEORIA E PRÁTICA NO ENSINO DE ENGENHARIA	28
CAPÍTULO 3	
MÉTODO DE PESQUISA	34
CAPÍTULO 4	
JOGO CIRCULAR VILLAGE	45
CAPÍTULO 5	
REFLEXÕES SOBRE A PRÉ-CONSTRUÇÃO E SEUS RESULTADOS.....	84
CAPÍTULO 6	
ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO CIRCULAR VILLAGE.....	100
CAPÍTULO 7	
CONCLUSÃO.....	131
REFERÊNCIAS.....	133
SOBRE A AUTORA.....	147

APRESENTAÇÃO

A obra “Transformando a construção civil com a economia circular: jogo *Circular Village*” surge como uma resposta à demanda por soluções que mitiguem os efeitos negativos causados pelo setor construtivo. Ela propõe uma abordagem inovadora e acessível para a inserção da EC no ambiente acadêmico e profissional, explorando o uso de metodologias ativas de ensino, como os jogos didáticos.

A economia circular, que visa a racionalização do uso de recursos e a criação de sistemas produtivos mais sustentáveis, precisa ser discutida e compreendida por futuros engenheiros e gestores, desde o período de formação até o exercício pleno de suas atividades no mercado de trabalho. O livro propõe, portanto, a educação sobre o tema de forma dinâmica e interativa, utilizando o potencial dos jogos para facilitar a compreensão e aplicação dos conceitos.

Ao longo da obra, o leitor é apresentado com capítulos que trazem um embasamento teórico sobre o contexto da economia circular, o seu papel na construção civil, a integração destas teorias com o processo de ensino e a aplicação de metodologias ativas. Nos capítulos que se seguem, a autora descreve o desenvolvimento de um jogo didático voltado para o ensino da EC na construção civil, bem como uma avaliação detalhada, com o objetivo de medir o impacto da atividade sobre a aprendizagem e o ensino.

Além de apresentar uma ferramenta inovadora, outro ponto de destaque é a flexibilidade do jogo desenvolvido. Embora tenha sido concebido inicialmente para tratar da economia circular na gestão da construção civil, ele pode ser adaptado para outras disciplinas, o que amplia ainda mais seu valor como recurso pedagógico. A personalização do jogo permite que ele acompanhe a evolução das discussões sobre sustentabilidade e tecnologia, tornando-se um instrumento versátil para diferentes contextos de ensino.

Em síntese, “Transformando a construção civil com a economia circular: jogo *Circular Village*” apresenta uma contribuição relevante e inovadora para o campo da educação da engenharia civil. Ao propor a economia circular como tema central e utilizar os jogos didáticos como ferramenta de ensino, a obra oferece um caminho para a formação de profissionais mais conscientes, capacitados e comprometidos com a sustentabilidade. Espera-se que o método aqui descrito não apenas seja incorporado ao contexto acadêmico, mas também inspire novas abordagens e jogos que promovam a educação e o treinamento em diversas áreas, sempre com o foco em práticas sustentáveis e eficientes.

INTRODUÇÃO

O uso racional dos recursos naturais para satisfazer as necessidades das gerações atuais e futuras, vem sendo uma das temáticas discutidas econômica e socialmente entre os países centrais e periféricos (Oliveira, 2009). Sendo assim, a sustentabilidade ganhou espaço nos últimos anos, tanto no âmbito nacional como internacional, surgindo como uma forma de amenizar os diversos problemas ambientais que acometem o planeta Terra (Iaquinto, 2018).

A indústria da construção civil é considerada um setor de grande participação na economia do Brasil, por estar atrelada ao desenvolvimento do mesmo e a sua produção nacional. Sua participação ocupou 5,3% da economia nacional nos últimos anos, sendo este crescimento impulsionado pela presença do setor em políticas habitacionais, obras de infraestrutura e megaeventos esportivos (Nunes et al., 2020).

Mesmo possuindo um papel tão importante, tanto social quanto economicamente e até em momentos de crise, a construção civil gera um impacto ambiental elevado, devido ao alto consumo de recursos naturais finitos, alta demanda energética, grande geração de resíduos e de emissão de dióxido de carbono (CO_2). De acordo com o documento UN-Habitat Global Country Activities (2022), uma aproximação feita para 2050 estima que até lá a porcentagem de habitantes ocupando áreas urbanas passará de 55% para 66%. O impasse encontrado diante desses resultados é conseguir atender à demanda quanto à moradia e à infraestrutura para toda essa população, de forma que haja o menor impacto ambiental possível. Entretanto, o crescimento humano e o desenvolvimento econômico ainda são vistos como consequências do acelerado aumento do uso dos recursos naturais, como energia, materiais de construção e água (Un Enviromental, 2011).

Outro ponto a ser levado em consideração é a quantidade de materiais com alguma toxicidade que os empreendimentos de habitação apresentam, seja na etapa de construção da obra, pela contaminação da água de abastecimento público, na liberação de substâncias tóxicas no ar ou em casos de incêndio ou (Torgal; Jalali, 2010). Além de impactar consumindo matéria-prima também gera danos ao meio ambiente por meio da geração dos resíduos sólidos, tanto durante a construção quanto na demolição. Caso esses resíduos sejam descartados de forma irregular podem trazer sérios problemas, como: obstruir vias e logradouros públicos, comprometer a qualidade do ambiente e da paisagem local, proliferar vetores, assorear córregos e rios, além de causar custos com limpeza e outros (Santana, 2016). E, mesmo após o fim da execução do empreendimento, este continua impactando o meio ambiente através da utilização exacerbada por parte da população de recursos como água e eletricidade, que também contam como uma forma de degradação ambiental (Laruccia, 2014).

É importante enfatizar o desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras que tornem possível haver medidas sustentáveis, tanto através do aproveitamento dos resíduos para uma construção mais efetiva, segura, de qualidade e reduzindo o impacto ambiental, quanto pela pesquisa por novos materiais e processos (Masuero, 2021). A partir dos princípios apresentados, mostra-se a possibilidade do desenvolvimento de atividades da construção civil que não causem tantas ações degradantes, podendo ser adotadas formas de exploração de matéria-prima mais conscientes e alternativas, fazendo uso de materiais e processos construtivos que promovam a harmonia entre o homem e o meio, destinando corretamente os resíduos (Rooth; Garcias, 2009).

Tratando-se das questões causadas pela produção de resíduos, tem se tornado mais discutida a solução da economia circular. Seu princípio funciona apoiado no reaproveitamento que tem como base o ciclo natural (Nepomuceno, 2020). A economia circular é fundamentada em um modelo econômico no qual há a racionalização dos recursos, através da eficiência dos processos, reutilização e diminuição da utilização dos recursos naturais (Frasson, 2017).

Quanto à relação entre a economia circular e a construção civil, o tema tem relevância não somente ao pensar em reutilizar os resíduos que o setor produz como uma maneira mais sustentável, mas pela necessidade de abordar a construção sustentável, pois o termo construção sustentável abrange muito mais do que apenas a reutilização, ele compreende as questões ecológicas, sociais e econômicas de um empreendimento, que está inserido na sociedade (Bassetto, 2016).

Como forma de tratar estes conceitos sustentáveis e inseri-los na comunidade, é importante abordar as temáticas sociais, ambientais e econômicas através

da educação, utilizando-a de forma criativa e integradora. Este é um dos princípios apresentados nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) por meio da ODS 4, cujo tema aborda a Educação de Qualidade e tem como intuito “assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos” (Nações Unidas Brasil, 2023?; Hotta; Machado; Salibi, 2021).

Sendo assim, o processo de aprendizagem pode ocorrer de diversas formas, como, por exemplo, através da repetição, por meio de ensaio-e-erro e através da imitação de um modelo (Anastasiou, 2002). Diante disso, os jogos para fins didáticos podem ser uma ferramenta utilizada como metodologia de ensino ativa para aplicação destes assuntos. Seu uso vem se destacando no ambiente acadêmico e acabam por propiciar aos estudantes o aprendizado através da sua própria experiência por meio do uso de simulações. Atualmente, existem vários jogos e muitos outros estão sendo criados com essa finalidade de ensino, inclusive para as áreas de Engenharia (Motta; Melo; Paixão, 2012; Moraes; Cardoso, 2017).

Esse efeito ocorre devido ao fato de que o método de ensino com práticas tradicionais, aulas expositivas e provas como método avaliativo, tornou-se ineficiente, pois não é compatível com o tipo de aluno atual. Dessa forma, faz-se necessário que o docente exponha os discentes a novos métodos de ensino e aprendizagem, que proporcionem a construção do conhecimento e não a sua reprodução (Molisani, 2017). De forma que essa construção aproxime o discente do perfil e competências esperadas do egresso, presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, disponibilizadas pelo Ministério da Educação (MEC, 2019). Visto que, no ensino da engenharia civil, a abordagem de economia circular requer dinâmicas que valorizem e estabeleçam uma conexão entre as diferentes disciplinas ministradas na formação discente aliada a essas diretrizes.

Entretanto, há dificuldades para implementar a EC no currículo de engenharia devido a aspectos como a falta de pesquisas em educação comparadas a quantidade existente de literatura técnica sobre o assunto; falta de incorporação de abordagens mais holísticas que busquem conscientizar, gerar conhecimento e competências aos futuros profissionais acerca da EC e da sustentabilidade. E, mesmo havendo empenho para inclusão na grade curricular, que normalmente ocorre através de disciplinas optativas, é preciso inserir a temática nas disciplinas obrigatórias, fazendo o uso de técnicas de aprendizagem para encorajar a incorporação da economia circular desde o projeto inicial até o final (Mesa; Esparragoza, 2021).

Este livro apresenta o *Circular Village*, um jogo didático que visa ensinar conceitos de economia circular na gestão da construção, alinhado com a Agenda 2030 da ONU (ONU, 2015). O problema identificado revela a ausência de publicações

que integrem EC, jogos didáticos e construção civil, criando uma lacuna de conhecimento que busca responder à seguinte pergunta: como desenvolver e aplicar um jogo didático que permita aos alunos aprenderem sobre economia circular e integrá-la na gestão da construção?

Dessa forma, os objetivos incluem: observar outras aplicações, construir o *Circular Village* e discutir a percepção de professores e alunos sobre o jogo. Contudo, o uso presencial do jogo apresenta limitações, como a restrição de tempo e a necessidade de um público-alvo específico, além de focar em temas de gerenciamento que promovam a circularidade. Assim, este livro não só traz uma proposta inovadora de ensino, mas também contribui para a formação de profissionais mais conscientes e capacitados para lidar com os desafios da sustentabilidade na construção civil.

CAPÍTULO

1

A ECONOMIA CIRCULAR E SUAS RAMIFICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Origem da Economia Circular

A origem do termo economia circular é complexa, não possuindo apenas uma data e um autor específico; porém, seus reflexos nos sistemas econômicos modernos e nos processos industriais podem ser rastreados ao final dos anos 1970 (Boulding, 1966; Munaro, 2022). Um dos autores que se apresenta com grande influência na criação deste termo foi o arquiteto suíço Walter Stahel, o qual desenvolveu estudos na área de sustentabilidade e obteve grande reconhecimento com o artigo intitulado *The Product-Life Factor* em 1982. Este artigo traz o conceito de um ciclo fechado para a economia, o que atualmente conhece-se como economia circular, relatando o efeito causado por este modelo econômico no bom uso dos recursos, ao prever a geração de resíduos, na criação de emprego, e a função que a inovação exerce ao apoiar o prolongamento da vida útil dos bens e, como isso, pode ser aplicado nas economias industrializadas (Stahel, 1982; Stahel, 2010).

Os pensamentos de Stahel serviram de embasamento para o aperfeiçoamento do trabalho de Michael Braungart e William McDonough, que gerou o livro *Cradle-to-Cradle: Remaking the way we make things* (Braungart; McDonough; 2002). O *Cradle to Cradle* consiste em um conceito que integra o *design* com a ciência, eliminando o conceito de perdas ao projetar que todo resíduo gerado pode tornar-se matéria-prima para outro. Para isso, faz-se o uso de energias limpas e renováveis e de projetos que sejam criados a partir do que é oferecido em cada local (Braungart; McDonough, 2002).

Além deste termo, existem outros conceitos que se misturam com a economia circular. Na Figura 1, são apresentadas as diferenças semânticas e conceituais dos termos: economia circular, economia espiral, *cradle to cradle*, *double loop*, *closed-loop*, logística reversa, análise do ciclo de vida, *upcycle* e simbiose industrial; de forma que seja possível entender as diferenças e similaridades existentes entre os termos analisados. Estes conceitos podem ser aplicados em qualquer parte da cadeia produtiva de um produto ou serviço, porém a complexidade das ações para sua aplicação na cadeia de produção cresce de acordo com a necessidade de inovações que atendam à sustentabilidade. Sendo assim, construiu-se uma escada evolutiva conforme o desenvolvimento da produção baseado nos conceitos mostrados na Figura 1 (Sehnm; Pereira, 2019).

Figura 1. Interface entre os conceitos que representam a economia circular

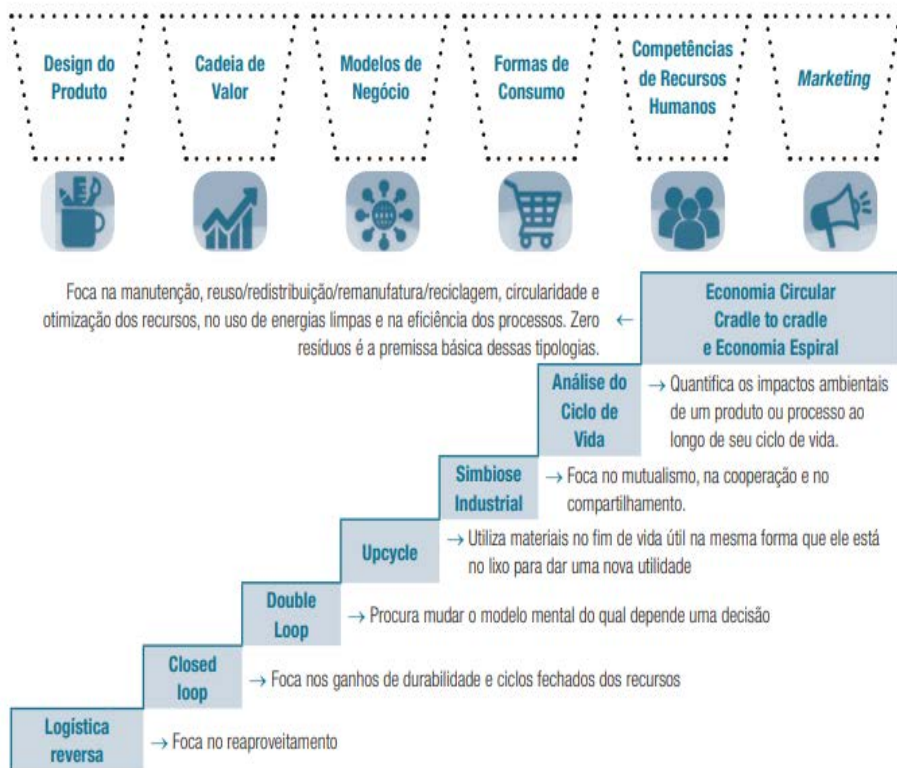


Figura 1: Interfaces entre os conceitos que representam a economia circular
Fonte: os autores (2017)

Fonte: Sehnm; Pereira (2019)

Princípios e funcionamento da Economia Circular

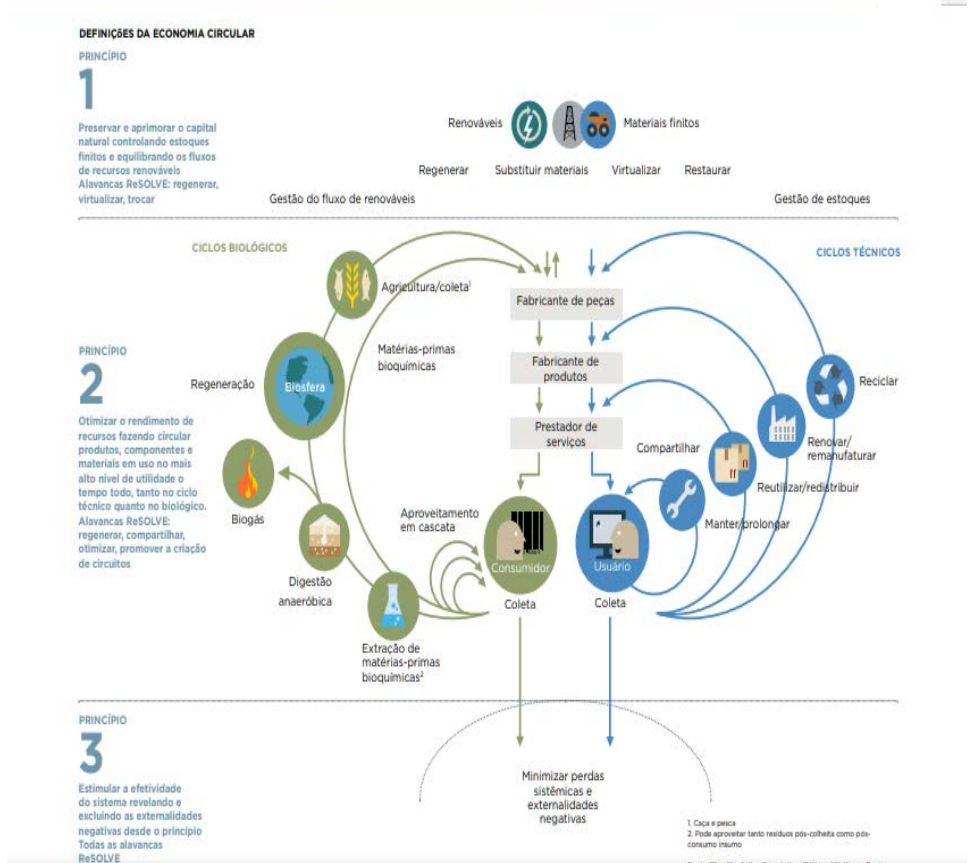
O conceito de economia circular desenvolveu-se de forma significativa dentro da ideia de economia sustentável a partir de 2007 (Skene, 2018). Este termo é constantemente relacionado ao aproveitamento de resíduos, mas para um bom entendimento é necessário diferenciá-lo da economia linear. Na última, não há o planejamento sobre o destino dos produtos, o que dificulta a separação dos resíduos após o consumo; em contrapartida, a economia circular prega a reutilização e um consumo mais consciente, enfatizando o prolongamento da vida útil dos materiais e prezando pela menor geração de resíduos possível. Ao contrário da economia linear, nesta ocorre a formação de círculos nos ciclos dos materiais, de forma que o resíduo possa se tornar insumo para a geração de um novo produto (Lorenzatto, 2022).

O modelo linear vigente encontra-se afetado diante da limitação da disponibilidade dos recursos naturais e do planeta quanto à capacidade de absorção dos poluentes gerados durante a produção. Enquanto isso, a economia circular incentiva novas práticas de gestão, proporcionando reduzir a busca por recursos naturais, estimulando o uso de resíduos e evitando desperdícios. Isso proporciona uma mudança de paradigma, que pode ser vista pelas empresas como impulso para um crescimento com futuro e uma vantagem competitiva, como também às forças a reexaminar o que está sendo feito sobre a sustentabilidade, além de pegadas e eficiência energética (Leitão, 2015).

De acordo com a Ellen Macarthur Foundation (2023a), a economia circular tem como base três princípios, são eles: a eliminação de resíduos e da poluição, a circularidade tanto de produtos como de materiais e a regeneração da natureza; diante disso, pode-se dizer que ela sustenta-se através da transição para energia e materiais renováveis, bem como desvincula-se de atividades econômicas associadas à utilização de recursos finitos. A circularidade dos materiais, apresentada neste tipo de economia, pode ser entendida por meio do diagrama sistêmico da economia circular, também chamado de “diagrama de borboleta”.

A Figura 2 ilustra o ciclo contínuo dos recursos que pode ocorrer de duas formas, através do ciclo técnico ou biológico. No primeiro, tantos os materiais quanto os produtos mantêm-se dentro do ciclo mediante os sistemas de reutilização, reparação, remanufatura e reciclagem, já o segundo ocorre através da absorção dos nutrientes de materiais biodegradáveis pela terra (Ellen Macarthur Foundation, 2023a).

Figura 2. Diagrama sistêmico da economia circular



Fonte: Ellen Macarthur Foundation (2017)

Transformando a construção civil através da Economia Circular

Atualmente, o setor da construção civil está sendo pressionado a criar novas alternativas que visem a redução dos impactos ambientais e que mantenham o desempenho do ambiente construído. Como resultado deste acontecimento, estão surgindo programas de certificação ambiental e normas de desempenho em diversos países, tendo como intuito reivindicar que sejam apresentados projetos que atendam a essas novas alternativas. Essas atuais exigências técnicas desafiam não só os projetistas, mas todo o setor formado pelos construtores, fornecedores e o poder público, nos papéis de legislador e fiscalizador. Além deles, é preciso levar em consideração o posicionamento das instituições de ensino superior (IES), que possuem o papel de introduzir esses novos conceitos na formação de arquitetos e engenheiros civis (Silva et al., 2014).

Sendo assim, a construção civil tem um importante papel na economia circular, pois a aplicação de princípios circulares na projeção das edificações, de obras de infraestruturas e outras partes que compõem o ambiente construído podem auxiliar na redução dos gases que causam o efeito estufa (Ellen Macarthur Foundation, 2023b). De acordo com dados da Ellen Macarthur Foundation (2023b), implantar a economia circular neste setor pode gerar uma redução de CO₂ provocada pelos materiais de construções em 38% até o ano de 2050, bem como diminuir a demanda por outros materiais (aço, alumínio, cimento e plásticos). Além disso, pode contribuir para que a construção civil obtenha uma maior resistência tanto para as alterações na rede de suprimentos como também para a oscilação do valor das matérias-primas.

No Brasil, atualmente, ainda não há uma política pública que compile estratégias iniciais para a implantação da economia circular no setor da construção. (Munaro; Tavares, 2022). Todavia, está em andamento o desenvolvimento de uma ISO voltada para a economia circular, trata-se da ISO/TC 323 *Circular economy*, que visa para sua normatização desenvolver quadros, orientações, ferramentas de apoio e requisitos para a implementação das atividades de todas as organizações envolvidas, aspirando maximizar a contribuição para o Desenvolvimento Sustentável (ISO, 2024). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei N° 12.305 (Brasil, 2010), é hoje a política de maior impacto no incentivo a ações circulares, juntamente com algumas outras formas de inserção da economia circular no ambiente construído que serão abordadas em seguida.

Para tal, tem-se a “NBR 15575 - Edificações habitacionais — Desempenho” que entrou em vigor no ano de 2013 e está dividida em 6 partes. Uma das seis partes, divide-se em critérios, apresentando neste tópico as exigências dos usuários divididas em segurança, habitabilidade e sustentabilidade. A sustentabilidade diz respeito ao atendimento dos critérios de durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental (ABNT, 2021). Ainda sobre a Norma, tem-se que os empreendimentos e sua infraestrutura (arruamento, drenagem, rede de água, gás, esgoto, telefonia, energia) devem ser projetados, construídos e mantidos de forma a minimizar as alterações no ambiente (ABNT, 2021). Por fim, existe um tópico nesta que aborda sobre a adequação ambiental, nele são dadas informações quando ao projeto e a implementação de empreendimentos:

A implantação do empreendimento deve considerar os riscos de desconfinamento do solo, deslizamentos de taludes, enchentes, erosões, assoreamento de vales ou cursos d’água, lançamentos de esgoto a céu aberto, contaminação do solo ou da água por efluentes ou outras substâncias, além de outros riscos similares (ABNT, 2021, p. 67).

Já se tratando de seleção e consumo de materiais, são dadas as seguintes recomendações (ABNT, 2021, p. 67):

Recomenda-se que os empreendimentos sejam construídos mediante exploração e consumo racionalizado de recursos naturais, objetivando a menor degradação ambiental, menor consumo de água, de energia e de matérias-primas. Na medida do possível, devem ser privilegiados os materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais até a sua utilização final;

Recomenda-se a utilização de madeiras cuja origem possa ser comprovada mediante apresentação de certificação legal ou provenientes de manejo aprovado pelos órgãos ambientais;

Recomenda-se recorrer ao uso de espécies alternativas de madeiras que não estejam enquadradas como madeiras em extinção, sendo que as características destas espécies podem ser encontradas na bibliografia;

Durante a construção, deve-se implementar um sistema de gestão de resíduos no canteiro de obras, de forma a minimizar sua geração e possibilitar a segregação de maneira adequada para facilitar o reúso, a reciclagem ou a disposição final em locais específicos;

Recomenda-se aos projetistas que avaliem junto aos fabricantes de materiais, componentes e equipamentos os resultados de inventários de ciclo de vida de seus produtos, de forma a subsidiar a tomada de decisão na avaliação do impacto que estes elementos provocam ao meio ambiente.

No Brasil há algumas leis que tratam a construção sustentável, como no caso da Instrução Normativa Nº1 (Brasil, 2010), que apresenta critérios de sustentabilidade ambiental para a obtenção de bens, contratação de serviços ou obras na administração pública, que antes eram apenas considerados de acordo com a Lei 8.666 (Brasil, 1993), que selecionava os materiais para as obras públicas utilizando-se do critério de menor custo para a escolha. Lei esta que a partir de 31 de março de 2023 obteve o esaurimento temporal da eficácia jurídica-normativa, tornando o Sistema de Compras do Governo Federal apto para recepcionar somente as licitações e contratações diretas à luz da Lei 14.133, de 2021 (ABNT, 2021), e demais leis específicas (Brasil, 2022).

Sobre a construção, não há somente os impactos causados na extração dos materiais, mas também os resíduos da construção e da demolição (RCD) que, desde 2002, seguem as diretrizes, critérios e procedimentos que estão dispostos na Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, órgão que pertence ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 2002). Essa Resolução, bem como a sua alteração através da Resolução 431 (Brasil, 2011), abordam a classificação dos resíduos em Resíduos Classe A, B, C ou D:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados,

tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; (Redação dada ao inciso pela Resolução CONAMA nº 431, de 24.05.2011, DOU 25.05.2011)
- III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (NR) (Redação dada ao inciso pela Resolução CONAMA nº 431, de 24.05.2011, DOU 25.05.2011)
- IV - Classe “D”: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada ao inciso pela Resolução CONAMA nº 348, de 16.08.2004, DOU 17.08.2004) (Brasil, 2011).

Nesta Resolução estão contidas informações sobre a gestão integrada de resíduos sólidos, conceituando-a como “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (Brasil, 2002) e sobre o gerenciamento de resíduos sólidos é considerado como:

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Brasil, 2011).

Existem também outras normas técnicas ligadas à responsabilidade socioambiental na indústria da construção, como:

NBR 15112 (ABNT, 2004a) – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;

NBR 15114 (ABNT, 2004b) – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas

de reciclagem;

NBR 15527 (ABNT, 2007) – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos;

NBR 15215:1 (ABNT, 2005) – Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições;

NBR 10834 (ABNT, 2012a) - Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos;

NBR 8491 (ABNT, 2012b) - Tijolo de solo-cimento – Requisitos.

Além das normas e leis citadas, tem-se os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que funcionam como mecanismos de combate à pobreza, a proteção do meio ambiente e do clima e a garantia de que as pessoas tenham o direito de ter paz e prosperidade, com o intuito de atingir a Agenda 30 no Brasil. Sendo assim, os objetivos que se encaixam neste trabalho são (Nações Unidas Brasil, 2022):

ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura: Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação;

ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;

ODS 12 – Consumo e Produção Sustentáveis: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

Como é sabido, a indústria da construção é uma grande consumidora dos recursos naturais. Sendo assim, a sua transição para economia circular é essencial e, para tal, é necessário que haja uma pesquisa aprofundada sobre o assunto, principalmente abrangendo como novos modelos de negócio podem permitir o aumento dos valores residuais dos materiais; bem como um maior interesse dos que fazem parte da cadeia da construção civil. Um grande aliado nesta introdução da EC no setor é o governo, através de leis, subsídios e incentivos fiscais, que possam atrair os gestores ao movimento de integração das práticas circulares no ambiente construído (Munaro; Tavares; Bragança, 2020).

Mais uma forma de inserir a EC na construção civil é situando o conceito na Indústria 4.0, por meio do uso da tecnologia BIM. Isso pode servir como suporte às análises circulares, trabalhar na adaptação computacional das novas formas de trabalho, auxiliar no gerenciamento dos bancos de materiais das obras e viabilizar a integração de diversas etapas do setor produtivo. Sendo assim, apresenta-se como uma ferramenta com potencial para contribuir no desenvolvimento desta temática, podendo vir a adicionar a fase de fim de vida útil em seu desenvolvimento, visando atuar ativamente na gestão da cadeia produtiva e nos ciclos de vida do ambiente construído (Cruz; Góes, 2021).

Outra estratégia para a integração da circularidade no setor é o projeto BAMB, o qual pretende-se dar suporte para desenvolver protocolos para a construção de edifícios reversíveis, passaportes de materiais e ferramentas para tomadas de decisão. Dessa forma, os participantes envolvidos nas fases de elaboração, concepção e produção compreenderão melhor as consequências das suas decisões, pois ele permite ligações em todas as fases da cadeia construtiva, podendo comunicar e transferir informações em todo o processo (Debacker et al, 2017). Isso é possível através da automatização da construção civil por meio de programas, como citado por Santana et al. (2021) que evidenciou esta necessidade do setor. Para os autores citados, estes programas devem gerenciar os índices de perda de materiais e analisar a sua reinserção na cadeia produtiva.

A circularidade no setor da construção está a ser amplamente discutida no discurso científico atual, e dos assuntos falados sobre a inserção do assunto tem-se as soluções técnicas como, por exemplo, projetos para desmontagem, para adaptabilidade e de projetos para adaptabilidade e desmontagem. Também abordam-se as temáticas com relação ao comportamento e propriedade do usuário, que diz respeito ao melhor gerenciamento de resíduos de construção e demolição, no caso realizar a separação e destinar corretamente (Anastasiades et al., 2020). Estes autores ainda destacam fazer uso dos 4 R's da EC, que segundo eles são

Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Recuperar, como uma maneira de implementação e de avaliação deste tipo de economia no setor.

Um modelo de negócio circular leva em consideração para sua formação o conceito de economia circular baseado na circularidade dos materiais dentro do diagrama borboleta (Munaro, 2022). Dessa forma, o trabalho de Munaro (2022) agrupou diferentes estratégias elaboradas por diversos autores sobre os modelos de negócios circulares. O Quadro 1 aborda um trecho que se relaciona com o presente trabalho, apresentando uma lista de estratégias circulares, seguindo a ordem da mais alta circularidade para a mais baixa.

Quadro 1. Estratégias e definições de modelos de negócios descritas na literatura

Autores	Estratégias de modelo de negócios		Definição
Potting et al. (2017)	Uso e fabricação de produtos mais inteligentes	R0 - Recusar	Torne o produto redundante ou ofereça a mesma função de outro produto
		R1 - Repensar	Melhor aproveitamento do produto
		R2 - Reduzir	Reduzir o uso de recursos e materiais na fabricação ou uso de produtos
	Prolongue a vida útil do produto e de suas peças	R3 - Reutilização	Reutilização de produto descartado
		R4 – Reparo	Reparação e manutenção do produto a utilizar com a mesma função
		R5 - Remodelação	Restaurar e atualizar um produto
		R6 - Remanufatura	Utilizar peças descartadas em um novo produto com a mesma função
		R7 – Reaproveitamento	Utilizar um produto ou peças descartadas em outro produto com função diferente
	Aplicação útil de materiais	R8 - Reciclar	Processar materiais para obter qualidade igual ou inferior
		R9 – Recuperar	Incinerar material com recuperação de energia

Fonte: Adaptado de Munaro (2022)

Entretanto, implementar os princípios da EC não é fácil e levará tempo. Segundo pesquisa realizada por Alves et al. (2020), no Ceará, há relutância dos empreendedores e do consumidor na adesão deste novo conceito. Os autores revelam a importância do cliente no estímulo de novas metodologias, uma vez que, ao optar por adquirir um produto sustentável, haveria um maior investimento por parte dos empresários em técnicas sustentáveis, o que também retornaria de forma positiva para empresa em forma de divulgação. Isso reforça a ideia de que, mesmo existindo o lucro econômico e os benefícios ambientais ao optar por uma produção mais limpas, ainda se encontram barreiras que impedem essa implementação, como o aspecto cultural e a falta de conscientização do cliente externo e interno do setor construtivo (Cappatto; Abeid; Bonette, 2020).

De acordo com Reis e Alberte (2023), em trabalho analisando os aspectos técnicos e econômicos associados ao desenvolvimento de um modelo de negócio circular para o segmento do setor imobiliário voltado a empreendimentos residenciais, tem-se que há certa dificuldade de realizar empreendimentos com práticas circulares, seja porque diminuem a produtividade, acrescentam alguma dificuldade ou exigem alguma competência técnica para a sua realização. Entretanto, mostram que não produziram impacto financeiro expressivo, o que é considerado positivo visto a relação custo-benefício.

Mesmo a reciclagem sendo citada na NBR 15575 (ABNT, 2021), há uma baixa utilização de agregados reciclados nas construções; isso se deve à escassez de conhecimento do mercado consumidor ao pensar que eles não apresentam um padrão de qualidade adequado. De acordo com Paschoalin Filho, Frasson e Conti (2019), elaborar ações que divulguem as vantagens financeiras e ambientais para optar pelo uso de materiais recicláveis, criar incentivos fiscais e introduzir mecanismos regulatórios, são formas de impulsionar o mercado de agregados recicláveis e de difundir as Usinas de Reciclagem de Entulho no país.

Outro ponto de análise que impende a disseminação, são os questionamentos quanto à preparação dos engenheiros civis para a utilização de técnicas para uma produção mais limpa. Neste caso, seria necessário a inclusão de treinamentos para a disseminação do conceito entre os profissionais (Cappatto; Abeid; Bonette, 2020).

Práticas de Economia Circular na gestão da construção

Ao restringir a atuação da economia circular na engenharia civil para a etapa de construção das edificações, conforme as dificuldades levantadas no tópico anterior, pode-se destacar a relevância da gestão ambiental nas fases de um canteiro (Lima; Alberte; Carneiro, 2021). Isso é confirmado pela NBR ISO 14.001 (ABNT, 2015), que impõe a gestão ambiental nas estratégias das empresas, bem como a implantação de atitudes que visam a proteção do meio ambiente contra danos e degradação.

Como formas de aplicação da EC na gestão, tem-se então o trabalho de Lima, Albete e Carneiro (2021); neste são mostradas matrizes e planilhas de indicadores que permitem agrupar informações de forma que possibilitem uma visão analítica do gestor sobre a gestão de resíduos no canteiro de obras, proporcionando conformidade entre as decisões tomadas por ele e a EC.

Outra proposta foi a plataforma *online* criada por Barreto Neto et al. (2021), para promover e controlar a gestão, compra e venda de resíduos de construção e demolição dentro do setor da construção civil, fazendo o uso da tecnologia de registro *blockchain*. Através dele existe a possibilidade de conectar geradores, transportadores e receptores deste tipo de resíduos, estimulando as negociações e de propiciar ações de logística reversa e servitização entre os *stakeholders*¹, fazendo o rastreio dessas relações, o que proporciona controlar o transporte e verificar se a sua destinação foi feita de forma correta.

Mais uma inserção sobre os materiais de construção na economia circular foi discutida por Munaro e Tavares (2018), por meio do conceito do passaporte. Os autores discutem que esta ferramenta pode ajudar nas práticas circulares, bem como reconsiderar a ideia que se tem sobre os resíduos, de forma que seja possível aumentar o seu valor e o seu potencial de recuperação e reutilização.

Quanto à relação entre as temáticas economia circular, gestão de projetos, sustentabilidade, construção civil e educação, ainda se consideram temáticas poucas exploradas (Lemes; Silva; Carvalho, 2022). A gestão de projetos está associada ao projeto de construção, que consiste na junção das atividades que demandam tomada de decisão, tarefas que acontecem antes do início da obra, durante o seu processo de execução e com a sua concretização ao final, como também fazem parte as etapas de manutenção e de desmantelamento.

Como esse processo é caracterizado por possuir um longo ciclo de vida, é importante integrar a premissa do desenvolvimento sustentável. Isso pode ocorrer por meio de soluções de *design* econômicas e com métodos de execução mais amigáveis, tanto para as pessoas como para o ambiente (Górecki; Núñez-Cacho, 2022). Abordar este campo mostra a importância que o projeto possui, visto que as suas consequências ultrapassam a sua conclusão e o estudo dos processos relacionado à gestão dos projetos pode se tornar uma maneira de instigar as empresas a fazerem uso de abordagens sustentáveis (Morioka; Carvalho, 2016).

1 São todos os membros que participam do processo de gerar valor para as corporações (Freeman, 1994).

CAPÍTULO

2

INTEGRAÇÃO DE TEORIA E PRÁTICA NO ENSINO DE ENGENHARIA

Metodologias de ensino e aprendizagem

Toda atividade profissional requer uma atenção acerca de como pôr em prática as suas atividades, atentando-se para um aprimoramento constante, semelhante ao processo de um programa de metas estruturado, nas quais estas têm como objetivo serem cumpridas para beneficiar tanto o próprio profissional quanto a instituição e a sociedade. Sendo assim, tem-se que os educadores cumprem esse papel, uma vez que são responsáveis por lidar com o conhecimento e disseminá-lo na comunidade (Esteves et al., 2016).

Entretanto, o modelo tradicional de educação está obsoleto e isso tem demandado a implementação de novas abordagens e metodologias para estimular a interação dos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem. O perfil dos estudantes universitários tem sido alterado e, portanto, o seu modo de aprender, diante das mudanças ocorridas na sociedade e do intenso fluxo de informações (Santos; Gohr; Vieira Junior, 2013).

Dessa forma, o fato de esta nova geração de alunos ser exposta a um ensino clássico e tradicional com discursos mais conservadores acaba tendo como consequência atrapalhar a relação existente entre professor e estudante, prejudicando o processo de ensino e aprendizagem. Em alguns cursos a ausência de uma formação didática e pedagógica, como é o caso das engenharias, por se tratar de uma graduação com bacharelado e não possuir na matriz curricular disciplinas voltadas ao ensino, podem afetar essa relação entre o professor e o aluno (Bardini; Spalding, 2017). Outro fator que pode influenciar é a falta de avaliação sobre a experiência dos estudantes concluintes nos cursos de engenharia (Freitas; Fortes, 2020).

Sendo assim, de acordo com Santos, Gohr e Vieira Junior (2013), as atuais tendências para o ensino de engenharia são: educação cooperativa, educação colaborativa, aprendizagem baseada em problemas e o uso de jogos e atividades lúdicas. Visto isso, pode-se fazer uso das metodologias de ensino ativas que funcionam através da construção do conhecimento por intermédio do processo de mediação. Nelas, o professor tem o papel de mediador, trazendo o conteúdo por meio de problemas e estimulando os discentes através de perguntas. Já os estudantes, têm contato com os assuntos em atividades que antecedem às aulas e realizando trabalhos em grupos (Althaus; Bagio, 2017). De acordo com Esteves et al. (2016, p. 62):

A prática das atividades ativas como a experimentação com simulação em modelos e a experimentação por protótipos para análise e interpretação dos resultados motiva o aluno, desperta sua curiosidade e interesse pela ciência e pela tecnologia, propicia o desenvolvimento da criatividade, ajuda-o na decisão da escolha de sua área de atuação como futuro profissional, estimula o estudo e a pesquisa, permite o trabalho em equipe, faz uso do conhecimento interdisciplinar, além de iniciar no estudante o desenvolvimento de uma postura, atitudes e práticas inerentes ao engenheiro na solução de problemas (Esteves et al, 2016).

Portanto, as estratégias a serem utilizadas no ensino-aprendizagem devem ser decididas de forma consciente e eficaz. O planejamento sistêmico é considerado decisivo nesse processo, pois impede improvisações que causam dispersão e, para que seja bem aplicado, necessita-se a revisão do programa usado, usar bibliografias atualizadas, bem como fixar os objetivos e fazer uma avaliação diagnóstica para saber o estágio de avanço de conhecimento do estudante (Apostolico, 2012).

A utilização de jogos no ensino: métodos e benefícios

Hoje em dia, exige-se dos engenheiros mais do que apenas as capacidades técnicas, espera-se que estes possuam uma visão mais panorâmica sobre a área, bem como competências empreendedoras. Entretanto, o recém-graduado se vê diante do mercado de trabalho com um alto conhecimento técnico e baixa experiência prática; situações essas que podem ser modificadas através de atividades práticas durante a graduação, na qual os professores possam diminuir a insegurança do aluno e proporcionar o desenvolvimento de novas habilidades (Moraes; Cardoso, 2017). Posto isto, a educação tem se renovado através da implementação de novas formas didáticas de passar o conhecimento, transformando o ensino em algo mais dinâmico, atrativo, atual e que possua conexão com o mercado de trabalho (Filgueira et al., 2022).

Das metodologias ativas já citadas, os jogos têm obtido destaque por seu emprego no âmbito acadêmico como também no meio empresarial (Motta; Melo;

Paixão, 2012). O conceito de utilizar-se dos jogos para instrumento de treinamento é antigo como o conceito de competição. Os jogos de gerenciamento tornaram-se muito relevantes no ensino de engenheiros da área da construção, pois trata-se de uma etapa bastante complexa, que demanda a gestão de diversos elementos, e única, já que a cada nova obra surgem novos e diferentes problemas (Mendes Junior; Vargas; Heineck, 1998). Segundo Filgueira et al. (2022), os jogos educativos funcionam como uma ferramenta importante para o ensino, trazendo ao discente o conhecimento por meio de um cenário divertido e simulatório, o estimulando a ser responsável pela sua própria aprendizagem.

De acordo com Moraes e Cardoso (2017), os jogos de empresa estão sendo bastante usados no ensino de diferentes áreas da engenharia, como a simulação de ambientes construtivos, da logística, da programação feita para a produção, do gerenciamento dos projetos e da produção enxuta. Os autores ainda informam quais os objetivos de aplicar esta ferramenta no processo de aprendizagem da engenharia, são eles: trazer motivação para os discentes através de tarefas lúdicas, proporcionar experiência prática durante a graduação, auxiliar o desenvolvimento da capacidade gerencial e aprender um determinado assunto.

Trabalhos como o de Viana, Santos e Santos (2021) abordaram sobre a percepção dos discentes quanto o uso de jogos para o ensino, no caso estava em análise a disseminação dos conceitos *lean*. Na pesquisa, os estudantes demonstraram-se bastante receptivos a nova forma de ensino, afirmando a eficiência do jogo para a compreensão do assunto. Outra visão, que foi trazida por Tsao et al. (2013), consiste na integração de métodos *online* no suporte ao ensino. Uma terceira pesquisa traz uma análise acerca da evolução da aplicação de jogos didáticos como formas de ensino no contexto da comunidade da Construção Enxuta (Miron et al., 2022), e por meio das publicações feitas no IGLC (*International Group for Lean Construction*) identificou-se o crescimento no uso de jogos, com ênfase no maior número de jogos encontrados a partir de 2020 sendo aplicados de maneira *online*, o que corrobora com o cenário na época em virtude da pandemia e une as propostas trazidas pelos dois trabalhos citados anteriormente.

Na bibliometria deste trabalho, utilizou-se diversos termos que representam jogos para a busca nas bases de dados, foram eles: jogos didáticos, jogos de simulação, *serious games* e gamificação; entretanto, existe uma diferenciação entre os seus conceitos. Os jogos didáticos trabalham motivando os discentes, através do seu desenvolvimento psicossocial e de um posicionamento mais efetivo no processo de ensino-aprendizagem. Este tipo de ferramenta proporciona preencher lacunas que possam ter sido criadas durante a ação de transmitir e receber o conhecimento, de forma a facilitar o entendimento dos assuntos abordados e possibilitar uma aprendizagem mais efetiva (Barros; Miranda; Costa, 2019). Já os

jogos de simulação funcionam como uma ferramenta que a vantagem da realização de simulações com o benefício proporcionado pelos jogos (Dantas, 2003).

Por fim, durante a valorização dos jogos digitais, outros termos passaram a ganhar ênfase, como os *serious games* e a gamificação. Ambos têm, por meio da sua aplicação, o objetivo de fazer com que os participantes executem uma tarefa, que não estavam motivados a realizar, sem muitas dificuldades. Porém, a gamificação consiste no processo de aplicação de componentes lúdicos em situação não necessariamente ligadas a jogos; isso significa que elementos e conceitos presentes no *design* de um jogo são aplicados em produtos que não foram feitos para serem jogos. Já os *serious games* é constituído por instrumentos que fazem parte de um contexto não lúdico, “sério”, que foram colocados na estrutura de um jogo (Santalla; Nesteriuk; Fava, 2018).

Jogos didáticos para compreensão da Economia Circular

À vista disso, diante da necessidade de dar espaço aos preceitos sustentáveis, observa-se a urgência de empregar o ensino da sustentabilidade. Características como criatividade e inovação são essenciais para o desenvolvimento da temática no ensino, tornando indispensável as escolhas por abordagens mais ativas para o aprendizado dos discentes (Hotta; Machado; Salibi, 2021).

Dessa forma, existem diversos jogos que abordam a temática circular em diferentes âmbitos, entretanto incluem a temática geral abordada nesta pesquisa. O *NextGen Serious Game*, desenvolvido por Khoury et al. (2023), permitiu a construção de um jogo educativo que insere a EC no ciclo urbano da água, possibilitando que o jogador tenha contato com as estratégias de reduzir, reutilizar e recuperar por meio de bacias virtuais em diferentes condições. Ele ainda garantia a inclusão de cidadãos, empresas e formuladores de políticas acerca do tema.

Outro jogo sério é o *Risk & Race* (Whalen, 2017), que tem como premissa apresentar os motivadores financeiros e os empecilhos para implantar modelos de negócios circulares na realidade. Após a ideia inicial deste jogo, Manshoven e Gillabel (2021) trabalharam em um protótipo final e com a aplicação do jogo por meio de testes com 120 usuários.

O HERA, por sua vez, é um projeto Erasmus+ que visa o desenvolvimento de *soft skills* em alunos do ensino superior de engenharia e economia através de jogos sérios colaborativos. Propõe uma plataforma de jogo digital de aprendizagem cujo objetivo é expor os alunos a desafios complexos, cuja solução requer a integração de conhecimentos de diversas áreas de forma a simular como os profissionais de engenharia e economia trabalham e colaboram no mundo real (Caeiro-Rodriguez et al., 2021).

Por fim, o último e mais antigo é o *'In the Loop: The Critical Raw Materials Game'*, que consiste em um jogo de tabuleiro que promove a discussão sobre os materiais. Nele, os jogadores tornam-se empresas e têm como intuito resolver os problemas dos materiais enquanto ocorre a produção (Whalen; Peck, 2014).

Todos esses jogos conseguiram obter em comum o objetivo a que se propuseram de trazer a aprendizagem através de uma metodologia lúdica. O *NextGen* apresentou dados que mostram que os estudantes que participaram estavam 26% mais propensos a obter respostas corretas sobre questões técnicas, além de gerar discussões acerca de *insights* multidisciplinares (Khoury et al., 2023).

O Risk & Race, na sua primeira versão, trouxe mais informações sobre o lado técnico do jogo, mostrando-se como uma ferramenta que pode auxiliar nas operações de negócios e em esclarecer as questões que envolvem o lado financeiro dos modelos de negócios circulares, assim como proporcionou maior conhecimento sobre gestão de recursos, continuidade de negócios e finanças da empresa graças à ênfase do jogo na compra de recursos e fluxo de caixa (Whalen, 2017). Já a sua versão atual, demonstrou que houve um aumento na conscientização dos jogadores sobre a implementação de uma economia circular e como o jogo estimulou o pensamento estratégico dos participantes (Manshoven; Gillabel, 2021).

O HERA proporcionou aos jogadores resolverem problemas reais, promovendo o envolvimento e a interação dos discentes (Caeiro-Rodriguez et al., 2021) e o *'In the Loop'* enfatizou a ideia de como um jogo pode ser importante para impulsionar discussões, no caso do jogo sobre a criticidade de materiais (Whalen; Peck, 2014).

Por fim, tem-se um jogo com patente taiwanesa (TWM627731U), que consiste em um jogo de tabuleiro para o aprendizado da EC. Neste jogo, utiliza-se peças para se mover no mapa e cartas para organização dos recursos. Estes últimos, diversos recursos naturais são usados como elementos para fornecer aos participantes as etapas de construção, produção e conversão e, dessa forma, permitir que os jogadores cultivem o conceito de economia circular durante o processo da dinâmica (Feng, 2022).

CAPÍTULO

3

MÉTODO DE PESQUISA

Introdução

Neste tópico descreveu-se o delineamento desta pesquisa com base na literatura, abordando as opções de métodos, técnicas e procedimentos que foram aplicados. Seu procedimento metodológico consistiu em uma pesquisa aplicada de caráter exploratório e descritivo. Quanto à natureza, esta pesquisa foi considerada aplicada, pois tem o objetivo de realizar estudos com a finalidade de solucionar problemas particulares, envolvendo questões locais (Prodanov; Freitas, 2013). Do ponto de vista dos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva, já que se propõe a fornecer um maior conhecimento sobre o tema a ser investigado com a realização de levantamentos bibliográficos, de campo, entrevistas não estruturadas e busca de exemplos; bem como registrar e detalhar acontecimentos por meio de observação sem interferência (Gil, 2017).

Sobre os procedimentos técnicos empregados, que consiste na escolha do método empregado para a coleta de informações, foram escolhidos: a pesquisa bibliográfica, realizada através da busca em livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, monografias, dissertações, teses e internet, cujo objetivo foi obter conhecimento sobre a temática pesquisada; a pesquisa *ex-post-facto*, esta aconteceu com o estudo de uma atividade que já tinha sido realizada, sendo assim a análise foi feita depois da ocorrência dos fatos; e o estudo de caso, que constitui na análise e coleta de informações sobre determinada comunidade, com o intuito de realizar um aprendizado aprofundado (Prodanov; Freitas, 2013).

Quanto à abordagem do problema, a mesma pode ser definida como uma pesquisa quali-quantitativa (ou mista), que aborda tanto os métodos empregados pela pesquisa quantitativa quanto a qualitativa. Neste método, a coleta acontece por meio da obtenção de dados numéricos e de dados textuais, apresentando assim informações presentes de modo qualitativa e quantitativa (Creswell, 2010). Por fim, a acerca do paradigma de investigação, a mesma constitui uma pesquisa construtivista ou *Design Science Research*. Isso quer dizer que: “as realidades são criadas a partir de múltiplas apreensões mentais que podem ser individuais ou coletivas. Essas realidades são construídas a partir de experiências locais e sociais, por essa razão são mutáveis” (Pinto et al., 2022, p. 11).

Este capítulo aborda a primeira etapa do processo metodológico deste trabalho, que consistiu de todas as partes que foram estudadas para a elaboração do jogo *Circular Village*. O capítulo 5, abordará o restante do método de pesquisa com enfoque apenas na metodologia do jogo, seus materiais, procedimentos e orientações.

Design Science Research e a construção do artefato de pesquisa (modelo do jogo)

Para certifica-se de que uma pesquisa possa ser admitida como relevante e consistente pela sociedade e pelo meio acadêmico, é necessário mostrar que houve precisão no seu desenvolvimento, bem como debates e verificações. Sendo assim, é fundamental escolher um método de pesquisa que esteja alinhado e que desempenhe com êxito o estudo pretendido (Lacerda et al., 2013). Portanto, para os objetivos deste trabalho, a *Design Science Research* (DSR) ou *Design Science* é a abordagem metodológica adequada.

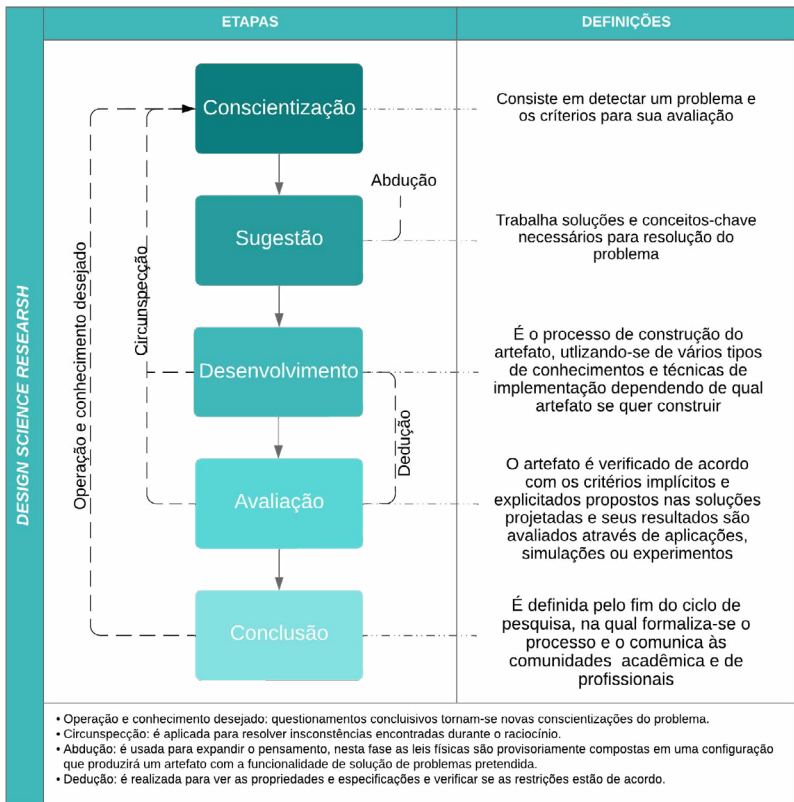
O *Design Science Research* consiste em um método de pesquisa que desenvolve artefatos que possibilitam gerar soluções consistentes a problemas práticos. Sua validação é realizada a partir de um conjunto de processos que garantem que os resultados obtidos pelo artefato são provenientes do ambiente interno ao qual ele foi projetado e o ambiente externo em que está operando. Dessa forma, deve-se ter as seguintes informações: deixar claro quais os ambientes (interno e externo) e os objetivos; especificar as formas de teste que podem ser feitas no artefato; descrever os procedimentos que vão fornecer os resultados a serem acompanhados ou controlados (Lacerda et al., 2013).

Este método possui etapas cujo intuito são conscientizar, sugerir, desenvolver, avaliar e concluir, que estão apresentadas e definidas no Quadro , baseado nos conceitos e fluxos apresentados por Takeda et al. (1990) e Vaishnavi e Kuechler (2009). Como este trabalho também possui Estudo de Caso, segundo Lacerda et

al. (2013), ele pode servir para compreender os artefatos que já existem e os que estão em funcionamento, assim como a definição do ambiente interno, os resultados produzidos e o ambiente externo em que está inserido podem cooperar no progresso do conhecimento em *Design Science*.

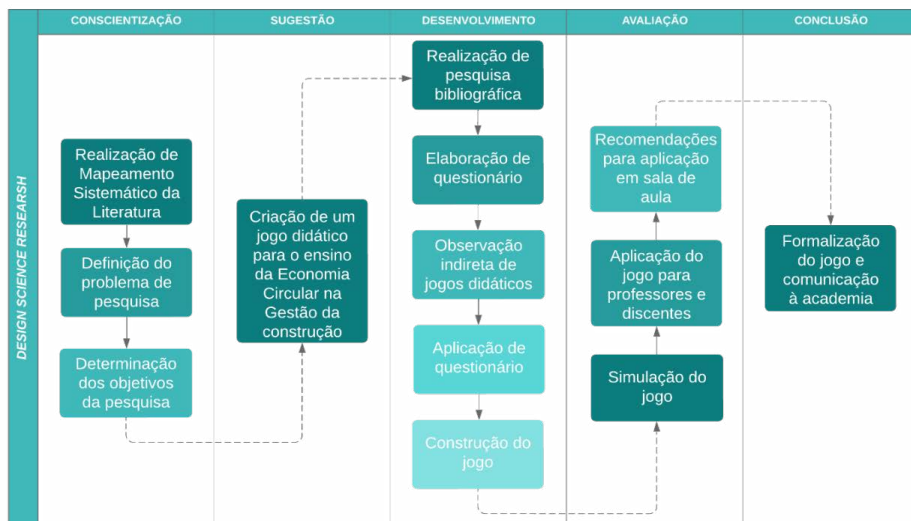
Com base na estrutura apresentada no Quadro 1, elaborou-se o Quadro 2 contendo as etapas desta pesquisa dentro do *Design Science Research*. As etapas de conscientização, sugestão e a realização de pesquisa bibliográfica (presente como atividade da etapa desenvolvimento), foram discutidas e apresentadas nos capítulos anteriores. Já as outras atividades abordadas no desenvolvimento, avaliação e conclusão serão discutidas com maior detalhamento nos tópicos a seguir. Quanto à avaliação e a conclusão, a primeira consiste em jogar o jogo e descobrir, dessa forma, maneiras de construí-lo, bem como aplicá-lo na academia e ter um retorno dos usuários sobre possíveis melhorias. A segunda, é a finalização do trabalho com o jogo já formado e podendo ser utilizado como ferramenta didática.

Quadro 1. Esquematização das etapas do DSR



Fonte: Adaptado de Takeda et al. (1990) e Vaishnavi; Kuechler (2009).

Quadro 2. Fases da pesquisa baseadas no DSR.



Fonte: Autora (2023)

Descrição das fases da pesquisa

Elaboração de questionário

A elaboração do questionário foi feita a partir de uma observação do jogo de simulação em Lego® (Nunes, 2022), que tinha o objetivo de simular o gerenciamento de uma obra cujo processo construtivo era alvenaria estrutural. No Quadro 3 é apresentado um formulário (*checklist*), a ser preenchido pela pesquisadora, sobre as atitudes nas etapas que antecedem (estudo de viabilidade e projetos), durante (gestão e execução da obra) e após o final da construção (uso e pós-ocupação), que podem ser consideradas ações que visam o emprego da economia circular na gestão de obras. Vale ressaltar, que os aspectos observados no formulário trata-se de percepções da autora.

As 04 (quatro) primeiras perguntas (fase A) funcionam para compreender se os estudantes estão atentos à importância da presença de um projeto e do planejamento da compra dos suprimentos, pois esse conhecimento impacta em um processo de construção sem desperdícios. As perguntas 5, 6, 7 e 8 (fase B) abordam questionamentos que podem ter ocorrido durante a etapa de construção, que com uma boa gestão e um pensamento circular poderiam ser evitados. Por fim, as perguntas 9, 10 e 11 (fase C) serviram para entender melhor as ações executadas pelos jogadores, se eles tiveram um enfoque apenas em baratear a construção ou se demonstraram algum tipo de preocupação ambiental.

Quadro 3. Formulário respondido pela discente.

QUESTIONAMENTOS	
XX-GY	A - Compreensão da importância das etapas de projeto e planejamento de suprimentos
	Os grupos analisaram o projeto arquitetônico e a lista de suprimentos antes de efetuar qualquer compra?
	Os grupos priorizam a compra do projeto de modulação?
	Por qual motivo algum grupo resolveu não comprar?
	Os grupos fizeram levantamento quantitativo do que seria necessário para a construção antes de iniciar?
XX-GY	B - Compreensão da importância da gestão e da economia circular na etapa de execução
	Os grupos desconstruíram a elevação em algum momento? Se sim, em qual fase e por qual motivo?
	No caso de desconstrução, algum grupo efetuou a compra da ferramenta necessária para este processo?
	Os grupos fizeram o encaixe prévio do vidro do basculante e das portas e janelas nos marcos antes de instalar nas paredes?
	Houve sobras de material? Se sim o que fizeram com as mesmas?
XX-GY	C - Compreensão das ações executadas pelos jogadores
	As condições externas interferiram de alguma forma construção incorreta ou apenas afetaram o tempo de forma a atrasar a execução da obra?
	Por se tratar de uma dinâmica de jogo com a competitividade envolvida, percebeu-se uma maior preocupação por parte dos grupos em apenas executar com menor custo, não prestando atenção na execução correta e na sobra de material?
	O grupo demonstrou se preocupar de alguma forma com a sobra de material?

Fonte: Autora (2023)

As perguntas das fases A, B e C foram analisadas inicialmente por equipe, depois por grupo e ocorreu ainda a comparação entre aplicação para a graduação e para pós-graduação, de modo a observar o comportamento dos jogadores em termos de conhecimentos adquiridos em sua trajetória que podem impactar no ensino da economia circular. Ainda no Quadro , são informadas as perguntas e a descrição da resposta de cada equipe. Como foram diferentes aplicações, foi necessário criar uma legenda correspondente a cada uma das aplicações, formada pelas letras XX-GY. XX equivale a sigla da disciplina que a dinâmica foi aplicada TC (tecnologia das construções) e GO (Gerenciamento de Obras). Y equivale ao número do grupo, já que são 3 grupos por dinâmica e G equivale a inicial da palavra grupo. Para a turma de Gestão de obras, como esta autora foi participante, não houve a aplicação do questionário, apenas a visão sobre a experiência do jogo como participante. As questões foram respondidas de forma subjetiva.

Nas duas primeiras aplicações do questionário em uma turma de TC e de GO, as respostas foram extraídas por meio de um estudo indireto, ou seja, foram coletadas de forma *ex-post-facto*. A terceira e quarta aplicações ocorreram enquanto a dinâmica acontecia com uma turma de TC e uma turma de GO, respectivamente.

Observação indireta de jogos didáticos

Este tópico, bem como a etapa anterior, composta por elaboração do questionário, fazem parte do desenvolvimento desta pesquisa baseando-se no modelo do DSR.

Jogo “Construbusiness: a cadeia produtiva da construção civil”

Diante do surgimento da possibilidade de acompanhar outro jogo além do qual foi desenvolvido o questionário no tópico anterior, aplicou-se o jogo didático “*Construbusiness: a cadeia produtiva da construção civil*”. Inicialmente, esta autora participou como jogadora na primeira aplicação, realizada na disciplina Construção Civil da pós-graduação em Engenharia Civil da UFS. Em seguida, ocorreu uma segunda execução, na qual observou-se externamente o desempenho dos discentes da disciplina de Gerenciamento de Obras do curso de Engenharia Civil, também da UFS, durante a experiência.

O *Construbusiness* (Cruz et al., 2017) consiste em montar um fluxograma que represente a cadeia produtiva da construção civil. O jogo possui imagens de diferentes elementos da cadeia de produção que devem ser organizados no tabuleiro conforme a lógica dos jogadores, fazendo-se o uso de setas para representar a ligação entre as peças ilustrativas. A Figura 1 mostra a composição do kit para aplicação do jogo, que é constituído de um manual de instruções, régua, esponja, pincel, as peças do jogo e uma lona plástica para disposição das peças.

Figura 1. Kit para aplicação do jogo *Construbusiness*



Fonte: Cruz et al. (2017)

Jogo didático em Lego System®

Esta análise consistiu na observação de um jogo de simulação em Lego®, no qual realizou-se dinâmicas nas disciplinas da graduação em engenharia civil, sendo essas as matérias de ensino de Tecnologias das Construções e Gerenciamento de Obras. Foram ao todo duas dinâmicas na disciplina de Tecnologia das Construções, duas na de Gerenciamento de Obras e uma no mestrado, na disciplina de Gestão de Obras. Na ocasião das dinâmicas da graduação, a autora fazia parte da organização da simulação. Ocorreu, ainda, uma dinâmica no mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PROEC), da qual esta autora participou como jogadora, pois era discente da matéria. Estas duas visões (aplicadora do jogo e jogadora) permitiram ampliar as possibilidades do jogo e o melhorar o entendimento de como a economia circular poderia ser aplicada.

O jogo de simulação em Lego® (Nunes, 2022) consiste em realizar a simulação do gerenciamento de uma obra, na qual o processo construtivo era em alvenaria estrutural. Para tal, os alunos são divididos em equipes, nas quais são distribuídas antes de iniciar o jogo o manual, o projeto arquitetônico, a lista de suprimentos com todos os materiais disponibilizados na loja de suprimentos e um cartão de compras. A Figura 2 apresenta o modelo final da edificação construída, fazendo uso das peças em lego que os jogadores devem apresentar dentro do tempo determinado para a atividade.

Figura 2. Modelo da edificação em Lego®.



Fonte: Nunes (2022)

A partir dos resultados dos formulários e das observações feitas durante o experimento do jogo, foram elaboradas ideias para o desenvolvimento de um jogo que possa ser utilizado para disseminar o conceito de economia circular por meio de uma gestão mais sustentável.

Construção do jogo

Fazer uso de recursos didáticos durante o processo de capacitação é um aspecto significativo para debate, visto que o ensino/aprendizagem pode ser melhor compreendido se o mesmo for realizado concomitantemente com o auxílio de um material didático coerente com o público a que se destina a informação (Santana; Jungles, 2019). Sendo assim, a construção do jogo didático, visando a gestão da Economia Circular, foi feita através de análises sobre jogos já existentes, como mostrado nos tópicos anteriores, bem como estudos sobre os termos e o *design* dos jogos vistos na literatura, aspectos pensados a partir do DSR. O Quadro 4 traz os conceitos de termos que são necessários para compreensão do jogo que se quer construir.

Além desses itens, citados no Quadro 4, que fazem parte do vocabulário e que deverão fazer parte da construção do jogo, existem termos de jogos que são definidos de acordo com a temática que está sendo abordada, são eles: a meta do jogo, consiste na tarefa realizada que finaliza o jogo; a dinâmica central, que diz respeito ao que os participantes precisam fazer para alcançar a meta; mecânica

do jogo, define o funcionamento do jogo para que o objetivo final seja alcançado a partir do conjunto de regras previamente determinado; por fim, elementos do jogo, na qual são escolhidas características ou componentes que permitem uma maior inserção dos participantes no jogo bem como melhoram a sua experiência, como, por exemplo, a estética visual (Boller; Kapp, 2018). Dentro de todos esses elementos citados existem diversas subclasses que são definidas de acordo com o jogo que se está projetando.

Quadro 4. Estrutura do jogo – termos e conceitos

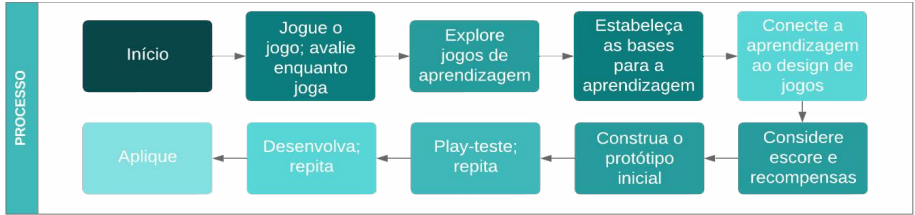
VOCABULÁRIO DO JOGO	
Termos	Conceitos
Jogo	Sistema em que os participantes estão envolvidos em um conflito fictício, definido por regras que ocasiona um resultado quantificável. Jogo é uma atividade que possui: um objetivo; um desafio; regras que definem como o objetivo deverá ser alcançado; interatividade, seja com outros jogadores ou com o próprio ambiente do jogo; e mecanismos de feedback, que ofereçam pistas claras sobre quão bem o jogador está se saindo. Um jogo resulta numa quantidade mensurável de resultados (você ganha ou perde; você atinge o alvo, ou algo assim) que, em geral, promovem uma reação emocional nos jogadores.
Objetivos	Fornecem um resultado claro e levam à delineação de uma sensação de completude.
Sistema	Conjunto de peças que se inter-relacionam para formar um todo complexo. Há muitas maneiras de enquadrar um jogo como um sistema: sistema matemático, sistema social, sistema de representação etc.
Jogadores	Um jogo é algo que um ou mais participantes jogam ativamente. Os jogadores interagem com o sistema de um jogo para experimentar a interação lúdica do jogo.
Conflito	Todos os jogos incorporam uma disputa de poderes. A competição pode ter várias formas, desde a cooperação até a competição, desde conflitos individuais com um sistema de jogo até conflitos sociais multijogador.
Regras	Fornecem a estrutura a partir da qual surge o jogo, delimitando o que o jogador pode ou não fazer.
Interatividade	Bons jogos oferecem muitas oportunidades para que os jogadores interajam com seus conteúdos, com outros jogadores e com regras estabelecidas. Quanto maior o nível de interatividade criado pelo jogo, mais engajados os jogadores se mostrarão e mais provável será seu aprendizado por meio do jogo.
Ambiente do jogo	Cada jogo de aprendizagem é um espaço delimitado. O espaço do jogo – a área na qual os jogadores jogam, ou seja, têm suas próprias regras, seus próprios desafios e suas normas sociais.
Mecanismos de feedback	Os jogos são ótimas ferramentas para o oferecimento de feedbacks, pois, em geral, os jogadores recebem retorno de maneira imediata. Feedback imediato e ajustes constantes são dois elementos que transformam os jogos em ótimas ferramentas de aprendizagem.
Resultado quantificável	Os jogos têm um objetivo ou resultado quantificável. Ao final de um jogo, um jogador venceu, perdeu ou recebeu algum tipo de pontuação. Um resultado quantificável é o que normalmente distingue um jogo das atividades lúdicas menos formais.

Reação emocional	Com frequência os jogos desencadeiam respostas emocionais nos jogadores, na medida em que estes trabalham nos desafios apresentados ou tentam atingir os objetivos do jogo. Os competidores podem experimentar momentos de diversão, frustração, excitação, raiva, entusiasmo, felicidade e contentamento. Designers de jogos de aprendizagem devem estar conscientes das emoções que esperam evocar e, ao mesmo tempo, certificar-se de não promover emoções indesejadas (como raiva e frustração).
------------------	--

Fonte: Adaptado de Salen e Zimmerman (2012) e de Boller e Kapp (2018)

Outro ponto a ser levado em consideração foi o seu processo de construção, elaborado com base no processo de *design* e desenvolvimento de jogos de aprendizagem (Figura 3) criado por Boller e Kapp (2018).

Figura 3. Passos para o design e desenvolvimento de jogos de aprendizagem



Fonte: Adaptado de Boller e Kapp (2018)

Sendo assim, tomando como base esses passos, pôde seguir-se a construção do jogo. Boller e Kapp (2018) ainda ressaltam que por se tratar de um jogo de aprendizado o foco não pode ser na vitória, pois os jogadores podem se concentrar em vencer e, dessa forma, comprometer o aprendizado. Portanto, devem ser seguidos de princípios; o primeiro é que o jogo não pode ser construído com uma vitória baseada na sorte; o segundo é que tanto a vitória quando a derrota devem levar ao aprendizado; desse modo, o jogador deve ser encorajado a aprender durante toda a dinâmica.

CAPÍTULO

4

JOGO CIRCULAR VILLAGE

Metodologia do jogo Circular Village

Ainda na etapa de desenvolvimento do DSR e nas etapas anteriores que serviram de base, realizou-se a construção da metodologia deste jogo teve a sua estrutura baseada no jogo de Nunes (2022) com inserções de novas estruturas e instalações e uma divisão de aplicação em duas etapas. O mesmo foi intitulado como *Circular Village*, por possuir um entorno com áreas comuns o que remeteria a uma vila, que em inglês é *village* e a implementação da temática da economia circular através do termo *circular*. A divisão das etapas ocorreu da seguinte forma: a primeira consistiu na realização da construção de um projeto (suíte), utilizando-se de blocos de montar, com fundações constituída de viga baldrame e radier, infraestrutura interna e externa e instalações seguindo o processo construtivo de alvenaria estrutural, com as limitações que a simulação com os blocos de montar possui na retratação do processo; já a segunda, foi definida após uma explicação sobre a teoria da economia circular, e nela as equipe recebem uma lista com os erros que podem ter sido cometidos e levado à produção de entulho, de sobra de material e de erros construtivos, e, portanto, devem relacioná-los aos R's.

Trata-se de um jogo multidisciplinar, portanto pode ser abordado por diversas disciplinas da grade curricular do curso de Engenharia Civil, visando o aprofundamento dos conceitos e fortalecendo a presença da EC no conteúdo tratado. Como, por exemplo, a disciplina de tecnologia das construções, visto que tem-se as etapas de locação de obra, fundação e projeto de modulação; gerenciamento, planejamento e administração de obras, para atentar-se a gestão da construção, o processo de planejar as etapas a serem executadas e o que precisa ser comprado para execução; as disciplinas relacionadas a desenho arquitetônico, já que os alunos precisam saber sobre abertura de portas e janelas; saneamento e meio ambiente, na qual aprendem sobre a PNRS.

Circular Village – Parte 1

A primeira parte do jogo circular *Circular Village* é definida pela construção da edificação fazendo o uso de blocos de montar. Dessa forma, os participantes terão o tempo de 2 horas para realização da tarefa. Abaixo, a descrição da parte 1 do jogo está dividida entre os materiais necessários para a sua realização, os procedimentos que devem ser executados pelos participantes e as orientações a serem seguidas pelo aplicador do jogo.

Materiais

Abaixo estão descritos os materiais disponibilizados para os participantes de cada uma das equipes do jogo antes do início da dinâmica:

- Manual de instruções, com todas as regras para a simulação do jogo. O mesmo foi adaptado de Nunes (2022) com inserção de novas informações (Quadro 1);

- Projeto arquitetônico, contendo a planta baixa, cortes e fachada da edificação a ser construída (Figura 1);

- Lista de suprimentos, na qual estão dispostos todos os itens disponíveis para a venda na loja de suprimentos (Figura 2);

- Caçamba de resíduos, local em que serão alocadas as peças que forem desencaixadas do jogo;

- Cartão de compras com o valor inicial de L\$1.500,00 (mil e quinhentos legos). No caso do jogo desta autora utiliza-se a máquina do jogo Banco Imobiliário, por isso são ofertados cartões para as equipes (Figura 3a). Caso o aplicador não tenha esta ferramenta, pode ser utilizado o modelo de cartões de compra criado por Nunes (2022) (Figura 3b);

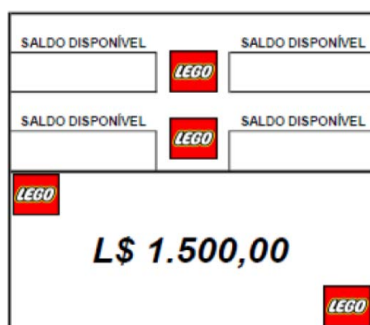
Canteiro de obras fixo, que consiste em uma placa de blocos de montar de 32x32 pinos fixados na mesa;

- 8 cartões de requisição, onde devem ser anotadas as compras que serão efetuadas pela equipe (Figura 4).

Figura 3. Opções de cartão de compras.



a)



b)

Fonte: Jogo Super Banco Imobiliário Estrela

Fonte: Nunes (2022)

Os materiais que são necessários para a construção, que são os blocos de montar e outros acessórios separados por cestas, projetos de modulação e fundação,

ficam disponíveis por meio do acesso à loja de suprimentos (Figura 5), que é de acesso apenas pelo almoxarife/aplicador do jogo.

Figura 5. Montagem da estrutura do laboratório para o ensaio



Fonte: Autora (2023)

A seguir, apresenta-se informações do quantitativo de paletes, peças individuais e de projetos que estão disponíveis na loja de suprimentos, lembrando-se que a quantidade listada é a mínima necessária para execução do jogo:

- 4 kits de locação (cada kit contendo 1 barbante + 1 fita para marcação + 1 tesoura);
- 4 projetos de fundação (Figura 6);
- 4 kits de viga baldrame (cada kit contendo 20 blocos de montar de 2x4 e 1 bloco de 2x2);
- 4 kits de radier (cada kit contendo 1 placa de blocos de montar de 16x16, 4 de 1x8, 1 de 8x6, 1 de 2x8 e 4 de 1x4);
- 4 projetos de modulação (Figura 7);
- 4 kits do conjunto de peças sanitárias (cada kit contendo 1 vaso sanitário + 1 lavatório + 1 chuveiro + 1 ralo, ressaltando que foram montados a partir de outros blocos de montar);
- 4 torres de tubulação hidráulica (cada torre é composta por 4 blocos tipo brick redondo de 1x1 verde transparente);
- 4 torres de tubulação de esgoto (cada torre é composta por 4 blocos tipo brick redondo de 1x1 marrom);
- 4 kits pavimentação (cada kit formado por 2 pistas contendo iluminação, vegetação e sinalização);

- 2 projetos do kit pavimentação (Figura 8);
- 32 paletes de bloco de 2 pinos – amarelo;
- 36 paletes de bloco de 2 pinos - preto, marrom claro, vinho, cinza, cinza escuro (Tipo calha);
- 28 paletes de bloco de 1 pino – verde;
- 12 paletes de bloco de 3 pinos – marrom ou cinza (Tipo calha);
- 12 paletes de bloco de 4 pinos - amarelo ou laranja;
- 12 paletes de bloco de 3 pinos – branco;
- 8 marcos para porta - 4 pinos;
- 8 portas - 4 pinos;
- 4 marcos para janela - 4 pinos;
- 4 marcos para basculante - 2 pinos;
- 4 janelas, que equivalem a 8 folhas;
- 4 vidros para basculante;
- 8 conjuntos de maçanetas, que equivale há 16 lego plates 1x1;
- 12 paletes de piso;
- 8 kits calçada;
- 4 extratores;

O quantitativo da lista acima foi feito baseando-se na quantidade de materiais que esta autora precisou para a execução da construção. Visando possíveis erros ou compras a mais, foi acrescentado no quantitativo de blocos, paletes de piso e kits calçadas o valor de um kit ou paleta a mais por grupo. A tabela com os quantitativos individuais para realização de uma casa está na Tabela 1.

Além destes materiais, foram disponibilizados para os aplicadores do jogo antes do início da dinâmica:

- Calculadora;
- Manual de aplicação do jogo (Quadro 2) que serve como uma ferramenta de armazenamento de dados para o aplicador;
- Mesma lista de suprimentos disponibilizada aos jogadores (Figura 2);
- 1 dado;
- Caixa de luvas plásticas.

Abaixo seguem todos os documentos necessários para a aplicação do jogo que foram citados ao longo do texto acima.

REGRAS/INSTRUÇÕES DO JOGO CIRCULAR VILLAGE

- PARTE 1 (Adaptado de Nunes (2022))

Este jogo consiste na simulação da construção de um projeto (suíte) em peças de Lego, com fundações constituída de viga baldrame e radier, infraestrutura interna e externa e instalações seguindo o processo construtivo de alvenaria estrutural, com as limitações que o Lego possui em retratar tal processo.

Algumas regras e instruções do jogo estão listadas a seguir:

Os materiais necessários para execução da obra deverão ser obtidos exclusivamente na loja de suprimentos, não sendo permitida troca de materiais entre os grupos.

As compras só poderão ser efetuadas na presença do fornecedor, com o cartão de requisição.

As equipes poderão fazer até 8 compras na loja, não sendo necessário/obrigatório comprar todo material em uma única vez. A decisão de quantas vezes serão realizadas as compras e quais materiais serão comprados ficará a cargo da equipe.

Cada equipe receberá 6.000,00 Legos para as compras, valor dividido em 4 parcelas de L\$ 1.500,00.

A segunda parcela só será liberada após a conclusão da etapa de fundação.

A terceira após a conclusão da construção da 2ª fiada da edificação.

A quarta parcela após a elevação de toda a edificação para construção da área externa.

O prazo para entrega da obra é de 2 horas.

As equipes que atrasarem a entrega serão multadas em L\$ 500,00.

O valor será recebido na forma de um cartão e, após a realização de uma compra, o valor gasto será descontado do saldo do cartão. Apenas o fornecedor pode alterar o saldo do cartão e é de responsabilidade da equipe realizar o pedido de verificação para liberação das parcelas.

O caminho estabelecido até a loja de compras deverá ser respeitado, não sendo permitido o uso de atalhos ou de alterações no trajeto definido.

Aqui você faz parte de uma das empresas contratadas para executar o projeto, cabe à equipe dividir as tarefas entre si.

- Atendem-se a colocação das peças, uma vez encaixadas, caso sejam removidas não poderão ser reutilizadas. Isso vale para: os blocos, pisos e calçadas, que irão para a caçamba de entulho. Os marcos e esquadrias, viga baldrame, radier, peças sanitárias, tubulação hidráulica e de esgoto e o kit de pavimentação podem ser reutilizados.

- Ao longo do jogo serão lançados dados que definirão a sorte, simulando condições típicas vividas em uma obra. As condições definidas após o lançamento dos dados deverão ser respeitadas.

- O canteiro de obras estará fixado e não pode ser movido.

- O terreno disponibilizado para a construção da edificação é de 24x30 pinos, e deverá ser alocado no canteiro utilizando-se dos materiais que estão disponíveis para compra na loja de suprimentos. Alguns aspectos deverão ser levados em consideração nesta locação:

- O contorno do terreno deverá ser limitado por uma mureta de altura de 3 pinos (contando com a fiada de respaldo). Esta mureta deverá compreender apenas as laterais e fundo da edificação, deixando a área frontal livre de muros. A equipe deverá escolher quais das laterais da edificação fará parte da mureta;

- Os limites laterais e de fundo deverão ser levados em consideração de acordo com a presença de aberturas, caso haja aberturas a distância mínima é de 1,5 pinos;

- Obrigatoriamente deverá ser deixada a distância frontal para a calçada, que é de 2 pinos, a partir dela deve-se iniciar o terreno de 24x30 pinos.

- Deverá ser seguida a Taxa de Permeabilidade de no mínimo 5%, a mesma pode ser representada pelo espaço vazio na placa verde. A Taxa de permeabilidade é a relação entre a parte do lote ou gleba que permita a infiltração de água, livre de qualquer edificação ou pavimentação, e a área total do mesmo.



- A construção da fundação, compreendida por viga baldrame e radier, é feita por meio da compra dos kits vendidos na loja de suprimentos.

- A disposição do kit hidrossanitário e das instalações de água e esgoto dentro do banheiro fica a critério da equipe.

O projeto deverá conter uma área externa impermeável com a colocação de pisos de no mínimo 10% da área do terreno, a disposição fica a critério da equipe.

A pavimentação deverá ser alocada na frente da casa, na direção de preferência da equipe. Sua ligação com o canteiro deve ser feita por meio de 2 placas verdes presentes no kit.

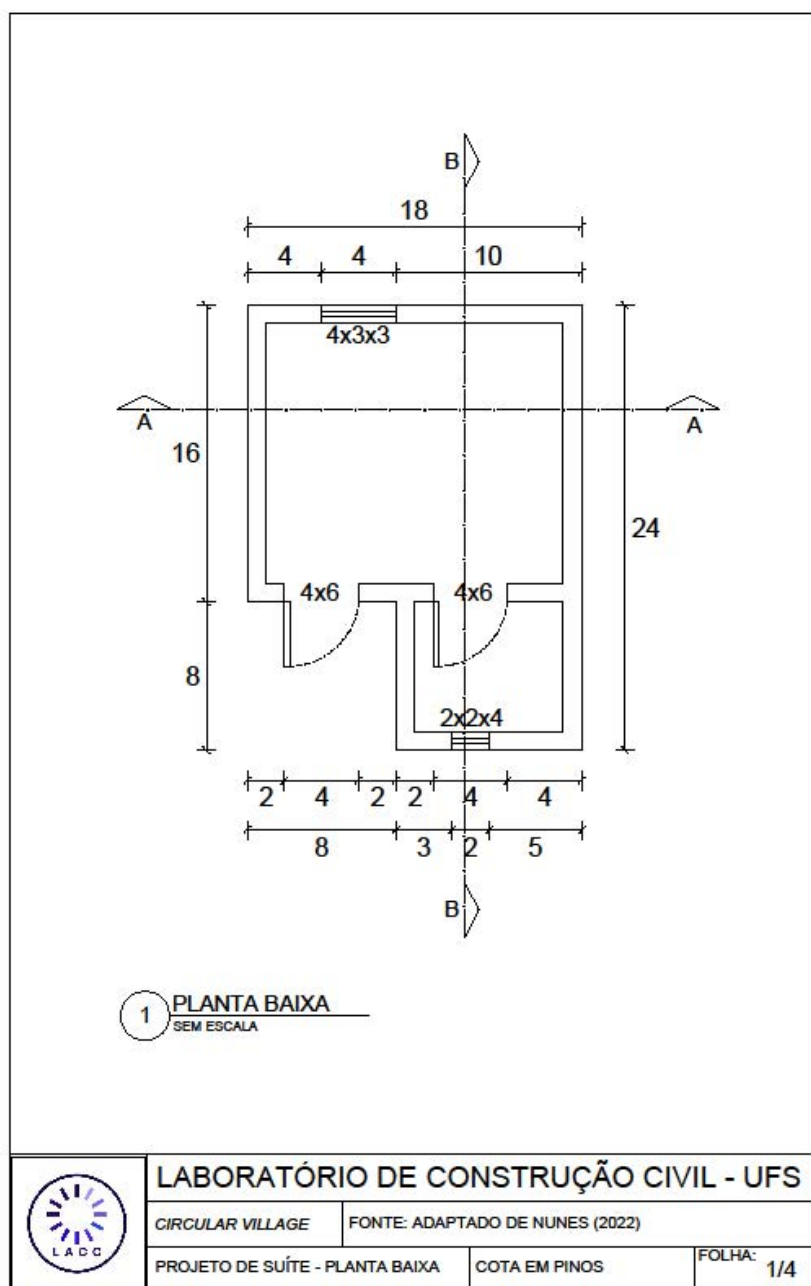
REGRAS/INSTRUÇÕES DO JOGO CIRCULAR VILLAGE

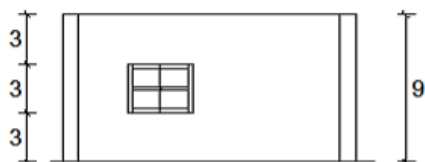
- PARTE 2

Após a conclusão da Parte 1, foi concluída a parte construtiva da atividade, e dá-se início a segunda tarefa, na qual a equipe receberá uma lista com os erros que podem ter sido cometidos e levado a produção de entulho, de sobra de material e de erros construtivos. Os erros cometidos pela equipe deverão ser marcados na lista recebida, bem como novos erros podem ser inseridos.

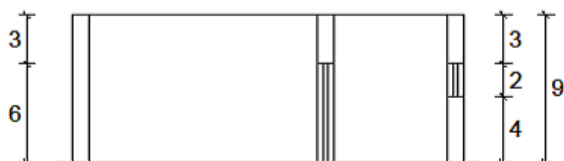
Após isso, os participantes deverão relacionar os erros marcados as opções de alternativas entregues, que fazem parte da economia circular. Por fim, a equipe ainda caracterizará essas alternativas como sendo de reutilização, redução e reciclagem

Figura 1. Projeto arquitetônico

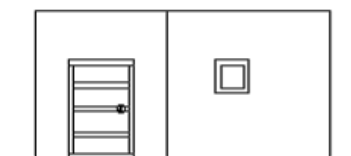




1 CORTE A
SEM ESCALA



2 CORTE B
SEM ESCALA



3 FACHADA
SEM ESCALA



LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÃO CIVIL - UFS

CIRCULAR VILLAGE

FONTE: ADAPTADO DE NUNES (2022)

PROJETO SUÍTE - CORTES E FACHADA

COTA EM PINOS

FOLHA: 2/4

Fonte: Adaptado de Nunes (2022)

Figura 2. Lista de suprimentos

SUPRIMENTOS*			
Descrição do Material	Foto da peça	Quantidade	Preço
Bloco de 2 pinos - amarelo		50	L\$ 150,00 /pallet
Bloco de 2 pinos - preto (Tipo calha)		10	L\$ 70,00 /pallet
Bloco de 1 pino - verde		5	L\$ 20,00 /pallet
Bloco de 3 pinos - marrom, bege ou cinza (Tipo calha)		10	L\$ 80,00 /pallet
Bloco de 4 pinos - amarelo		5	L\$ 30,00 /pallet
Bloco de 3 pinos - branco		5	L\$ 25,00 /pallet
Marco para porta - 4 pinos		1	L\$ 50,00 /unid
Porta - 4 pinos		1	L\$ 80,00 /unid

SUPRIMENTOS*



Descrição do Material	Foto da peça	Quantidade	Preço
Marco para janela - 4 pinos		1	LS 35,00 /unid
Marco para basculante - 2 pinos		1	LS 25,00 /unid
Janela 1 folha		2	LS 60,00 /conj
Vidro para basculante		1	LS 40,00 /unid
Maçaneta		2	LS 20,00 /conj
Piso		10	LS 75,00 /caixa
Kit Calçada		6 ou 3	LS 75,00 /caixa
Extrator		1	LS 50,00 /unid

Figura 6. Projeto de fundação

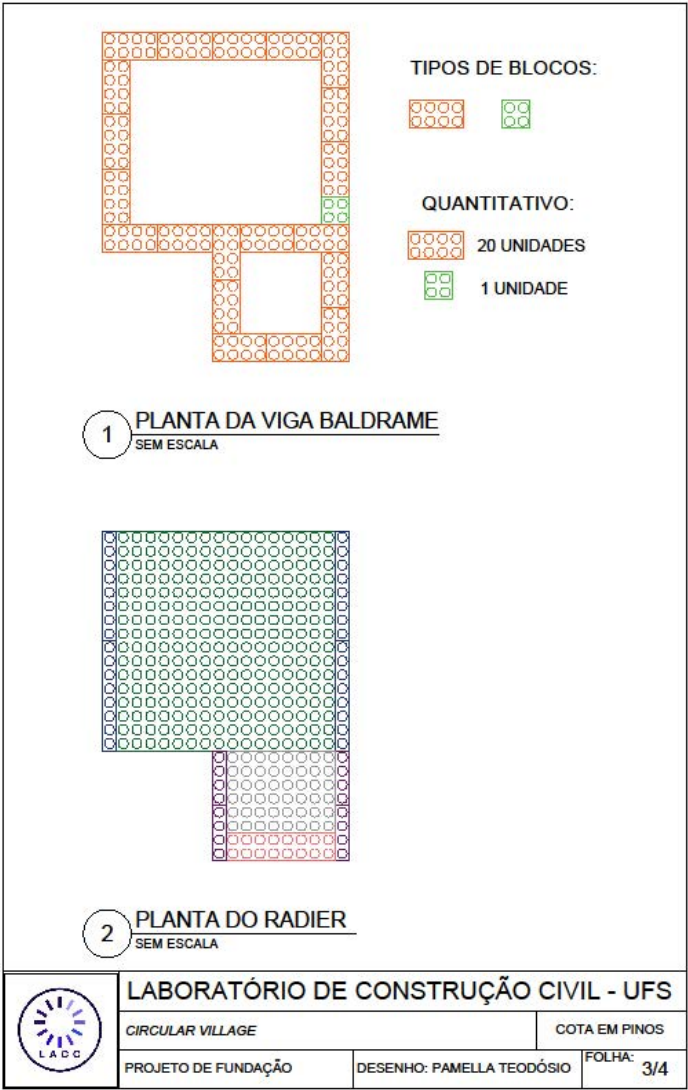


Figura 7. Projeto de modulação

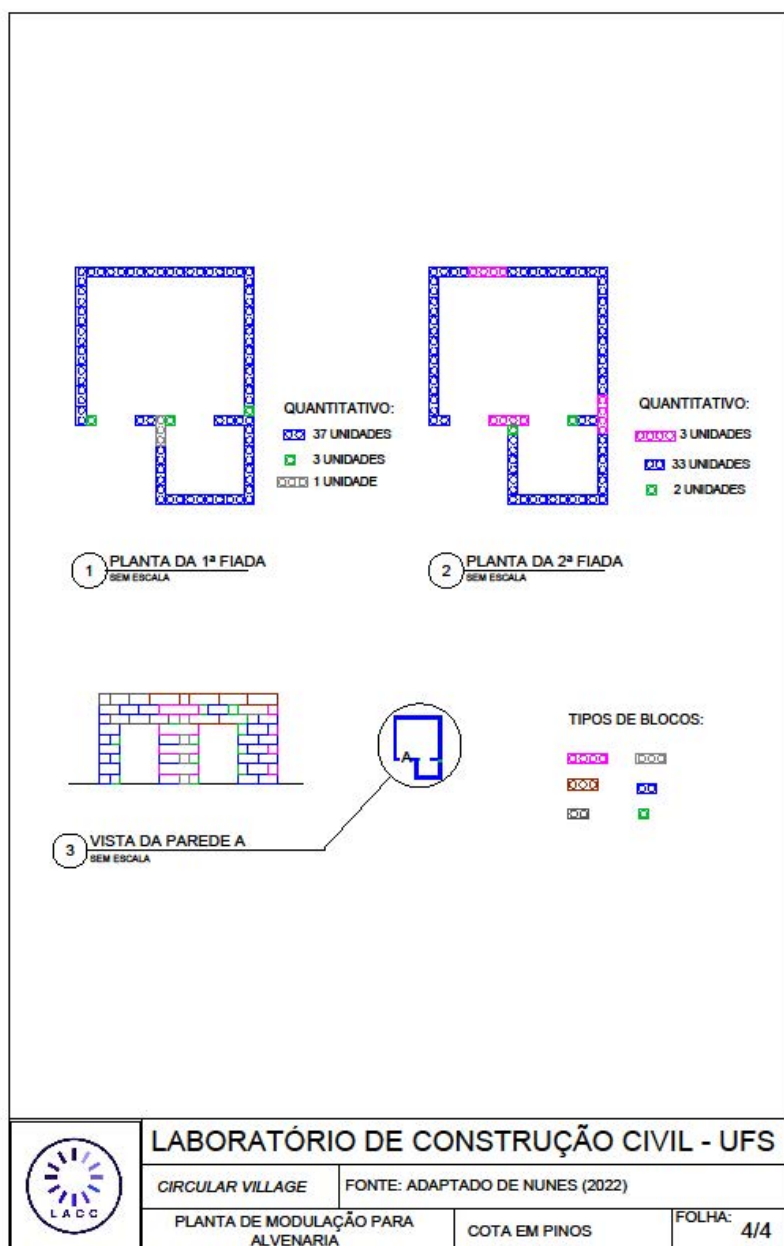
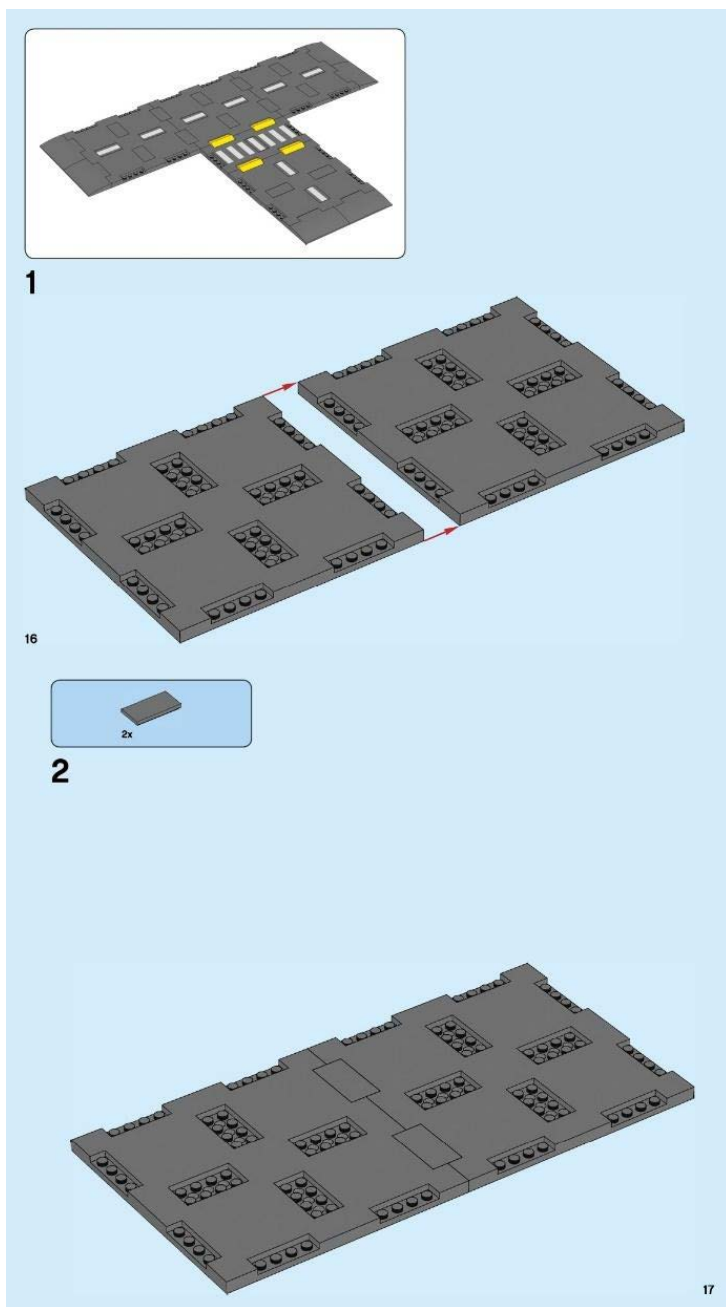
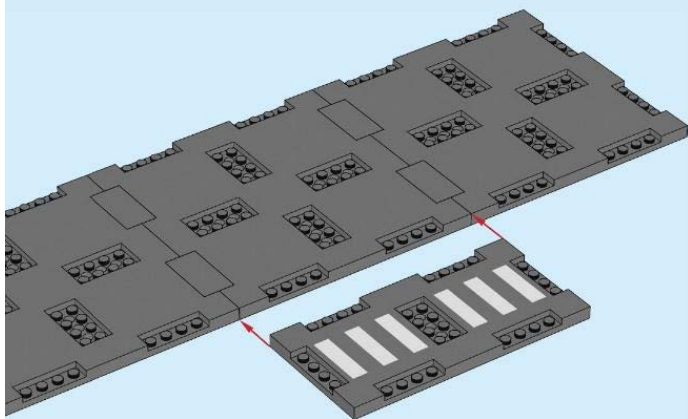


Figura 8. Manual de montagem da pavimentação



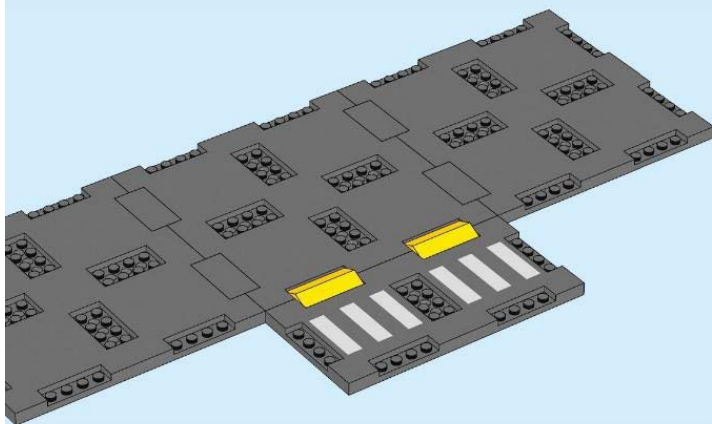
5



20



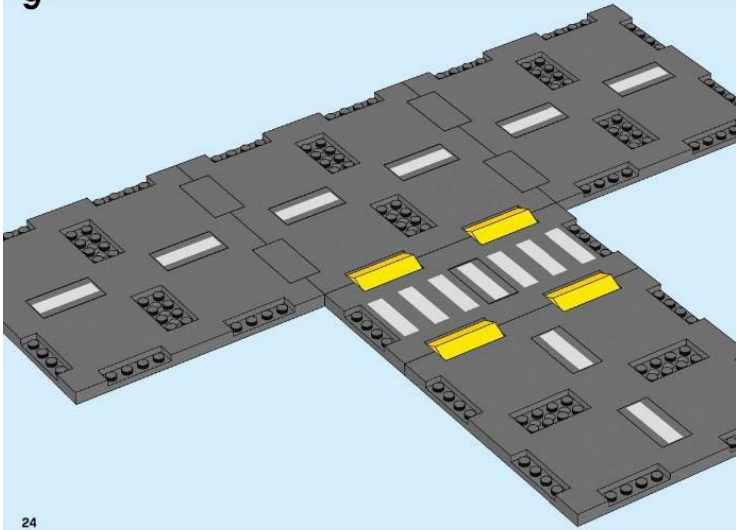
6



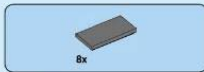
21



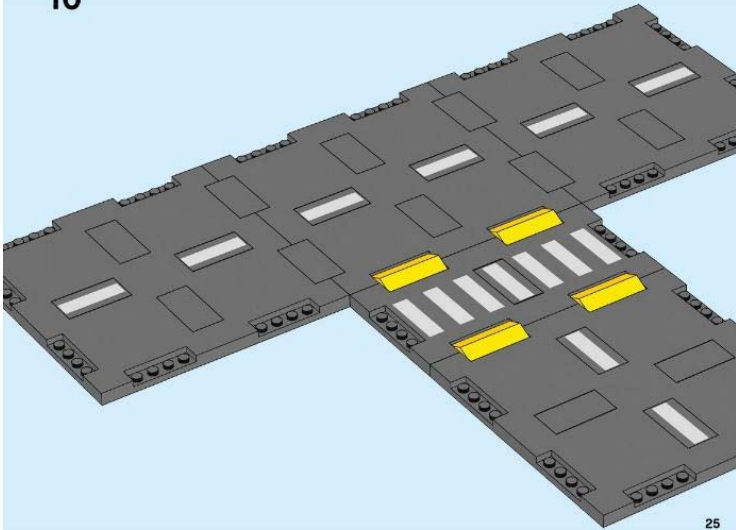
9



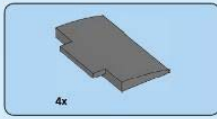
24



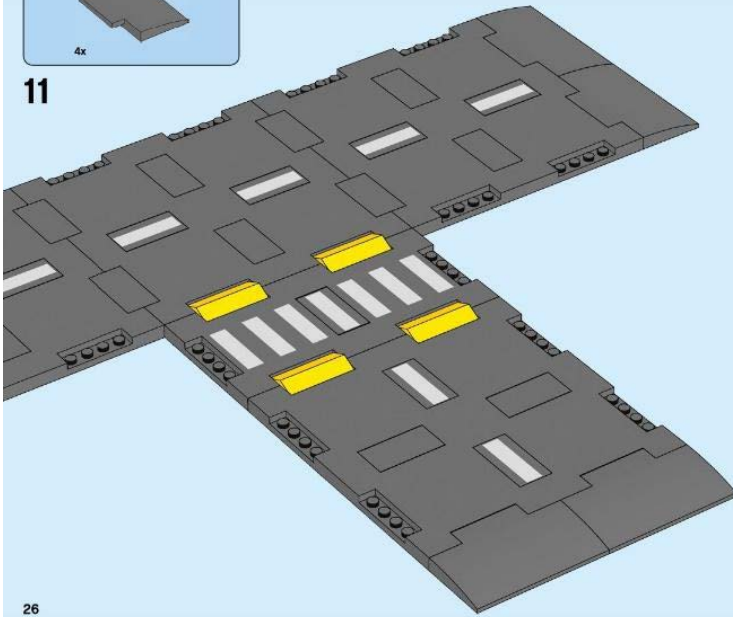
10



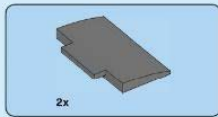
25



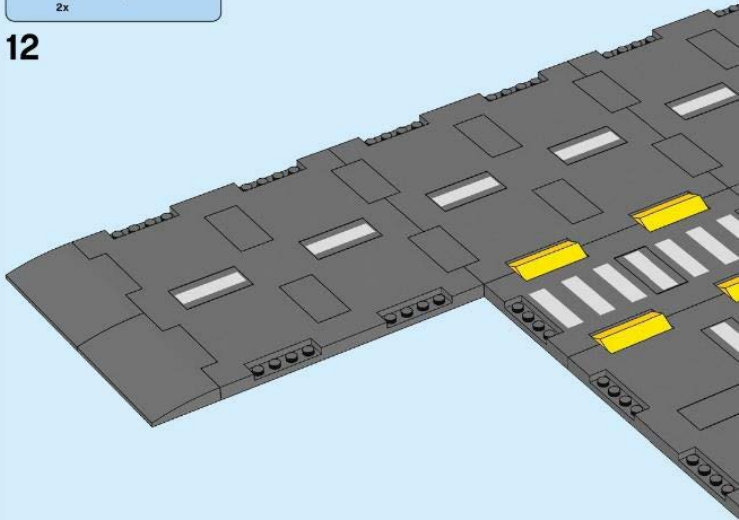
11



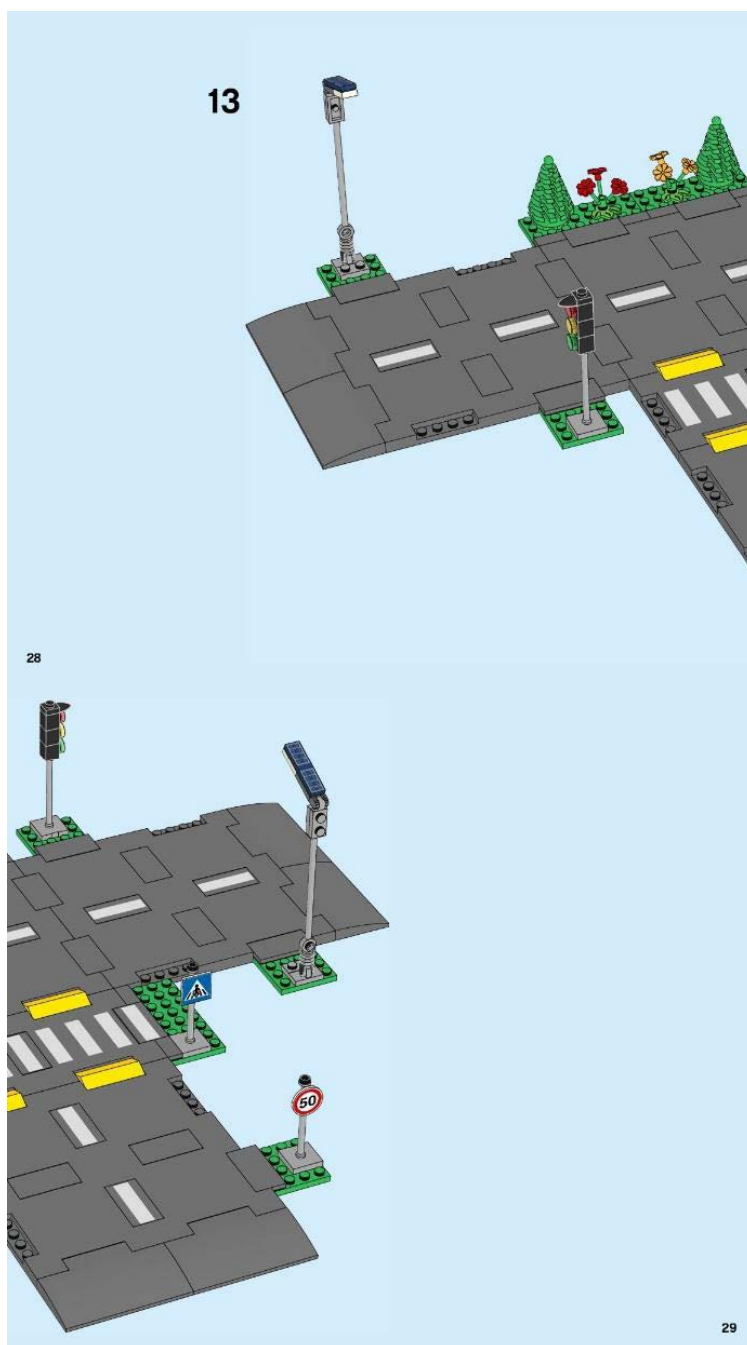
26



12



27



Fonte: LEGO (2021)

Tabela 1. Quantitativo de uma construção

Quantitativo						
Descrição do Material	Quant.	Quant. do pallet	Preço	Consumo	Pallets	Custo \$
Bloco de 2 pinos - amarelo	314	50	L\$ 150,00 /pallet	6,28	7	R\$ 1.050,00
Bloco de 2 pinos - preto, marrom claro ou vinho (Tipo calha)	73	10	L\$ 70,00 /pallet	7,3	8	R\$ 560,00
Bloco de 1 pino - verde	26	5	L\$ 20,00 /pallet	5,2	6	R\$ 120,00
Bloco de 3 pinos - marrom ou cinza (Tipo calha)	11	10	L\$ 80,00 /pallet	1,1	2	R\$ 160,00
Bloco de 4 pinos - amarelo	9	5	L\$ 30,00 /pallet	1,8	2	R\$ 60,00
Bloco de 3 pinos - branco	9	5	L\$ 25,00 /pallet	1,8	2	R\$ 50,00
Marco para porta - 4 pinos	2	1	L\$ 50,00 /unid	2	2	R\$ 100,00
Porta - 4 pinos	2	1	L\$ 80,00 /unid	2	2	R\$ 160,00
Marco para janela - 4 pinos	1	1	L\$ 35,00 /unid	1	1	R\$ 35,00
Marco para basculante - 2 pinos	1	1	L\$ 25,00 /unid	1	1	R\$ 25,00
Janela 1 folha	1	2	L\$ 60,00 /conj	1	1	R\$ 60,00
Vidro para basculante	1	1	L\$ 40,00 /unid	1	1	R\$ 40,00
Maçaneta	2	2	L\$ 20,00 /conj	2	2	R\$ 40,00
Piso	16	10	L\$ 75,00 /conj	1,6	2	R\$ 150,00
Kit Calçada	1	12 ou 8	L\$ 150,00 /conj	1	1	R\$ 150,00
Extrator	1	1	L\$ 50,00 /unid	1	1	R\$ 50,00
Locação	1	1	L\$ 25,00 /conj	1	1	R\$ 25,00
Projeto de fundação	1	1	L\$ 200,00 /projeto	1	1	R\$ 200,00
Viga baldrame	1	1	L\$ 200,00 /conj	1	1	R\$ 200,00
Radier	1	1	L\$ 100,00 /conj	1	1	R\$ 100,00
Projeto de modulação	1	1	L\$ 400,00 /projeto	1	1	R\$ 400,00
Peças sanitárias	1	1	L\$ 400,00 /conj	1	1	R\$ 400,00
Tubulação hidráulica	1	1	L\$ 160,00 /conj	1	1	R\$ 160,00
Tubulação esgoto	1	1	L\$ 140,00 /conj	1	1	R\$ 140,00
Kit pavimentação	1	1	L\$ 300,00 /conj	1	1	R\$ 300,00
Aluguel do projeto do kit pavimentação	1	1	L\$ 45,00 /projeto	1	1	R\$ 45,00
Total						R\$ 4.780,00
Total (+15%)						R\$ 5.497,00

Fonte: Autora (2023)

Quadro 2. Manual de aplicação do Jogo *Circular Village*

MANUAL DE APLICAÇÃO DO JOGO

I) INFORMAÇÕES BÁSICAS

- Cada equipe receberá 6.000,00 Legos para as compras, valor dividido em 4 parcelas de L\$ 1.500,00.
- A segunda parcela só será liberada após a conclusão da etapa de fundação.
- A terceira após a conclusão da construção da 2ª fiada da edificação.
- A quarta parcela após a elevação de toda a edificação.
- A cada 30 minutos após o início da dinâmica será realizada uma das condições dos dados ou o fornecedor ficará ausente por alguns minutos. A cada realização de condições de dados uma saída do fornecedor. Caso o número do dado já tenha saído, jogar novamente.

II) REGRAS DOS DADOS

- Nº 1 – Colocar luvas;
- Nº 2 – Um dos integrantes para de trabalhar;
- Nº 3 – Troca de integrantes entre os grupos;
- Nº 4 – Chuva: interrompe os trabalhos por 5 minutos;
- Nº 5 – Aumento de preços (reajuste de 15% sobre todos os materiais);
- Nº 6 – Escolher um dos números anteriores aleatoriamente.

Tempo de jogo (min)	30	60	90
Nº do dado			

III) ETAPAS

Etapa	Hora (G1)	Hora (G2)	Hora (G3)	Hora (G4)
1ª Planejamento: Entrega da planta, tabela de preços e da 1ª parcela.				
2ª Compra: Início das compras de equipamentos e insumos.				
3ª Execução: Começo da construção.				
4ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da segunda parcela.				
5ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da terceira parcela.				
6ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da quarta parcela.				
7ª Entrega: Entrega da obra				

Procedimentos

Após a explicação do jogo a partir da entrega destes materiais iniciais e a retirada de possíveis dúvidas, o jogo pode ser iniciado, deixando as equipes livres para a realização das escolhas que acharem pertinentes para a elaboração da tarefa. Vale ressaltar que para irem até a loja de suprimentos, deverá ser seguido o caminho delimitado no chão, para que assim haja a mesma distância para todas as equipes; cada equipe deverá levar o seu cartão de requisição preenchido com os materiais que desejam comprar e o seu cartão de compras. Também fica como responsabilidade dos grupos avisar ao aplicador que realizou a conclusão da etapa para que ele possa realizar a verificação e a liberação da parcela pedida.

Ao longo do jogo, os participantes ficam sabendo que poderão ocorrer algum tipo de condição externa que pode vir a interferir no processo de construção, mas não são informados do que podem ser essas condições nem o momento que eles devem acontecer. Eles podem ser informados no decorrer de toda dinâmica sobre quanto tempo falta para a conclusão da atividade. Assim como dito no manual de instruções, todo material que for encaixado e desencaixado deverá ser colocado na caçamba de entulho. Os grupos deverão manter-se dentro do orçamento disponibilizado para eles com o número de compras que também foi restrito. Por fim, os grupos deverão seguir todas as regras para a entrega da atividade.

Orientações ao aplicador

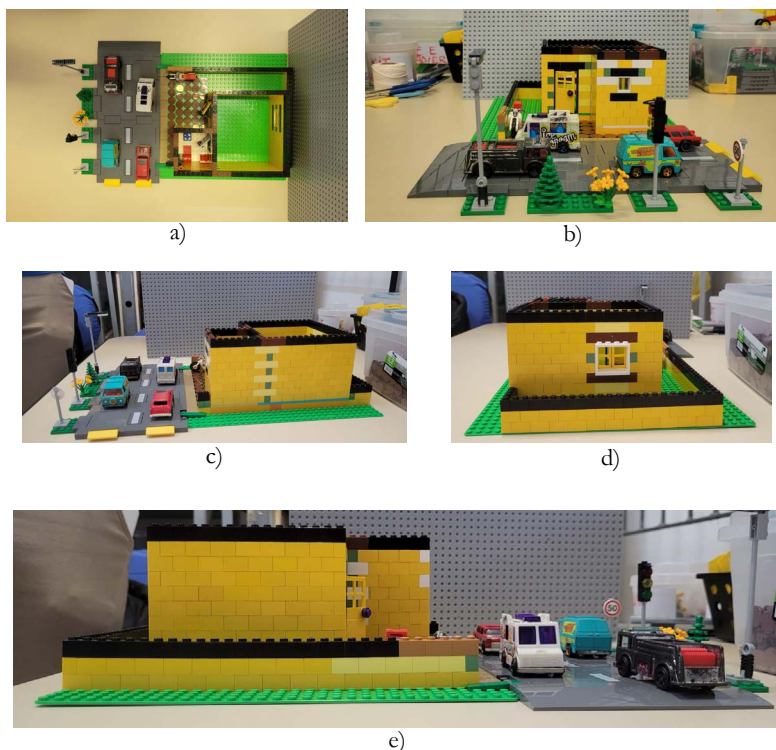
Todo o material necessário deverá ter sido organizado e os materiais iniciais distribuídos para os integrantes de cada uma das equipes, bem como a delimitação do caminho no chão para que os grupos possam seguir do seu local até a loja de suprimentos, antes do início da aplicação. O intuito da marcação deste caminho é tentar padronizar a distância, para que seja mantida a mesma para todos os participantes. Durante a dinâmica, o aplicador deverá se manter atento as ações realizadas pelos participantes, principalmente verificando se está havendo a colocação das peças desencaixadas na caixa de entulho. Também é sua função verificar o término de cada uma das partes para a liberação da parcela seguinte. Vale ressaltar que o mesmo só fará este procedimento caso ele seja chamado por algum dos integrantes da equipe.

Outro aspecto também mantido do trabalho de Nunes (2022), foi a presença de condições externas. Estas são selecionadas por meio de dados jogados em momentos do jogo pré-definidos, e que são sabidos somente pelo aplicador do jogo, que são a primeira meia hora e ao faltar meia hora para a finalização da dinâmica. A condição expressa no dado deverá ser seguida por todas as equipes e no caso de cair o mesmo número na segunda vez, o dado deverá ser jogado novamente. As condições dispostas nos dados estão listadas abaixo.

- Nº 1 – Colocar luvas;
- Nº 2 – Um dos integrantes para de trabalhar;
- Nº 3 – Troca de integrantes entre os grupos;
- Nº 4 – Chuva: interrompe os trabalhos por 5 minutos;
- Nº 5 – Aumento de preços (reajuste de 15% sobre todos os materiais);
- Nº 6 – Escolher um dos números anteriores aleatoriamente.

Em adição a estas condições, também inseriu-se uma no momento em que o jogo completa uma hora de duração. Nesta, o fornecedor, que é o responsável pela venda de suprimentos na loja, fica ausente durante 10 minutos. Destaca-se que na lista de suprimentos, as quais as equipes têm acesso, existem projetos que auxiliam as equipes na elevação da edificação, como o projeto de modulação (Figura 7) e o projeto de fundação (Figura 6), opções que devem ser consideradas pelos participantes, mas que não devem ser induzidas a compra pelo aplicador. A Figura 10 apresenta como seria a edificação e toda a infraestrutura interna (a) e externa (b, c, d, e) executada corretamente.

Figura 10. Edificação com entorno concluída, parte interna (a) e externa (demais)



Fonte: Autora (2024)

Base teórica sobre a Economia circular

Após o término da etapa anterior, deu-se início a uma breve exposição sobre a temática da economia circular, apresentando os conceitos do diagrama sistêmico, os seus pilares, a sua representatividade no Brasil e todos os R's que este sistema pode retratar. Esta etapa foi definida visto a necessidade de os participantes não apresentarem conhecimento sobre o assunto. Na Figura 10 consta a apresentação gráfica desta aula expositiva, que foi baseada nos tópicos Origem da Economia Circular, Princípios e funcionamento da Economia Circular e Transformando a construção civil através da Economia Circular, presentes no capítulo “A economia circular e suas ramificações”.

Figura 10. Apresentação sobre economia circular



Linha do Tempo



[Voltar ao índice](#)



Circular Village - Parte 1

simulação da construção de um projeto (suíte) em peças de Lego, com fundações constituída de viga baldrame e radier, infraestrutura interna e externa e instalações seguindo o processo construtivo de alvenaria estrutural, com as limitações que o Lego possui em retratar tal processo.



MATERIAL

Projeto arquitetônico
Canteiro de obras fixo
Lista de suprimentos
Manual de instruções

METAS

Construir a edificação dentro do tempo, com o menor custo e a melhor qualidade possível.

[Voltar ao índice](#)



 NOME DA EMPRESA

Economia Circular



Introdução

Construção civil: 5,3% da economia nacional nos últimos anos (Nunes et al., 2020).

IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS

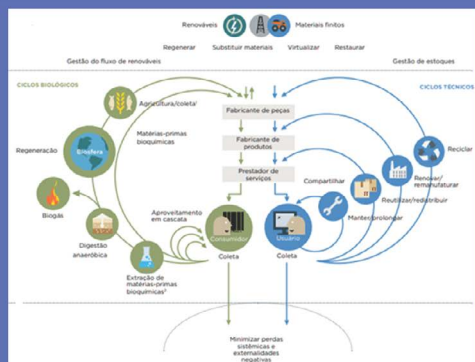
Elevado consumo de recursos naturais finitos

Alta demanda energética;

Grande geração de resíduos e de emissão de gás carbônico (co2).

ESTUDOS QUE DESENVOLVAM FORMAS DE DIMINUIR OU TORNAR ESCASSA ESTAS AÇÕES DEGRADANTES

[Voltar ao índice](#)



[Voltar ao índice](#)



3 PILARES IMPORTANTES

Fatores sociais
Fatores económicos
Fatores ambientais

BRASIL

Não existe uma política específica para a Economia circular
Política Nacional dos Resíduos Sólidos
ISO orientada para EC em desenvolvimento

[Voltar ao índice](#)



Caracterização

	Sigla	Tipo de Rs
Uso e fabricação de produtos mais inteligentes	R0	Recusar
	R1	Repensar
	R2	Reutilização
Prolongue a vida útil do produto e de suas peças	R3	Reduzir
	R4	Reparo
	R5	Remodelação
	R6	Remanufatura
	R7	Reaproveitamento
Aplicação útil de materiais	R8	Reciclar
	R9	Recuperar

Circular Village - Parte 2



Marcar um X
nos erros
cometidos



Relacionar os erros
a possíveis soluções



Colorir com a
caracterização da
solução escolhida

[Voltar ao índice](#)



Soluções	Número do erro
• A	1
• B	2, 3
• C	5
• D	10
• E	12

EXEMPLO

STATUS:



reciclagem



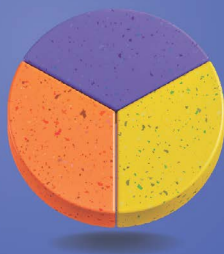
reutilização



redução

[Voltar ao índice](#)





Resultados

[Voltar ao índice](#)



[Voltar ao índice](#)



[Voltar ao índice](#)

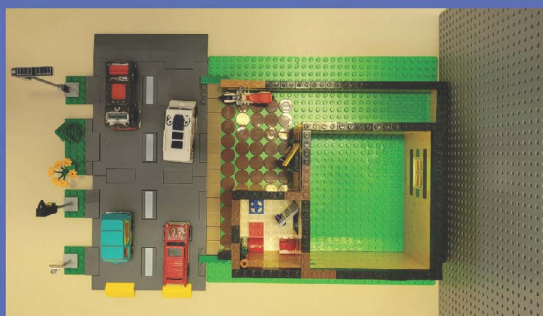




[Voltar ao índice](#)



[Voltar ao índice](#)



[Voltar ao índice](#)





[Voltar ao índice](#)



Análise



Pontuação	Porcentagem
Custo da construção	30%
Qualidade	30%
Circularidade dos erros	40%
Total	100%

Tipo	Pontos
Redução	15
Reutilização	10
Reciclagem	5

[Voltar ao índice](#)



**Caso tenha perguntas,
entre em contato com:**



PAMELLA
Orientanda de
mestrado

pamellateodosio@gmail.com

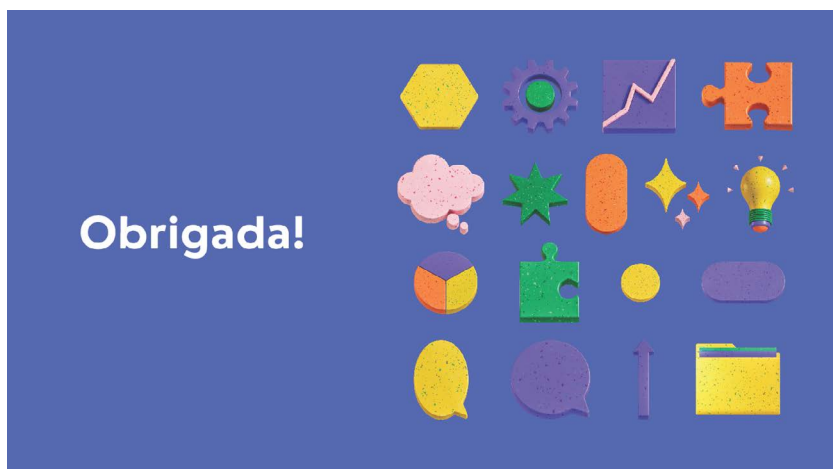


DÉBORA
Orientadora

deboragols@academico.ufs.br

[Voltar ao índice](#)





Fonte: Autora (2024)

Circular Village – Parte 2

Ao concluir a apresentação, inicia-se a segunda etapa da dinâmica. Assim como na parte 1, ao longo deste tópico foram apresentados os materiais necessários para a execução desta atividade, as orientações para o aplicador do jogo poder reproduzi-lo e os procedimentos que devem ser seguidos pelos participantes.

Materiais

Lista de possíveis erros (Quadro 3);

Lista composta por possíveis soluções para os erros cometidos (Quadro 4);

Lápis de cor ou marca texto nas cores vermelho, amarelo e verde, com 4 kit destes, sendo um para cada equipe.

Quadro 3. Lista de erros

LISTA DE ERROS QUE LEVARAM A PRODUÇÃO DE RESÍDUO, SOBRA DE MATERIAL E ERROS CONSTRUTIVOS

Marcar um X nos itens que correspondem aos erros cometidos pela equipe.

1		Não realizar a análise da lista de suprimentos e do projeto arquitetônico
2		Não realizar a compra do projeto de fundação
3		Não realizar a compra do projeto de modulação
4		Cálculo incorreto do levantamento quantitativo – sobra de material
5		Falta de planejamento
6		Erros de amarração - resíduo
7		Falta de vergas e/ou contravergas
8		Não realização do encaixe prévio do vidro do basculante e/ou das portas e janelas nos marcos antes de instalar nas paredes
9		Falta de preparação para lidar com as condições externas
10		Falta de entendimento sobre a unidade utilizada no jogo (quantidade de pinos)
11		Atraso/paralisação da obra causados pelas condições externas
12		Falta de interação entre o grupo
13		Locação incorreta da edificação com relação aos limites do terreno
14		Atraso/paralisação da obra pela falta de material
15		Não realização da execução primeiro da amarração dos cantos de parede para depois executar o centro
16		Falta de organização dos materiais no canteiro de obras
17		Execução incorreta de projeto (dimensão da casa menor que a projetada, abertura de porta ou janela posicionada em local diferente, ausência de vidro/porta/janela, abertura de porta na direção oposta)
18		Falta de atenção as regras do jogo
19		Não realização do controle de estoque
20		Falta do bloco calha, quando este não foi utilizado na fiada de respaldo
21		Uso incorreto do bloco calha, momentos que deveriam utilizar-se de blocos com tamanhos diferentes optaram por este
22		Locação incorreta do terreno no canteiro
23		Execução incorreta do radier
24		Execução incorreta da viga baldrame
25		Embalagens rasgadas
26		Bloco encaixado incorretamente - resíduo
27		Piso encaixado incorretamente - resíduo
28		Calçada encaixada incorretamente - resíduo
29		Taxa de permeabilidade menor que a exigida
30		Não foi deixado o espaço para a calçada
31		Não foi respeitada a taxa de no mínimo 10% da área do terreno com piso na parte externa. Valor utilizado foi inferior.
32		Não realizou o aluguel do manual do kit pavimentação
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		

Fonte: Autora (2023)

Quadro 4. Lista de alternativas

LISTA DE ALTERNATIVAS PARA OS ERROS

SOLUÇÕES	NÚMERO DO ERRO
Fazer uso do projeto	
Dedicar tempo ao planejamento antes da execução	
Blocos que podem ser usados como agregados em construções de baixa resistência	
Realizar estudo dos projetos com atenção	
Execução de práticas construtivas corretamente	
Otimização da gestão dos suprimentos	
Devolução de embalagens em bom estado	
Prolongar a vida útil dos produtos	
Esquema de pagamento conforme o uso	
Iniciativa de rede de reparos	
Iniciativa de fazer o reuso de produtos usados	
Estratégias para prever desperdícios	
Coleta separada de resíduos	
Transformação de resíduos em recursos	
Mudar padrão de consumo	
Prolongar vida útil do produto	
Integrar aspectos ambientais no design do produto	
Responsabilidade estendida de embalagem	
Construção de bancos de materiais – manter os componentes pelos maior tempo possível e preservar seu valor no fim do uso	
Resíduos utilizados na fabricação de concreto ou substituição de agregados naturais	
Melhorar a conexão entre os projetos	
Diretrizes para projeto de desconstrução	
Investimento no design de um produto	
Análise de estoque e fluxo de recursos e materiais	
Análise do ciclo de vida	
Repensar a funcionalidade de um produto	
Incinerar material com recuperação de energia	

Fonte: Autora (2023)

Procedimentos

Em um primeiro momento, as equipes receberam uma lista de possíveis erros que podem ter sido cometidos por eles durante a elevação da edificação na parte 1 e que podem ter levado à produção de entulho, de sobra de material e de erros construtivos. Sendo assim, os participantes tiveram um prazo de 10 minutos para marcar um X nos erros que eles cometeram durante este processo e puderam inserir novos caso achassem necessário. A ideia desta etapa veio de Piaget (2012), na sua discussão acerca de que o entendimento do discente sobre determinado assunto ocorre a partir da ação dele, seja por interação com o meio, com pessoas ou com algum tipo de recurso.

Ao final desse processo, eles receberam uma nova lista, que é composta por possíveis soluções para os erros cometidos criadas com base na leitura do trabalho de Munaro (2022), que continha alternativas para diversas atividades. Dessa forma, eles deveriam relacionar os erros marcados na lista anterior com as alternativas dispostas nesta nova lista. Por fim, os participantes ainda caracterizaram as alternativas selecionando-as dentro dos vários R's dispostos na apresentação. Eles deveriam pintar de verde as que foram de redução, amarelo de reutilização e vermelho de reciclagem. Para esta atividade eles detinham do prazo de 15 minutos para conclusão. Com o jogo concluído, foram feitas análises das partes 1 e 2 realizada a pontuação para as equipes.

Orientações ao aplicador

Durante o procedimento desta segunda etapa, cabe ao aplicador monitorar o tempo de cada uma das atividades e verificar se os participantes não fizeram alterações na construção feita de blocos de montar, bem como conferir se as respostas fornecidas tanto na lista de erros como na lista de soluções fazem sentido. Além disso, ao final do processo este deve recolher as listas de cada grupo e realizar a análise da pontuação que é descrita no tópico seguinte.

Pontuação

Como critérios de pontuação, dividiu-se em: 3 pontos para menor custo e 3 pontos para maior qualidade, que foram avaliados de acordo com os resultados da primeira etapa da dinâmica; e 4 pontos para a atividade de circularidade.

Para o menor custo, as equipes foram ranqueadas de acordo com o maior valor que sobrou no cartão de cada uma delas. Sendo assim, a que possuía o maior valor fica em primeiro, com 3 pontos, a segunda com 2 pontos, a terceira com 3 pontos e a quarta com 0 pontos.

Para maior qualidade, será seguida a mesma forma de pontuação e ranqueamento, mudando apenas a forma de avaliação. Nesse tópico, foram observadas a presença de erros de amarração, locação incorreta, blocos em funções diferentes das específicas, entre outros.

Por fim, na atividade de circularidade, a pontuação é observada pela quantidade de soluções marcadas. Para cada solução de reciclagem ganha-se 5 pontos, de reutilização 10 pontos e de redução 15 pontos. Faz-se a contabilidade total de cada equipe e será seguido o critério de ranqueamento para o recebimento dos pontos, o maior valor fica em primeiro, com 4 pontos, o segundo com 3 pontos, o terceiro com 2 pontos e o quarto com 1 ponto.

Ao final, a vitória é dada para a equipe que somar mais pontos.

Questionários

A construção dos questionários também fez parte do desenvolvimento da construção do jogo, mesmo com a sua aplicação pensada para etapa de validação da dinâmica no DSR. Dessa forma, questionários foram elaborados para serem aplicados antes e depois da aplicação do jogo, com o intuito de obter a percepção desses participantes e uma visualização de como as respostas podem ser diferentes pré e pós dinâmica. Além dos questionários serem pré e pós dinâmica, houve a separação destes entre discentes e docentes. Estes podem ser visualizados nos Quadros 5, 6, e 8.

Ambos foram separados por afirmações feitas por intermédio da escala de concordância Likert, nos quais marcava-se um X de acordo com a escala de importância considerada pelo jogador, onde -2 correspondia ao item com menor concordância, ou seja, discordo extremamente, e 2 representava o item com maior concordância, ou seja, concordo extremamente, para as afirmativas; e por questões de múltiplas escolhas.

Sendo assim, os questionários foram enviados ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e foram aplicados nas dinâmicas para a validação do jogo para discentes e docentes após a aprovação do mesmo (CAAE: 74191423.0.0000.5546), visto que pode vir a trazer melhorias para a dinâmica.

Quadro 5. Questionários elaborados para aplicação pré dinâmica dos discentes

Questões sobre o conhecimento	-2	-1	0	1	2
Você possui conhecimento sobre o conceito de Economia circular.					
Você conhece os R's da sustentabilidade.					

Questionário pré-aplicação para discentes

Quando o professor informa que haverá uma dinâmica com aplicação de jogos você entende que (marque apenas UMA alternativa):

☐

 Será divertido, mas não entende o que aprenderá no jogo.

☐

 Será divertido e conseguirá aprender com jogo.

☐

 Não será divertido, mas ajudará a aprender coisas novas.

☐

 Não será divertido e não ajudará em nada.

☐

 Outros: _____

Para você (marque quantas alternativas quiser):

☐

 O jogo ajudará a aprender coisas novas

☐

 O jogo será uma forma de fixar o que já aprendeu em outras ocasiões

☐

 O treinamento (ou aula) convencional é mais eficaz que o jogo

☐

 O jogo poderá ajudar a entender o conteúdo de outras disciplinas

☐

 O jogo será uma forma de se relacionar com os colegas

☐

 O jogo será uma forma alternativa de educação e treinamento

☐

 O jogo proporcionará uma ligação entre teoria e prática

☐

 O jogo permitirá que estudante participe ativamente da aula.

☐

 Outros: _____

Quadro 6. Questionários elaborados para aplicação pré dinâmica dos docentes

Questionário pré-aplicação para docentes

Questões sobre o conhecimento	-2	-1	0	1	2
Você possui conhecimento sobre o conceito de Economia circular.					
Você conhece os R's da sustentabilidade.					

A economia circular está presente no contexto do conteúdo da sua disciplina.					
Você considera positivo o uso de jogos com economia circular nas disciplinas.					

Questões adaptadas de Romanel (2009)	
Quando você informa aos alunos que haverá uma dinâmica com aplicação de jogos a reação deles é de que (marque apenas UMA alternativa):	
☐ Será divertido, mas não entendem o que aprenderão no jogo. ☐ Será divertido e conseguirão aprender com jogo. ☐ Não será divertido, mas ajudará a aprender coisas novas. ☐ Não será divertido e não ajudará em nada. ☐ Outros: _____	
Para você, qual será(ão) a(s) contribuição(ões) que o jogo fornecerá (marque quantas alternativas quiser):	
☐ O jogo ajudará a aprender coisas novas ☐ O jogo será uma forma de fixar o que já aprendeu em outras ocasiões ☐ O treinamento (ou aula) convencional é mais eficaz que o jogo ☐ O jogo poderá ajudar a entender o conteúdo de outras disciplinas ☐ O jogo será uma forma de se relacionar com os colegas ☐ O jogo será uma forma alternativa de educação e treinamento ☐ O jogo proporcionará uma ligação entre teoria e prática ☐ O jogo permitirá que estudante participe ativamente da aula. ☐ Outros: _____	
Fonte: Autora (2023)	

Quadro 7. Questionários elaborados para aplicação pós dinâmica dos discentes

Questionário pós-aplicação para discentes

Questões sobre o conhecimento	-2	-1	0	1	2
Você possui conhecimento sobre o conceito de Economia circular.					
Você conhece os R's da sustentabilidade.					

Questões sobre o jogo	-2	-1	0	1	2
O tempo de jogo é suficiente.					
O valor disponibilizado para construção é adequado					
O entendimento do jogo é complicado.					
As temáticas as quais o jogo se propôs a aplicar foram bem trabalhadas.					
Foi possível absorver conhecimento sobre o assunto com a dinâmica.					

Questões discursivas
Qual o nível de dificuldade o jogo? De 0 a 10.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Há alguma sugestão ou comentário a ser dado sobre o jogo?

Questões de Romanel (2009)
Você acha que o jogo foi (marque apenas UMA alternativa): ☐ Divertido, mas não lembra o que aprendeu no jogo. ☐ Divertido e ainda lembra o que aprendeu no jogo. ☐ Não foi divertido, mas ajudou a aprender coisas novas. ☐ Não foi divertido e não ajudou em nada. Outros: _____
Para você (marque quantas alternativas quiser): ☐ O jogo ajuda a aprender coisas novas ☐ O jogo é uma forma de fixar o que já aprendeu em outras ocasiões ☐ O treinamento (ou aula) convencional é mais eficaz que o jogo ☐ O jogo pode ajudar a entender o conteúdo de outras disciplinas ☐ O jogo é uma forma de se relacionar com os colegas ☐ O jogo é uma forma alternativa de educação e treinamento ☐ O jogo proporciona uma ligação entre teoria e prática ☐ O jogo permite que estudante participe ativamente da aula. ☐ Outros: _____

Quadro 8. Questionários elaborados para aplicação pós dinâmica dos docentes

Questionário pós-aplicação para docentes

Questões sobre o conhecimento	-2	-1	0	1	2
Você possui conhecimento sobre o conceito de Economia circular.					
Você conhece os R's da sustentabilidade.					
A economia circular está presente no contexto do conteúdo da sua disciplina.					
Você considera positivo o uso de jogos com economia circular nas disciplinas.					
Questões sobre o jogo	-2	-1	0	1	2
O tempo de jogo é suficiente.					
O valor disponibilizado para construção é adequado					
O entendimento do jogo é complicado.					
As temáticas as quais o jogo se propôs a aplicar foram bem trabalhadas.					
Foi possível absorver conhecimento sobre o assunto com a dinâmica.					

Questões discursivas
Qual o nível de dificuldade o jogo? De 0 a 10.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Há alguma sugestão ou comentário a ser dado sobre o jogo?

Questões de Romanel (2009)
Você acha que o jogo foi (marque apenas UMA alternativa): ☐ Divertido, mas não lembra o que aprendeu no jogo. ☐ Divertido e ainda lembra o que aprendeu no jogo. ☐ Não foi divertido, mas ajudou a aprender coisas novas. ☐ Não foi divertido e não ajudou em nada. ☐ Outros: _____
Para você (marque quantas alternativas quiser): ☐ O jogo ajuda a aprender coisas novas ☐ O jogo é uma forma de fixar o que já aprendeu em outras ocasiões ☐ O treinamento (ou aula) convencional é mais eficaz que o jogo ☐ O jogo pode ajudar a entender o conteúdo de outras disciplinas ☐ O jogo é uma forma de se relacionar com os colegas ☐ O jogo é uma forma alternativa de educação e treinamento ☐ O jogo proporciona uma ligação entre teoria e prática ☐ O jogo permite que estudante participe ativamente da aula. ☐ Outros: _____

Fonte: Autora (2023)

CAPÍTULO

5

REFLEXÕES SOBRE A PRÉ- CONSTRUÇÃO E SEUS RESULTADOS

Aplicação dos questionários para as turmas da graduação do jogo didático em Lego System®

O resultado da aplicação de questionários fez parte do desenvolvimento no método DSR para a construção do *Circular Village*. Durante a observação da aplicação dos jogos, cada um desses dias contou com a presença de 3 grupos, formados, geralmente, por 5 pessoas cada. Além deles, a aplicação contava com uma equipe de apoio, formada pelos docentes das disciplinas, algumas discentes do mestrado ou da graduação membros grupo de pesquisa e esta autora. Sobre a função desta equipe, eram responsáveis pela observação e organização da dinâmica, atuando na venda de suprimentos, controle dos dados e das tarefas das equipes.

Vale ressaltar que algumas modificações foram realizadas no jogo desenvolvido por Nunes (2022) para a aplicação nesta última turma; isto se deveu ao fato de que esta havia sido a turma de TC do período anterior, sendo assim já tinham conhecimento do jogo, como também uma forma de abordar melhor a necessidade da gestão para o não desperdício de materiais na dinâmica. Dessa forma, as alterações implementadas foram: o valor a ser disponibilizado foi aumentado em 50%, passando de 3000 legos para 4500 legos; e toda a peça de Lego que fosse

desencaixada deveria ir para um recipiente denominado caçamba de entulho, logo não poderia ser reaproveitada na construção. Ressalva se faz quanto às demais peças, que representavam marco, contramarco, portas e janelas, que poderiam ser retiradas e assentadas novamente.

A partir das dinâmicas realizadas, esta autora respondeu o formulário, apresentado no Quadro 3 do tópico Método de Pesquisa, e elaborou infográficos com bases nas respostas, dividindo-as pelas fases que foram apresentadas anteriormente. A Figura 1 traz as informações colhidas na fase A, que consiste na compreensão da importância das etapas de projeto e planejamento de suprimentos.

Nesta etapa, todas as equipes analisaram o projeto arquitetônico disponibilizado no início do jogo, bem como fizeram a leitura da lista de suprimentos e o levantamento quantitativo para iniciar a construção (Figura 2). Entretanto, percebeu-se que a leitura não foi feita com total atenção, pois alguns grupos não perceberam a presença do projeto de modulação na lista, havendo a necessidade de interferência dos professores para alertá-los sobre o assunto. Sendo assim, o projeto de modulação só foi comprado por metade das equipes que participaram da dinâmica, dentre os motivos para a não realização da compra teve-se: a falta de disponibilidade, já que apenas 2 projetos eram liberados por dinâmica, dessa forma as outras duas equipes já haviam comprado; a falta de planejamento, neste caso a ideia do grupo era comprar suprimentos de forma que fosse possível iniciar a construção das duas primeiras fiadas e ganhar o restante do dinheiro fornecido; e o custo elevado do projeto, explicação mais utilizada, pois as equipes queriam construir o mais rápido possível com o menor custo possível. Aspectos relatados que também foram citados no trabalho de Nunes (2022).

Figura 1. Infográfico sobre a compreensão da importância das etapas de projeto e planejamento de suprimentos



Fonte: Autora (2023)

Figura 21. Grupo realizando análise das informações fornecidas no início do jogo

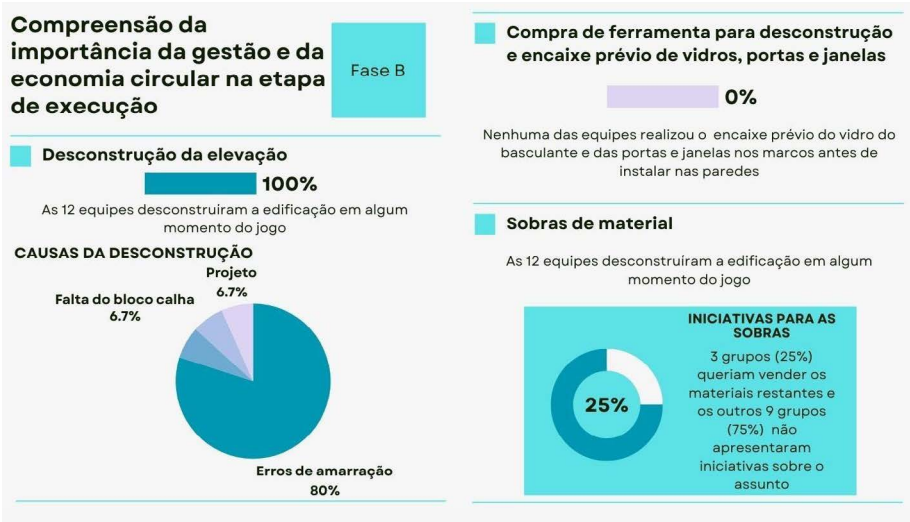


Fonte: Autora (2023)

Quanto à comparação feita entre os alunos da disciplina de tecnologia das construções e de gerenciamento de obras, percebeu-se os alunos de TC mais dispersos, pois esses últimos não se atentaram a unidade do jogo, não observaram com afincos as informações trazidas na lista de suprimentos e no manual do jogo sobre a escolha da compra. Com isso, houve um empate, 50% das equipes de TC e de GO compraram o projeto de modulação. Quanto aos motivos da não efetuação da compra, 3 das 4 equipes que alegaram o custo elevado eram de GO, enquanto os motivos restantes foram dados pelos discentes de TC. Outro ponto que merece atenção, é que apenas um grupo realizou a primeira compra com somente o projeto de modulação na lista e o mesmo foi da disciplina de GO.

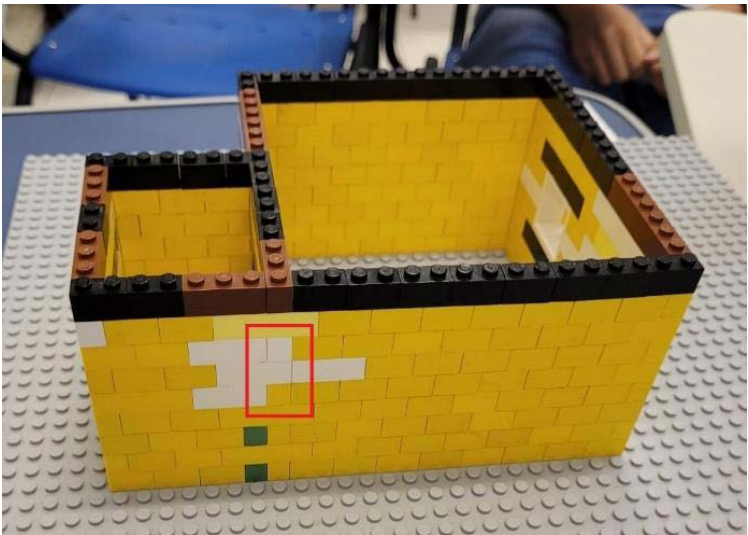
A Figura 3, por sua vez, apresenta as informações colhidas na fase B do questionário, que compreende a importância da gestão e da economia circular na etapa de execução. O primeiro aspecto analisado foi se os grupos realizaram a desconstrução, que, neste caso foi a demolição de alguma parte da alvenaria construída de forma incorreta. Todas as 12 equipes em algum momento passaram por esse problema, categorizado como um evento desfavorável que é visto como gerador de retrabalho, causador de desperdícios e de atrasos das atividades posteriores (Mata; Barbosa, 2016). A maior parte das causas da desconstrução (80%) foram devidas aos erros de amarração (Figura 4), os quais não se respeitou o padrão de ligação das paredes por intertravamento dos blocos, que obtêm-se com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra (ABNT, 2020a).

Figura 3. Infográfico sobre a compreensão da importância da gestão e da economia circular na etapa de execução



Fonte: Autora (2023)

Figura 4. Erro de amarração.



Fonte: Autora (2023)

Os outros erros dividiram-se igualmente, 6,67% cada, sendo eles: falta do bloco calha, quando este não foi utilizado na fiada de respaldo e nas vergas e

contravergas; o uso incorreto do bloco calha, e momentos que deveriam utilizar-se de blocos com tamanhos diferentes optaram por este; e, o projeto, no qual a equipe decidiu não fazer a compra do mesmo e durante o processo construtivo tiveram dificuldades, que acarretou na compra deste após 40 minutos de jogo e consequentemente demolição do que foi construído incorretamente.

Quanto à duração da atividade (Figura 5), ressalta-se que apenas duas das doze equipes que participaram desta experiência não concluíram a tarefa no prazo estipulado de 1 hora e 30 minutos, ou seja, 90 minutos, que trata-se da linha vermelha disposta no gráfico. Essas duas equipes foram justamente as que não realizaram a compra do projeto, uma do grupo de GO e a outra de TC (nessa última a compra do projeto ocorreu após 40 minutos do início do jogo). De acordo com Nunes (2022) adquirir o projeto de produção reduz o tempo de planejamento e, consequentemente, evita que ultrapasassem do tempo limite.

Figura 5. Gráfico com a duração da dinâmica em minutos de cada grupo



Fonte: Autora (2023)

Ainda de acordo com a Figura 3, nenhum dos grupos optou por comprar a ferramenta extrator para a desconstrução, preferindo a economia do custo final ao equipamento que facilitaria o processo de execução. Além disso, ninguém realizou o encaixe prévio do vidro do basculante e das portas (Figura 6) e janelas nos marcos antes de instalar nas paredes, o que favorece o encaixe e evita retrabalhos. Ao final do jogo, analisou-se a existência de sobras de material (Figura 7), para verificar se as equipes conseguiram construir com um planejamento e sem desperdícios, e em todas as equipes foram identificadas sobras. Quanto às iniciativas do que fazer com esse material restante, 25% dos grupos queriam

vender os materiais restantes a outras equipes que ainda estavam no processo de execução e os 75% remanescentes não apresentaram qualquer tipo de iniciativa sobre o assunto. Ressalta-se que essa iniciativa de vendas partiu apenas dos grupos da disciplina de Gerenciamento de Obras e que os erros diferentes dos obtidos através da amarração vieram somente das equipes de Tecnologia das Construções, fato que não era esperado, pois estavam cursando este assunto na disciplina no momento da aplicação da dinâmica de grupo, o que garantiria um conhecimento mais recente sobre a temática e suas especificações.

Figura 6. Construção sem encaixe prévio



Fonte: Autora (2023)

Figura 7. Exemplificação das sobras de material



Fonte: Autora (2023)

Por último, tem-se a Figura 8, que aborda a compreensão das ações executadas pelos jogadores (fase C). Como durante o jogo foram jogados dados com condições externas para a simulação de imprevistos que acontecem em obras reais, verificou-se se de alguma forma elas contribuíram para o surgimento de erros na construção e, sim, isto aconteceu com 11 das 12 equipes, pois, assim como no trabalho de Nunes (2022), nenhuma das equipes se preparou previamente para estas adversidades. A condição que mais os afetou foi o uso de EPI's (Figura 9), momento no qual todos os integrantes deveriam passar 5 minutos fazendo o uso de luvas e capacetes ou viseiras.

Observou-se que as luvas dificultavam o encaixe correto dos blocos. A situação da chuva que impede o trabalho em obra por 5 minutos permitiu que eles observassem mais o planejamento e o quantitativo de materiais. As demais condições, como aumento dos preços em 15% e a troca de membro de equipes geraram desconfortos, a primeira por influenciar diretamente no maior custo final da edificação e a segunda por demandar a perda de um integrante já familiarizado com a equipe e o recebimento de um jogador que precisa aprender sobre o funcionamento do novo grupo. Essas simulações condizem com o que foi visto no trabalho de Caeiro-Rodriguez. et al. (2021), no qual o jogo entrou como uma forma de resolução de problemas realistas, que tem como inspiração o cotidiano.

Figura 8. Infográfico sobre a compreensão das ações executadas pelos jogadores



Fonte: Autora (2023)

Todas as equipes no geral estavam muito empenhadas em vencer o jogo, percebeu-se então uma maior preocupação por parte dos grupos em apenas executar com menor custo, não prestando atenção na execução correta e na sobra de material. Esta execução correta diz respeito aos erros simples que deixaram acontecer em virtude do pensamento de construir com o menor valor possível e, por vezes, até não efetuar a compra do projeto, mesmo estudando para serem futuros engenheiros e sabendo das consequências de uma construção sem projetista. Dessa forma, a ressalva feita por Boller e Kapp (2018) é válida, pois, por se tratar de um jogo de aprendizado o objetivo dos alunos não pode ser a vitória, já que pode gerar comprometimento do aprendizado.

Figura 9. Equipe de jogadores fazendo uso de EPI's durante a dinâmica



Fonte: Autora (2023)

A Figura 10 traz as informações sobre o custo da obra de cada equipe, na qual a linha vermelha equivale à estimativa de valor necessária para a construção

do projeto, 2.660,00 legos, Nunes (2022), considerando que os grupos efetuaram a compra de projeto de produção e de extrator de peças. A partir do gráfico, é possível observar que 11 dos 12 grupos mantiveram-se abaixo do valor disponibilizado para o jogo, que foi de 3.000,00 legos. Detalhe para os três últimos grupos, pertencentes a disciplina de Gerenciamento de Obras, que tiveram o jogo um pouco alterado e, por isso, tinham a possibilidade de receber até 4.500,00 legos, sendo que apenas um dos grupos ultrapassou o valor inicial. No mais, a distribuição ficou dividida de forma equilibrada, 42% dos grupos ficaram bem abaixo do valor estimado e 58% acima.

Figura 10. Gráfico com o custo da obra por grupo



Fonte: Autora (2023)

Como um dos propósitos também era observar a consciência dos discentes quanto às práticas sustentáveis, percebeu-se que 50% das equipes apresentaram algum tipo de preocupação acerca da sobra de material. Entretanto, nenhuma delas foi motivada por uma questão ambiental, três desses grupos questionaram se podiam devolver o material sobressalente para o fornecedor e receber o dinheiro de volta, e os demais demonstraram preocupação, pois a dinâmica foi modificada (três últimos grupos de GO tiveram alterações no jogo). O fato de os jogadores não demonstrarem um pensamento mais sustentável sobre a temática pode estar ligada às conclusões do trabalho de O’Born e Heimdal (2022), que informa que os estudantes de engenharia possuem um conhecimento prévio debilitado sobre a temática da Economia circular.

Por fim, após toda a observação das dinâmicas, foi possível perceber que as

equipes apresentavam um padrão para a divisão das tarefas. Nenhuma delas delegou funções específicas para cada membro, as atividades eram realizadas de acordo com a maior afinidade que cada integrante da equipe possuía e sempre tinha um membro da equipe com o perfil de líder, mesmo não havendo uma divisão prévia das atividades. Além disso, os discentes mostravam-se satisfeitos em participar do jogo, questionando a realização de novas dinâmicas, ou para os da disciplina de TC, o questionamento se poderia ser feito novamente na disciplina do semestre seguinte, GO. O que corrobora com os resultados do trabalho de Jääskä, Aaltonen e Kujala (2021), no qual houve uma alta satisfação dos discentes ao se depararam com este método de aprendizagem por meio de jogos.

Destaca-se que os parâmetros observados e comentados acima eram percepções da pesquisadora e características evidenciadas que poderiam se fazer importantes no momento de aplicação e desenvolvimento do *Circular Village*. Outro ponto a se comentar é sobre o conhecimento dos discentes que participaram, os pertencentes à disciplina de Tecnologia das Construções (TC) são mais jovens no curso, enquanto os de Gerenciamento de obras já cursaram a disciplina de TC; portanto, eles possuem um conhecimento acumulado quando comparados aos primeiros. Por fim, Gestão de Obras faz parte do mestrado, possuindo como estudantes engenheiros já formados.

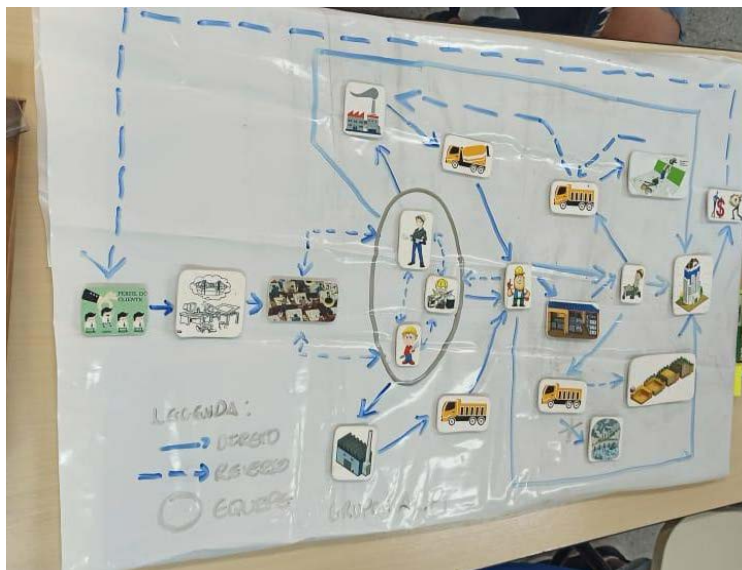
Observação e participação no jogo “Construbusiness: a cadeia produtiva da construção civil”

Assim como o jogo anterior, o resultado da observação e participação no “*Construbusiness*” fez parte do desenvolvimento no método DSR para a construção do *Circular Village*. Para esse outro jogo, a participação ocorreu na disciplina de Construção Civil, do mestrado, e na turma de Gerenciamento de Obras, da graduação.

Na primeira dinâmica, houve a divisão dos participantes que resultou em 2 grupos, um com 4 integrantes e outro com três. A equipe maior era formada apenas por discentes do mestrado e equipe menor contou com dois discentes e um professor do mestrado, e todo o jogo foi supervisionado e explicado pela professora responsável pela disciplina. O tempo dado para a conclusão do jogo foi de 30 minutos, que foi suficiente para a construção do fluxograma da equipe a qual esta autora participou. A equipe adversária concluiu o jogo em um menor tempo, 28 minutos. O jogo foi constituído por peças que auxiliam na elaboração da cadeia produtiva da construção civil, desde o processo de concepção do projeto até o destino final, tanto do empreendimento como dos resíduos gerados durante o processo construtivo. Este último garantiu que os participantes da dinâmica apresentassem um pensamento sustentável acerca da temática construtiva, como é possível observar na Figura 11, que apresenta os fluxogramas criados por cada

uma das equipes. A análise delas foi feita pensando no viés da economia circular.

Figura 11. Fluxograma das equipes do mestrado



a)



b)

Fonte: Autora (2023)

A equipe da Figura 11a montou um fluxograma cujo início se deu a partir

do perfil do cliente e foi se encaminhando para as etapas de concepção de projeto até o canteiro de obras. No canteiro, os resíduos gerados a partir da construção foram divididos em 3 caminhos: o do descarte irregular, que acaba por gerar contaminação; o da usina de reciclagem de resíduos sólidos, que compreende os resíduos de construção e demolição que podem ser reciclados; e o do aterro, destinação adequada para os resíduos que não puderam passar pelo destino anterior e nem serem reaproveitados. O segundo destino, a usina de reciclagem, ainda teve ligação para o canteiro, apresentando-se como um ciclo. Ponderações foram feitas pelos professores que supervisionavam a dinâmica, sobre como esse segundo destino poderia estar ligado também à etapa de concepção de projeto, na qual o pensamento de utilização do material reciclado estaria intrínseco a sua elaboração. Destaca-se que as ponderações e parâmetros observados e comentados acima e a seguir eram percepções da pesquisadora e características evidenciadas que poderiam se fazer importantes no momento de aplicação e desenvolvimento do *Circular Village*.

Já o fluxograma feito pelo outro grupo (Figura 11b), realizou a construção da cadeia com foco nesta questão dos materiais, e a partir dos materiais foram encaminhando-se para outras etapas. Pode-se observar que diferente do outro grupo, houve vários pontos de partida para a formação do fluxograma, com o canteiro de obras sendo representado no centro pela mão de obra. Alguns deles foram: os projetistas, que disponibilizam o projeto para a construção e que estão diretamente ligados ao perfil do cliente e ao processo de financiamento do imóvel; a indústria de produção, que fornece os materiais de construção; a destinação dos resíduos da obra, que pode vir a ser colocados em aterros, mas também pode captar os resíduos para reciclagem do produto para retornar à construção; por fim, a entrega do empreendimento.

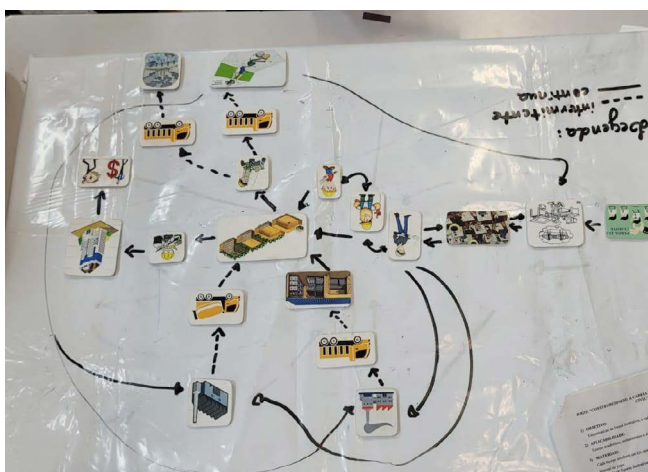
Isso permitiu refletir sobre as diferentes vertentes que o jogo pode se encaminhar, já que grupos distintos podem ter visões divergentes sobre como chegar no mesmo propósito, que era a construção da cadeia produtiva. Além disso, como o pensamento da economia circular pode ser incorporado no jogo por meio das setas que fazem as ligações entre os processos.

Quanto aos grupos formados na disciplina de gerenciamento de obras, dividiu-se em 2 grupos com 4 pessoas cada, em que todos os integrantes foram estudantes de graduação. Sobre o tempo para a conclusão da tarefa, as equipes de GO foram mais rápidas, ambas terminaram o jogo antes de completar 25 minutos do início da atividade. A Figura apresenta o resultado dos grupos na dinâmica *Construbusiness*.

Nela, é possível observar semelhanças entre os fluxogramas das duas equipes

entre si, e também com o primeiro grupo da dinâmica do mestrado. Em ambas, os discentes implementaram o uso de materiais reciclados no processo da construção. Na Figura 12a, os jogadores acabaram usando a imagem que representa o aterro erroneamente, colocando-a no papel de canteiro de obras, o que pode mostrar uma falta de conhecimento dos mesmos acerca do assunto. Esta foi uma questão levantada por todos os grupos, sobre a necessidade de uma imagem que represente o canteiro de obras; alguns optaram por colocar os profissionais como representação, outros o almoxarife e até a palavra canteiro para simbolizar o local; então essa alteração ficou como sugestão para posterior atualização do jogo.

Figura 12. Fluxograma das equipes da graduação



a)



b)

Fonte: Autora (2023)

É importante ressaltar que, na disciplina de GO, os estudantes tinham acabado de apresentar uma série de seminários sobre diversas temáticas que envolvem a economia circular, desde as suas barreiras até as suas aplicações com o uso do BIM. Pode-se perceber que este conhecimento anterior permitiu que os jogadores estivessem mais atentos sobre o funcionamento de um ciclo e o que fazer com as figuras de formar a tornar a cadeia da construção mais sustentável. Desse modo, o jogo acabou sendo inserido como uma forma de pôr em prática esse conhecimento adquirido recentemente em etapas que já eram de conhecimento dos discentes ao longo do curso. O que condiz com as conclusões de Moura, Miron e Brito (2012) de que o jogo proporciona aos envolvidos aplicar técnicas, teorias e fundamentos aprendidos anteriormente.

As duas dinâmicas apresentam resultados quanto à destinação final dos resíduos produzidos em obra para serem encaminhadas à unidade recicladora de RCC semelhantes aos encontrados no trabalho de Cruz et al. (2017). Neste, tanto a equipe formada por engenheiros quanto a formada por graduandos incluíram em suas cadeias a reutilização do resíduo que, devidamente realizada após a transformação em outros materiais, retornou ao canteiro de obras.

Evidencia-se que os discentes pertencentes a disciplina de Tecnologia das Construções são mais jovens no curso, enquanto os de Construção Civil possuem como estudantes engenheiros já formados. Entretanto, ambos apresentaram resultados que demonstravam preocupação com os resíduos, visto que os graduandos haviam apresentado trabalhos recentemente sobre economia circular, enquanto os mestrands possuíam conhecimento sobre economia circular e também a temática de reciclagem de resíduos.

Percepções pertinentes para a construção de um novo jogo

Observar outros jogos foi importante, pois de acordo com Salen e Zimmerman (2012, p. 34):

Estudantes de design de jogos jogam jogos para desenvolverem uma consciência histórica e um senso crítico sobre os tipos de jogos que já foram projetados, para aprenderem como os jogos funcionam a fim de criar experiências, e para descobrir o que funciona e o que não funciona nas escolhas de design especiais.

Com as participações e observações feitas nos jogos didáticos Lego System® (Nunes, 2022) e no *Construbusiness* (Cruz et al., 2017), pode-se inferir e estabelecer parâmetros e noções para serem utilizados na construção do jogo deste trabalho. A primeira delas diz respeito ao tempo, como as aulas da graduação possuem 50 minutos cada horário, e as disciplinas que a dinâmica pode ser aplicada tem no mínimo 02 aulas em sequência, ou seja, a duração máxima do jogo deverá ser de 100 minutos ou 1 hora e 40 minutos.

Outro ponto a ser comentado é a questão da explicação sobre a economia circular, no caso da disciplina de Gerenciamento de obras o assunto já é debatido na grade, o que não demandaria informações prévias antes da dinâmica. Entretanto, no caso de o jogo ser aplicado em outras instituições pode-se fazer necessário uma introdução acerca da temática.

Quanto aos *insights* que puderam ser absorvidos para a construção deste jogo durante os acompanhamentos dos jogos com Lego e do *Construbusiness*, sobre os trabalhos lidos na revisão bibliométrica, tem-se:

Retirar um tempo para a explicação de funcionamento do jogo, da forma mais clara possível, visto que os alunos não realizam a leitura das instruções impressas que são disponibilizadas;

Não disponibilizar o projeto de modulação, apenas o arquitetônico, e colocá-lo como opção de compra, para que os próprios discentes possam entender a necessidade da procura de um profissional para a realização de uma construção. Como uma reclamação recorrente foi o alto custo deste, seria importante observar a porcentagem do valor disponibilizado para a dinâmica que é definida para o mesmo, para que fique mais próximo de um orçamento real. Além disso, estaria disponível em quantidade suficiente para todos os grupos, resolvendo também o motivo da falta de disponibilidade;

A criação de parâmetros para análise após o fim da dinâmica, que funciona como uma forma de retorno para os jogadores sobre os seus erros e acertos, e que acaba por gerar uma troca de informações quanto a melhorias que possam ser feitas na dinâmica;

Apresentar aos discentes a funcionalidade do extrator, pois muitos não sabiam fazer uso da ferramenta e não viram a sua importância;

A observação da realização do encaixe prévio do vidro do basculante e das portas e janelas nos marcos antes de instalar nas paredes, é pertinente, pois está dentro do planejamento de gestão da construção;

A alteração feita na última dinâmica de descartar os blocos que foram retirados pode ser aplicada também, de forma que estimule o processo de planejamento e gerenciamento da construção;

Para a sobra de material, seria interessante que os participantes pensem em alternativas para a sua destinação, para solidificar o conhecimento do que pode ser feito e não somente o descarte em aterros;

Com base no *insight* do tópico anterior, poderiam definir pontos do próprio

projeto em que esses materiais poderiam ser empregados, ou em que momentos do ciclo poderiam estar;

A ideia dos dados como forma de simular condições externas faz muito sentido para a simulação do jogo, entretanto as mesmas poderiam valer para todos os grupos presentes de forma que possam ser feitas a análise de como será resolvida a questão de diferentes formas;

Esclarecer para os jogadores o objetivo do jogo, para que não se mantenham focados somente nas estratégias de forma a garantir o menor custo do empreendimento, pois haverá uma série de critérios para realização da avaliação;

Por meio da patente de Feng (2022), buscou atentar-se a conversão dos recursos e como utilizá-los de forma mais eficaz;

Elaboração de questionários pré e pós-aplicação investigar os resultados de aprendizagem dos alunos, avaliando seus conhecimentos sobre economia circular antes e depois da dinâmica, para determinar se os métodos de ensino são eficazes, inspirando-se em O’Born e Heimdal (2022).

Com base nas percepções que esta autora considerou pertinente e com a leitura dos diversos trabalhos encontrados por meio da revisão bibliométrica, foram idealizadas as etapas que fazem parte do jogo de gestão com economia circular. Baseado nas informações fornecidas por Boller e Kapp (2018), o jogo proposto possui como dinâmicas as opções de construa ou erga, na qual algo será criado usando recursos específicos, no caso o lego, e a de solução, em que será solucionado um problema ou um quebra cabeça. Ainda de acordo com os autores, quanto aos elementos, ou seja, às características que ajudam a formar a experiência do jogo, pode-se elencar para a construção desta atividade: conflito, onde o jogador deverá superar ou conquistar algo; cooperação pois, por se tratar de um jogo de aprendizagem, tem-se o objetivo de que os jogadores trabalhem em conjunto para atingir a meta; recursos, que representam os bens, seja dinheiro ou objetos, neste jogo será fornecida uma verba para que os jogadores gerenciem; estratégia, que são elementos que façam o jogador analisar as opções; por fim, o tema, que é do que se trata o jogo.

A ideia para este jogo é que os participantes realizem a construção de casas com lego, mas diferentemente do jogo que se foi observado, as mesmas estarão inseridas em uma rua, para que os jogadores ampliem o pensamento e não pensem somente no aspecto da construção de alvenaria estrutural. Ainda o resultado do jogo não será somente a entrega da construção, mas também um plano de o que será feito com os resíduos, que estratégias foram adotadas durante o processo construtivo para implementação da sustentabilidade na gestão da obra, a quantidade de resíduo que foi gerado e, por fim, o custo desse empreendimento.

CAPÍTULO

6

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO CIRCULAR VILLAGE

Introdução

Pensou-se na aplicação para docentes, visando ter o retorno deles sobre o assunto economia circular nas disciplinas de atuação, e dos discentes como forma de monitoramento do aprendizado dos graduandos enquanto estudantes. Além disso, esta etapa faz parte dos passos necessários para o processo de validação do artefato no método do DSR utilizado nesta pesquisa.

A aplicação das dinâmicas se deu após o aceite do Comitê de Ética em Pesquisa tanto para os discentes como para os docentes, nos quais ambos os participantes foram convidados a colaborar com a pesquisa, dispendendo um dia para a sua realização, com uma manhã disponível para os docentes e uma tarde para os discentes. Os resultados da aplicação dos questionários pós e pré-aplicação do jogo e do próprio jogo em si são discutidos nos próximos tópicos.

Resultados após aplicação das dinâmicas para docentes

A aplicação para docentes ocorreu com a presença de dez participantes, sendo todos professores que estão em atuação em diferentes áreas, são elas: gestão da construção, arquitetura, estruturas (aço e concreto), materiais de construção, estradas, saneamento e águas. Estes foram divididos em dois grupos e como havia mais de um professor na mesma área, ocorreu a iniciativa de deixá-los em grupos opostos.

Resultado do jogo dos docentes

Os professores mostraram-se muito dispostos e imersos na experiência do jogo. O Quadro 1 ajuda a compreender os horários de cada grupo de acordo com as etapas realizadas ao longo da primeira parte do jogo.

Quadro 1. Monitoramento dos horários – Grupo docentes

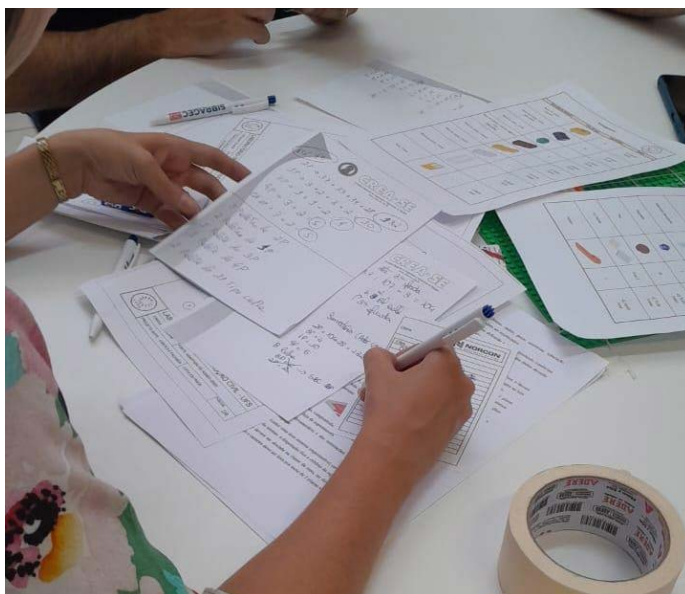
Etapa	Hora (G1)	Hora (G2)
1ª Planejamento: Entrega da planta, tabela de preços e da 1ª parcela.	09:39	09:39
2ª Compra: Início das compras de equipamentos e insumos.	09:48	10:23
3ª Execução: Começo da construção.	09:53	10:30
4ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da segunda parcela.	10:05	10:37
5ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da terceira parcela.	11:13	11:15
6ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da quarta parcela.	-	11:43
7ª Entrega: Entrega da obra	-	11:54

Fonte: Autora (2024)

Logo no início, uma das equipes realizou a aquisição do projeto de modulação já na primeira compra de insumos e nos primeiros dez minutos da atividade, enquanto a outra permaneceu por mais de 40 minutos no processo de planejamento (Figura 1), pois não tinham visto a presença do projeto de modulação na lista de suprimentos. Durante este tempo, nos primeiros 30 minutos, houve a primeira consequência advinda dos dados, que os levou a interromperem os trabalhos em virtude da chuva. Isso atrapalhou o G2, pois até o momento não haviam realizado nenhuma compra e forneceu ao G1 um período de análise dos trabalhos que estavam sendo executados.

Vale ressaltar, que mesmo com o atraso na compra do projeto, o G2 se saiu melhor no tempo da construção; isso se deve ao fato de terem disponibilizado grande parte do tempo com um planejamento detalhado, no qual havia a descrição das compras que deveriam ser feitas e de quanto deveria ser comprado. Isso corrobora com o que foi dito por Silva e Silva (2023), de que o resultado do planejamento bem executado proporciona benefícios para a construção, como o acompanhamento contínuo, além de entrega realizada no prazo e garantia de satisfação do cliente. Fato este que não foi feito pelo grupo oponente e que acabou por gerar dificuldades durante a execução da obra, mesmo estando com as plantas em mãos.

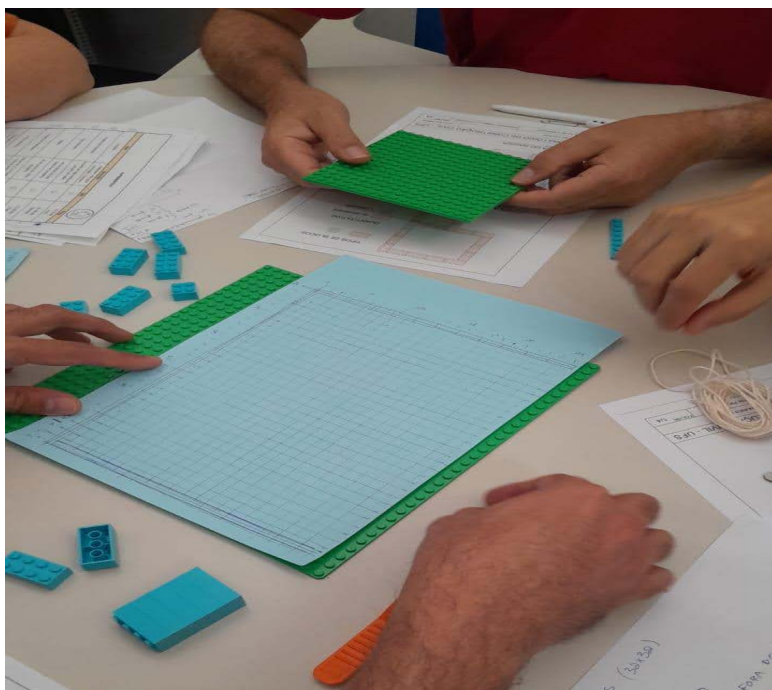
Figura 1. Grupo 2 trabalhando no planejamento da construção



Fonte: Autora (2024)

A segunda interrupção ocorreu após uma hora de jogo com a saída do fornecedor, durante 10 minutos. Essa interrupção foi pouco percebida pelos participantes, mas ainda assim, nos últimos minutos afetou a execução de atividades por falta de material. Ao longo do jogo foi possível observar a dedicação de cada docente na área em que ele atua, se distanciando um pouco da gestão geral da obra, o que ocasionou grande parte das perdas de tempo em etapas que não agregavam valor ao produto final, como, por exemplo, detalhamento de toda a paginação das paredes e da planta com os pinos (Figura 2). Sendo assim, este exemplo poderia ser entendido como uma atividade de fluxo, pois de acordo com Formoso (2002), ela despende de custo e tempo e acaba por não agregar valor ao produto.

Figura 2. Grupo 2 detalhando a paginação da planta com os pinos

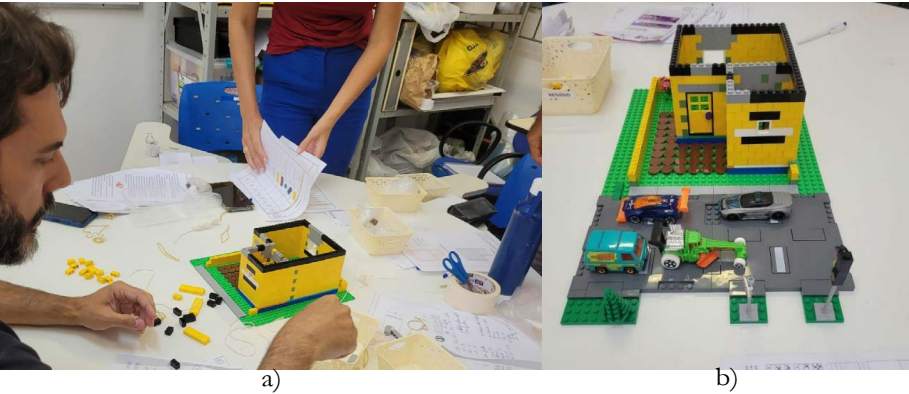


Fonte: Autora (2024)

Por fim, a última condição dos dados foi a de troca de integrantes entre os grupos, em que um docente da área de gestão do G1 foi trocado por um docente de águas do G2. Esse processo aconteceu às 11 horas e 09 minutos e levou o G2 a acelerar o seu processo de execução. Sendo assim, ambas as equipes pediram 5 minutos de acréscimo, o que acarretou a punição previamente estabelecida nas regras, mas também garantiu que o G2 conseguisse realizar a entrega da obra,

ao mesmo tempo que o outro grupo não conseguiu alcançar o fornecimento da quarta parcela e, conseqüentemente, não a entregaram. A Figura 3a apresenta a edificação não concluída do G1 e a Figura 3b a edificação concluída do G2.

Figura 3. Grupo 2 trabalhando no planejamento da construção



Fonte: Autora (2024)

Com a conclusão da parte 1 do jogo, foram analisadas as informações da quantidade de parcelas que cada grupo recebeu e contabilizado o custo da execução da obra e o valor restante, bem como o *status* de finalização da obra. A Tabela 1 traz estas informações sobre as equipes participantes. De acordo com o modelo que foi feito por esta autora, o valor necessário para custear a obra ficaria em torno de L\$ 4780,00 (quatro mil setecentos e oitenta legos) e, neste caso, o G1 gastou menos, porém não realizou a construção completa, e o G2 gastou L\$ 600,00 a mais para a sua total execução.

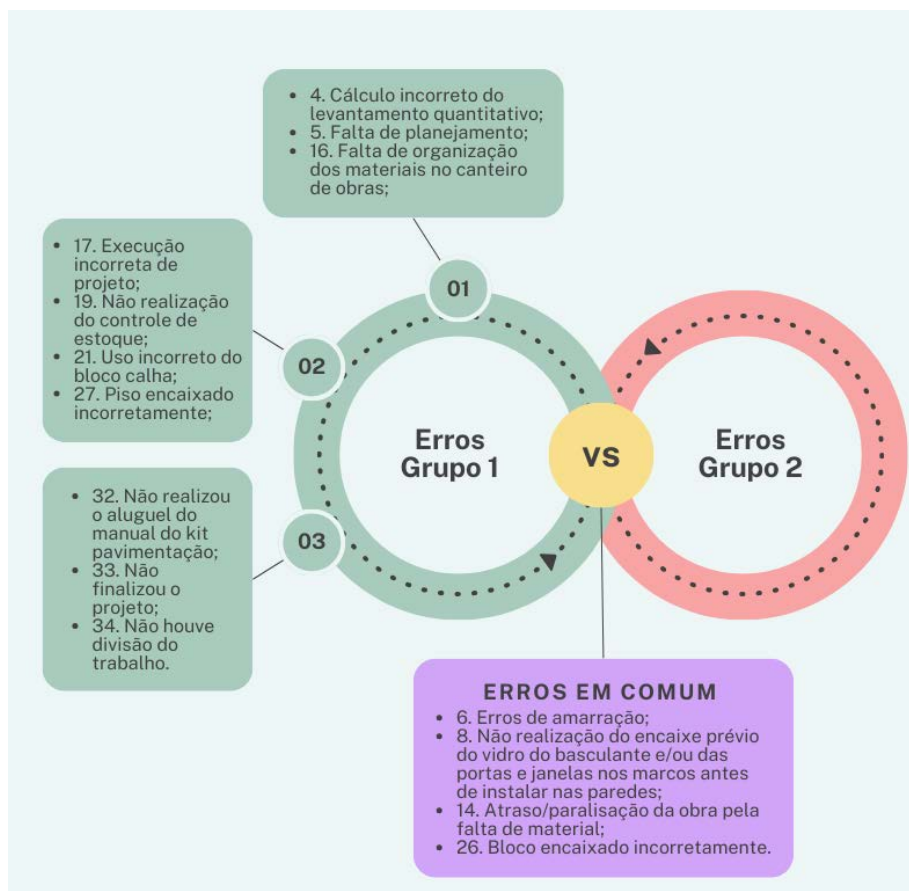
Tabela 1. Informações finais da parte 1 do *Circular Village*

Grupo	Quant. de parcelas recebidas	Valor restante (L\$)	Custo da obra (L\$)	Status da obra
1	3	785,00	3715,00	Incompleta
2	4	620,00	5380,00	Completa

Fonte: Autora (2024)

Para a etapa 2, cada grupo realizou a análise dos erros que foram cometidos ao longo da construção da edificação e dos seus entornos. De forma compacta, a Figura 4 traz a lista de erros preenchida pelas duas equipes, apresentando o número do erro na lista completa e os erros do G1, os erros comuns entre ambos os grupos, e os erros do G2, que foram apenas os em comum.

Figura 4. Gráfico comparativo dos erros identificados pelos grupos dos docentes



Fonte: Autora (2024)

Pode-se observar, que os erros do G2 e que também foram erros do G1, são, em sua maioria, erros de execução da construção, exceto pelo atraso/paralisação da obra por falta de material, no momento de ausência do fornecedor. Isso se deve ao fato de o G2 ter investido grande parte do tempo desta primeira etapa do *Circular Village* planejando. Entretanto, o G1, além destes erros, apresentou vários outros de planejamento, como: cálculo incorreto do levantamento quantitativo, a falta de planejamento e de organização dos materiais no canteiro de obras (Figura 5), não realização do controle do estoque e o não aluguel do manual do Kit pavimentação. Dois erros não eram pertencentes à planilha e foram inseridos pelo G1, foram eles: não finalizou o projeto e não houve divisão do trabalho, estes também

podem ser classificados como erros de planejamento. Por último, os outros erros apresentados pelo G1 foram erros construtivos.

Figura 5. Falta de organização no canteiro de obras do Grupo 1



Fonte: Autora (2024)

Logo em seguida ao término da determinação dos erros, os grupos realizaram com uma lista de soluções quais os erros marcados anteriormente encaixavam-se melhor nas soluções apresentadas na lista. A Figura 6 apresenta um quadro comparativo com a compactação das soluções que foram marcadas pelos grupos, bem como a analogia aos erros que poderiam ser evitados por aquelas soluções. Além disso, utilizou-se da legenda dos R's de acordo com as cores definidas na metodologia para geração da pontuação.

Figura 6. Quadro comparativo das soluções para os erros indicados pelos grupos dos docentes



Fonte: Autora (2024)

Como o G1 apresentou mais erros, eles puderam marcar mais soluções, bem como inserir mais de um erro na mesma solução. Entretanto, mesmo com a presença de poucos erros, o G2 pouco classificou os erros nas soluções, pois poderiam ter utilizado os erros em outras soluções além das 4 marcadas. Salienta-se que alguns erros não foram marcados de acordo com nenhum dos R's e isso foi escolha das equipes, por julgarem que os erros não se classificavam como nenhum dos R's presentes.

Por se tratar da dinâmica com os docentes e o intuito era ter um retorno sobre como esta dinâmica favorece o aprendizado nas disciplinas, dessa forma não houve a classificação de um vencedor ao final do jogo.

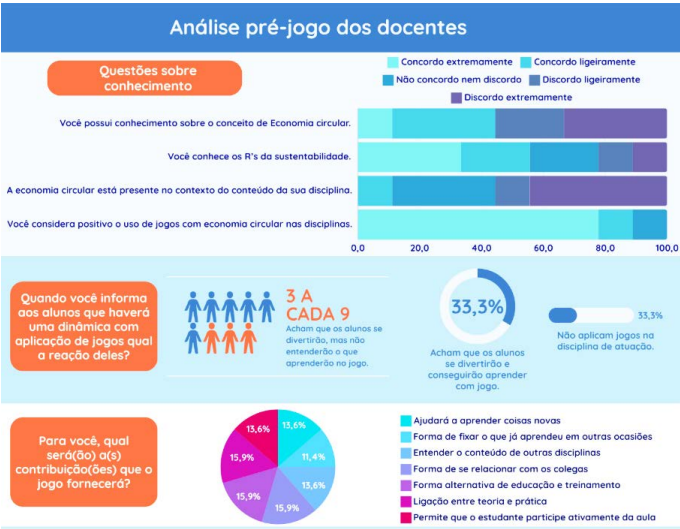
Resultado do questionário pré e pós-dinâmica

Os docentes participantes receberam questionários para responderem antes e depois da dinâmica, visando observar a percepção deles antes e depois da experiência. Um adendo importante, é que apenas 9 dos 10 professores responderam os questionários, sendo assim as análises foram feitas a partir das respostas dadas por estes 9 participantes. A começar pela visão sobre o processo antes do jogo, tem-se a Figura 7.

As primeiras quatro afirmações foram feitas por intermédio da escala de concordância Likert. Sendo assim, logo na primeira afirmação tem-se que 11,11% dos participantes concordam extremamente em possui um conhecimento sobre o conceito de economia circular, seguidos de empate, com 33,33% entre aqueles que concordam ligeiramente e discordam extremamente sobre o conhecimento que possuem, por fim, tem-se 22,22% dos docentes discordando ligeiramente sobre ter compreensão do assunto.

A segunda afirmação foi sobre os R's da sustentabilidade, que neste primeiro momento apresentaram 33,33% dos professores concordando extremamente acerca de conhecer o assunto, seguidos de 22,22% que concordam ligeiramente e não concordam nem discordam, e de 11,11% que discordam ligeiramente e extremamente a respeito do conhecimento sobre a temática. A terceira afirmação aborda os docentes sobre a presença da EC no conteúdo programática da sua disciplina de atuação, e 44,44% dos participantes discordam extremamente juntamente com 11,11% que discordam ligeiramente sobre existência do assunto durantes as aulas, assim como 33,33% não concordaram nem discordaram e 11,11% concordaram ligeiramente em haver algo sobre a EC sendo abordado na disciplina.

Figura 7. Quadro com as análises do questionário pré-jogo dos docentes



Fonte: Autora (2024)

Finalmente, a quarta e última afirmação foi sobre considerar positiva a inserção de jogos com EC nas disciplinas, 77,78% concordaram extremamente com a alegação, 11,11% concordaram ligeiramente, bem como, 11,11% não concordaram nem discordaram.

A outra etapa do questionário pré-aplicação foram questões adaptadas de Romanell (2009) sobre jogos. No primeiro questionamento, os professores responderam sobre a visão que eles têm sobre a reação dos alunos ao informá-los que haverá uma dinâmica com aplicação de jogos, e nesta poderiam marcar apenas uma alternativa. Três, dentre nove professores que responderam ao questionário, acham que os estudantes se divertirão, mas que não possuem o entendimento sobre o que irão aprender no jogo. Há também 33,33%, que também correspondem a 3 participantes, que consideram que o aluno irá se divertir, mas que também conseguirá aprender com a dinâmica. Os outros 33,33% marcaram a opção outros, pois ainda não realizaram a aplicação de jogos das disciplinas ministradas por eles. Já na segunda indagação, serviu para entender qual seriam as contribuições que o jogo poderia fornecer de acordo com a percepção dos professores, e nesta poderiam marcar quantas alternativas quisessem.

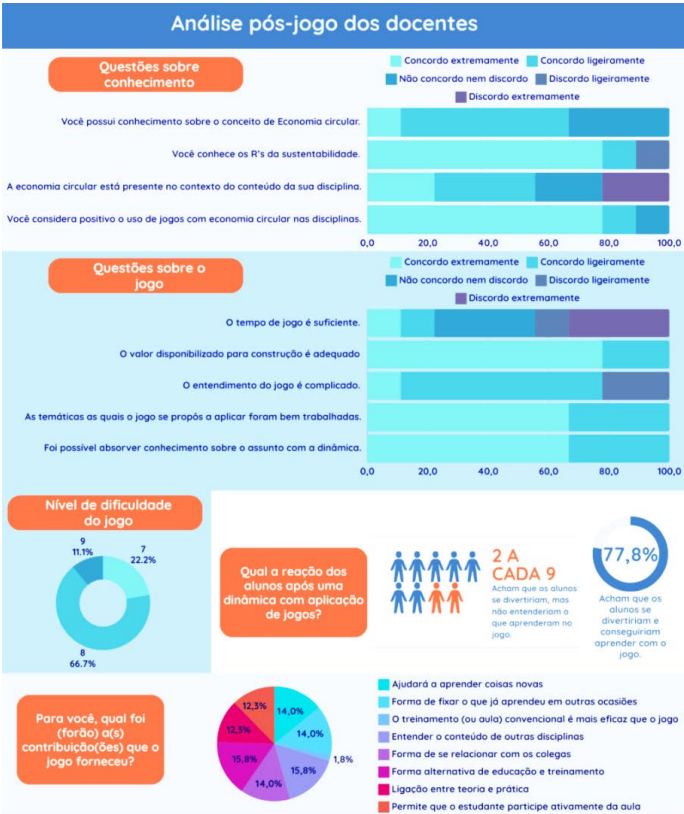
Todas as alternativas tiveram alguma marcação, e o percentual variou de 11,4% a 15,9% entre as opções apresentadas na Figura , exceto pela alternativa ‘O treinamento (ou aula) convencional é mais eficaz que o jogo’ que não foi marcada por nenhum dos docentes. O que pode ser explicado pela abordagem apresentada por Villas-Boas et al. (2020), de que o engajamento dos discentes está diretamente ligado a participação neste tipo de atividade. Isso leva a consequências da situação, como os discentes que mostram interesse são aqueles que desejam aprender, o que atinge também a motivação do professor ao se deparar com alunos receptivos, e todo esse processo repercute positivamente na aprendizagem.

Por sua vez, a perspectiva dos participantes no pós-jogo pode ser observada através da Figura 8. As quatro questões sobre conhecimento foram repetidas, com a ideia de observar se houve alteração das respostas após a experiência vivida.

As repostas melhoraram quanto ao conhecimento acerca da economia circular, apresentando 11,11% que concordaram extremamente com possuir conhecimento sobre o assunto, 55,56% que concordaram ligeiramente e 33,33% que não concordaram nem discordaram, não havendo a presença de nenhum discordo como ocorreu anteriormente no questionário pré-jogo, resultando em um aumento de 50,00% no aprendizado. Com relação aos R\$, 77,78% concordaram extremamente em conhecerem, 11,11% concordaram ligeiramente e 11,11% discordaram ligeiramente, número que aumentou 60,02% dentre os que concordaram comparado ao valor encontrado nas respostas antes do jogo.

Ao observar o jogo, a afirmação ‘A economia circular está presente no contexto do conteúdo da sua disciplina’ alterou algumas respostas, o que pode ter ocorrido, pois alguns professores puderam ver na prática como a EC poderia estar no contexto da sua disciplina. Sendo assim, 22,22% passaram a concordar extremamente com a alegação, 33,33% se mantiveram concordando ligeiramente, 22,22% passaram a não concordar nem discordam, categoria que antes não havia respostas, e 22,22% discordando extremamente, que reduziu em 50% relacionada ao anterior. Finalmente, a consideração de ser positivo o uso de jogos com economia circular nas disciplinas manteve-se com as mesmas respostas do questionário pré-jogo. Isso pode levantar o questionamento de que o jogo não conseguiu converter os que não concordaram.

Figura 8. Quadro com as análises do questionário pós-jogo dos docentes



Fonte: Autora (2024)

Uma nova categoria foi inserida no questionário para um entendimento sobre a opinião dos participantes no que se refere ao jogo. A primeira afirmação foi a respeito do tempo do jogo ser suficiente, 33,33% discordaram extremamente, bem como 33,33% não concordaram nem discordaram, nas outras 3 opções, discordaram ligeiramente, concordaram extremamente e ligeiramente representou 11,11% cada. De acordo com 77,78% dos participantes que concordaram extremamente o valor disponibilizado para a construção é adequado, com 22,22% também concordando, mas ligeiramente. No que se refere ao entendimento do jogo ser complicado, 11,11% concordaram extremamente, 66,67% concordaram ligeiramente e 22,22% discordaram ligeiramente. Isso leva a crer que se deve investir mais tempo de trabalho no manual de instruções e também na explicação. As outras duas declarações receberam as mesmas respostas dos docentes, nas quais 66,67% concordaram extremamente com as afirmações de que ‘as temáticas as quais o jogo se propôs a aplicar foram bem trabalhadas’ e que ‘foi possível absorver conhecimento sobre o assunto com a dinâmica’, enquanto 33,33% concordaram ligeiramente em ambos.

Outra nova categoria incluída foi o nível de dificuldade do jogo, a qual os docentes votaram de 0 a 10. No caso, 66,67% dos participantes deram nota 8 para dificuldade, seguidos de 22,22% com nota 7 e 11,11% com nota 9. O que configura o jogo como tendo alto nível de dificuldade. Diante disso, analisou-se a questão discursiva que informava alguma sugestão ou comentário a ser dado sobre o jogo. Como forma de melhorar a dinâmica foram fornecidas as seguintes ideias: explicar melhor as regras do jogo e sua aplicação, característica que foi percebida durante a análise das declarações sobre o entendimento do jogo; conhecimento prévio das peças, alguns participantes desejaram poder conhecer as peças antes do início do jogo; colocar o tempo para 3 horas e inserir explicação sobre projeto modular, aspecto também visto ao observar que a maior parte diz discordar que o jogo possui tempo suficiente; fornecer um tempo para análise do projeto e das instruções antes de começar a contagem de tempo do jogo; e a última foi inserir projeto de água e esgoto.

As duas últimas análises foram feitas semelhantes as já aplicadas no pré-jogo, mas agora desejando entender qual seria a reação dos alunos após a dinâmica de acordo com a visão dos docentes e quais as contribuições que o jogo forneceu. Para o primeiro questionamento levantado neste momento, houve apenas duas opções assinaladas: 77,8% acham que os alunos se divertiriam e conseguiriam aprender com o jogo, enquanto 22,2%, ou 2 dos 9 professores, acharam que os alunos se divertiriam, mas não entenderiam o que aprenderam. O segundo e último

questionamento apresentou respostas em todas as opções, incluindo a única que não houve marcações na etapa pré-jogo, a alternativa ‘o treinamento (ou aula) convencional é mais eficaz que o jogo’ apresentou uma resposta que representa 1,8% dos retornos recebidos. O percentual do restante das opções acabou variando entre 12,3 e 15,8%, que pode ser visto com mais detalhes na Figura 8.

Resultados após aplicação das dinâmicas para discentes

A aplicação do jogo para os grupos formados por discentes ocorreu no mesmo dia no turno seguinte ao aplicado aos docentes. A dinâmica contou com 21 estudantes de graduação do curso de engenharia civil de diferentes períodos, isso não permitiu realizar uma comparação entre o resultado e o conhecimento prévio dos participantes. Eles dividiram-se em 4 grupos, formando 3 grupos com 5 componentes e um grupo com 6 integrantes.

Resultado do jogo dos discentes

Vários estudantes já haviam participado de jogos didáticos, inclusive de jogos que foram discutidos nesta dissertação durante o processo de observação indireta dos jogos didáticos. Isso levantou o seguinte questionamento: o que leva esses estudantes a se interessarem e participarem novamente destas dinâmicas? A resposta para esta pergunta pode ser respondida pela hipótese dita por Braatz et al. (2020), de que o jogo se torna atrativo para os seus participantes devido à diversão proporcionada, entretanto é necessário haver a diversão e a educação acontecendo em conjunto.

Após isso, deu-se início a etapa 1 do *Circular Village* e os discentes mostravam-se muito empolgados diante deste processo, ainda mais os que já haviam participado de jogos com blocos de montar, pois desta vez queriam mostrar um desempenho melhor do que o realizado anteriormente. Sendo assim, os quatro grupos realizaram a compra do projeto de modulação durante a primeira compra de insumos, antes mesmo do início de qualquer etapa construtiva. Além disso, estavam atentos ao manual de instruções com as regras do jogo. Isso confirmou mais uma vez o interesse dos discentes em participar de dinâmicas didáticas. Essa animação e envolvimento do aluno acabam por enriquecer a interação entre os participantes, estimular a experimentação e colocá-los em uma posição de fazer uso das suas habilidades interpessoais (Caeiro-Rodriguez, M. et al, 2021).

O Quadro 2 apresenta as informações dos horários que ocorreram etapas marcantes do jogo. O horário da primeira dos 4 grupos ficou no máximo em 15

minutos após a entrega das plantas, lista de suprimentos e a primeira parcela do pagamento. Outro ponto observado foi o começo da construção, que foi em um horário próximo ao processo da primeira compra, o que mostra que os estudantes não dedicaram tempo ao planejamento após estar com o projeto de modulação em mãos.

Quadro 2. Monitoramento dos horários – Grupo discentes

Etapas	Hora (G1)	Hora (G2)	Hora (G3)	Hora (G4)
1ª Planejamento: Entrega da planta, tabela de preços e da 1ª parcela.	14:31	14:31	14:31	14:31
2ª Compra: Início das compras de equipamentos e insumos.	14:46	14:32	14:36	14:35
3ª Execução: Começo da construção.	14:54	14:40	14:48	14:41
4ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da segunda parcela.	15:01	14:44	15:27	15:08
5ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da terceira parcela.	15:58	14:58	16:08	15:49
6ª Recursos: Conferência do que foi executado e fornecimento da quarta parcela.	-	15:55	-	16:19
7ª Entrega: Entrega da obra	-	16:31	-	16:29

Fonte: Autora (2024)

Ao final da primeira meia hora da dinâmica, ocorreu a primeira consequência proveniente do lançamento dos dados, que os levou a realizar a troca de integrantes entre as equipes. Como visto durante a observação e participação no jogo em Lego System anterior, foi uma situação desconfortável, pois já estava havendo o entrosamento do grupo e nenhum deles gostaria de sair da sua equipe.

Ao longo do jogo, os integrantes ainda se mantinham empolgados com a dinâmica, porém alguns participantes acabaram não aceitando o processo de filas para compras com o fornecedor, que ocorria devido à alta demanda. Além disso, muitos mostraram impaciência ao lidar com as condições externas proporcionadas pelos dados e pela saída do fornecedor com uma hora do início da aplicação.

Durante este momento da saída, todos os grupos já estavam no processo de construção da edificação (Figura 9), o que gerou o atraso por falta de materiais. Foi a partir deste momento que começou uma discrepância entre o desenvolvimento do trabalho das equipes, nos quais o G2 e G4 mostravam-se com um bom ritmo de construção, pois estavam avançados no número de fiadas, enquanto o G1 e G3 apresentavam-se nas fiadas iniciais.

Figura 9. Grupo 2 trabalhando na construção da edificação



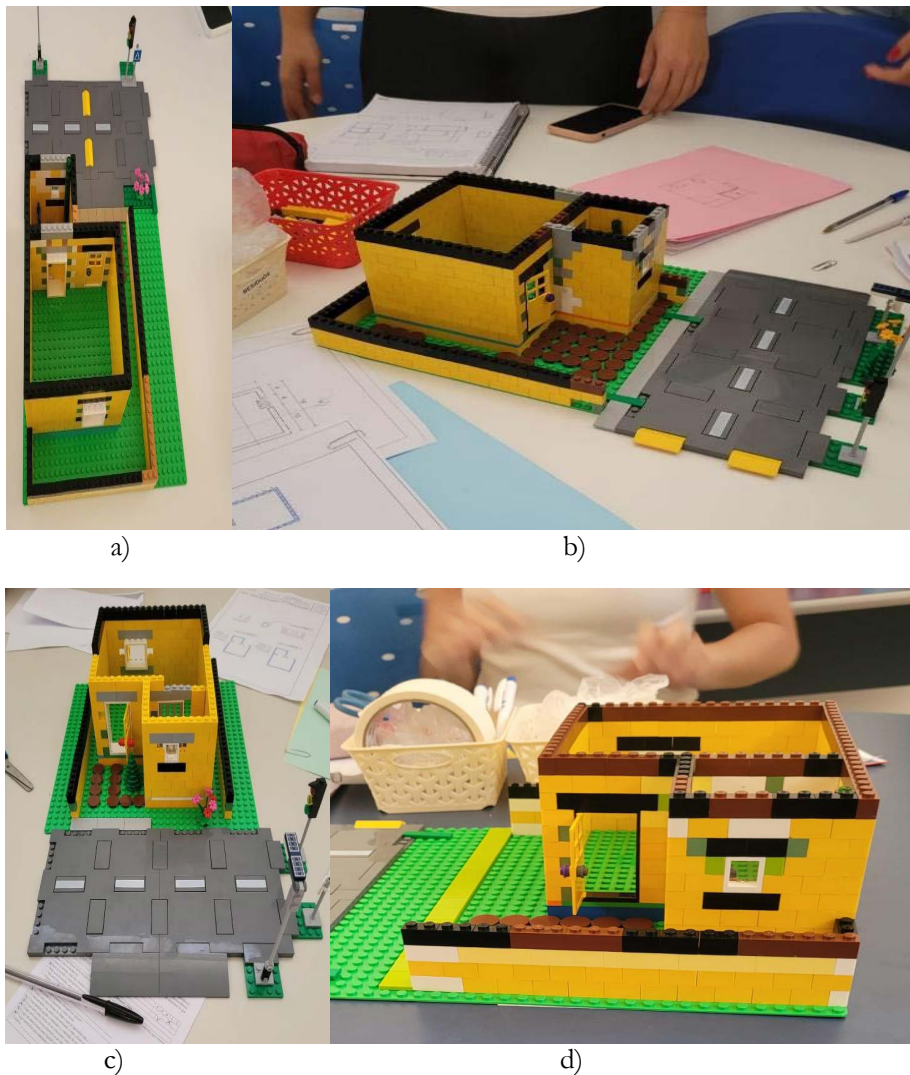
Fonte: Autora (2024)

A última condição imposta pelos dados aconteceu com uma hora e trinta minutos de jogo e condicionou os participantes a interromperem os trabalhos no canteiro por 5 minutos devido à chuva. Este momento trouxe ainda mais atrasos para os grupos que estavam nas fiadas iniciais fazendo com o apenas os grupos 2 e 4 alcançassem a etapa de Conferência do que foi executado e fornecimento da quarta parcela.

Vale salientar que a equipe 3 fez o planejamento errado das suas compras e chegou à situação de não ter mais orçamento para comprar blocos, pois haviam realizado a compra do kit pavimentação antes de comprar todos os itens necessários para a execução da edificação e, dessa forma, sem a edificação construída não tinham o direito de receber a quarta parcela. E, assim como no trabalho de Rodríguez-Chueca et. al (2020) aspectos como trabalho em equipe, a criatividade e o planejamento do trabalho carecem de uma consideração especial, visto os resultados dos grupos de discentes apresentados.

Apenas dois grupos entregaram a obra completa, o G2 e G4, que possuíram o recebimento de todas as parcelas e dentro do tempo de duas horas, sem acréscimos, enquanto o G1 e G3 não concluíram a obra e não receberam a última parcela. A Figura 102 apresenta as edificações concluídas de cada uma das equipes na ordem G1 (Figura 10a), G2 (Figura 10b), G3 (Figura 10c) e G4 (Figura 10d).

Figura 10. Edificações com entornos construídas de cada equipe



Fonte: Autora (2024)

Com o desfecho da parte 1 do jogo, foi elaborada a Tabela 2, na qual foram dispostos a quantidade de parcelas recebidas por cada equipe, quanto custou a obra de cada uma e o valor que restou do montante recebido. Conforme o modelo feito pela autora presente Tabela 1 do tópico “Jogo *Circular Village*”, o valor necessário para custear a obra ficaria em torno de L\$ 4780,00 (quatro mil setecentos e oitenta legos) e, neste caso, as equipes que conseguiram entregar a obra concluída apresentaram um custo inferior a este valor.

Tabela 2. Informações finais da parte 1 do *Circular Village*

Grupo	Quant. de parcelas recebidas	Valor restante (R\$)	Custo da obra (R\$)	Status da obra
1	3	915,00	3585,00	Incompleta
2	4	1265,00	4735,00	Completa
3	3	0,00	4500,00	Incompleta
4	4	1550,00	4450,00	Completa

Fonte: Autora (2024)

Para a etapa 2, a Figura 11 traz as informações da lista com os erros cometidos por cada uma das equipes de forma condensada, dispondo do número do erro na lista completa e a marcação para os erros cometidos por cada um dos 4 grupos participantes. Não foi possível elaborar uma coluna com erros comuns aos 4 grupos, como feito nos resultados para os docentes, pois não há nenhum erro que foi comum as 4 equipes.

Pode-se observar que o grupo que mais apresentou erros foi o G3, a mesma equipe em que houve falta de orçamento para concluir a obra e receber a próxima parcela. Os erros do G1, grupo que também não fez a entrega da obra, são em sua maioria comuns aos erros do G3, exceto pela não realização do aluguel do kit pavimentação. As equipes 2 e 4, que realizaram a entrega da obra não tiveram nenhum erro em comum, além disso, o G2 fez a inserção de mais um erro que foi a compra do extrator. Vale ressaltar, que eles eram observados durante a dinâmica, e o erro de atraso/paralisação da obra por falta de material foi percebido pela autora em todos os grupos, porém 2 deles não fizeram a marcação nesta lista. Entretanto, não foi pedido para que eles inserissem como um erro, pois a ideia era que os próprios participantes fizessem uma autocrítica do trabalho.

Figura 11. Quadro comparativo dos erros identificados pelos grupos dos discentes

Nº do erro	Erro	G1	G2	G3	G4
4	Cálculo incorreto do levantamento quantitativo	●		●	●
5	Falta de planejamento			●	
6	Erros de amarração		●	●	
8	Não realização do encaixe prévio do vidro do basculante e/ou das portas e janelas nos marcos antes de instalar nas paredes		●	●	
9	Falta de preparação para lidar com as condições externas			●	
11	Atraso/paralisação da obra causados pelas condições externas			●	
14	Atraso/paralisação da obra pela falta de material	●		●	
15	Não realização da execução primeiro da amarração dos cantos de parede para depois executar o centro			●	
16	Falta de organização dos materiais no canteiro de obras			●	●
17	Execução incorreta de projeto		●	●	
18	Falta de atenção as regras do jogo	●		●	●
19	Não realização do controle de estoque			●	
20	Falta do bloco calha, quando este não foi utilizado na fiada de respaldo			●	
22	Locação incorreta do terreno no canteiro				●
25	Embalagens rasgadas	●	●	●	
26	Bloco encaixado incorretamente		●	●	
27	Piso encaixado incorretamente	●		●	
28	Calçada encaixada incorretamente			●	
29	Taxa de permeabilidade menor que a exigida			●	
32	Não realizou o aluguel do manual do kit pavimentação	●			
33	Comprar extrator		●		

Fonte: Autora (2024)

Após a conclusão do preenchimento da lista de erros, os discentes fizeram a relação dos erros cometidos com as soluções que calhavam com a situação ocorrida. Além disso, marcaram com cores os tipos de R's que aquele erro se encaixaria na solução proposta. Sendo assim, a Figura 12 traz um quadro disposto com todas as soluções que foram marcadas pelos grupos.

Figura 12. Quadro comparativo das soluções para os erros indicados pelos grupos dos discentes

ERROS G1	ERROS G2	SOLUÇÕES	ERROS G3	ERROS G4
	6 17 26	FAZER USO DO PROJETO		
	6 8	DEDICAR TEMPO AO PLANEJAMENTO ANTES DA EXECUÇÃO	4 5 16 19 20 29	
	6 26	BLOCOS QUE PODEM SER USADOS COMO AGREGADOS EM CONSTRUÇÕES DE BAIXA RESISTÊNCIA	14 19 20 26	
18	6 17 26	REALIZAR ESTUDO DOS PROJETOS COM ATENÇÃO	4 6 17 18 19	4
		EXECUÇÃO DE PRÁTICAS CONSTRUTIVAS CORRETAMENTE	6 8 15	18 22
4 14		OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DOS SUPRIMENTOS	4 5 14 16 19 20	16
25	25	DEVOLUÇÃO DE EMBALAGENS EM BOM ESTADO	25	
		ESQUEMA DE PAGAMENTO CONFORME O USO	5 14	
		INICIATIVA DE REDE DE REPAROS	5 26 27 28	
		INICIATIVA DE FAZER O REUSO DE PRODUTOS USADOS	14	
4		ESTRATÉGIAS PARA PREVER DESPERDÍCIOS	5	
		COLETA SEPARADA DE RESÍDUOS	5 16	
27	6 26	TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS EM RECURSOS	14	
4		MUDAR PADRÃO DE CONSUMO	5	
4		PROLONGAR VIDA ÚTIL DO PRODUTO		
25	25	RESPONSABILIDADE ESTENDIDA DE EMBALAGEM	25	
4 14		CONSTRUÇÃO DE BANCOS DE MATERIAIS	4	
32	6	MELHORAR A CONEXÃO ENTRE OS PROJETOS	5	
32		INVESTIMENTO NO DESIGN DE UM PRODUTO		
4		ANÁLISE DE ESTOQUE E FLUXO DE RECURSOS E MATERIAIS	5	
27	6 25 26	INCINERAR MATERIAL COM RECUPERAÇÃO DE ENERGIA	25	

LEGENDA	
8	REUTILIZAÇÃO
6	REDUÇÃO
27	RECICLAGEM
8	Nº DO ERRO

Fonte: Autora (2024)

Como o G3 apresentou mais erros eles puderam marcar mais soluções, bem como inserir mais de um erro na mesma solução. O G1 e G2, mesmo não possuindo tanto erros, trabalharam bem a capacidade de pensar em estratégias

para os erros cometidos, sendo assim, as equipes pensaram em diversas soluções para os erros cometidos. Entretanto, essa mesma lógica não foi percebida no grupo 4, que apenas utilizou cada um dos erros uma vez, não potencializando as soluções que eles tinham disponíveis para os erros que eles cometeram. E, como as cores eram um parâmetro para a votação, isso acabou por deixá-los com uma baixa pontuação nesta categoria. Salienta-se que, assim como as equipes compostas por docentes, os estudantes deixaram alguns erros não marcados de acordo com nenhum dos R's e isso foi escolha das equipes, por julgarem que os erros não se classificavam como nenhum dos R's presentes.

Ao final da parte 2, os participantes entregaram a lista de erros e soluções e a partir delas foram computados os números para os vencedores. Para este resultado, fez-se um *ranking* para cada uma das categorias: qualidade, custo e circularidade. Para a qualidade, observou-se os aspectos da construção com menos erros; de custo, a que conseguiu entregar a obra com o menor valor gasto possível; e a circularidade foi a soma das pontuações de acordo com as cores utilizadas na lista de soluções para os erros. Na Tabela 3 tem-se descrito o somatório da lista de soluções dos participantes. Como já se tinha conhecimento das outras pontuações no *ranking*, os grupos foram colocados na ordem de 1º a 4º lugar como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 3. Descrição da pontuação da etapa 2

Grupo/Cor	Quant. verde	Quant. amarelo	Quant. vermelho	Total
G1	8	3	2	160
G2	9	7	4	225
G3	17	2	4	295
G4	2	2	0	50

Fonte: Autora (2024)

Tabela 4. Pontuações dos grupos formados por discentes no *ranking*

COLOCAÇÃO	CUSTO	QUALIDADE	CIRCULARIDADE	PONTUAÇÕES
1°	G4	G1	G3	3,0
2°	G2	G2 G4	G2	2,0
3°	G1	G3	G1	1,0
4°	G3	-	G4	0,0

Fonte: Autora (2024)

Finalmente, houve o somatório dos pontos de acordo com a colocação de cada uma dessas equipes e chegou-se ao placar final apresentado na Tabela 5, com a vitória sendo dada para o grupo 2. Vale salientar que nem todos os participantes concordaram com a forma de avaliação para os ganhadores, porém foi a forma encontrada por esta autora para levar em consideração aqueles que se empenharam em todos os aspectos, e não só no aspecto construtivo ou de custo, mas também certificar-se de que é possível implementarem soluções para os erros cometidos, com o intuito de que com este conhecimento eles não ocorram novamente. Esse tipo de metodologia abordada assemelha-se a abordada por Piaget (2012), na qual o entendimento do discente sobre determinado assunto vem a partir da ação dele, seja por interação com o meio, com pessoas ou com algum tipo de recurso.

Tabela 5. Placar final com o vencedor da dinâmica

PLACAR FINAL	PONTUAÇÃO
G1	5,0
G2	6,0
G3	4,0
G4	5,0

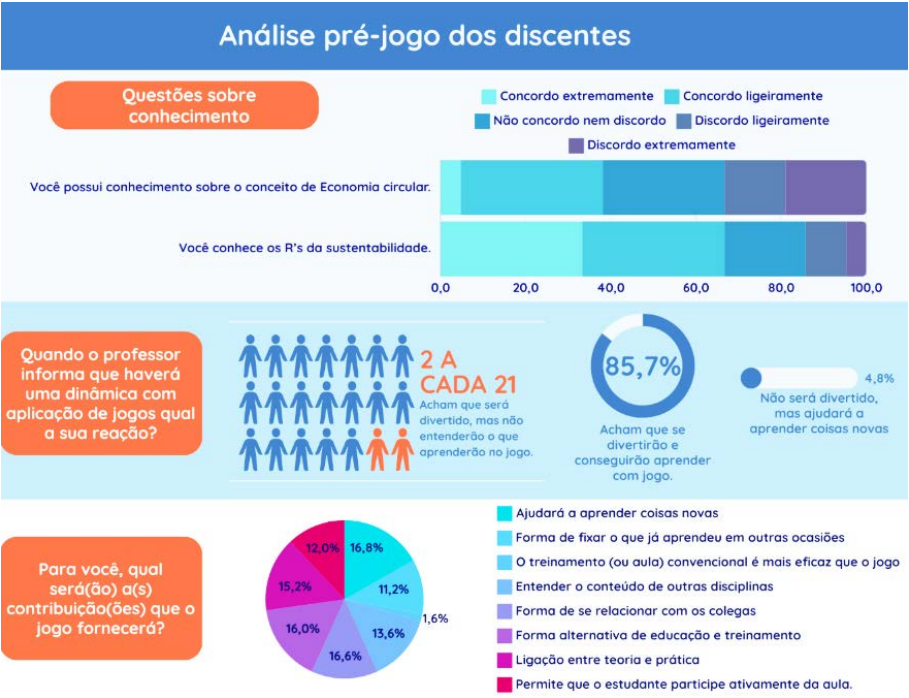
Fonte: Autora (2024)

Resultado do questionário pré e pós-dinâmica

Visando ter uma análise do conhecimento dos participantes antes e depois da dinâmica, houve a aplicação de questionários para estas duas situações. A Figura 13 traz um compilado das respostas fornecidas por meio dos questionamentos levantados no questionário antes da dinâmica. As questões foram semelhantes às abordadas aos docentes, entretanto agora com a visão dos estudantes, e sem as afirmações sobre a aplicação de jogos nas disciplinas, tanto sobre se o docente faz uso e sobre a sua opinião acerca da positividade de fazer o uso. Sendo assim, iniciando a análise pelas questões relacionadas ao conhecimento dos discentes, eles responderam as duas afirmações de acordo com a escala Likert, quando mais concordavam com a alternativa ficava-se mais próximo do 2 quanto mais discordavam mais próximo do -2 a resposta se daria.

A começar pela primeira alegação que consistia em ‘Você possui conhecimento sobre o conceito de Economia circular’, 19,05% dos alunos discordaram extremamente, juntamente com 14,29% discordaram ter entendimento do assunto, enquanto 28,57% não discordaram nem concordaram, 33,33% concordaram ligeiramente e 4,76% concordaram extremamente. A segunda afirmação dizia que o participante tinha discernimento sobre o que eram os R’s da sustentabilidade, e nesta 33,33% tanto concordaram extremamente como concordaram ligeiramente conhecer a temática, ao mesmo tempo que 19,05% não concordaram nem discordaram, 9,52% discordaram ligeiramente e 4,76% discordaram extremamente. Dessa forma, pode-se dizer que mais da metade dos participantes conhecem os R’s da sustentabilidade, entretanto, menos da metade noção da EC. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de O’Born e Heimdal (2022), que consistia na investigação de resultados de aprendizagem dos alunos de engenharia durante aplicação de aprendizagem ativa e baseada em problemas, avaliando os conhecimentos sobre economia circular antes e depois de frequentar o curso para determinar se os métodos atuais de ensino de economia circular foram eficazes para educar futuros engenheiros, e os resultados da pesquisa mostraram que os discentes de engenharia tinham pouco conhecimento acerca da temática circular.

Figura 13. Quadro com as análises do questionário pré-jogo dos discentes



Fonte: Autora (2024)

A etapa seguinte do questionário adaptado de Romanel (2009), os discentes foram questionados sobre a sua reação ao participar de uma dinâmica envolvendo jogos e o que este espera de um jogo didático. As respostas acerca da primeira pergunta mostram que de 21 participantes, 2 consideram achar que a dinâmica será divertida, mas que não entenderão o que aprenderam no jogo, eles representam 9,52% do todo. Já a maior parte dos integrantes da dinâmica, com 85,7%, dizem achar que irá ser divertido e que conseguirão aprender com o jogo. Uma minoria formada por 4,8% considera que a dinâmica não será divertida, mas que ajudará no aprendizado de coisas novas. Então, a perspectiva que se tem é de que a maioria se mostra empolgada e sabendo que trata-se de um jogo didático.

Quanto a segunda pergunta, os participantes poderiam marcar mais de uma opção, sendo assim, a opção mais marcada foi a de que o jogo ajudará a aprender coisas novas com 16,8% e a com menor número de votos foi a de que ‘O treinamento (ou aula) convencional é mais eficaz que o jogo’ com 1,6%. O percentual das demais opções ficaram entre 12,0

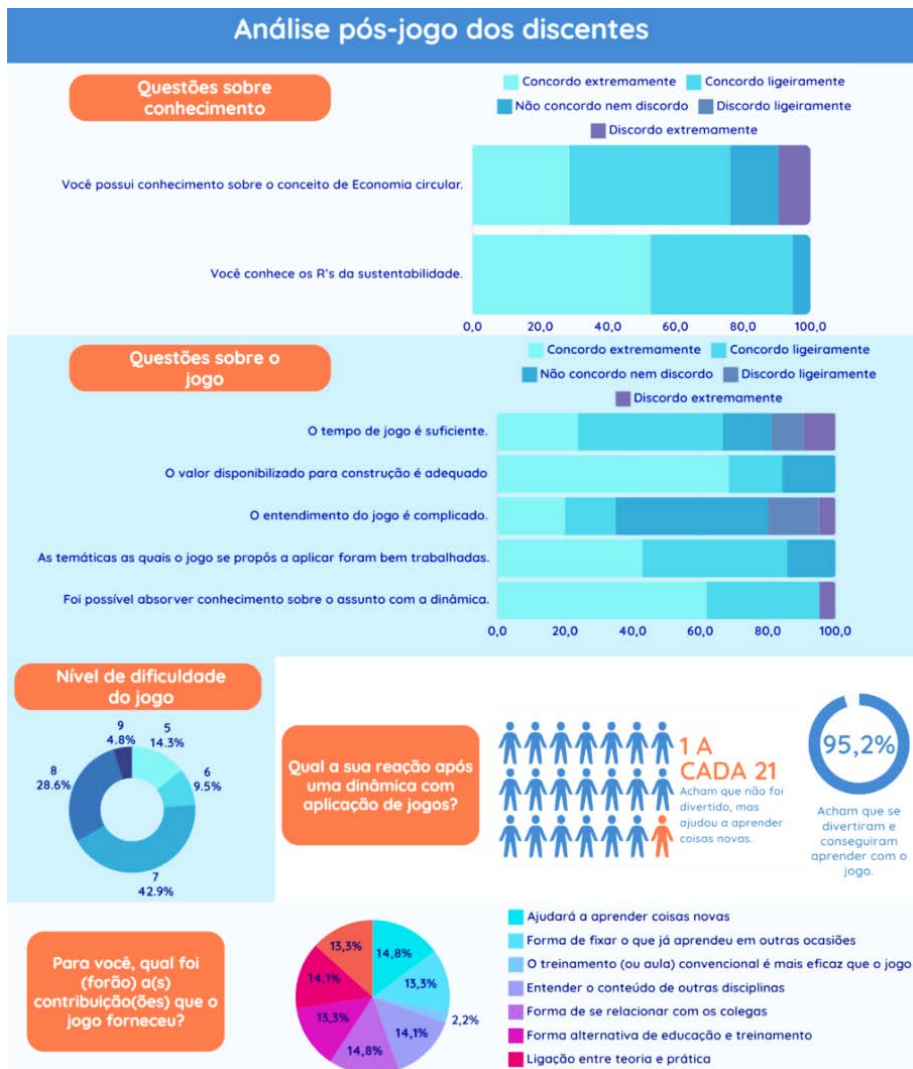
e 16%, e pode ser visto mais detalhadamente na Figura 13. A opção mais marcada também foi motivo de discussão no jogo *Project Business Game* (Jääskä, Aaltonen e Kujala, 2021), nele alunos e professores são imersos em um ambiente de jogo de computador em que o planejamento de projetos, gerenciamento de partes interessadas, gerenciamento de custos, tomada de decisões e habilidades de gerenciamento de riscos podem ser aprimorados através da aprendizagem experiencial, situacional e baseada em problemas, no qual os participantes fizeram observações e mostraram uma alta satisfação com o método de aprendizagem baseado em jogos, através da concordância com a assertiva ‘Gostei de participar desta sessão de aprendizagem gamificada’.

Os dados analisados acima puderam ser comparados com as respostas coletadas no questionário pós-jogo dos discentes. A Figura 14 apresenta um quadro com as análises sobre as perspectivas dos participantes a partir da dinâmica concluída.

Quanto ao entendimento sobre a economia circular, houve um aumento no nível de concordância, no qual 28,57% passaram a concordar extremamente com a afirmação e 47,62% concordar ligeiramente. Isso representou um aumento de 100% comparada às respostas que concordaram anteriormente. Consequentemente, houve uma diminuição no percentual de estudantes que não concordaram nem discordaram da assertiva, que passou de 28,57% para 14,29% e 19,05% que discordavam extremamente passaram a ser 9,52%. A opção discordar ligeiramente não teve votos na versão pós do questionário. Na afirmação sobre os R's da sustentabilidade 94,74% votaram que conhecem, que antes era representado por 66,66% dos participantes, resultando em um aumento de 42,11% de respostas positivas. O restante do percentual das respostas pós-questionário foram daqueles que não discordaram nem concordaram com a afirmação.

Assim como visto no questionário pós dinâmica dos docentes, houve a inserção de questões para entender sobre o que os discentes têm a argumentar a respeito do jogo. Num geral, o tempo de jogo foi visto como suficiente, pois 23,81% concordaram extremamente e 42,86% concordaram ligeiramente, enquanto 14,29% não concordaram nem discordaram, 9,52% discordaram ligeiramente bem como discordaram extremamente. Sobre o valor fornecido para a construção do jogo ser adequado, 68,42% concordaram extremamente, 15,79% concordaram ligeiramente e 15,79% não concordaram nem discordaram. O que leva a crer que os L\$6000,00 são mais que suficientes para a construção de todo o projeto.

Figura 14. Quadro com as análises do questionário pós-jogo dos docentes



Fonte: Autora (2024)

A terceira afirmação aborda sobre o entendimento do jogo, se ele pode ser considerado complicado. Diante desta, 20,0% concordaram extremamente, 15,0% concordaram ligeiramente, 45,0% não concordaram nem discordaram, 15,0% discordaram ligeiramente e 5,0% discordaram extremamente. Por fim, a última afirmação sobre as questões do jogo foi de que 'Foi possível absorver conhecimento sobre o assunto com a dinâmica' e nesta 61,9% concordaram extremamente, 33,33% concordaram ligeiramente e 4,76% discordaram ligeiramente.

Outra categoria implementada foi a de questões discursivas, que contou com 2 perguntas. A primeira dizia respeito ao nível de dificuldade do jogo considerado pelos participantes. Como resultado, teve-se 14,3% deu nota 5 para a dificuldade, 9,5% nota 6, 42,9% nota 7, 28,6% nota 8 e 4,8% nota 9. E, assim como no ecoCEO (Roba et al., 2021), jogo desenvolvido para introduzir o conceito de economia circular no ensino superior, apesar do nível de dificuldade ser considerado elevado pelos participantes, a maioria revelou se divertir durante a dinâmica.

A segunda pergunta questionava se o participante tinha algum comentário ou sugestão para fornecer, e algumas das repostas foram: peças deveriam vir separadas, isso diz respeito a algumas peças que já vinham encaixadas e para colocá-las na construção eles deveriam desencaixar e realizar o encaixe na obra; liberar mais dinheiro por etapas; maior detalhamento das esquadrias; melhorar a logística de compra, que deve ter sido colocada por conta das filas geradas no fornecedor; aumento da duração da atividade e ter mais kit de pavimentação, essas duas últimas foram as sugestões que mais se repetiram.

As análises finais foram a repetição das duas últimas indagações do questionário pré-jogo, só que agora seria com a visão da pós-participação na dinâmica. Quanto a reação após a dinâmica, 95,18% dos participantes consideraram divertido e ainda lembram o que aprenderam no jogo, contendo apenas 1 discente dentre os 21, que representa os 4,76% restantes, que não achou a dinâmica divertida, porém compreende que ajudou a aprender coisas novas. Dessa forma então, todos os participantes consideram que saíram da dinâmica com algum aprendizado. Assim como os jogadores do GARIBOT (Marcelino et al., 2023), jogo eletrônico utilizado como uma ferramenta de ensino para melhorar a conscientização de crianças de 8 a 12 anos sobre a reciclagem dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), neste 89% dos participantes afirmaram que continuariam jogando por mais tempo, isso mostra que em um projeto de aplicá-lo constantemente os discentes irão continuar adquirindo conhecimento.

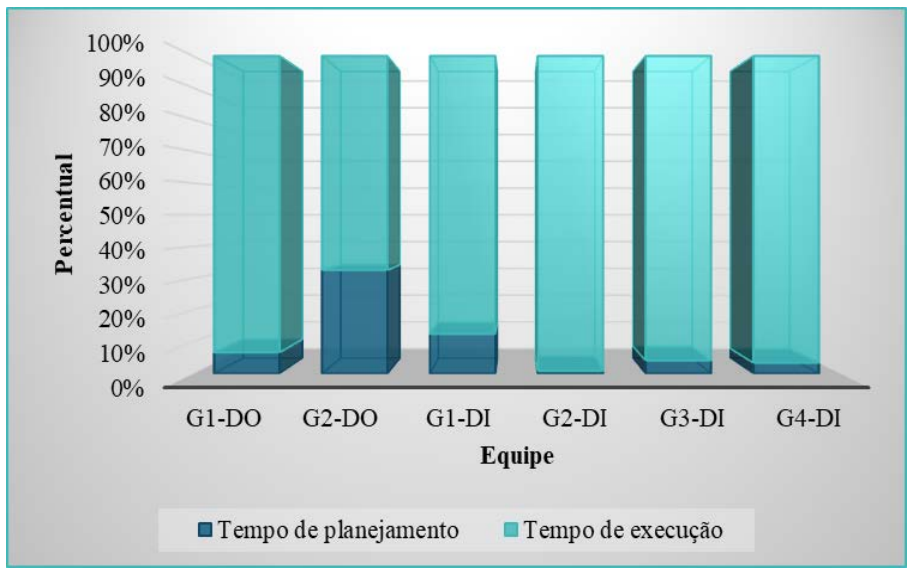
Quanto ao que o jogo pode fornecer para estes alunos, o resultado foi bem semelhante ao encontrado na etapa pré-jogo, a opção com mais votos foi que ajudou a aprender algo novo juntamente com a opção fornece uma forma de se relacionar com os colegas, ambas com 14,8%. Já a com menos votos manteve-se a opção 'O treinamento (ou aula) convencional é mais eficaz que o jogo' com 2,2% dos votos. O restante das opções teve seu percentual variando entre 13,3 e 14,1%, como pode ser visto detalhadamente na Figura 14. Diante disso, analisou-se a questão discursiva que informava alguma sugestão ou comentário a ser dado sobre o jogo. Como forma de melhorar a dinâmica foram fornecidas as seguintes ideias: explicar melhor as regras do jogo e sua aplicação, característica que foi percebida durante a análise das

declarações sobre o entendimento do jogo; conhecimento prévio das peças, alguns participantes desejaram poder conhecer as peças antes do início do jogo; colocar o tempo para 3 horas e inserir explicação sobre projeto modular, aspecto também visto ao observar que a maior parte diz discordar que o jogo possui tempo suficiente; fornecer um tempo para análise do projeto e das instruções antes de começar a contagem de tempo do jogo; e a última foi inserir projeto de água e esgoto.

Comparações entre os grupos de docentes e discentes

Quanto a comparações que puderam ser feitas em relação ao desempenho de docentes e discentes, tem-se a ligação entre o tempo de planejamento e o tempo de execução para a etapa 1 do *Circular Village* (Figura 15).

Figura 15: Comparação entre o percentual do tempo de planejamento e execução entre as equipes de discentes e docentes



Fonte: Autora (2024)

No caso dos docentes, pode-se exaltar que despendar maior tempo para o planejamento ocasionou um menor tempo de execução e, consequentemente, a vitória do grupo G2-DO. Já com relação aos discentes, esse aspecto foi diferenciado quando compara-se à estratégia feita pelo grupo de docentes que conseguiu concluir a entrega da construção, pois, como é possível ver na Figura , os grupos G2-DI e G4-DI foram os que tiveram menos tempo de planejamento e os melhores resultados, diferentemente do G1-DI e do G3-DI

que não conseguiram concluir a construção. Essa situação destoava do que foi trazido por Silva e Silva (2023), no qual o resultado do planejamento executado corretamente tem porventura trazer benefícios para a construção. Dessa forma, não se pode gerar uma comparação coerente entre esses aspectos nas equipes de discentes e docentes.

Em relação às informações da lista com os erros cometidos por cada uma das equipes, no caso dos discentes não foi possível elaborar uma coluna com erros comuns aos 4 grupos, como feito nos resultados para os docentes, pois não há nenhum erro que foi comum as 4 equipes. Mas pode-se observar erros que foram recorrentes, comuns e cometidos em ambas as dinâmicas (Figura 16), e em análise (Figura 17), apenas 3 erros cometidos pelos docentes não foram executados pelos discentes e 10 erros cometidos pelos discentes não foram cometidos pelos docentes. Supõe-se que os cometidos pelos discentes e não pelos docentes são, em sua maioria, situações que demandam lidar com problemas e condições inesperadas, maior atenção as tarefas, atitudes estas que não são esperadas por professores em razão da sua maior experiência e que estão ligadas aos alunos pela inexperiência. Figura 16: Lista de erros pertencentes a ambos os grupos de participantes

Figura 16: Lista de erros pertencentes a ambos os grupos de participantes

Erros comuns ao Grupo de Docentes x Grupo de Discentes
Cálculo incorreto do levantamento quantitativo
Falta de planejamento
Erros de amarração
Não realização do encaixe prévio do vidro do basculante e/ou das portas e janelas nos marcos antes de instalar nas paredes
Atraso/paralisação da obra pela falta de material
Falta de organização dos materiais no canteiro de obras
Execução incorreta de projeto
Não realização do controle de estoque
Bloco encaixado incorretamente
Piso encaixado incorretamente
Não realizou o aluguel do manual do kit pavimentação

Fonte: Autora (2024)

Figura 17: Erros cometidos apenas nos grupos de docentes/discentes

Erros cometidos apenas no Grupos de Docentes
Uso incorreto do bloco calha
Não finalizou o projeto
Não houve divisão do trabalho
Erros cometidos apenas no Grupos de Discentes
Falta de preparação para lidar com as condições externas
Atraso/paralisação da obra causados pelas condições externas
Não realização da execução primeiro da amarração dos cantos de parede para depois executar o centro
Falta de atenção as regras do jogo
Falta do bloco calha, quando este não foi utilizado na fiada de respaldo
Locação incorreta do terreno no canteiro
Embalagens rasgadas
Calçada encaixada incorretamente
Taxa de permeabilidade menor que a exigida
Comprar extrator

Fonte: Autora (2024)

Outra observação trazida foi vista no questionário pós dinâmica dos docentes, no qual houve a inserção de questões para entender sobre o que os discentes têm a argumentar a respeito do jogo. Num geral, quanto ao tempo, os discentes o consideraram suficiente, enquanto os docentes não, já que o percentual dos docentes que concordaram com o tempo de jogo ser suficiente foi inferior, com 22,22%, comparado ao considerado pelos discentes, com 66,67%. Mais um aspecto analisado, foi sobre o valor fornecido para a construção do jogo ser adequado, que teve valores próximos de concordância para ambos os grupos, no qual 100% dos docentes concordaram e 84,21% discentes. O que comprova que os L\$6000,00 são mais que suficientes para a construção de todo o projeto.

A questão sobre o entendimento do jogo ser complicado, 77,78% dos docentes concordaram que sim comparado a apenas 35,00% dos discentes. Entretanto, considerou-se num geral como complicado também pelos discentes pelo fato de 45,00% não concordarem nem discordarem. Sendo assim, repensou-se o formato de explicações e de manuais entregues aos participantes, com o intuito de melhorar estas estatísticas acerca do entendimento do jogo. Por fim, a última afirmação sobre as questões do jogo foi de que ‘Foi possível absorver conhecimento sobre

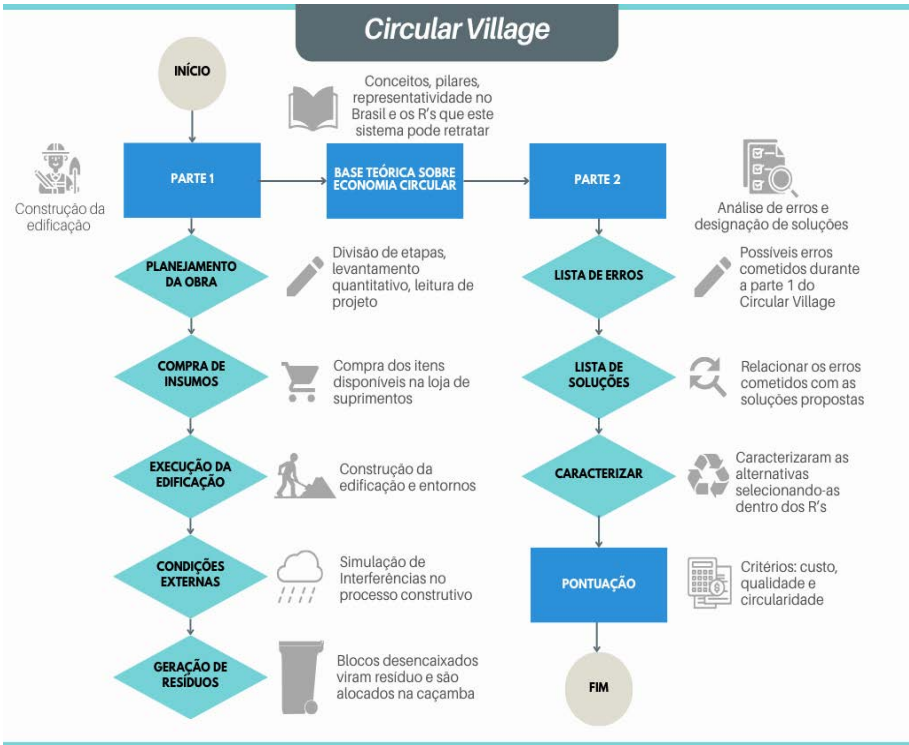
o assunto com a dinâmica’, a grande maioria concordou, com 100% de respostas positivas pelos docentes e 95,24% pelos discentes.

Ainda foram questionados quanto ao grau de dificuldade do jogo, quando comparado ao resultado da mesma questão respondida pelos professores, tem-se os docentes consideraram o jogo mais difícil, com 66,67% dando nota 8, que os próprios alunos, 42,86 % com nota 7. A segunda pergunta discursiva questionava-os acerca de algum comentário ou sugestão para fornecer. Neste caso, ambos os grupos tiveram como resposta em comum maior tempo de duração da atividade.

Disposições finais

Com a conclusão dos processos de validação que consistiram na simulação do *Circular Village*, sua aplicação para discentes e docentes e análise pós aplicação, chegou-se à conclusão, visto sua validação positiva, com a formalização do jogo e a sua comunicação à academia por meio desta dissertação. Sendo assim, o fluxograma contendo todo o funcionamento do jogo está apresentado na Figura 18.

Figura 18: Fluxograma das etapas do *Circular Village*



Fonte: Autora (2024)

Portanto, em uma análise geral, os resultados dos questionários pré-jogo do discentes evidenciaram a necessidade de melhorar a educação voltada para a economia circular para engenheiros, assim como os resultados de O’Born e Heimdal (2022) indicaram. Quanto as considerações acerca do pós, a avaliação da eficácia dessa metodologia de aprendizagem foi satisfatória, semelhante ao trabalho de Rodríguez-Chueca et. al (2020), cujo objetivo era aprimorar as competências ambientais dos estudantes por meio de aprendizagem não convencional, aumentando a motivação, participação e notas dos alunos no curso, visto que nesta pesquisa houve um aumento de 100% nas afirmações sobre conhecimento da economia circular.

Outro ponto que deve ser levado em consideração, é a ligação entre as soluções dadas como práticas circulares e os princípios da Construção Enxuta, que também é uma prática abordada na disciplina de Gerenciamento de obras. De acordo com Benachio (2020), a EC busca eliminar os desperdícios e incentivar o uso dos R’s na cadeia da construção, ao mesmo tempo que a Construção Enxuta requer maior eficiência na produção eliminando as atividades que não agregam valor. Sendo assim, essa semelhança entre as concepções de que pensar Lean desde as etapas de projeto levam ao processo de práticas circulares na construção. Por isso que no jogo evidencia-se a presença dos projetos para a execução da edificação com circularidade.

Além disso, a ideia da multidisciplinaridade do jogo é para que possa ser compreendida a participação da economia circular nos diversos ramos da engenharia. E este jogo, assim como o de Khoury et al. (2023), citado na bibliografia e bibliometria, tornou-se capaz de contribuir com a discussão da EC ao trazer insights multidisciplinares. Por fim, é importante analisar que este jogo foi criado com o propósito de ensinar sobre a EC, através dessa abordagem de aprendizagem ativa, mas como dito por Torre et al. (2021), o papel das instituições de ensino superior é muito importante para contribuir com este objetivo e, embora este seja uma maneira de inclusão na grade curricular atual, isto depende também da gestão e empenho dos docentes que o compõe.

CAPÍTULO

7

CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo desenvolver e aplicar o *Circular Village*, um jogo didático para o ensino da temática “Economia Circular na Gestão da Construção”, entre os discentes e docentes de graduação. Sendo assim, o propósito conseguiu ser atingido, inicialmente, por meio da observação de dinâmicas que permitiram um maior contato com a aprendizagem baseada em jogos, observando o processo destes jogos bem como a participação dos discentes destes. Em seguida, o estudo da literatura com os aspectos que devem estar presentes em um jogo sério permitiu um embasamento para a construção do jogo aqui apresentado.

Durante a construção do *Circular Village*, observou-se a necessidade de questionários pré e pós-dinâmica para ter uma noção do conhecimento dos participantes sobre aspectos relacionados a economia circular, a sua percepção sobre jogos aplicados nas disciplinas e sua opinião acerca do jogo aqui criado. Após a construção do jogo, ele apresentou-se com uma duração total de 3 horas, contando com as partes 1 e 2 e as explicações acerca de como jogar e o embasamento teórico sobre EC, o que divergiu da limitação inicial criada que seria de 1h e 40 minutos, que permitiria que o jogo pudesse ser aplicado durante alguma disciplina. Visto isso, com a duração de 3 horas o jogo necessita de mais um horário para sua aplicação, precisando levar em conta a disponibilidade dos estudantes para com as outras disciplinas. Dessa forma, o seu processo de aplicação pode tornar-se estratégia de treinamento fora do horário curricular, tanto para graduandos, mestrands ou engenheiros, visto a atender a esta demanda de mais tempo.

Quanto ao seu processo de aplicação, tanto docentes como discentes mostravam-se divertindo-se com o jogo e a comparação de respostas dos questionários antes e depois da aplicação garantiu também que houvesse aprendizado, com um percentual de aumento de 100% dos discentes no conhecimento da economia circular e de 42,11% quanto aos R's da sustentabilidade e de aproximadamente 50% no conhecimento dos docentes sobre EC e sobre os R's de 60,02%.

Portanto, o jogo conseguiu comprimir com o seu propósito de promover o aprendizado da temática da economia circular na gestão da construção, visto que o jogo abordado se utiliza de técnicas construtivas abordadas em diversas disciplinas, garantido a multidisciplinaridade do conteúdo.

Quanto a sugestões para trabalhos futuros, pode-se ser feita uma atualização da bibliometria em busca de outros trabalhos que possam vir a enriquecer as soluções apresentadas no jogo. Sendo assim, poderia ser inserido um novo termo nas *strings* de busca, como ambiente construído ou em inglês *built environment*, já que alguns dos trabalhos que serviram de embasamento teórico dos resultados encontravam-se com esse termo, e o mesmo não havia sido inserido na bibliometria deste trabalho. Outra inserção seria da base de dados *Engineering Village*, base que possui vários trabalhos voltados para a área de engenharia, mas que não havia sido conhecida anteriormente para poder ser inserida durante a pesquisa.

Mais uma sugestão futura seria a inserção de mais um R no processo de soluções durante a etapa 2 do Circular Village, que seria o de Reparar, para totalizar 4 R's, pois, de acordo com Anastasiades et al. (2020), estes 4 R' serão um bom ponto de partida para avaliar os indicadores de circularidade a ser desenvolvidos. Bem como, a diminuição da edificação, para que, consequentemente haja uma redução do tempo e ele possa vir a ser trabalhado no horário comum oferecido pelas disciplinas. Além destes 2 aspectos, seria interessante tornar mais dinâmica a parte 2 do jogo, por exemplo, em vez da marcação dos erros e soluções separadamente, os participantes poderiam receber diversas fichas com erros e com soluções e assim agrupá-las dentro dos 4R's pedidos.

No mais, espera-se que o jogo possa ser reproduzido novamente tanto na instituição na qual foi aplicado quanto em outras por meio da divulgação deste trabalho, para que mais discentes possam ter acesso ao aprendizado de forma mais ativa.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1**: Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2020a.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO NBR 14.001**: Sistema de gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834**: Bloco de solo-cimento sem função estrutural - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012a. 5 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112**. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004a. 7p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114**: resíduos sólidos da construção civil: áreas de reciclagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1**: iluminação natural: parte 1: conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:2021 – Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491: Tijolo de solo-cimento – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2012b.

ALTHAUS, M. T. M.; BAGIO, V. A. As metodologias ativas e as aproximações entre o ensino e a aprendizagem na prática pedagógica universitária. **Revista Docência do Ensino Superior**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 79–96, 2017. DOI: 10.35699/2237-5864.2017.2342. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rdes/article/view/2342>. Acesso em: 6 jun. 2023.

ALVARES, H.; COELHO, A. C.; ENGEL, M. S. P. **Manual do Usuário para o Registro Eletrônico de Programas de Computador**. Rio de Janeiro: INPI, 2019, 42 p. Disponível em: ufsm.br/app/uploads/sites/399/2019/07/Manual-INPI-Programa-de-Computador.pdf. Acesso em: 20 de mar. 2024.

ALVES, J. L.; BORGES, I. B.; RAMOS, M. A.; NADAE, J. de; GRANGEIRO, R. da R. Economia circular: o caso dos resíduos da construção civil cariense. **Revista Produção**

Online, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 449–471, 2020. DOI: 10.14488/1676-1901.v20i2.3825. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/3825>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ANASTASIADES, K.; BLOM, J.; BUYLE, M.; AUDENAERT, A. Translating the circular economy to bridge construction: Lessons learnt from a critical literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 117, p. 109522, 2020.

ANASTASIOU, L. G. C. A ensinagem como desafio à ação docente. *Revista pedagógica*, v. 4, n. 8, p. 65-77, 2002.

APOSTOLICO, C. Andragogia: um olhar para o aluno adulto. **Augusto Guzzo Revista Acadêmica**, São Paulo, n. 9, p. 121-130, 2012. Disponível em: <http://fics.edu.br/index.php/augusto_guzzo/article/view/31>. Acesso em: 06 jun. 2023.

BARDINI, V. S. S.; SPALDING, M. Aplicação de metodologias ativas de ensino-aprendizagem: experiência na área de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 36, n. 1, p. 49-58, 2017. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/524>. Acesso em: 06 mai. 2023.

BARRETO NETO, J. F.; COSTA, M. M.; ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P. Proposta de uso da tecnologia de registro Blockchain na gestão de suprimentos da Construção Civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/450>. Acesso em: 5 mai. 2023.

BARROS, M. G. F. B.; MIRANDA, J. C.; COSTA, R. C. Uso de jogos didáticos no processo ensino-aprendizagem. **Revista Educação Pública**, v. 19, n. 23, p. 1-5, 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/23/uso-de-jogos-didaticos-no-processo-ensino-aprendizagem>. Acesso em: 28 jun. 2023.

BASSETTO, L. I. **Análise documental das linhas prioritárias propostas por organizações articuladas com a construção sustentável brasileira**. p. 181, 2016. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

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) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 138. 2020.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W. **Cradle-to-cradle: remaking the way we make things**. New York: North Point Press, 2002.

CAEIRO-RODRÍGUEZ, M.; MANSO-VÁZQUEZ, M.; MARTÍN LLAMAS-NISTAL, M.; MIKIC FONTE, F. A.; FERNÁNDEZ-IGLESIAS, M. J.; TSALAPATAS,

H.; HEIDMANN, O.; VAZ-DE-CARVALHO, C.; JESMIN, T.; TERASMAA, J.; TOLSTRUP, L. A collaborative city-based game to support soft skills development in engineering and economics. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIIE), 23, Espanha, 2021. **Proceedings [...]** Espanha, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SIIE53363.2021.9583639>. Acesso em: 05 abr. 2023.

CAPPATTO, R.; ABEID, M. Q.; BONETTE, L. R. Perspectivas sobre a Implantação da Economia Circular, Sustentabilidade e Gestão de Resíduos na Construção Civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, X, 2020, Paraná. **Anais [...]** Paraná: 2020.

CARVALHO, M. C. **Maturidade de conceitos green, lean e BIM na construção civil:** proposição de matriz. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, p. 169. 2020. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/14315>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa:** métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRUZ, H. M.; VASCONCELOS, L. S.; DOS SANTOS, R. L.; SANTOS, D. de G. Jogo didático “Construbusiness a cadeia produtiva da construção civil”: uma ferramenta de aprendizagem na Engenharia Civil. **Revista Docência do Ensino Superior**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 113–129, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rdes/article/view/2285>. Acesso em: 14 jun. 2023.

CRUZ, V. F.; GÓES, T. M. Contribuição do BIM para o desenvolvimento da Economia Circular no ambiente construído: uma revisão sistemática da literatura. **Paranoá, [S. l.]**, v. 1, n. 30, 2021. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.01. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/34847>. Acesso em: 12 abr. 2023.

DANTAS, A. R. **Jogos de simulação no treinamento de gerentes de projetos de software.** p. 98, 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Sistemas e Computação) - Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

DE LA TORRE, R.; ONGGO, B.S.; CORLU, C.G.; NOGAL, M.; JUAN, A.A. **The role of simulation and serious games in teaching concepts on circular economy and sustainable energy.** *Energies*, v. 14, n. 4, p. 1138, 2021.

DEBACKER, W.; MANSHOVEN, S.; PETERS, M.; RIBEIRO, A.; WEERDT, Y. D. Circular economy and design for change within the built environment: preparing the transition. In: **International HISER conference on advances in recycling and management of construction and demolition waste.** Delft, The Netherlands: Delft University of Technology, 2017. p. 114-117.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **O que é a economia circular**, 2023a. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-intro>

ducao/visao-geral. Acesso em: 26 abr. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Reimaginando nossas edificações e espaços para uma economia circular**, 2023b. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/ambiente-construido/visao-geral>. Acesso em: 5 mai. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Uma economia circular no Brasil**: uma abordagem exploratória inicial, 2017. Disponível em: https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf. Acesso em: 26 abr. 2023.

ESTEVES, M. A. S.; MUNIZ JUNIOR, J.; BATISTA, J. C.; STOFFEL, W. P. Reestruturação da disciplina introdução à engenharia na Faculdade de Engenharia de Resende: uma proposta com base nas metodologias ativas de aprendizagem. **REBES** - Rev. Brasileira de Ensino Superior, v. 2, n. 1., p. 52-63, 2016. Disponível em: <https://seer.atitus.edu.br/index.php/REBES/article/view/1222/853>. Acesso em: 06 mai. 2023.

FENG, B. **Circular economy board game component**. Depositante: Feng Bo-Yuan. TWM627731U. Depósito: 30 dez. 2021. Concessão: 01 jun. 2022. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/083062971/publication/TWM627731U?q=pn%3DTWM627731U>. Acesso em: 20 mar. 2024.

FILGUEIRA, J. D. F. T.; SILVA, A. L.; RIBEIRO, D. de C.; DALL'AGNOL, M.; MARIA, L. dos S. Jogos educacionais como metodologia de ensino na educação superior: uma revisão sistemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XLII, 2022, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Foz do Iguaçu: ENEGE, 2022. Disponível em: https://dlwqtxtslxzle7.cloudfront.net/94796896/TN_ST_391_1942_43383-libre.pdf?1669333583=&response=-content-disposition-inline%3B+filename%3DUtilizacao_De_Jogos_Educacionais_Como_Me.pdf&Expires=1686065783&Signature=c3JQwUzdLYkPitoPS7MD-LeC4r~SF4fqBzydktGDaG6Hp0nZDwIeEZHmLlVpwzAHVGthu--Ag057HG1Bt9rCz6QLH-Q7BuDjokSXhZ0AKA~rEXfmPb-zrfJMaFf6kfja6J4adzPFNkhPBvScD6KCE7s-cbXgiks3tPiAcVKA1nW-bVUaupqVYOzHIGgOQzcFnAptWsV6dzNk0~Ma-QD19v99yZLISAW-irC3EPfEjc7TTpC6R8jx82VgjkODn2HFkFM1t8H3c-zXTJ93yeXX~6RuhwuJJGltNPcVn~L3n8XqXU86rDagf~0Q6xEYvFFQ-tEU4QiPksAAnyxh56buqIL0iKA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 01 abr. 2023.

FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. **Construção Mercado**: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras. Porto Alegre, v. 15, p. 50 58, 2002.

FRASSON, S. A. **Caracterização de usinas de reciclagem de entulho como agentes na gestão circular dos resíduos da construção civil**. p. 153, 2017. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Nove de Julho. São Paulo, 2017.

FREEMAN, R. The Politics of stakeholder theory: Some future directions. **Business Ethics Quarterly**, v.4, n. 4, p. 409–421, 1994. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3857340>. Acesso em: 27 jun. 2023.

FREITAS, E. J. R.; FORTES, L. S. Aprendizagem ativa aplicada à Engenharia: um estudo sobre a percepção do aprendiz. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 39, p. 295-311, 2020. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1677>. Acesso em: 06 mai. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas. 2017.

GOMES, M. A.; LIMA, L.; SANTOS, A. C. M.; FONSECA, T. L. S., MORAIS JÚNIOR, I.; BARAUNA NETO J. C. O cenário pandêmico como estímulo ao desenvolvimento de congressos online e incentivo à adesão dos acadêmicos: um relato de experiência. In: CONGRESSO REGIONAL NORTE DE EDUCAÇÃO MÉDICA (CRENEM), 8., 2021, Brasília. **Anais [...]** Brasília: ABEM, 2021.

GÓRECKI, J.; NÚÑEZ-CACHO, P. Decision-Making Problems in Construction Projects Executed under the Principles of Sustainable Development—Bridge Construction Case. **Applied Sciences** (Switzerland), v. 12, n. 12, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app12126132>. Acesso em: 5 mai. 2023.

HEDRE, Loredana Valentina. Quality of Construction Activity. **Economics**, [S. l.], v.10, n.3, p.183-188, 2010. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/pet/annals/v10y2010i3p183-188.html>. Acesso em: 16 jun. 2022.

HOTTA, B. Y.; MACHADO, B. A.; SALIBI, J. G. de O. R. 121 jogos para o ensino da sustentabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XLI, 2021, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Foz do Iguaçu: ENEGEPE, 2021.

IAQUINTO, B. O. A Sustentabilidade e suas dimensões. **Revista da ES- 96 MESC**, v. 25, n. 31, p. 157-178, 2018. Disponível em: <https://revista.esmesc.org.br/re/article/view/187>. Acesso em: 13 jun. 2022.

ISSO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TC 323 Circular economy**. 2024. Disponível em: <https://www.iso.org/committee/7203984.html>. Acesso em: 20 mar. 2024.

JÄÄSKÄ, E.; AALTONEN, K.; KUJALA, J. Game-based learning in project sustainability management education. **Sustainability**, v. 13, n. 15, p. 8204, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/15/8204>. Acesso em: 28 jun. 2023.

JOGO Super Banco Imobiliário Estrela. **Casa & Vídeo**, 2024. Disponível em: <https://www.casaevideo.com.br/jogo-super-banco-imobiliario-estrela/p>. Acesso em: 13 jun 2024.

KHOURY, M; EVANS, B; CHEN, O; CHEN, A. S.; VAMVAKERIDOU-LYROUDIA, L.; SAVIC, D. A.; DJORDJEVIC, S.; BOUZIoTAS, D.; MAKROPOULOS, C.; MUSTAFEE, N. NEXTGEN: A serious game showcasing circular economy in the urban

water cycle. **Journal of Cleaner Production**, v. 391, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136000>. Acesso em: 05 abr. 2023.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmx-Cv6b3pnQ8pq/?lang=pt>. Acesso em: 15 mai. 2023.

LARUCCIA, Mauro Maia. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. **ENIAC Pesquisa**, Guarulhos (SP), v. 3, n. 1, p. 69-84, Jun. 2014. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5261066>. Acesso em: 16 jun. 2022.

LEGO. **Instruções de construção para 60304**: Cruzamento de avenidas. 2021, 40p. Disponível em: <https://www.lego.com/cdn/product-assets/product.bi.core.pdf/6353834.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024.

LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o século XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, vol 1, n. 2, p. 150-171, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/21110/1/Economia%20circular-Uma%20nova%20filosofia%20de%20gestão%20para%20o%20séc.%20XXI.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

LEITE, J. C. P. S.; NETO REIS, M. T. Meio Ambiente e os Embates da Construção Civil. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 40-49, Jul/Dez. 2014. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/2766>. Acesso em: 16 jun. 2022.

LEMES, P. M. P.; SILVA, P. H. R. da; CARVALHO, M. M. Economia circular e sustentabilidade no contexto de gestão de projetos: uma abordagem bibliométrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XLII, 2022, Foz do Iguaçu. **Anais[...]** Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2022.

LIMA, B. F.; ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P. Economia circular aplicada à construção: análise sobre os processos de um canteiro de obras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/451>. Acesso em: 5 mai. 2023.

LINTZ, R. C. C.; JACINTHO, A. E.; PIMENTEL, L. L.; BARBOSA, L. A. G. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 166-181, Abr. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/dQWNJzXhYBZQJpMjmmzCP3Yq/?format=pdf&lang=p>. Acesso em: 16 jun. 2022.

LORENZATTO, D. **Princípios da economia circular aplicados na execução de obras de interesse social**. p. 45, 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental) - Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental - Universidade do Contestado. Concórdia, 2022.

MANSHOVEN, S.; GILLABEL, J. Learning through Play: A Serious Game as a Tool to Support Circular Economy Education and Business Model Innovation. **Sustainability**, v. 13, n. 23, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su132313277>. Acesso em: 15 mai. 2023.

MARCELINO, L. O.; MORIS, V. A. S.; GONZALEZ, S. M.; MENDES, J. V. GARI-BOT: uso do jogo eletrônico como auxílio na educação ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XLIII, 2023, Fortaleza. **Anais [...]** Fortaleza: ENEGEP, 2023.

MASUERO, A. B. Desafio da Construção Civil: crescimento com sustentabilidade ambiental. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, n.4, 2021.

MATA, T.; BARBOSA, R. V. Gerenciamento de riscos em projetos: aplicação prática em um projeto da construção civil. **Revista Petra**, v. 2, n. 2, p. 190-208, 2016. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas-izabela/index.php/ptr/article/view/940>. Acesso em: 14 jun. 2023.

MEC. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de abril de 2019, Seção 1, pp. 43 e 44.

MELO, R. S.; GRANJA, A. D.; BALLARD, G. Collaboration to extend target costing to non-multi-party contracted projects: evidence from literature. In: CONFERÊNCIA ANUAL DO INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION., 21., Fortaleza, 2013. **Proceedings [...]** Fortaleza: IGLC, 2013. Disponível em: <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-b907a086-99b8-41ac-802d-73ce-4b90e99d.pdf>. Acesso em: 8 de mar. 2023.

MENDES JÚNIOR, R. VARGAS, C. L. S.; HEINECK L. F. M. Jogo de programação da construção de edifícios via Internet. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, XXVI, São Paulo, 1998. **Anais [...]** São Paulo, 1998.

MESA, J. A.; ESPARRAGOZA, I. Towards the implementation of Circular Economy in Engineering Education: A systematic review. In: **2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**. IEEE, 2021. p. 1-8. doi: 10.1109/FIE49875.2021.9637395

MIRON, L. I. G.; DIETZ VIANA, D.; PASINATO BRANDALISE, F. M. ; BRUXEL, R. Jogos Didáticos: evolução de aplicação como técnica de ensino para a comunidade da Construção Enxuta. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–11. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2254. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2254>. Acesso em: 20 mar. 2024.

MOLISANI, A. L. Evolução do perfil didático pedagógico do professor-engenheiro. **Revista Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 467- 482, abr./jun. 2017.

MORAES, M. N. de; CARDOSO, P. A. Jogos para ensino em engenharia e desenvol-

vimento de habilidades. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, [S.l.], n. 39, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1769/840>. Acesso em: 01 abr. 2023.

MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. Sustentabilidade e gestão de projetos: um estudo bibliométrico. **Production**, v. 26, n. 3, p. 656-674, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/HskrrsqfGZSNfWhFkXY3t7h/?lang=pt>. Acesso em: 5 mai. 2023.

MOTTA, G. S.; MELO, D. R. A.; PAIXÃO, R. B. O jogo de empresas no processo de aprendizagem em administração: o discurso coletivo de alunos. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 342-359, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-65552012000300002>. Acesso em: 23 maio 2023.

MOURA, P. M.; MIRON, L. I. G.; BRITO, J. Jogos didáticos utilizados como instrumentos no ensino de arquitetura e gestão da construção. In: CONGRESO ARQUISUR. ARQUITECTURA Y CIUDAD CON COMPROMISO SOCIAL Y AMBIENTAL, XVI, 2012, Buenos Aires. **Proceedings [...]** Buenos Aires: Fadu-Uba, 2012.

MUNARO, M. R. **The circular economy in the construction sector: existing trends, challenges, and tools towards buildings as material banks**. p. 265, 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2022.

MUNARO, M. R., TAVARES, S. F. O passaporte de materiais de construção: solução circular em edificações como banco de materiais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F. Analysis of Brazilian public policies related to the implementation of circular economy in civil construction. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 127-140, abr./jun. 2022.

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. **Journal of cleaner production**, v. 260, p. 121134, 2020.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. **Educação de Qualidade**. [Brasília]: Nações Unidas Brasil, [2023?]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/4>. Acesso em: 18 jun. 2023.

NEPOMUCENO, A. de S. **As atividades das empresas de construção civil na cidade de São Paulo em face da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. p. 125, 2020. Dissertação (Mestrado em Direito) - Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade Nove de Julho. São Paulo, 2020.

NUNES, A. G. **Aplicação de jogo didático em lego® para simular o sistema construtivo de alvenaria estrutural: avaliação do uso dos fluxos enxutos por discentes de engenharia civil**. p. 55, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia

ria Civil) – Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2022.

NUNES, J. M.; LONGO, O. C.; ALCOFORADO, L. F.; PINTO, G. O. The Civil Construction sector in Brazil and the current economic crisis. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e393997274, Ago. 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7274>. Acesso em: 16 jun. 2022.

O'BORN, R.; HEIMDAL, A. Experiences from teaching circular economy concepts to engineering students. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND PRODUCT DESIGN EDUCATION, 24., 2022. **Proceedings [...]** London: LONDON SOUTH BANK UNIVERSITY, 2022. Disponível em: [file:///C:/Users/Cliente%20MTech/Downloads/1247%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Cliente%20MTech/Downloads/1247%20(2).pdf). Acesso em: 28 jun. 2023.

OLIVEIRA, L. D. de. Teses sobre o desenvolvimento sustentável. **Revista Iluminart do IFSP**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 242-256, dez. 2009.

ONU-Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Tradução: Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil. Brasília: ONU, 2016. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 12 jun. 2024.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; FRASSON, S. A.; CONTI, D. de M. Economia Circular: estudo de casos múltiplos em usinas de reciclagem no manejo de resíduos da construção civil. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 17, n. 49, p. 136–157, 2019. DOI: 10.21527/2237-6453.2019.49.136-157. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/8216>. Acesso em: 12 abr. 2023.

PIAGET, J. **Epistemologia genética**. 4. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012.

PINTO, F. A. C. F.; ALBUQUERQUE, A. P. M.; RODRIGUES, C. M.; HARVEY, M. S. S. Os paradigmas na teoria de Egon G. Guba e Yvonna S. Lincoln (1994): a multirreferencialidade nas teses de doutorado em educação da UNISSINOS (2013 a 2018). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25219>. Acesso em: 15 mai. 2023.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas de Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, G. A. dos; ALBERTE, E. P. V. Aspectos técnicos e econômicos associados a práticas circulares em projetos de incorporação imobiliária. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–7. DOI: 10.46421/sibragec.v13i00.2602. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/2602>. Acesso em: 20 mar. 2024.

ROBA, J.; KUPPENS, T.; JANSSENS, L.; SMEETS, A.; MANSHOVEN, S.; STRUYVEN, K. Serious games in secondary education to introduce circular economy: experiences with the game EcoCEO. **Frontiers in Sustainability**, v. 2, p. 690232, 2021.

RODRÍGUEZ-CHUECA, J.; MOLINA-GARCÍA, A.; GARCÍA-ARANDA, C.; PÉREZ, J.; RODRÍGUEZ, E. Understanding sustainability and the circular economy through flipped classroom and challenge-based learning: An innovative experience in engineering education in Spain. **Environmental Education Research**, v. 26, n. 2, p. 238-252, 2020.

ROMANEL, F. B. **Jogo “Desafiando a Produção”**: Uma Estratégia para a Disseminação dos Conceitos da Construção Enxuta entre Operários da Construção Civil. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2009.

ROOTH, C. das G.; GARCÍAS, C. M. Construção Civil e a Degradação Ambiental. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 7, n. 13, p. 111–128, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169>. Acesso em: 16 jun. 2022.

SALEN, K; ZIMMERMAN, E. **Regras do jogo**: fundamentos do design de jogos: principais conceitos: volume 1. São Paulo: Blucher, 2012. v. 1.

SANTAELLA, L.; NESTERIUK, S.; FAVA, F. **Gamificação em debate**. São Paulo: Blucher, 2018. 212 p. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57250193/GAMIFICACAO_em_Debate-libre.pdf?1535324251=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGamificacao_Em_Debate.pdf&Expires=1687999198&Signature=PtAdW5TkQywCnbIG~vMOnjk~mJMVdqvtO~2TqX4SFWsSnXG03zWgAs0bUM0m8Kb6b-Irw5nNA-O2VuAx0Lg-v27yCEJ2rEXxL0UdJbs6tYh1BQ7WeW4uanma-4GXGIV6sFh9g1Ls52AXj5wX-3tKaFy8wTHcJVI3SuV3KJ3jMyzxt6J035ve53HqmtPXiGiuOEbAaDmjmG1iqP-4fkeRYOkA~S5jpPCi0jFjCH1O0waYD9R01PoJOWAolrr~7IbLjgk82~P-x~JfG3nXn-jRymi-Jb7t3AdBjXfd5Ct9PCDX1Z4ccpafzZavGT~yW1w2~qfIZLnbVQI-7QtlfQB-Mg3nsvYQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 28 jun. 2023.

SANTANA, I. C. **Análise dos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos de construção e demolição em Conceição do Almeida – BA**. 2016. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - Ba, 2016. Disponível em: https://www2.ufpb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190314175553_2015.2__TCC_Izira_Cunha_Santana_-_Anlise_Dos_Impactos_Ambientais_Causados_Pelos_Resduos_Slidos_De_Construo_E_Demolio_Em_Conceio_Do_Almeida_Ba.pdf. Acesso em: 16 jun. 2022.

SANTANA, I. T. M.; MELO, R. S. S. de.; ALBERTE, E. P. V.; MIARA, R. D.; SCHEER, S. Análise comparativa de APIs integradas ao BIM para fomento da economia circular na construção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONS-

TRUÇÃO, 12., 2021. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–8. DOI: 10.46421/sibragec.v12i00.516. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/516>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SANTANA, L.; JUNGLES, A. D. **Animação educacional para a construção civil:** desenvolvimento de animação educacional para os trabalhadores da construção civil com base na construção enxuta. 1. ed. Curitiba: Appris, 2019.

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; VIEIRA JUNIOR, M. Robocano: uma dinâmica alternativa para ensinar e aprender gestão da produção. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa – PR, v. 09, n. 01, p. 122-146, 2013. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/1186>. Acesso em: 06 mai. 2023.

SANTOS, M. F. N. dos; BATTISTELLE, R. A. G.; HORI, C. Y.; JULIOTI, P. S. Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. **GEPROS-Gestão da Produção, Operação e Sistemas**, v. 6, 2. 57-73, abr. 2011. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/882>. Acesso em: 16 jun. 2022.

SEHNEM, S.; PEREIRA, S. C. F. Rumo à Economia Circular: Sinergia Existente entre as Definições Conceituais Correlatas e Apropriação para a Literatura Brasileira. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, Curitiba, v. 18, n.1, p.35-62, 2019.

SILVA, A. T.; KERN, A. P.; PICCOLI, R.; GONZÁLEZ, M. A. S. Novas exigências decorrentes de programas de certificação ambiental de prédios e de normas de desempenho na construção. **Arquitetura Revista**, v. 10, n. 2, p. 105–114, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1936/193637783007.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2022.

SILVA, L. L.; SILVA, Carolina Pereira Félix. A importância do planejamento e controle no gerenciamento da construção civil no Brasil. **Gestão e Gerenciamento**, v. 20, n. 20, 2023.

SKENE, K. R. Circles, spirals, pyramids and cubes: why the circular economy cannot work. **Sustainability Science**, v. 13 (2), p. 479–492, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0443-3>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SOARES, S. V.; PICOLLI, I. R. A.; CASAGRANDE, J. L. Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Bibliométrica, Artigo de Revisão e Ensaio Teórico em Administração e Contabilidade. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 308-339, 1 maio 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5335/533557910005/html/>. Acesso em: 8 de mar. 2023.

Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. **Nações Unidas Brasil**, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 13 jul. 2022.

STAHEL, W. R. **The performance economy**. London: Palgrave MacMillan, 2010.

STAHEL, W.R. The product life factor. In: ORR, S. G. **An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector** (Series: 1982 Mitchell Pri-

ze Papers). Texas: HARC, 1982.p. 74-96. Disponível em: <https://p2infohouse.org/ref/33/32217.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

TAKEDA, H.; VEERKAMP, P.; TOMIYAMA, T.; YOSHIKAWA, H. Modeling Design Process. **AI Magazine**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 37-48, 1990. Disponível em: <https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/855>. Acesso em: 14 jun. 2023.

TEODÓSIO, P. M.; SOUZA, L. de J.; SANTOS, D. de G. Propriedade intelectual em jogos da construção civil sob ótica nacional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–12. DOI: 10.46421/sibragec.v13i00.2490. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/2490>. Acesso em: 20 mar. 2024.

TEODÓSIO, P. M.; TORRES, T. A. S.; SILVA, D. M.; SILVA, L. S.; SANTOS, D. G. Método de identificação de perda por improvisação e uso de atividades facilitadoras: estudo de caso no Município de Aracaju, Sergipe. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, mar. 2024. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/8058>>. Acesso em: 20 Mar. 2024. doi:<http://dx.doi.org/10.18265/2447-9187a2024id8058>.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. Toxicidade de materiais de construção: uma questão incontrolável na construção sustentável. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 10, n. 3, p.41-53, jul./set. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/ghG5sGKnB4ZwrD8Kg-VNc98y/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 jun. 2022.

TSAO, C. C. Y.; AZAMBUJA, M.; HAMZEH, F. R.; MENCHES, C.; RYBKOWSKI, Z. K. Teaching Lean Construction – Perspectives on Theory and Practice. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21., 2013, Fortaleza. **Proceedings [...]** Fortaleza, 2013, 10p.

UN Enviromental. **Decoupling natural resource use and enviromental impacts from economics growth**, 2011. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9816>. Acesso em: 16 jun. 2022.

UN HABITAT. **UN-Habitat for a batter urban future: Annual Report 2021**. Kenya: United Nations, 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/05/2021_annual_report.pdf. Acesso em: 28 jun. 2023.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. **Design Research in Information Systems**. 2009. Disponível em: <http://desrist.org/design-research-in-information-systems>. Acesso em: 15 jun. 2023.

VIANA, M. R.; SANTOS, D. G.; SANTOS, P. R. R. Uso de jogo para ensino de conceitos lean: percepção dos discentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/423>. Acesso em: 01 abr. 2023.

VILLAS-BOAS, V.; VIANA, D.; DE SOUZA, L.; MESQUITA, D.; LIMA, G.; LIMA, I.; SAUER, L.; SOARES, L.; FONTENELLE, M. A.; FREITAS, M. C.; MARTELLI, M.; NEVES, R.; LIMA, R.; NASCIMENTO, S. Educando o engenheiro do século XXI: aprendizagem ativa para formação por competências no contexto das novas DCNs. In: TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. (org.). **Os desafios para formar hoje os engenheiros do amanhã: Aprendizagem Ativa, Jogos e Gamificação, Novas DCN'S e CDIO, Ensino remoto**. Brasília: ABENGE, 2020. p. 09-143. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/cobenge/2020/arquivos/EbookDiagramadoSD2020.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

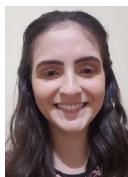
WHALEN, K. Risk & Race: Creation of a Finance-Focused Circular Economy Serious Game. Research in Design Series. In: **PRODUCT LIFETIMES AND THE ENVIRONMENT**, 2017, Amsterdam. **Proceedings [...]** Amsterdam: v. 9, p. 422–425, 2017. Disponível em: <https://ebooks.iospress.nl/volumearticle/47911>. Acesso em: 05 abr. 2023.

WHALEN, K.; PECK, D. In the loop—sustainable, circular product design and critical materials. **International Journal of Automation Technology**, v. 8, n. 5, p. 664-676, 2014. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijat/8/5/8_664/_pdf/-char/ja. Acesso em: 05 abr. 2023.

WIPO - World Intellectual Property Organization. **Publicação IPC**. 2024. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20230101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcp=-no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>. Acesso em: 28 fev. 2024.

WIPO. World Intellectual Property Organization. **Relatório da World Intellectual Property Organization (WIPO) 2023**. Disponível em: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-941-2023-en-world-intellectual-property-indicators-2023.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SOBRE AS AUTORAS



PAMELLA MENEZES TEODOSIO

É técnica em Edificações, 2012-2016, pelo Instituto Federal de Sergipe - Campus Lagarto. Graduada em Engenharia Civil, 2016-2021, pela Universidade Federal de Sergipe - Campus São Cristóvão. Participa de projetos de pesquisas nas áreas de hidrologia, desenvolvimento sustentável e materiais de construção, 2014-2016, 2015-2016 e 2018-2019, respectivamente. Mestra em Engenharia civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PROEC), da Universidade Federal de Sergipe (UFS), na linha de pesquisa Gestão, Materiais e Sustentabilidade do Ambiente Construído. E-mail: pamellateodosio@gmail.com



DÉBORA DE GOIS SANTOS

Possui graduação em Engenharia Civil pela UFS (1998), mestrado em Engenharia Civil (2000) e doutorado em Engenharia de Produção pela UFSC (2004). É professora Associada 4 do Departamento de Engenharia Civil da UFS, onde foi Chefe de Departamento, Coordenadora de curso (2009-2011), Diretora de Extensão (2013-2014) e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação (2016-2018). Na ANTAC, foi Coordenadora do GT de Gestão e Economia da Construção (2019-2021), Diretora de Relações Interinstitucionais (2020-2022) e coordenou o XII SIBRAGEC e IV SBTIC (2023). Atua em construção enxuta, norma de desempenho e gerenciamento de resíduos. E-mail: deboragois@academico.ufs.br

A sustentabilidade vem ganhando espaço nas discussões de diversos setores, apresentando-se como uma maneira de reduzir os problemas ambientais, e a construção civil é um desses. Sendo assim, tornam-se necessários estudos que desenvolvam formas de realizar as atividades da construção com diminuição ou escassez destas ações degradantes. Em virtude disso, vem sendo discutida a economia circular. Como forma de inserção deste assunto no ambiente acadêmico, tanto para profissionais em formação quanto aos que já estão no mercado de trabalho, pode-se fazer uso de jogos, que funcionaria como uma ferramenta de metodologia ativa. Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo construir e aplicar um jogo didático para o ensino da temática “Economia Circular na Gestão da Construção”. Para isso, foi desenvolvido um método baseado no Design Science Research, com Mapeamento Sistemático da Literatura, pesquisa bibliográfica, elaboração e aplicação de formulário durante observação indireta de jogos didáticos para maior conhecimento sobre os jogos de aprendizagem, como também a pesquisa de elementos essenciais para a construção de jogos deste tipo, elaboração de jogo, aplicação e validação do artefato. A parte final da metodologia consistiu na descrição do jogo desenvolvido, a aplicação do mesmo e de questionários pré e pós dinâmica para observação do processo de aprendizagem para os discentes e de ensino para os docentes. Acerca dos resultados, todo o processo do DSR permitiu a construção de um jogo didático conciliando o aprendizado da gestão da construção com a economia circular, fazendo o uso de blocos de montar com encaixe e podendo ser aplicado para treinamento ou ensino. Sendo assim, os resultados apontam que o jogo contribuiu para a aprendizagem dos assuntos trabalhados pela economia circular para os discentes, e permitiu que alguns professores pudessem compreender o contexto da economia circular na sua disciplina, o que mostra a sua eficácia como ferramenta de metodologia ativa para o ensino. Espera-se então que possa ser incorporado no contexto acadêmico, bem como possa ser alterado para abordar novas disciplinas.