

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CECÍLIA CARNIELLO CORREA**

**O USO DE GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DA FERRAMENTA  
DE LINHA DE BALANÇO**

**SÃO CARLOS**

**2024**

**CECÍLIA CARNIELLO CORREA**

**O USO DE GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DA FERRAMENTA  
DE LINHA DE BALANÇO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra

**SÃO CARLOS**

**2024**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Cecilia Carniello Correa, realizada em 17/07/2024.

**Comissão Julgadora:**

Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra (UFSCar)

Profa. Dra. Luciana Inês Gomes Miron (UFRGS)

Prof. Dr. Estacio Siemann Santos Pereira (UofC)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

## DEDICATÓRIA

*Ao meu amado avô, Albino Carniello, que sempre incentivou a todos na busca por conhecimento e nunca mediu esforços para que isso acontecesse, mas que não está mais presente para comemorar as minhas maiores conquistas, nem me ver colher os frutos de seus ensinamentos. Sei que estaria orgulhoso!*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pois é Ele quem me guia e quem sempre me carrega nos braços durante as horas mais difíceis do meu viver. Agradeço, também, à mãe Maria, que sei que intercedeu por mim junto a Ele e que sempre me ampara nos momentos de maior necessidade.

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dra. Sheyla Mara Baptista Serra, sou especialmente grata pela orientação e por todo o apoio durante esta jornada. Agradeço toda a paciência e compreensão durante esses anos e por ter feito com que eu me reencontrasse com o primeiro tema que trabalhei desde que entrei na vida acadêmica: o uso de jogos lúdicos. Com você aprendi a ser pesquisadora, fazendo despertar em mim o anseio pelo doutorado, o qual já ingresso na sequência.

Sou grata à Prof.<sup>a</sup> Dra. Clarissa Notariano Biotto, que compôs a banca de qualificação, inteiramente feminina, juntamente com a Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Inês Gomes Miron, a qual agradeço por ter composto, também, ao lado do Prof. Dr. Estacio Siemann Santos Pereira, a banca de defesa. Todas as suas contribuições foram de grande valia para este estudo e para o meu desenvolvimento como pesquisadora.

Ao Prof. Dr. Itamar Aparecido Lorenzon, por ter possibilitado a realização do experimento durante as suas aulas e avaliado a atividade aplicada nesta pesquisa, meu muito obrigada.

Agradeço também ao meu pai, Prof. Ms. Ricardo Henrique Alves Correa, meu grande espelho na área da construção civil e outro grande incentivador para que eu iniciasse na pesquisa acadêmica. À minha mãe, Maristela Carniello Correa, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando no decorrer de toda a minha trajetória. Vocês nunca mediram esforços para que eu tivesse as melhores condições de estudo. Devo tudo o que sou e o que conquistei a vocês. Ao meu namorado, Arthur Henrique Aragão Arantes da Silva, que me deu calma para seguir em frente e que me apoiou nas horas em que mais precisei, mesmo necessitando ele também de apoio. Ao meu irmão, Ulisses Carniello Correa, que sempre me apoiou. E a toda a minha família, que sempre torceu por mim e esteve presente em todos os momentos importantes de minha vida.

Às minhas amigas, Juliana Mara Selare e Karla Cristina Bentes Moreira. A primeira me incentivou a entrar no programa de Mestrado, como aluna especial, para

cursar algumas disciplinas com ela, que já era aluna regular do programa. Este período cursando duas disciplinas fez despertar em mim, novamente, a intenção de cursar o Mestrado. Você foi essencial para que eu ingressasse nessa jornada. Enquanto a segunda, que esteve ao meu lado durante toda a trajetória, desenvolvendo um trabalho semelhante ao meu, sou grata por todo o companheirismo. Você foi fundamental para que eu alcançasse o final dessa jornada, me ajudando a passar por diversos desafios. Ao doutorando Elder Pita Garcia Padre, agradeço o apoio no desenvolvimento e aplicação da pesquisa.

Aos meus demais amigos, que me ajudaram a esporear nos momentos que precisava, que me incentivaram a continuar e que me ouviram desabafar durante todo esse caminho, meu muito obrigada.

Agradeço à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) por proporcionar o acesso a um programa de qualidade, como o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), nota 5 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Sou grata também a todos os professores do curso de Mestrado do PPGECiv da UFSCar que participaram da minha formação como mestre. Mesmo com o ingresso durante a pandemia, nenhum deles mediu esforços para que as aulas fossem ministradas com maestria na forma remota.

À CAPES, agradeço o apoio e incentivo à pós-graduação brasileira e à Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP), agradeço por ter me proporcionado a bolsa de estudos.

*“É justo que muito custe o que muito vale”*

**Santa Teresa d’Ávila**

## RESUMO

CORREA, C. C. **O uso de gamificação no ensino da ferramenta de Linha de Balanço**. 2024. 192p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024.

O baixo grau de conhecimento dos princípios e ferramentas da mentalidade enxuta pelos profissionais na construção civil pode ser decorrente da ausência da abordagem de conteúdos específicos durante o processo formativo deles. Assim, o uso de gamificação pode ser uma estratégia de ensino adotada para auxiliar na formação, aumentando o interesse e facilitando a retenção do aprendizado pelos participantes. Corroborando com essa visão, esta dissertação realiza um experimento com estudantes de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, aliando a gamificação às aulas expositivas tradicionais. Este estudo tem por objetivo entender a influência da gamificação no ensino da ferramenta de Linha de Balanço (LDB), a qual foi adotada pela filosofia da mentalidade enxuta. Para isso, foi realizado um experimento piloto, com o intuito de validar os instrumentos de coletas de dados e o método de aplicação do jogo. Assim, após as análises e correções destes, foi possível realizar uma segunda aplicação. Os dados desta pesquisa foram coletados por meio de dois testes de conhecimento (análise quantitativa) e três questionários qualitativos. Os participantes foram divididos em grupo de controle e intervenção, para que fosse possível analisar a diferença entre o método de ensino tradicional (controle) e ele aliado à gamificação (intervenção). Por meio das análises estatísticas dos dados coletados, foi possível verificar que os alunos que participaram do grupo de intervenção obtiveram resultados melhores nos testes. Também pode-se notar uma participação bem mais ativa dos alunos na aula do jogo do que em comparação com a aula expositiva tradicional. Os resultados indicam a influência positiva do uso da gamificação para o ensino da LDB. A experiência demonstrou a viabilidade do ensino gamificado na sala de aula, trazendo benefícios para a indústria da construção civil de uma forma geral.

**Palavras-chave:** LDB; construção enxuta; planejamento de obras; jogo sério; simulação; jogo; ludificação; ensino-aprendizagem; ensino superior; engenharia civil; construção civil.

## ABSTRACT

CORREA, C. C. **Use of gamification in the teaching of the Line of Balance tool.** 2024. 192p. Dissertation (Master's degree in Civil Engineering) - Federal University of São Carlos, São Carlos, 2024.

*The low level of knowledge of lean principles and tools by professionals in the construction industry may be attributed to the absence of a specific content approach during their training process. Therefore, the adoption of gamification as a teaching strategy could help enhance training effectiveness, increase interest, and improve retention of learning among participants. Supporting this perspective, this dissertation conducts an experiment with undergraduate students in Civil Engineering at the Federal University of São Carlos, combining gamification with traditional lectures. This study aims to assess the impact of gamification on the teaching of the Line of Balance (LOB) tool, which was adopted by the lean philosophy. To achieve this goal, a pilot experiment was conducted to validate data collection instruments and the game application method. Following the analysis and necessary corrections, a second application was conducted. Data for the research was gathered through two knowledge tests (quantitative analysis) and three qualitative questionnaires. Participants were divided into a control and intervention group to compare the traditional teaching method (control) and this method combined with gamification (intervention). Statistical analysis of the collected data revealed that students in the intervention group achieved better results in the tests. It was also noted that students participated much more actively and showed significantly higher engagement in the gamified class compared to the traditional lecture. The results indicate the positive influence of the use of gamified approaches in teaching LOB. The experiment demonstrated the feasibility of integrating gamification into the classroom, offering potential benefits to the construction industry at large.*

**Keywords:** *LOB; linear schedule; lean construction; planning; serious game; simulation; game; gamification; teaching-learning; higher education; civil engineering; construction industry.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação das filosofias a respeito do custo dos processos.....	40
Figura 2 – Países com membros do APLSO.....	48
Figura 3 – Exemplo de Linha de Balanço.....	50
Figura 4 – Identificação e redução da variabilidade dos processos .....	52
Figura 5 – Visualização do fluxo de atividades.....	53
Figura 6 – Redução do lead time pelo balanceamento das atividades .....	54
Figura 7 – Redução do lead time pelo efeito de aprendizagem .....	54
Figura 8 – <i>Research Onion</i> desta pesquisa .....	59
Figura 9 – Fluxograma das etapas de pesquisa.....	62
Figura 10 – Modelo de fluxograma PRISMA 2020 utilizado como base na RBS .....	64
Figura 11 – Caixa adquirida de peças de encaixar tipo LEGO®.....	66
Figura 12 – Tamanhos das peças do <i>kit</i> .....	66
Figura 13 – Disposição dos materiais antes do início do jogo (segunda aplicação)..	67
Figura 14 – Grade curricular da UFSCar.....	71
Figura 15 – Fluxograma de aplicação do jogo de acordo com o grupo.....	73
Figura 16 – Fluxograma resumo da aplicação (experimento piloto).....	74
Figura 17 – Fluxograma resumo da aplicação (segunda aplicação) .....	74
Figura 18 – Distribuição do TC1 (experimento piloto) .....	75
Figura 19 – Alunos respondendo ao TC1 (segunda aplicação).....	75
Figura 20 – Apresentação da aula expositiva (experimento piloto) .....	76
Figura 21 – Apresentação da aula expositiva (segunda aplicação) .....	76
Figura 22 – Aplicação do QM (PCO-LP1 e PCO-LP2).....	78
Figura 23 – Aplicação do QM (PCO-LP3) .....	78
Figura 24 – Sala do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar.....	79
Figura 25 – Aplicação do jogo no experimento piloto (RAC-LP1 e RAC-LP2) .....	80
Figura 26 – Sala 1 para aplicação do jogo (PCO-LP1 e PCO-LP2) .....	80
Figura 27 – Sala 2 para aplicação do jogo (PCO-LP3) .....	80
Figura 28 – Divisão das equipes especializadas.....	81
Figura 29 – Posicionamento das equipes para o início do jogo (RAC-LP1).....	81
Figura 30 – Posicionamento das equipes para o início do jogo (PCO-LP2).....	81
Figura 31 – Montagem das casas pelas equipes especializadas (RAC-LP1) .....	83
Figura 32 – Montagem das casas pelas equipes especializadas (RAC-LP2) .....	83
Figura 33 – Montagem das casas pelas equipes especializadas (PCO-LP1/LP2)....	83
Figura 34 – Marcação dos tempos pela equipe de cronômetro (PCO-LP1).....	83
Figura 35 – Montagem e gravação das equipes especializadas (PCO-LP3) .....	83
Figura 36 – Montagem da LDB pelos alunos (RAC-LP1).....	84
Figura 37 – Montagem da LDB pelos alunos (PCO-LP2).....	84
Figura 38 – Montagem LDB pelos alunos (PCO-LP3).....	84
Figura 39 – Alunos de PCO-LP3 resolvendo o TC2 e o QM .....	86

Figura 40 – Alunos de PCO-LP1 e PCO-LP2 resolvendo o TC2 e o QS .....	86
Figura 41 – Linha de Balanço gerada após a primeira rodada (PCO-LP1) .....	94
Figura 42 – Nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP1) .....	95
Figura 43 – Linha de Balanço gerada após a segunda rodada (PCO-LP1) .....	95
Figura 44 – Segunda nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP1).....	96
Figura 45 – Linha de Balanço gerada após a terceira rodada (PCO-LP1) .....	96
Figura 46 – Linha de Balanço gerada após a primeira rodada (PCO-LP2) .....	97
Figura 47 – Nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP2) .....	98
Figura 48 – Linha de Balanço gerada após a segunda rodada (PCO-LP2) .....	98
Figura 49 – Segunda nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP2).....	99
Figura 50 – Linha de Balanço gerada após a terceira rodada (PCO-LP2) .....	99
Figura 51 – Alunos designados para a montagem da LDB (PCO-LP3) .....	100
Figura 52 – Linha de Balanço gerada após a primeira rodada (PCO-LP3) .....	101
Figura 53 – Nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP3) .....	101
Figura 54 – Linha de Balanço gerada após a segunda rodada (PCO-LP3) .....	102
Figura 55 – Linha de Balanço gerada após a terceira rodada (PCO-LP3) .....	102
Figura 56 – Fluxograma PRISMA da RBS .....	105
Figura 57 – Nuvem de palavras-chave.....	107
Figura 58 – Incidência de trabalhos publicados por país .....	109
Figura 59 – Questão 1 do TC1 .....	111
Figura 60 – Questão 12 que induzia a resposta da Questão 1 no TC1.....	112
Figura 61 – Nova Questão 12 inserida no TC1 .....	112
Figura 62 – Questão 2 do TC2 que não foi compreendida e excluída .....	113
Figura 63 – Questão inserida no lugar da Questão 2 retirada do TC2 .....	113
Figura 64 – Modelo de montagem da Linha de Balanço no Excel .....	114
Figura 65 – Ambiente de aplicação da pesquisa na amostra RAC-LP1 .....	116
Figura 66 – Ambiente de aplicação da pesquisa na amostra PCO-LP2.....	116
Figura 67 – Comparação das LDB da primeira rodada do jogo (PCO-LP3).....	117
Figura 68 – Sobreposição das LDB da primeira rodada geradas pelas anotações dos alunos e por meio do vídeo (PCO-LP3) .....	118
Figura 69 – Comparação das LDB da segunda rodada do jogo (PCO-LP3).....	118
Figura 70 – Sobreposição das LDB da segunda rodada geradas pelas anotações dos alunos e por meio do vídeo (PCO-LP3) .....	119
Figura 71 – Comparação das LDB da terceira rodada do jogo (PCO-LP3).....	119
Figura 72 – Sobreposição das LDB da terceira rodada geradas pelas anotações dos alunos e por meio do vídeo (PCO-LP3) .....	120
Figura 73 – Diagrama de Venn da participação dos alunos conforme a semana ...	122
Figura 74 – <i>Boxplots</i> das notas dos grupos de intervenção e controle .....	130
Figura 75 – <i>Boxplot</i> da relação incremento da nota e sexo .....	132
Figura 76 – <i>Boxplot</i> da relação incremento da nota e identificação visual .....	132
Figura 77 – Dispersão do efeito da interação Idade:Motivação sobre o desempenho dos estudantes.....	133

Figura 78 – <i>Boxplots</i> das relações entre o incremento da nota e as variáveis independentes sem interferência no resultado .....	134
Figura 79 – Fluxograma de estruturação do método de experimentação do Protocolo Gama de Carvalho (2012), associado ao jogo da Linha de Balanço proposto por Miron <i>et al.</i> (2018) .....	136
Figura 80 – Mesas em sequência com os terrenos .....	188
Figura 81 – Definição do plano de ataque (lote 1-casa 1; 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; 6-6) ...	188
Figura 82 – Visão dos seis <i>kits</i> utilizados na simulação .....	188
Figura 83 – Entrega dos <i>kits</i> e das instruções de montagem de cada casa .....	189
Figura 84 – Posicionamento da equipe de cronômetro e <i>layout</i> de jogo .....	189
Figura 85 – Posicionamento das equipes de montagem para o início do jogo .....	189
Figura 86 – Exemplo de aplicação do jogo .....	190

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese das barreiras de aceitação dos PLC .....	22
Quadro 2 – Fatores que afetam o processo de ensino .....	32
Quadro 3 – Comparação entre as premissas da pedagogia e da andragogia .....	34
Quadro 4 – Evolução tecnológica dos jogos de empresa .....	37
Quadro 5 – Riscos da implementação da construção enxuta .....	42
Quadro 6 – Jogos relacionados aos Princípios <i>Lean</i> (PL) na engenharia.....	46
Quadro 7 – Benefícios da LDB de acordo com a literatura .....	51
Quadro 8 – Resumo dos jogos para ensino da Linha de Balanço.....	56
Quadro 9 – Protocolo de pesquisa da RBS.....	63
Quadro 10 – Comparação das disciplinas selecionadas para participar do estudo ..	70
Quadro 11 – Nome das amostras conforme disciplina e tipo .....	74
Quadro 12 – Organização do plano de aula.....	77
Quadro 13 – Divisão de acordo com o nível.....	88
Quadro 14 – Cronograma da Semana 1 (experimento piloto).....	91
Quadro 15 – Cronograma da Semana 2 (experimento piloto).....	92
Quadro 16 – Cronograma da Semana 3 (experimento piloto).....	92
Quadro 17 – Cronograma da Semana 1 (segunda aplicação) .....	93
Quadro 18 – Cronograma da Semana 2 para as amostras PCO-LP1 e PCO-LP2 ...	93
Quadro 19 – Cronograma da Semana 2 para a amostra PCO-LP3.....	93
Quadro 20 – Incidência de trabalhos publicados por país.....	110
Quadro 21 – Tabela de registro dos tempos no experimento piloto .....	114
Quadro 22 – Diferença entre o tempo total de PCO-LP3 marcado pelos alunos e gravado de acordo com a rodada .....	120
Quadro 23 – Comparativo dos tempos entre as linhas de produção.....	121
Quadro 24 – Divisão de notas de acordo com o nível e quantidade de alunos por classe (segunda aplicação).....	122
Quadro 25 – Divisão de notas de acordo com o nível e quantidade de alunos por linha de produção.....	123
Quadro 26 – Diferença entre as notas dos testes (segunda aplicação) .....	125
Quadro 27 – Teste de Conhecimento 1 (segunda aplicação) .....	181
Quadro 28 – Teste de Conhecimento 2 (segunda aplicação) – questões 1 a 3.....	182
Quadro 29 – Teste de Conhecimento 2 (segunda aplicação) – questões 4 a 12 ....	183
Quadro 30 – Questionário de Motivação (segunda aplicação).....	184
Quadro 31 – Questionário de Satisfação (segunda aplicação) – questões 1 a 5 ....	185
Quadro 32 – Questionário de Satisfação (segunda aplicação) – questões 6 a 12 ..	186
Quadro 33 – Questionário de avaliação docente .....	187
Quadro 34 – Etapas para a montagem da Linha de Balanço.....	191

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de variáveis independentes, naturezas e classes.....	89
Tabela 2 – Resultados da modelo de regressão múltipla.....	131

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Benefícios da utilização da <i>lean</i> .....	41
Gráfico 2 – Eficiência dos processos da indústria da construção de acordo com o conhecimento da <i>lean construction</i> .....	42
Gráfico 3 – Divisão dos trabalhos encontrados de acordo com a base de dados ...	104
Gráfico 4 – Evolução das publicações por ano .....	106
Gráfico 5 – Porcentagem de trabalhos por área de pesquisa .....	108
Gráfico 6 – Divisão dos níveis de nota de TC1 e TC2 (segunda aplicação) .....	123
Gráfico 7 – Divisão de nota de TC1 e TC2 por LP (segunda aplicação) .....	124
Gráfico 8 – Incremento de notas entre TC1 e TC2 (segunda aplicação) .....	125
Gráfico 9 – Tipo de jogo que os alunos mais costumam jogar .....	126
Gráfico 10 – Probabilidade das características e das motivações para jogar .....	127

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
h	hora(s)
IGLC	<i>The International Group for Lean Construction</i>
LC	<i>Lean Construction</i>
LDB	Linha de Balanço
LP	Linha de Produção
LPS	<i>Last Planner System</i>
min	minuto(s)
PCO	Planejamento e Controle de Obras
PCO-LP1	Linha de Produção 1 de Planejamento e Controle de Obras
PCO-LP2	Linha de Produção 2 de Planejamento e Controle de Obras
PCO-LP3	Linha de Produção 3 de Planejamento e Controle de Obras
PL	Princípios <i>Lean</i>
PLC	Princípios <i>Lean Construction</i>
QD	Questionário Docente
QM	Questionário de Motivação
QS	Questionário de Satisfação
RAC	Racionalização Construtiva
RAC-LP1	Linha de Produção 1 de Racionalização Construtiva
RAC-LP2	Linha de Produção 2 de Racionalização Construtiva
s	segundo(s)
TC1	Teste de Conhecimento 1
TC2	Teste de Conhecimento 2
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
1.1	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>24</b>
1.2	<b>OBJETIVOS</b>	<b>26</b>
1.2.1	<b>Objetivo geral</b>	<b>26</b>
1.2.2	<b>Objetivos específicos</b>	<b>26</b>
1.3	<b>DELIMITAÇÕES DO TRABALHO</b>	<b>26</b>
1.4	<b>ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	<b>27</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>28</b>
2.1	<b>O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM</b>	<b>28</b>
2.1.1	<b>Aprendizagem</b>	<b>28</b>
2.1.1.1	<i>Teoria de Piaget segundo Bordenave e Pereira (2004)</i>	<b>30</b>
2.1.1.2	<i>Teoria de Skinner segundo Bordenave e Pereira (2004)</i>	<b>30</b>
2.1.1.3	<i>Teoria de Gagné segundo Bordenave e Pereira (2004)</i>	<b>31</b>
2.1.1.4	<i>Teoria de Ausubel segundo Moreira e Ostermann (1999)</i>	<b>31</b>
2.1.2	<b>Processo de ensino</b>	<b>32</b>
2.1.3	<b>Andragogia</b>	<b>33</b>
2.1.4	<b>O processo de ensino-aprendizagem na graduação</b>	<b>35</b>
2.1.5	<b>A gamificação no processo de ensino</b>	<b>36</b>
2.1.6	<b>Métodos de avaliação do aprendizado por meio da gamificação</b>	<b>37</b>
2.2	<b>LEAN CONSTRUCTION</b>	<b>39</b>
2.2.1	<b>A implantação da lean construction</b>	<b>40</b>
2.2.2	<b>A gamificação da lean construction</b>	<b>44</b>
2.3	<b>LINHA DE BALANÇO</b>	<b>48</b>
2.3.1	<b>Linha de Balanço como ferramenta lean</b>	<b>51</b>

2.3.1.1	<i>Visão do ciclo no tempo e no espaço</i> .....	52
2.3.1.2	<i>Simplificação das operações</i> .....	52
2.3.1.3	<i>Redução da variabilidade</i> .....	52
2.3.1.4	<i>Visão do fluxo de execução</i> .....	53
2.3.1.5	<i>Redução do lead time</i> .....	53
2.3.1.6	<i>Integração de curto, médio e longo prazo</i> .....	55
<b>2.3.2</b>	<b><i>A gamificação da Linha de Balanço</i></b> .....	<b>55</b>
<b>2.4</b>	<b><i>CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO</i></b> .....	<b>57</b>
<b>3</b>	<b><i>MÉTODO DE PESQUISA</i></b> .....	<b>59</b>
<b>3.1</b>	<b><i>ESTRATÉGIA DE PESQUISA</i></b> .....	<b>59</b>
<b>3.2</b>	<b><i>DELINEAMENTO DA PESQUISA</i></b> .....	<b>61</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Revisão Bibliográfica Sistemática</i></b> .....	<b>63</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Fundamentação teórica</i></b> .....	<b>65</b>
<b>3.2.3</b>	<b><i>Escolha e preparação do jogo a ser aplicado</i></b> .....	<b>65</b>
3.2.3.1	<i>Materiais necessários</i> .....	67
<b>3.2.4</b>	<b><i>Definição do procedimento de avaliação da gamificação</i></b> .....	<b>68</b>
<b>3.2.5</b>	<b><i>Elaboração dos questionários</i></b> .....	<b>69</b>
<b>3.2.6</b>	<b><i>Seleção das disciplinas para aplicação do método em estudo</i></b> .....	<b>70</b>
<b>3.2.7</b>	<b><i>Desenvolvimento das medidas de avaliação dos resultados</i></b> .....	<b>72</b>
<b>3.2.8</b>	<b><i>Aplicação da pesquisa</i></b> .....	<b>72</b>
3.2.8.1	<i>Estratégias de aplicação do jogo</i> .....	73
3.2.8.2	<i>Aplicação do Teste de Conhecimento 1</i> .....	75
3.2.8.3	<i>Apresentação da aula expositiva</i> .....	75
3.2.8.4	<i>Aplicação do Questionário de Motivação</i> .....	77
3.2.8.5	<i>Realização do jogo</i> .....	78
3.2.8.6	<i>Aplicação do Teste de Conhecimento 2</i> .....	85

3.2.8.7	<i>Aplicação do Questionário de Satisfação</i> .....	86
3.2.8.8	<i>Aplicação do Questionário de avaliação docente</i> .....	87
<b>3.2.9</b>	<b><i>Análise e discussão dos resultados obtidos</i></b> .....	<b>87</b>
3.2.9.1	<i>Experimento piloto</i> .....	87
3.2.9.2	<i>Segunda aplicação</i> .....	87
<b>3.2.10</b>	<b><i>Elaboração da conclusão</i></b> .....	<b>89</b>
<b>3.3</b>	<b><i>CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO</i></b> .....	<b>90</b>
<b>4</b>	<b><i>DESENVOLVIMENTO DO JOGO</i></b> .....	<b>91</b>
<b>4.1</b>	<b><i>EXPERIMENTO PILOTO</i></b> .....	<b>91</b>
<b>4.2</b>	<b><i>SEGUNDA APLICAÇÃO</i></b> .....	<b>92</b>
4.2.1	<i>Amostra PCO-LP1</i> .....	94
4.2.2	<i>Amostra PCO-LP2</i> .....	97
4.2.3	<i>Amostra PCO-LP3</i> .....	100
<b>4.3</b>	<b><i>CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO</i></b> .....	<b>103</b>
<b>5</b>	<b><i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i></b> .....	<b>104</b>
<b>5.1</b>	<b><i>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTÊMICA</i></b> .....	<b>104</b>
5.1.1	<i>Análise temporal</i> .....	105
5.1.2	<i>Mapeamento das palavras-chave</i> .....	106
5.1.3	<i>Identificação da área de pesquisa</i> .....	107
5.1.4	<i>Identificação dos países mais relevantes</i> .....	108
5.1.5	<i>Análise geral</i> .....	110
<b>5.2</b>	<b><i>EXPERIMENTO PILOTO</i></b> .....	<b>110</b>
5.2.1	<i>Teste de Conhecimento 1</i> .....	111
5.2.2	<i>Teste de Conhecimento 2</i> .....	112
5.2.3	<i>Planilha de medição de tempos</i> .....	113
5.2.4	<i>Elaboração de arquivo de Excel para representação da LDB</i> .....	114

5.2.5	<i>Padronização temporal da aplicação entre as amostras</i>	115
5.2.6	<i>Preparação do ambiente em linha</i>	115
5.2.7	<i>Desenvolvimento do questionário de avaliação docente</i>	116
5.3	<b>SEGUNDA APLICAÇÃO</b>	117
5.3.1	<b>Análise dos tempos das LDB</b>	117
5.3.1.1	<i>Comparação das anotações com o auxílio do vídeo</i>	117
5.3.1.2	<i>Análise dos tempos das três linhas de produção</i>	121
5.3.2	<b>Análise geral dos resultados</b>	121
5.3.2.1	<i>Questionário de Motivação</i>	126
5.3.2.2	<i>Questionário de Satisfação</i>	128
5.3.2.3	<i>Questionário de Avaliação Docente</i>	128
5.3.3	<b>Análise estatística dos resultados</b>	129
5.3.3.1	<i>Análise estatística entre os grupos de controle e intervenção</i>	129
5.3.3.2	<i>Análise estatística da influência das variáveis independentes</i>	130
5.4	<b>RECOMENDAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DE UM NOVO EXPERIMENTO</b>	135
5.4.1	<i>Definições</i>	137
5.4.2	<i>Preparação da coleta de dados</i>	137
5.4.3	<i>Desenvolvimento da atividade</i>	139
5.4.4	<i>Organização dos dados e informações</i>	140
5.4.5	<i>Análises</i>	141
5.4.6	<i>Conclusão do experimento</i>	142
5.5	<b>CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO</b>	142
6	<b>CONCLUSÃO</b>	144
6.1	<b>QUANTO AO OBJETIVO GERAL PROPOSTO</b>	144
6.2	<b>QUANTO AO PROCESSO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO</b>	146

<b>6.3</b>	<b>QUANTO À APLICAÇÃO DO JOGO .....</b>	<b>146</b>
<b>6.4</b>	<b>QUANTO ÀS DELIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....</b>	<b>148</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>151</b>
	<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>157</b>
	<b>APÊNDICE B – TESTE DE CONHECIMENTO 1 .....</b>	<b>160</b>
	<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE MOTIVAÇÃO.....</b>	<b>164</b>
	<b>APÊNDICE D – TESTE DE CONHECIMENTO 2 .....</b>	<b>165</b>
	<b>APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO.....</b>	<b>169</b>
	<b>APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DOCENTE.....</b>	<b>171</b>
	<b>APÊNDICE G – SLIDES PARA A AULA EXPOSITIVA .....</b>	<b>172</b>
	<b>APÊNDICE H – INSTRUÇÃO DE MONTAGEM (CASA 01) .....</b>	<b>179</b>
	<b>APÊNDICE I – TABELA DE ANOTAÇÃO DOS TEMPOS.....</b>	<b>180</b>
	<b>APÊNDICE J – TABELAS DE CORREÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS .....</b>	<b>181</b>
	<b>ANEXO A – INSTRUÇÕES DO JOGO LINHA DE BALANÇO .....</b>	<b>188</b>
	<b>ANEXO B – DADOS DA PESQUISA APROVADA PELO CEP – UFSCAR .....</b>	<b>192</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os clientes da indústria de construção aumentaram, gradualmente as suas exigências e tornaram-se mais rigorosos em relação à qualidade dos serviços e produtos oferecidos (Moura, Monteiro e Heineck, 2014). Além de qualidade, os clientes passaram a exigir também preços mais acessíveis e prazos de entrega reduzidos e controlados. Para atrair e manter seus clientes, os gestores e empresários da indústria da construção passaram, gradativamente, a ajustar suas ferramentas de gestão a essas novas exigências do mercado. Entre as estratégias, passaram a discutir, junto com pesquisadores do mundo inteiro, como adaptar e implantar o pensamento enxuto na indústria da construção, observando o contexto de implantação da filosofia *lean thinking* na indústria manufatureira, aliando maior qualidade, redução do custo e otimização dos processos.

O desenvolvimento e a conseqüente adoção da *lean construction* (construção enxuta), teve como marco inicial o relatório de Koskela (1992). A partir desse texto, pesquisadores da construção civil se reuniram para discussão e compuseram o grupo *The International Group for Lean Construction* (IGLC) desenvolvendo estratégias e estudos pertinentes. Segundo Koskela (2000), é uma filosofia que tem por objetivo a melhoria contínua dos processos, visando atender a qualidade, a redução de custos e o aumento dos lucros dos empreendimentos. São diversos os benefícios resultantes da adoção desta filosofia e McGraw Hill Construction (2013) cita que eles vão desde questões relacionadas ao cliente até questões ligadas à empresa.

Apesar destes benefícios, a implantação da *lean construction* (LC) ainda encontra diversas barreiras, principalmente ligadas à aceitação da transição da estrutura organizacional dentro das empresas, conforme expõe Ditzel (2021). A falta de conhecimento dos princípios *lean* e do uso de técnicas e ferramentas disponíveis para resolver problemas de gestão tem sido um dos gargalos a ser enfrentado.

A Linha de Balanço (LDB) ou, em inglês, *Line of Balance* (LOB), é uma importante ferramenta de planejamento e gerenciamento de obras. Ela surgiu na década de 1940, conforme Arditi, Tokdemir e Suh (2001), e foi adotada pela LC logo na sua origem na década de 90, sendo uma das ferramentas mais utilizadas na implantação e gestão da construção enxuta. Isso ocorreu pois, segundo Moura, Monteiro e Heineck (2014), esta ferramenta possui diversas características *lean*. Mendes Júnior e Heineck (1998) definem que a Linha de Balanço tem como objetivo

diminuir o desperdício do trabalho em progresso, fazendo com que todas as atividades sejam realizadas em uma taxa de produção conhecida, ou seja, buscando manter um mesmo ritmo entre elas.

Para resolver outros problemas de aceitação dos conteúdos, ou promover estratégias de implantação da LC, Herrera *et al.* (2019), Liu *et al.* (2020), Pütz *et al.* (2021) e Romanel (2009) abordaram o uso de jogos lúdicos como uma alternativa para quebrar as barreiras de aceitação da nova filosofia e consolidar os conhecimentos transmitidos, seja com profissionais ou estudantes. Liu *et al.* (2020) abordam, ainda, um resumo dessas barreiras de aceitação para a implementação dos Princípios *Lean Construction* (PLC), conforme Quadro 1. Os autores separam essas barreiras em duas categorias: social (referente à interação com os demais colaboradores da empresa) e técnico (referente ao entendimento e aplicação dos PLC).

Quadro 1 – Síntese das barreiras de aceitação dos PLC

Domínio	Barreiras	Fatores de influência	Referências
Social	Resistência à mudança	Falta de confiança	ElSabek e McCabe (2018) Poshdar <i>et al.</i> (2019)
		Ignorar a opinião dos subempreiteiros ao tomar decisões no local	
		Forte ligação com o método de controle de produção convencional	
	Falta de cooperação	Baixa conexão de equipe	Porwal <i>et al.</i> (2010) Daniel <i>et al.</i> (2015)
		Falta de compromisso com a implantação dos PLC	
		Envolvimento mínimo com os subempreiteiros	
Técnico	Falta de compreensão dos PLC e dos métodos de treinamento	Falta de implementação do conhecimento	Porwal <i>et al.</i> (2010) Fernandez-Solis <i>et al.</i> (2013) Hamzeh (2009)
		O componente de aprendizagem da metodologia permanece em um nível básico	
		Falta de compreensão das orientações	

Fonte: Adaptado de Liu *et al.* (2020)

Segundo Borges Júnior (2020), a gamificação é um recurso inovador e significativo na aprendizagem dos envolvidos. Maia e Graeml (2015) apontam que os jogos possibilitam a aprendizagem de forma divertida, colocando em prática a teoria

e conectando conhecimentos, processo importante na aprendizagem de conteúdos, conforme aborda Bordenave e Pereira (2004).

Nesse sentido, de acordo com Rybkowski, Alves e Liu (2021), o uso de jogos lúdicos possibilita a simulação do ambiente real e facilita o contato com situações diversificadas e derivadas do mundo do trabalho, favorecendo as tomadas de decisão por parte dos profissionais. Assim, o uso da gamificação está sendo cada vez mais importante no aprendizado de técnicas que buscam a redução dos principais problemas da indústria da construção civil. Hirota (2001) aborda os esforços, tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos, para adequar o ensino de engenharia às mudanças tecnológicas e sociais ocorridas. As formas lúdicas de aprendizagem sempre estiveram presentes na história humana, conforme Braatz *et al.* (2020), não sendo, portanto, uma surpresa que a gamificação do conteúdo esteja atraindo atenção nos últimos anos para uso na capacitação profissional. Ainda segundo os autores, a gamificação está presente no ensino das engenharias desde a década de 1960.

Porém, para comprovar os efeitos do processo de ensino-aprendizagem de uma intervenção como a gamificação, Rossi, Lipsey e Freeman (2004) citam que a maneira mais válida é por meio de uma pesquisa "padrão ouro" que avalie os efeitos causais com o auxílio da divisão aleatória dos participantes da pesquisa em "grupo de controle" e "grupo de intervenção". Dessa forma, os resultados são observados e comparados entre os dois grupos e as diferenças podem ser atribuídas como resultados da intervenção. Ademais, os autores expõem que, para comprovar as diferenças nos resultados entre os grupos, é necessária a utilização de testes de verificação do conhecimento adquirido. Carvalho (2012) argumenta que avaliar a aprendizagem baseada em jogos é um processo holístico com múltiplos objetivos, não só para avaliar a eficiência do processo de aprendizagem, mas também para melhorar o jogo em si. Para isso, o autor propôs três protocolos (Teste Alfa, Teste Beta e Teste Gama) de testes para avaliar o processo de desenvolvimento de um jogo, que envolvem tanto as percepções dos usuários (alunos), quanto às dos tutores (professores). Apesar da proposição dos protocolos, as recomendações foram entendidas como genéricas, não destinadas para avaliar especificamente o processo de ensino-aprendizagem pelos estudantes ou participantes da atividade.

Nesse contexto, este estudo propõe instrumentos de avaliação do processo de ensino-aprendizagem de estudantes de graduação para verificar o conhecimento da LDB por meio do uso da gamificação. Acredita-se que o conhecimento das principais

características da LDB pelos estudantes durante a graduação e a retenção do conhecimento por meio da gamificação poderá favorecer o uso da ferramenta em sua profissão, quando necessário.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O uso de ferramentas de planejamento de obras ainda é consideravelmente baixo no Brasil. Conforme Mattos (2019), a deficiência do planejamento resulta em diversos prejuízos para uma obra e, conseqüentemente, para a empresa responsável. As atividades mal executadas provocam atrasos e aumento de custos, colocando em risco o bom desenvolvimento do empreendimento. Além disso, a carência de uma gestão de qualidade eficiente impede melhorias contínuas na execução, estabelecendo uma cultura de tomadas de decisões com base na experiência e na intuição dos profissionais, prejudicando a empresa tanto em seu progresso, quanto em seu ganho de experiência e resultados. Nesta busca por melhorias para a indústria da construção civil se insere a *lean construction* (construção enxuta) que, conforme Koskela (2000), estimula a melhoria contínua, a qualidade, a redução de custos e o aumento dos lucros.

Ainda que tragam diversas vantagens, a implantação das ferramentas de *lean construction* no auxílio do planejamento e gerenciamento de obras ainda encontra diversas barreiras, principalmente quanto à aceitação dos atores das empresas que detém um baixo conhecimento, conforme aborda Ditzel (2021). Isso pode ocorrer pela baixa abordagem desses conteúdos durante o processo de formação e pela sua complexidade de ensino.

Bordenave e Pereira (2004), deduzem que a aprendizagem é um processo integrado, que gera transformações importantes no indivíduo, sendo um processo qualitativo e não quantitativo. Hirota, Lantelme e Formoso (1999) dissertam que a aprendizagem pode ser considerada de diversas formas, seja por meio de relações de conceitos preexistentes (teoria cognitivista), ou por meio da influência do ambiente (teoria comportamental). Em ambas as teorias, é considerado que o aluno é participante ativo no processo, sendo o professor apenas um facilitador. Assim, Betts e Liow (1993) abordam a necessidade de ambas as universidades promoverem mudanças nos seus cursos, gerando incentivos para desenvolvimento de novas habilidades de supervisão e discussão para professores acostumados apenas aos

métodos de ensino tradicionais. Este pensamento também está relacionado à teoria de Bordenave e Pereira (2004), que destaca que o entusiasmo do professor está diretamente ligado à qualidade do ensino e ao entusiasmo dos alunos para aprenderem.

Neste sentido, diversos autores abordam a gamificação como uma forma de tornar o ensino e a aprendizagem dessa filosofia mais atraente e simplificado.

Rybkowski, Alves e Liu (2021) defendem que os jogos sérios e as simulações desempenham um papel importante na crescente popularidade da construção enxuta e na sua disseminação global para a indústria da construção. Este método é, conforme ressaltam Miron *et al.* (2022), um método ativo de aprendizagem e, assim, uma alternativa aos métodos de aprendizagem tradicional que, segundo Moraes e Cardoso (2018), não desenvolvem as habilidades que o mercado de trabalho exige.

Sendo assim, o presente trabalho apresenta o uso da gamificação como método aliado às aulas tradicionais para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos da ferramenta de Linha de Balanço.

Para isso, foi adotado o jogo proposto por Miron *et al.* (2018), por estar disponível para uso público, conter procedimentos detalhados para aplicação, não necessitar de recursos *online* e poder ser facilmente aplicado, desde que se possua as peças necessárias. O jogo simula a construção de um conjunto habitacional de seis casas e os participantes devem cronometrar a execução de todas as atividades. Ao final da rodada, todos os integrantes do grupo devem se reunir para realizar a montagem da LDB. Miron *et al.* (2018) sugerem que este processo se repita por três rodadas e, ao final de cada uma delas, o grupo deve discutir formas para deixar a próxima mais eficiente. O professor atua como um moderador do processo, deixando os estudantes livres para as tomadas de decisões. Este processo de discussão e replanejamento ajuda a fixar os conceitos de montagem da LDB, além de fazer com que os participantes entendam os efeitos de um planejamento bem executado e da melhoria contínua. É esperado que com um processo recorrente de montagem da LDB, obtenha-se a padronização da duração do tempo de cada atividade devido ao efeito aprendizagem em função da repetição dos processos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo da pesquisa é entender a influência do uso de gamificação no processo de ensino-aprendizado da ferramenta de planejamento de Linha de Balanço (LDB) em estudantes de graduação em Engenharia Civil na UFSCar.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Adaptar o procedimento de avaliação do processo de ensino-aprendizagem da gamificação propostos para Carvalho (2012) ao jogo da Linha de Balanço para estudantes de graduação em Engenharia Civil;
- Analisar e propor melhorias nos instrumentos de aplicação do Jogo Linha de Balanço desenvolvido por Miron *et al.* (2018);
- Analisar a percepção dos docentes envolvidos com o experimento da gamificação da Linha de Balanço.

## 1.3 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

A presente pesquisa se limita ao estudo do processo de ensino-aprendizagem do uso de jogos lúdicos para absorção dos conceitos da ferramenta de Linha de Balanço em comparação com o uso de apenas uma aula expositiva comum. Além disso, o período para avaliação dos experimentos não considerou um período longo, podendo ser considerado um espaço temporal restrito. O estudo foi realizado apenas em duas disciplinas: Racionalização Construtiva e Planejamento e Controle de Obras, ambas ofertadas presencialmente no curso de Engenharia Civil da UFSCar. As duas turmas foram escolhidas de acordo com o contato dos pesquisadores e as ementas das disciplinas que previam a discussão de assuntos como a construção enxuta e o uso de ferramentas de planejamento e controle de obras, como a Linha de Balanço.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa é composta por mais cinco capítulos, além deste capítulo introdutório, descritos a seguir.

O capítulo 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA expõe a revisão sobre pesquisas e estudos a respeito dos temas abordados por este trabalho. O capítulo 3 MÉTODO DE PESQUISA apresenta o fluxograma das etapas de desenvolvimento do estudo, incluindo o detalhamento delas. O capítulo 4 DESENVOLVIMENTO DO JOGO aborda a aplicação em si desta pesquisa, enquanto o capítulo 5, RESULTADOS E DISCUSSÃO, disserta a respeito das respostas obtidas durante a aplicação e quais seus impactos na pesquisa. Por fim, o capítulo 6 CONCLUSÃO traz as considerações finais desta pesquisa, avaliando a sua importância e a sua continuidade.

Este trabalho possui, ainda, dez apêndices, produtos desta pesquisa. O APÊNDICE A apresenta o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), documento solicitado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) para explicar as questões relativas ao estudo que estão relacionadas à decisão do sujeito da pesquisa e, assim, garantir sua participação voluntária. Entre o APÊNDICE B e o APÊNDICE F estão os instrumentos de coleta de dados. Ou seja, os questionários elaborados para avaliação do conhecimento antes e após o jogo, além dos questionários responsáveis por aferir a motivação dos alunos para jogarem, a satisfação em relação ao jogo proposto e, por fim, a percepção docente em relação à pesquisa. O APÊNDICE G apresenta os slides utilizados durante a aula expositiva. O APÊNDICE H e o APÊNDICE I expõem parte dos documentos necessários para a aplicação do jogo, baseados nos documentos de Miron *et al.* (2018), disponibilizados no site do Jogo da Linha de Balanço. Todos os outros instrumentos e documentos necessários à aplicação podem ser acessados, também, por meio do *link* [https://drive.google.com/drive/folders/1sg2pg1P\\_NibqeQVR6BLhpShmvo2N6vgi?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1sg2pg1P_NibqeQVR6BLhpShmvo2N6vgi?usp=sharing). Por fim, o APÊNDICE J traz as tabelas resumo das respostas obtidas por meio dos instrumentos de coleta de dados.

Além dos apêndices, há também dois anexos, sendo que o primeiro (ANEXO A) traz as regras do jogo utilizado de forma mais detalhada, conforme proposto pelos desenvolvedores do jogo. Já o segundo (ANEXO B) apresenta os dados de aprovação da pesquisa junto ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com Seres Humanos da Pró-Reitoria de Pesquisa da UFSCar.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para se entender a respeito do processo de ensino-aprendizagem, do uso da gamificação no ensino superior, dos Princípios da Construção Enxuta, bem como das características da Linha de Balanço, foi necessário entender esses conceitos separadamente. Para tanto, este capítulo aborda cada um deles nos tópicos a seguir.

### 2.1 O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

O processo de ensino-aprendizagem na graduação pode ser considerado complexo e, para seu melhor entendimento, as suas definições foram subdivididas.

#### 2.1.1 Aprendizagem

De acordo com o que Delors *et al.* (2010) definiram no relatório para a *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO, em português: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura), a educação se baseia em quatro pilares ao longo da vida:

- Aprender a conhecer: aprender a aproveitar as oportunidades que são dadas pela educação;
- Aprender a fazer: capacidade de aplicar, na prática, o que foi passado;
- Aprender a conviver: desenvolver a compreensão do outro e a percepção das interdependências;
- Aprender a ser: formar a sua personalidade, tendo a percepção das suas habilidades.

Bordenave e Pereira (2004) definem aprendizagem como uma “modificação relativamente permanente na disposição ou na capacidade do homem, ocorrida como um resultado de sua atividade e que não pode ser simplesmente atribuída ao processo de crescimento e maturação ou a outras causas”. Os autores abordam que, geralmente, as pessoas se preparam quando têm que enfrentar algum problema, que constitui uma barreira entre elas e seus objetivos. Assim, ao executarem tentativas para transporem esse problema, constatam seu sucesso, ou fracasso. Se têm êxito, repetem a ação e, caso contrário, tentam outras alternativas, ou abandonam o esforço. Dessa forma, conhecer o resultado das tentativas é sempre crucial para a

aprendizagem, assim como é a repetição das ações bem-sucedidas para sua fixação e retenção.

Ainda, segundo Bordenave e Pereira (2004), durante o processo de ensino acontecem também mudanças emotivas e cognitivas no aprendiz. Ou seja, os autores mencionam que quando se aprende algo, na realidade, aprendem-se várias outras coisas. Nesse sentido, os autores argumentam que a aprendizagem é um processo integrado, no qual toda a pessoa se mobiliza de maneira orgânica. Eles reforçam, ainda, que esse processo é qualitativo, pelo qual a pessoa fica mais bem preparada para novas aprendizagens, não se tratando de um aumento quantitativo de conhecimentos, mas de uma transformação estrutural da inteligência da pessoa.

Conforme Bordenave e Pereira (2004) apontam, existem dois meios de estimulação para a aprendizagem. No primeiro, a pessoa busca ativamente sua própria estimulação interna e, para isso, entra em uma “situação de aprendizagem” como um meio para aquele fim. Já na segunda, os estímulos ambientais provocam no organismo uma série de respostas, ou seja, a estimulação vem de fora e, assim, a resposta recompensada pelo prêmio é mantida e repetida.

Dessa forma, os autores reforçam que a aprendizagem é, portanto, orgânica e revisaram três teorias a seu respeito: de Piaget, Skinner e Gagné. Moreira e Ostermann (1999) abordam a teoria de Ausubel.

Hirota, Lantelme e Formoso (1999) abordaram a teoria cognitivista, que enfoca na mente humana (sua memória, suas estruturas cognitivas e o processo de armazenamento e recuperação de informações). Hirota (2001) também discute sobre a mesma teoria e expõe que, neste caso, o conhecimento é construído pelo indivíduo a partir da interpretação da nova informação com base nas experiências anteriores, elaboração e teste desse novo conhecimento. As teorias de Piaget e de Ausubel, abordadas no tópico a seguir, podem ser classificadas como cognitivistas.

Por outro lado, Hirota, Lantelme e Formoso (1999) discutem também que, quando o processo de aprendizagem é tratado como uma questão de respostas a estímulos, seja do professor ou do material didático, ele está inserido na teoria comportamental. Nesta teoria não se considera o mundo interno do aprendiz e se avalia os resultados da aprendizagem com base em dados externos e objetivos. Assim, Hirota (2001) expõe que a abordagem behaviorista reforça a memorização e não permite a assimilação de significados científicos. As teorias de Skinner e Gagné, abordadas no tópico a seguir, podem ser classificadas como comportamental.

Por fim, Bordenave e Pereira (2004) concluem que as teorias partem do pressuposto de que o organismo é naturalmente ativo e acredita-se que o agente da aprendizagem é o aluno, sendo o professor um orientador e facilitador. Todas elas apontam a necessidade de prestar atenção nas diferenças entre os alunos e de acompanhar, de maneira mais individualizada, sua aprendizagem. Elas destacam, também, a necessidade de uma continuidade, ou sequência lógica e psicológica, na aprendizagem dos assuntos.

#### *2.1.1.1 Teoria de Piaget segundo Bordenave e Pereira (2004)*

Piaget afirma que a aprendizagem se processa por meio de dois movimentos simultâneos e integrados, mas de sentido contrário, a saber:

- **Assimilação:** os novos conceitos são assimilados devido às ações e aos conceitos previamente existentes, que desenvolvem esquemas mentais por meio da estimulação que o ambiente exerce sobre o organismo, ou seja, quanto maiores os estímulos, maiores os esquemas de assimilação;
- **Acomodação:** a mente aceita as imposições da realidade e o organismo se transforma para adequar-se à natureza do que será aprendido.

#### *2.1.1.2 Teoria de Skinner segundo Bordenave e Pereira (2004)*

Skinner explica a aprendizagem de acordo com os estímulos ambientais, ou seja, uma pessoa pode aprender qualquer resposta se esta for adequadamente reforçada ou recompensada. A “instrução programada” é uma aplicação da teoria do condicionamento de respostas operantes e serve para o ensino de qualquer disciplina acadêmica. Nela, o aprendiz responde sucessivamente a uma série de pequenos estímulos. Suas respostas, quando corretas, são reforçadas mediante a comprovação imediata de que ele respondeu bem. Assim, o estudante adquire a conduta desejada.

As ideias de Skinner têm influenciado muito o ensino nos últimos anos, constituindo a base da tecnologia educacional atual, sendo que a avaliação do ensino em todos os níveis educacionais é realizada, majoritariamente, com base na aplicação de provas e trabalhos que serão pontuados de acordo com as respostas corretas. Dessa maneira, pode-se considerar a nota como o estímulo, para comprovar que o

aluno respondeu e aprendeu bem, e, assim, associa-se a percepção de que o processo de ensino-aprendizagem foi eficiente.

#### *2.1.1.3 Teoria de Gagné segundo Bordenave e Pereira (2004)*

Gagné aborda oito classificações de tipos de aprendizagem: signos, estímulo-resposta, em cadeia, associações verbais, discriminações múltiplas, conceitos, princípios e resolução de problemas. Porém, para este estudo, apenas as classificações de estímulo-resposta e de resolução de problemas foram analisadas.

Na aprendizagem estímulo-resposta, assim como na teoria de Skinner, o aprendiz entende que a sua resposta está correta de acordo com os estímulos gerados e, assim, passa a repetir a ação certa. Já na aprendizagem de resolução de problemas, a solução consiste em elaborar um novo princípio combinando princípios aprendidos. Nesse processo, o aluno não somente aprende novos princípios, como também uma série de estratégias mentais mais eficientes para combinar os que são conhecidos, ou seja, aprende a pensar.

#### *2.1.1.4 Teoria de Ausubel segundo Moreira e Ostermann (1999)*

A teoria de Ausubel traz o conceito de aprendizagem significativa. Neste conceito, a aprendizagem é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona a um aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A estrutura cognitiva pode ser entendida como a forma de organização das ideias e do conteúdo aprendido em determinada área de conhecimento. Ou seja, na medida em que outras informações relevantes já estejam na estrutura cognitiva do indivíduo, estas funcionam como ponto de ancoragem para a aquisição de novas informações, estimulando um processo contínuo de aprendizagem.

Segundo os autores, Ausubel define, ainda, um modelo oposto à aprendizagem significativa: a aprendizagem mecânica (ou automática). Neste caso, a aprendizagem é realizada praticamente sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Porém, apesar da aprendizagem significativa ser considerada mais eficiente do que a mecânica, esta última pode ser necessária em uma fase inicial da aquisição de um novo conhecimento. Assim, Moreira e Ostermann (1999) reforçam

que os dois modelos de aprendizagem não são completamente opostos, mas sim complementares.

### 2.1.2 Processo de ensino

Bordenave e Pereira (2004) definem ensino como um “processo deliberado de facilitar que outro indivíduo aprenda e cresça intelectualmente e moralmente, [...] de tal modo que os aprendizes vivam as experiências necessárias para que se produzam neles as modificações desejadas”. Os autores apontam, ainda, que, de tudo o que se ensina, apenas uma parte é efetivamente aprendida. Muitas das vezes, culpam os alunos e as suas motivações por isso, quando, na verdade, a reflexão deveria ser sobre o próprio ensino.

Ainda, segundo Bordenave e Pereira (2004), existem certos fatores que influenciam no processo de ensino. Estes fatores dizem respeito ao aluno, ao assunto em estudo e ao professor e estão esquematizados no Quadro 2.

Quadro 2 – Fatores que afetam o processo de ensino

Aluno	Assunto	Professor
1.Motivações 2.Conhecimentos prévios 3.Relação com o professor 4.Atitude com a disciplina	1.Estrutura: componentes e relações 2.Tipos de aprendizagem requeridos 3.Ordem de apresentação	1.Simulação estimuladora ambiental 2.Comunicação verbal de instruções 3.Informação ao aluno sobre seus progressos 4.Relação com o aluno 5.Atitude com a matéria ensinada

Fonte: Adaptado de Bordenave e Pereira (2004)

O processo de ensino consiste, portanto, na interação desses fatores em uma sequência mais ou menos planejada, ou sistemática. Assim, para obter bons resultados, além de respeitar o processo natural da aprendizagem, o processo de ensino deveria facilitá-lo e incrementá-lo.

Bordenave e Pereira (2004) defendem que todo o processo de ensino deveria começar na constatação do estado atual do aluno quanto ao seu conhecimento sobre o assunto. Os autores afirmam, ainda, que o processo de ensino consiste em planejar, orientar e controlar a aprendizagem do aluno a partir desta constatação. Porém, segundo Moreira e Ostermann (1999), infelizmente, as práticas de ensino muitas vezes são desenvolvidas sem considerar esse ponto de partida. Assim, a falta de

preocupação com estratégias de ensino e avaliação da aprendizagem leva à banalização da aprendizagem.

Assim, Bordenave e Pereira (2004) concluem que o segredo do bom ensino é o entusiasmo pessoal do professor. Este entusiasmo deve ser canalizado mediante planejamento das aulas e dos métodos a serem utilizados, visando, sobretudo, a incentivar o entusiasmo dos alunos para realizarem, por iniciativa própria os esforços intelectuais e morais que a aprendizagem exige.

### **2.1.3 Andragogia**

Quando a abordagem do ensino-aprendizagem é realizada sob a ótica de adultos, é necessário dissertar a respeito da andragogia (ensino de adultos), ao invés da pedagogia (ensino de crianças).

Assim, como abordam Hirota e Formoso (2000), a diferença fundamental entre essas duas abordagens está na consideração das experiências (que pode constituir barreiras ou não) que o adulto traz para o processo de aprendizagem. Além disso, ainda segundo os autores, para os adultos, a principal motivação para a aprendizagem é a necessidade de solucionar problemas com os quais estejam envolvidos. Os adultos não aprendem para atender expectativas externas a ele, mas pela necessidade de solucionar problemas, de desempenhar melhor a sua função ou de viver melhor, mais satisfeito consigo mesmo. O resumo da comparação entre essas duas ciências é explicitado no Quadro 3, conforme proposto por Knowles (1980).

Quadro 3 – Comparação entre as premissas da pedagogia e da andragogia

Premissa	Pedagogia	Andragogia
Conceito do aprendiz	O papel do aprendiz é, por definição, dependente. A sociedade espera que o professor assuma total responsabilidade por determinar o que deve ser aprendido, quando deve ser aprendido, como deve ser aprendido e se foi aprendido.	É um aspecto normal do processo de amadurecimento que uma pessoa passe da dependência para o aumento do autodirecionamento, mas diferente para cada indivíduo. Os professores têm a responsabilidade de incentivar e fomentar esse movimento. Os adultos têm uma profunda necessidade psicológica de serem geralmente autodirigidos, embora possam ser dependentes em situações temporárias específicas.
Papel da experiência dos alunos	A experiência que os alunos trazem é de pouco valor. Pode ser usado como ponto de partida, mas a experiência da qual os alunos mais ganharão é a do professor, do escritor de livros didáticos, do produtor de auxílio audiovisual e de outros especialistas. Assim, as técnicas primárias na educação são técnicas de transmissão (palestras, leituras atribuídas, apresentações).	À medida que as pessoas crescem e se desenvolvem, elas acumulam um reservatório crescente de experiência que se torna um recurso cada vez mais rico para o aprendizado (para si e para os outros). Além disso, as pessoas atribuem mais significado ao aprendizado que ganham com a experiência do que àquelas que adquirem passivamente. Assim, as principais técnicas na educação são técnicas experienciais (experimentos de laboratório, discussão, resolução de problemas, exercícios de simulação, experiência de campo etc.).
Prontidão para aprender	Estão prontas para aprender o que a sociedade (especialmente a escola) diz que devem aprender, desde que as pressões sobre elas (como o medo do fracasso) sejam grandes o suficiente. A maioria das pessoas da mesma idade está pronta para aprender as mesmas coisas. Portanto, a aprendizagem deve ser organizada em um currículo bastante padronizado, com uma progressão passo a passo uniforme para todos os alunos.	Se tornam prontas para aprender algo quando sentem a necessidade de aprendê-lo para lidar de forma mais satisfatória com tarefas ou problemas da vida real. O educador tem a responsabilidade de criar condições e fornecer ferramentas e procedimentos para ajudar os educandos a descobrirem suas "necessidades de saber". E os programas de aprendizagem devem ser organizados em torno de categorias de aplicação de vida e sequenciados de acordo com a prontidão dos alunos para aprender.
Orientação para a aprendizagem	Veem a educação como um processo de aquisição de conteúdo disciplinar, a maioria dos quais entendem que será útil apenas em um momento posterior da vida. Assim, o currículo deve ser organizado em unidades temáticas que sigam a lógica da disciplina. As pessoas são centradas no sujeito em sua orientação para a aprendizagem.	Veem a educação como um processo de desenvolvimento de competências acrescidas para atingir todo o seu potencial na vida. Querem ser capazes de aplicar qualquer conhecimento e habilidade que adquirem hoje para viver de forma mais eficaz amanhã. Nesse sentido, as experiências de aprendizagem devem ser organizadas em torno de categorias de desenvolvimento de competências. São centradas no desempenho em sua orientação para a aprendizagem.

Fonte: Adaptado de Knowles (1980)

#### **2.1.4 O processo de ensino-aprendizagem na graduação**

Hirota (2001) aborda os esforços, tanto no Brasil, quanto nos Estados Unidos, para adequar o ensino de engenharia às mudanças tecnológicas e gerenciais proporcionadas pela quarta revolução industrial. Nos Estados Unidos, a *American Society for Engineering Education* (ASEE) ressalta que a formação dos profissionais de engenharia não deve contemplar apenas o desenvolvimento intelectual e a capacitação técnica. Esta deve, também, focar no desenvolvimento de habilidades de comunicação e para o trabalho em grupo, além da conscientização e do entendimento do contexto em que se inserem as suas atividades profissionais. Já no Brasil, a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE) iniciou, em 1997, uma discussão para evidenciar a necessidade de formação de profissionais holísticos, com senso crítico e de cidadania, com compromisso com a ética profissional, espírito empreendedor e compreensão da necessidade de atualização profissional permanente.

Assim, Hirota (2001) conclui que ambas as iniciativas chamam a atenção para a necessidade da educação continuada ou permanente. Ou seja, o processo de formação não deve ser entendido como um programa de cursos de atualização, mas como um conjunto de condições necessárias ao aperfeiçoamento contínuo do profissional, no qual a qualidade da formação na graduação exerce papel fundamental.

Nesse sentido, Betts e Liow (1993) avaliaram algumas estratégias de ensino na área de edificações, partindo da definição de um perfil profissional a ser alcançado e considerando a coerência entre os objetivos de ensino e os métodos adotados. Dessa forma, os autores concluíram que os métodos que promoviam o contato do aluno com problemas reais possuíam os melhores resultados de aprendizado. Os autores também consideraram que as aulas expositivas apresentavam deficiências com relação ao alcance dos objetivos de ensino, mas reconheceram que as técnicas de ensino que exigiam a atuação efetiva do aluno em seu aprendizado encontravam dificuldades decorrentes da cultura conservadora predominante nas escolas e da falta de preparo dos professores.

Por fim, Hirota (2001) ressalta que o planejamento adequado da aula expositiva permite conduzir o aluno a “aprender a aprender”. Assim sendo, o sucesso na adoção de métodos de aprendizado ativo contínua dependendo do planejamento adequado

do conteúdo, que considere a estrutura cognitiva e o estilo de aprendizado do aluno, a organização do conteúdo com base nos conceitos fundamentais e a motivação para a aprendizagem.

### **2.1.5 A gamificação no processo de ensino**

Conforme Moraes e Cardoso (2018), o método educacional tradicional não desenvolve todas as habilidades exigidas no mercado de trabalho. Esse pensamento é reiterado por Almeida (2001), que destaca que os profissionais de engenharia estão em busca constante de formações complementares para se adequarem às exigências do mercado. A autora reforça, portanto, que as escolas de engenharia devem repensar seus métodos de ensino para enfatizar, cada vez mais, os fatores humanos.

De acordo com Maia e Graeml (2015), pelo fato do ambiente de ensino e aprendizagem ser completamente diferente do de décadas atrás, existe essa necessidade de uma revolução nos métodos educacionais. Os autores sugerem, então, o uso de jogos para tornar o ensino mais atraente, sendo que essa técnica é chamada de gamificação.

Miron *et al.* (2022) pontuam que os jogos didáticos são métodos ativos que estimulam uma autoconstrução de significados em atividades de aprendizado relevantes, sendo, portanto, uma alternativa à tradicional estratégia didática de aprendizagem passiva. Garcia (2015) pontua a gamificação como um recurso didático revolucionário, além de ajudar a promover a sociabilização entre os participantes. Todavia, a utilização incorreta desse método resulta em uma experiência de entretenimento pouco atrativa e até insignificante.

Moraes e Cardoso (2018) citam os jogos de empresa como uma alternativa para auxiliar os profissionais nas tomadas de decisões em ambientes simulados, que servem de base para as vivências do dia a dia. Continuando, Moraes e Cardoso (2018) ressaltam que os jogos de empresa trazem também a interdisciplinaridade para o ambiente de ensino, algo que não ocorre no método educacional tradicional, mas que é de extrema importância no mercado de trabalho.

Os jogos podem ser classificados em gerações, conforme Lopes (2011), considerando a evolução das tecnologias computacionais utilizadas (Quadro 4).

Quadro 4 – Evolução tecnológica dos jogos de empresa

Geração	Período	Características
1ª geração	1955 a 1960	Jogos manuais, sem uso de recursos computacionais
2ª geração	1961 a 1984	Jogos eletrônicos processados em computadores de grande porte
3ª geração	1984 a 2000	Jogos eletrônicos processados em microcomputadores
4ª geração	2000 em diante	Jogos eletrônicos utilizados na internet

Fonte: Adaptado de Lopes (2011)

Mesmo com os jogos na quarta geração, na construção civil, ainda é muito comum a utilização de jogos de primeira geração. Contudo, Miron *et al.* (2022) afirmam que a pandemia de COVID-19 incentivou o desenvolvimento de jogos que podem ser realizados em plataformas digitais, devido à necessidade de isolamento no período.

### **2.1.6 Métodos de avaliação do aprendizado por meio da gamificação**

Conforme Rossi, Lipsey e Freeman (2004) citam, a maneira mais válida de estabelecer os efeitos de uma intervenção é por meio de uma pesquisa "padrão ouro" para avaliar efeitos causais. Os autores definem ainda que, neste tipo de pesquisa, os participantes são classificados aleatoriamente em pelo menos dois grupos:

- Grupo de controle: grupo de alvos que não recebem a intervenção do programa;

- Grupo de intervenção: grupo de alvos que recebem uma intervenção.

Dessa forma, os autores pontuam que os resultados são observados para os dois grupos e as diferenças podem ser atribuídas como resultados da intervenção.

Ainda em Rossi, Lipsey e Freeman (2004), é estabelecido que o elemento crítico na estimativa dos efeitos da pesquisa é a configuração de um grupo de controle que não participa do programa, mas que seja equivalente ao grupo que participa, ou seja, com composições, predisposições e experiências idênticas, conforme explicado a seguir:

- Composições idênticas: os grupos de intervenção e controle contêm as mesmas combinações de pessoas ou outras unidades em relação às suas características relacionadas a programas e resultados;

- Predisposições idênticas: os grupos de intervenção e controle estão igualmente dispostos em relação à pesquisa e são igualmente prováveis, sem intenção de atingir qualquer resultado;

- Experiências idênticas: ao longo do tempo de observação, os grupos de intervenção e controle experimentam os mesmos processos relacionados à pesquisa, com exceção da intervenção a ser julgada.

Os autores abordam ainda que a melhor maneira de obter equivalência entre os grupos de intervenção e controle é usar a randomização para alocar membros de uma população-alvo para os dois grupos. Assim, como a intervenção resultante e os grupos de controle diferem um do outro apenas pelo acaso, quaisquer influências que possam estar competindo com uma intervenção para produzir resultados estão presentes em ambos os grupos na mesma extensão. Dessa forma, se a suposição de equivalência entre os grupos estiver correta, a quantidade de mudança no grupo de intervenção representa o que teria acontecido aos membros do grupo de controle se eles tivessem recebido o programa.

Por fim, Rossi, Lipsey e Freeman (2004) sugerem que a diferença numérica exata entre os resultados médios dos grupos de intervenção e controle não pode ser simplesmente interpretada como um efeito da pesquisa. Para que isso seja comprovado é necessária a aplicação de testes apropriados que consigam aferir as mudanças entre os grupos. Neste sentido, existem diferentes estratégias de coleta de dados que podem melhorar as estimativas dos efeitos do programa, sendo que fazer múltiplas medições da variável de resultado, preferencialmente antes e depois da intervenção que está sendo avaliada, é uma delas. Assim, as medidas tomadas antes de uma intervenção indicam os estados pré-intervenção dos grupos de intervenção e controle e são úteis para determinar quanto ganho uma intervenção produziu.

Carvalho (2012) apresenta um método de avaliação da eficiência do uso de jogos lúdicos para o ensino de engenharia. O autor defende que para avaliar a eficácia e eficiência de um jogo educacional, deve-se perguntar: o aluno aprendeu com este produto o que deveria aprender? Porém, apesar de ser uma pergunta simples de ser feita, ela é difícil de ser respondida, porque possui diversas variáveis e é, muitas vezes, subjetiva.

Carvalho (2012) defende que avaliar a aprendizagem baseada em jogos é um processo holístico com múltiplos objetivos, incluindo metas formativas e somativas, para avaliar a eficiência do processo de aprendizagem, mas também para melhorar o jogo em si. O autor apresenta três etapas de avaliação para o desenvolvimento de um jogo com fins educacionais: Teste Alfa (para melhoria do próprio jogo em nível de interface e da dinâmica), Teste Beta (para avaliação dos objetivos educacionais) e

Teste Gama (para avaliação da eficácia do jogo como ferramenta de aprendizagem para resultados específicos). O Teste Gama pode ser, ainda, utilizado para avaliar se um jogo já existente pode ser usado, de forma eficiente, para fins de aprendizagem. Neste caso, a aquisição de conhecimento é avaliada pela comparação do nível de consciência dos alunos sobre o tema abordado no jogo antes e depois da aplicação. São avaliadas, ainda, a motivação e a satisfação dos participantes.

## 2.2 LEAN CONSTRUCTION

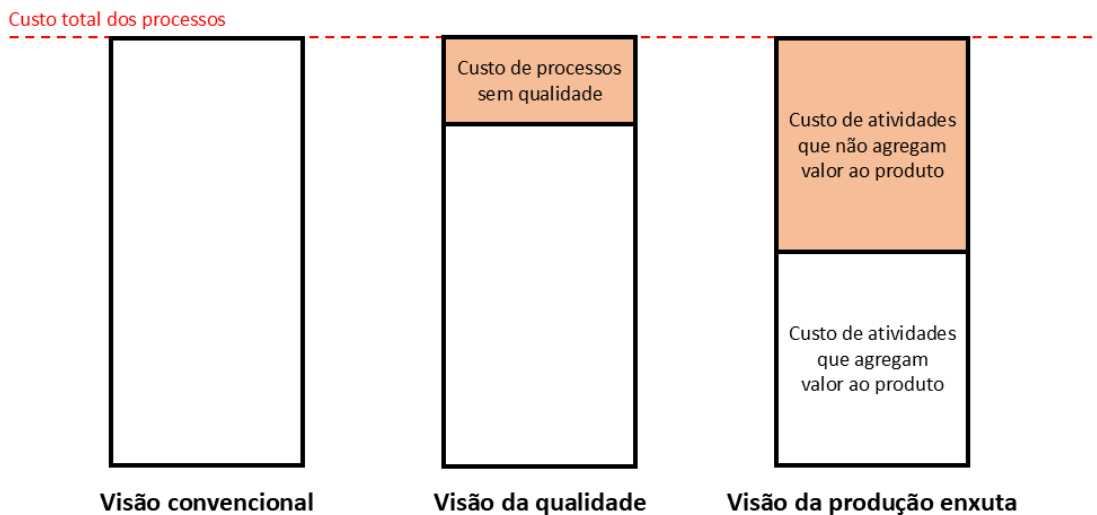
De acordo com Moura e Heineck (2014), o conceito de *lean construction* (construção enxuta) teve como marco o relatório elaborado por Koskela (1992). Neste relatório, o autor ressalta que a indústria da manufatura tem sido um ponto de referência e uma fonte de inovações para construção por muitas décadas. Biotto (2019) define a *lean construction* como uma filosofia de gerenciamento da produção que utiliza conceitos, ferramentas e técnicas adaptadas da manufatura enxuta para projetar, planejar, controlar e melhorar os sistemas de produção da construção.

Koskela (1992) ressalta que todas as atividades demandam custo e tempo, porém considera que existem dois tipos básicos de atividades: as de fluxo e as de conversão, sendo que apenas as de conversão adicionam valor diretamente ao produto. Mas nenhuma indústria consegue eliminar totalmente as atividades de fluxo. Assim, conforme Koskela (2000), a construção enxuta baseia-se na teoria de Transformação, Fluxo e Valor (TFV), onde os procedimentos de transporte e os fluxos devem ser considerados de forma sistêmica e serem combinados para agregar valor aos processos. O autor citado expõe que a mentalidade *lean* representa uma mudança de paradigma na gestão da produção também aplicável na indústria da construção. Além disso, há um outro aspecto que é atender as exigências do cliente como uma forma também de agregar valor ao produto da construção civil.

A produção pode ser entendida como um fluxo de materiais ou informações das matérias primas até o recurso final, gerando valor para o cliente, sendo que as atividades que agregam valor são as que causam transformação. Um sistema *lean* é focado em eliminar atividades que não agregam valor, ou seja, atividades de fluxo que geram desperdício, o qual se esconde nos processos, pois a perda se dá quando é adicionado custo ou tempo a um produto, sem agregar valor. Dessa forma, o pensamento *lean* mantém o foco em reduzir os custos de produção. Para que isso

ocorra, deve haver uma melhoria dos processos, que pode ser alcançada por meio do aumento de eficiência de atividades de fluxo e de conversão e até da eliminação de atividades de fluxo (Koskela, 2000). Na Figura 1 é possível compreender a diferença entre as visões das filosofias de trabalho em relação ao custo dos processos. Na visão convencional, todos os processos agregam custo ao produto; na abordagem da qualidade os processos que não atendem os parâmetros de qualidade podem ser identificados e otimizados, e os custos referentes podem ser reduzidos. No caso da visão da produção enxuta, os processos são classificados como que agregam valor e aqueles que não adicionam valor ao produto. Esses devem ser tratados a fim de aumentar o reduzir o custo e aumentar o valor do produto.

Figura 1 – Comparação das filosofias a respeito do custo dos processos



Fonte: Koskela (1992)

### 2.2.1 A implantação da lean construction

Koskela (2000) destaca que a implementação dos princípios da teoria de TFV leva a diversas melhorias, como a diminuição dos desperdícios, grande problemática da construção civil. O autor sugere, ainda, que é necessária uma aplicação abrangente dos métodos, ressaltando a importância do uso de ferramentas de planejamento e gerenciamento. *McGraw Hill Construction* (2013) realizou um estudo no qual, por meio de entrevistas, foi possível elencar os maiores benefícios da implantação da *lean* de acordo com o seu nível de utilização. No Gráfico 1 pode ser observado que os maiores benefícios do uso da filosofia *lean* vão desde melhorias na qualidade dos empreendimentos (para 84% dos entrevistados), o que está

diretamente relacionado ao cliente, até a redução dos custos (para 64%), que está ligado à empresa.

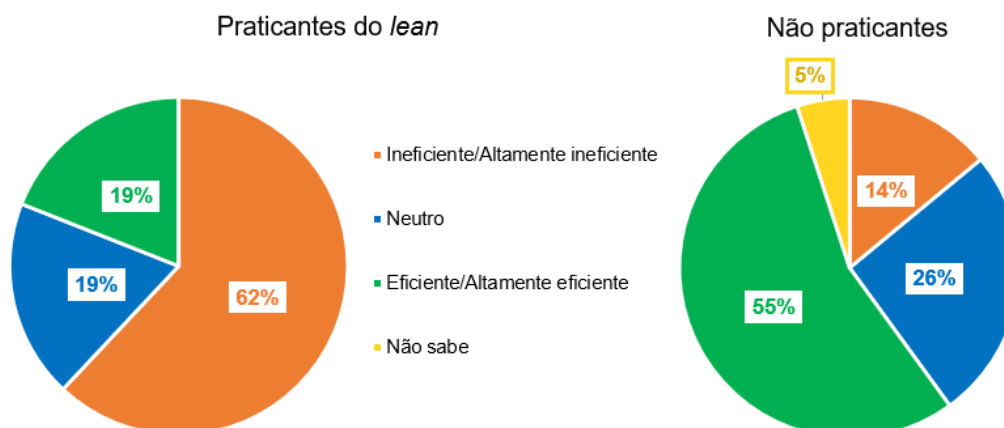
Gráfico 1 – Benefícios da utilização da *lean*



Fonte: Adaptado de *McGraw Hill Construction* (2013)

O mesmo relatório de *McGraw Hill Construction* (2013) explanou, ainda, a diferença de visão a respeito da eficiência da indústria da construção civil entre aqueles que não conhecem e os que conhecem a filosofia *lean*. Segundo a instituição, há uma diferença significativa, pois, de acordo com o Gráfico 2, 55% dos que não conhecem esta filosofia acreditam na total eficiência da indústria, enquanto apenas 19% dos que conhecem têm essa mesma visão. Neste grupo, por visualizarem as melhorias necessárias, 62% acreditam numa alta ineficiência.

Gráfico 2 – Eficiência dos processos da indústria da construção de acordo com o conhecimento da *lean construction*



Fonte: Adaptado de McGraw Hill Construction (2013)

Apesar dos benefícios causados por esta filosofia, é importante esclarecer que há riscos na sua implantação. Ditzel (2021) compilou estes riscos conforme resumo apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Riscos da implementação da construção enxuta

N	Riscos
1	Desmotivação dos envolvidos após as primeiras mudanças
2	Falta de conhecimento das áreas de apoio (Engenharia, Manutenção e áreas dedicadas à produção enxuta) para orientar o andamento da implementação da produção enxuta
3	Falta de recursos humanos e/ou financeiros destinados ao processo
4	Falta de clareza na comunicação para todos os funcionários sobre o início e o progresso da implantação
5	Dificuldades de comprovar o retorno financeiro das ações realizadas
6	Falta de apoio da média gerência
7	Falta de apoio da alta direção
8	Falta de apoio, na implantação, do nível operacional
9	Insegurança dos operadores na realização de novas atribuições
10	A demissão de operadores em função do excesso de mão de obra gerado pelas melhorias implantadas
11	Os operadores não se sentirem responsáveis pelo uso das práticas <i>lean</i> e pela solução de problemas
12	Os gerentes e diretores não terem o conhecimento suficiente sobre a <i>lean</i>
13	Não sustentar as melhorias a médio e longo prazo
14	Dificuldades na gestão do processo de implantação

Fonte: Adaptado de Ditzel (2021)

Pela análise do Quadro 5, pode-se observar que a “Falta de apoio da direção” das empresas está entre os dez maiores riscos na introdução da *lean construction*, pois se faltar investimento na melhoria contínua dos processos a mudança pode ser provisória ou pontual. Neste sentido, Koskela (1992) aborda que existem barreiras emocionais e conceituais para implementação desta nova filosofia, sendo que as barreiras conceituais estão relacionadas à dificuldade de abandonar as práticas gerenciais comuns das empresas. Ainda segundo o autor, é possível afirmar que, grande parte das dificuldades de aceitação e implantação dessa filosofia vem também das diferenças entre as indústrias de manufatura e de construção civil. A última contém diversas peculiaridades que a tornam singular. O autor elenca as quatro principais peculiaridades, conforme explicação a seguir:

- Produto singular: na indústria de manufatura os produtos são padronizados, sendo sempre replicados, enquanto na indústria de construção cada produto é único, não irá existir outro igual;
- Local de produção: na indústria de manufatura os processos de transformação ocorrem em fábricas, em ambientes controlados, e os produtos que se movem; já na indústria de construção o ambiente é dinâmico e complexo e são os trabalhadores que se movem ao redor do produto;
- Multiorganização temporária: na indústria de manufatura são, normalmente, as mesmas organizações que trabalham com os mesmos produtos, enquanto na indústria de construção as organizações costumam ser alteradas para atenderem às particularidades de cada projeto;
- Regulamentação e aprovação de autoridades: na indústria de manufatura o acompanhamento das autoridades é geral, não específico para cada processo, porém, na indústria de construção, cada etapa é fiscalizada por entidades diferentes, o que pode gerar incertezas e atrasos.

Assim, Koskela (1992) conclui que, devido a essas particularidades, como os exemplos apresentados para ensinar e difundir sobre a abordagem *lean* são, geralmente, específicos para a indústria de manufatura, não é fácil de adaptar para o ponto de vista da indústria de construção.

Hirota (2001) defende que a aplicação dos conceitos de produção enxuta em processos e contextos diferentes, como é o caso da construção, deve resultar de um processo de transferência e não de réplica. O pensamento de Lillrank (1995) concorda com essas abordagens. O autor compara a adaptação da produção para a construção

enxuta, com a transferência de energia em que, quanto maiores as distâncias, maiores as perdas. Dessa forma, a fim de evitar maiores problemas, é necessário que haja adaptações, ou seja, deve ser realizado um processo de transferência e não de cópia, como defende Hirota (2001).

Hirota e Formoso (2000) e Koskela (1992) concordam que a adaptação dos conceitos de produção enxuta e a postura conservadora dos profissionais da construção civil são as maiores barreiras para a implantação da *lean construction*. Isto posto, pode-se presumir que os riscos estão, portanto, mais ligados à aceitação e ao apoio da alta direção na transição, do que a algum prejuízo concreto para as empresas.

Sendo assim, é necessário que a implantação da filosofia *lean* seja bem planejada e estudada, inclusive nas universidades de formação dos profissionais atuantes na indústria da construção, para que a transferência do conhecimento aconteça e que os novos agentes possam dar suporte nas empresas e nos mercados, trazendo os benefícios citados por Koskela (1992).

### **2.2.2 A gamificação da *lean construction***

Liu *et al.* (2020) corroboram com a ideia de que a implementação da filosofia *lean* possui a não aceitação dos atores da empresa como principal barreira.

Pütz *et al.* (2021) sugerem que a gamificação é uma ótima abordagem alternativa ao treinamento convencional, servindo para quebrar as barreiras sociotécnicas durante a aplicação da construção enxuta nas empresas. Herrera *et al.* (2019) comprovam que as aulas expositivas são eficazes no ensino dos Princípios *Lean Construction* (PLC), porém, a compreensão a respeito das suas aplicabilidades pode ser otimizada em associação com os jogos lúdicos. Os autores pontuam, também, que nem todo jogo aborda todos os PLC, sendo assim, é essencial a escolha minuciosa do jogo a ser utilizado, de acordo com o princípio pretendido.

Rybkowski, Alves e Liu (2021) pontuam que, curiosamente, a *lean construction* possui alguns elementos de gamificação e que a expansão desses elementos pode facilitar na implementação desta filosofia por meio do uso de jogos lúdicos. Miron *et al.* (2022) corroboram com esta visão ao expor que o uso de jogos que tratam da construção enxuta está sendo abordado em diversos estudos como meio de facilitar a compreensão de princípios e conceitos.

Rybkowski, Alves e Liu (2021) afirmam que os jogos sérios oferecem condições controladas de laboratório que normalmente são encontradas nas ciências físicas e biológicas. Entretanto, alguns jogos sérios se utilizam das simulações que reproduzem com qualidade os ambientes de trabalho na construção civil, transmitindo confiança no processo de ensino-aprendizagem.

Outro autor que comprova a eficiência da gamificação no ensino da construção enxuta é Romanel (2009). Segundo seus estudos, 95,5% dos participantes compreenderam os conceitos da *lean construction* após a combinação de aula expositiva com aplicação de jogo. A utilização deste método também mostrou que a participação efetiva melhorou devido à motivação gerada pelo jogo.

Bhatnagar *et al.* (2022) conduziram uma revisão a respeito do uso de jogos para ensino da filosofia *lean* no tempo e notaram que, após 2012, houve um aumento considerável. Os autores defendem que este aumento se deu tanto devido a uma maior aceitação da construção enxuta, quanto à constatação do método de gamificação como um mecanismo eficaz para ensiná-la.

Neste mesmo contexto, Sánchez *et al.* (2023) também realizaram uma revisão para identificar jogos relacionados aos princípios *lean* (PL), implementados ao longo do tempo no ensino de engenharia. Os autores levantaram, ainda, que, apesar de conterem os PL inseridos, muitos jogos não deixavam explícito com quais princípios estavam trabalhando. Esta síntese levantada pode ser observada no Quadro 6.

Quadro 6 – Jogos relacionados aos Princípios *Lean* (PL) na engenharia

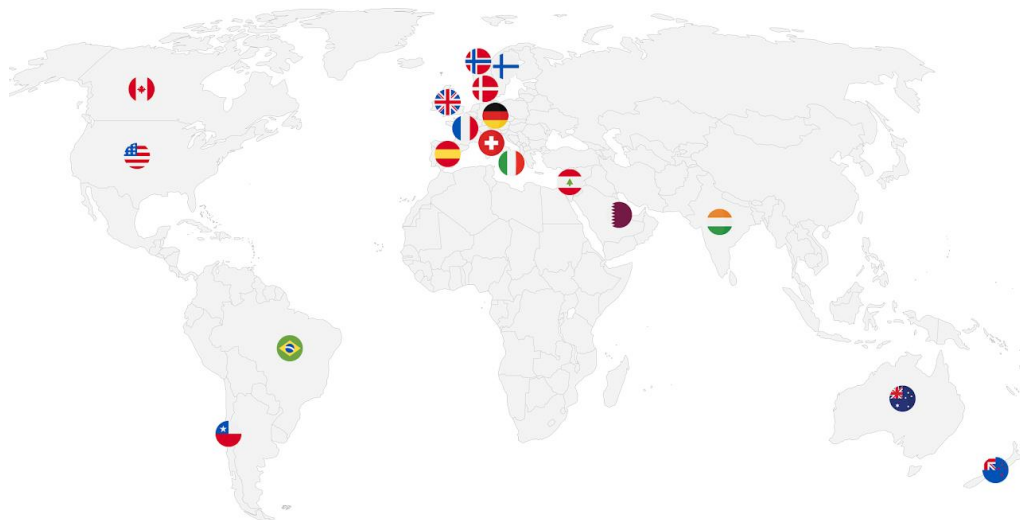
Referência	Nome do jogo	Descrição	PL explícito
Hamzeh <i>et al.</i> (2017)	<i>Lean Airplane simulation</i>	Simula uma rede de produção composta por cinco estações, semelhante a cinco empresas. O jogo ilustra os benefícios de criar fluxo em um sistema. Ele ensina aos alunos sobre trabalho em equipe, produção puxada e o impacto da logística da cadeia de suprimentos.	Não
Herrera <i>et al.</i> (2019)	<i>Silent Squares</i>	É usado para ensinar aos alunos sobre gerenciamento de design e a importância de compartilhar informações incompletas ao aplicar um processo de design integrado. Ele leva os alunos à névoa do design e mostra os desafios que os designers enfrentam ao exigir e compartilhar informações com outros designers.	Não
Biotto <i>et al.</i> (2021)	<i>Parade of Trades Game</i>	Simula um projeto de construção com vários empreiteiros interdependentes. Ele permite que os participantes desenvolvam uma melhor compreensão intuitiva da variabilidade e do rendimento em sistemas de produção.	Não
Hamzeh <i>et al.</i> (2017)	<i>Red-Green Simulation</i>	Apresenta aos alunos o mundo do gerenciamento de riscos em projetos. Ensina-os sobre a tomada de decisões e seu impacto nas partes interessadas do projeto.	Não
Hamzeh <i>et al.</i> (2017)	<i>Helium Stick fame</i>	Ensina aos alunos trabalho em equipe, cooperação e boa comunicação para atingir um propósito comum.	Não
Taillandier <i>et al.</i> (2021)	DOMEGO	Ensina projetos de construção para estudantes de Engenharia Civil que visam proporcionar aos alunos uma aprendizagem ativa e experiencial das questões-chave de um projeto de construção. No jogo, cada jogador personifica uma parte interessada de um projeto de construção e deve realizar o projeto cumprindo seus objetivos.	Não
Safiena e Goh (2022)	<i>Digital simulation game</i>	Jogo de simulação digital para educação.	Não
Din e Gibson (2019)	<i>Serious game</i>	Os jogos desenvolvidos em ambiente educacional têm finalidades adicionais além do entretenimento e da diversão.	Não

Referência	Nome do jogo	Descrição	PL explícito
Nikolic <i>et al.</i> (2015)	<i>Virtual Construction Simulator (VCS)</i>	Um jogo de gerenciamento de construção gratuito e de código aberto que envolve ensinar um processo de tomada de decisão mais holístico para planejar e gerenciar projetos de construção.	Não
Sacks e Harel (2006)	<i>Game theory</i>	Um modelo de teoria dos jogos econômicos é proposto para compreender o comportamento dos subcontratados na alocação de recursos aos projetos.	Não
González <i>et al.</i> (2015)	LEBSCO	Simula aspectos do <i>Last Planner System (LPS)</i> e dos princípios da produção enxuta. Consiste na montagem de peças de Lego® formando uma casa esquemática, e é disputado por equipes que se reúnem em rodadas simulando semanas de trabalho.	Sim
Herrera <i>et al.</i> (2019)	<i>Card Simulation game</i>	Entenda a melhoria contínua: padronização, sistema <i>pull</i> e colaboração.	Sim
Herrera <i>et al.</i> (2019)	<i>Work Sampling game</i>	Analisa atividades de valor agregado, contributivas e não contributivas.	Não
Rybkowski <i>et al.</i> (2012)	<i>Airplane game</i>	Jogo baseado em um exercício denominado “Metodologias de Produção de Zona Enxuta” criado pela <i>Visionary Products</i> montando um avião Lego®. Os indivíduos trabalham em equipes e introduzem sucessivamente os PL em seus processos de trabalho durante diferentes rodadas.	Sim
Sacks, Esquenazi, Goldin (2007)	LEAPCON	Um modelo <i>lean</i> foi proposto para o gerenciamento de construção de edifícios de apartamentos altos com projetos de apartamentos customizados.	Sim
Salazar e Revuelta (2020)	<i>Paper planes</i>	Esta simulação é baseada no processo de fabricação de aviões, para projetar e melhorar um sistema de produção.	Sim
Warcup e Reeve (2014)	Villego	Foi utilizado um jogo de simulação de projetos para ensinar aos alunos e profissionais como utilizar o LPS. Inclui a construção de uma estrutura Lego® em diferentes rodadas.	Sim

Fonte: Adaptado de Sánchez *et al.* (2023)

Conforme Rybkowski, Alves e Liu (2021), devido à pandemia de COVID-19 e à imposição do isolamento, alguns colaboradores sentiram a necessidade de realizar treinamentos *online* para novos membros a respeito de conceitos *lean*. Foi devido a isso que, conforme os autores, foi criado o grupo denominado *Administering and Playing Lean Simulations Online* (APLSO), ou, em português, “administrando e reproduzindo simulações enxutas *on-line*”. Dessa forma, os facilitadores passaram a se reunir com o intuito de fornecer rapidamente um espaço seguro, dedicado a testar simulações *on-line*, para que o ensino de práticas *lean* pudesse continuar sem prejuízos causados pela pandemia. Inicialmente as barreiras encontradas foram diversas, porém, o grupo se manteve e cresceu, mesmo após a pandemia, contando com mais de 150 integrantes ao redor de todo o mundo, conforme Figura 2.

Figura 2 – Países com membros do APLSO



Fonte: Rybkowski, Alves e Liu (2021)

### 2.3 LINHA DE BALANÇO

Conforme já mencionado, Arditi, Tokdemir e Suh (2001) destacam que a Linha de Balanço (LDB) é uma técnica de planejamento desenvolvida pela Goodyear Company nos anos 1940. A partir disso, passou a ser usada na indústria manufatureira para processos repetitivos e atualmente tem sido aplicada em empreendimentos da construção civil associada com a filosofia *lean*. Segundo Moura, Monteiro e Heineck (2014), no Brasil, esta ferramenta tem sido utilizada desde 1981, mas tornou-se comum a partir da década de 1990. De acordo com Biotto *et al.* (2017), seu uso tem sido verificado especialmente em projetos repetitivos como edifícios, túneis, estradas,

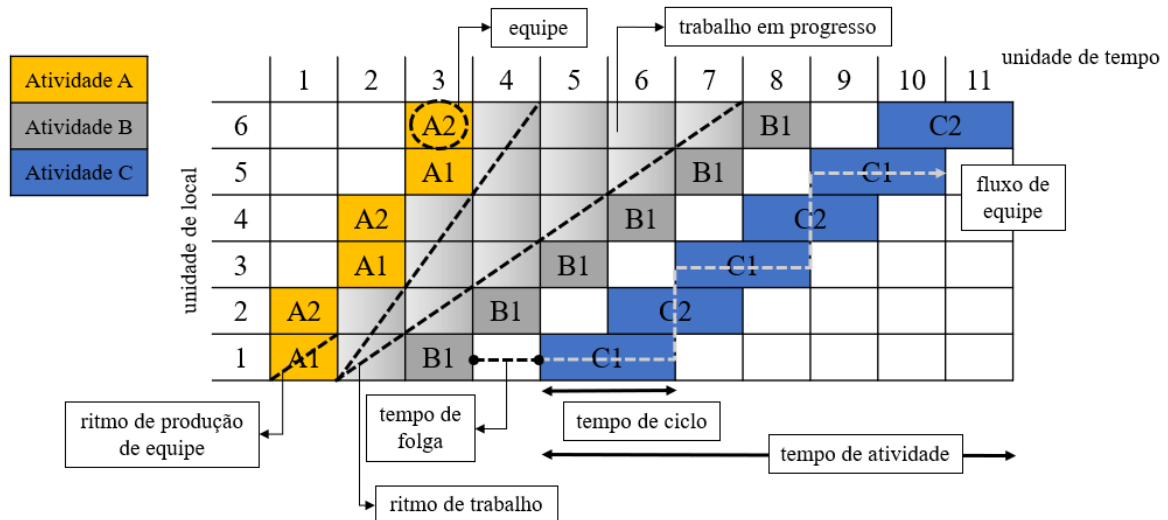
dentre outros. Ichihara (1997) concorda que esta é a técnica mais adequada à programação de projetos repetitivos da construção civil.

Segundo Mendes Júnior e Heineck (1998), a ideia principal da LDB é diminuir o desperdício do trabalho em progresso fazendo com que todas as atividades sejam realizadas em uma taxa de produção única, ou seja, em um mesmo ritmo. Dessa forma, as linhas que representam as atividades devem estar paralelas.

Biotto (2019) destaca que a LDB pode ser interpretada como um diagrama de atividades baseado em localidades que representa, no eixo vertical, a unidade ou local de trabalho e, no eixo horizontal, o tempo destinado para a execução daquela atividade. De acordo com Mendes Junior e Heineck (1997), o objetivo da técnica LDB é balancear todas as atividades, ou seja, fazer com que todas elas sejam executadas com o mesmo ritmo. Dessa forma, não haverá tempo desperdiçado entre uma atividade e outra, nem mesmo na passagem entre unidades, promovendo, como defende Biotto (2019), um fluxo ininterrupto de pessoal, resultando em um fluxo de trabalho contínuo pelos times de projeto, ou equipes de trabalho.

Ainda em Biotto (2019), a autora traz um exemplo de LDB, identificando as informações disponíveis e suas principais características. Na Figura 3 nota-se, como explicado anteriormente, a localidade no eixo vertical e a distribuição de tempo no eixo horizontal. Ademais, nesta figura, é possível visualizar a trajetória da LDB pelo sequenciamento de quadrados no plano ortogonal, conforme expõem Moura, Monteiro e Heineck (2014). Além desses, outros elementos podem ser percebidos, como o tempo de execução de uma atividade, o tempo de ciclo (tempo gasto para a execução de uma atividade em uma localidade), a produtividade (medida pela inclinação das linhas) e os *buffers* (folgas). De acordo com Moura, Monteiro e Heineck (2014), os *buffers* são os tempos entre a conclusão de duas atividades e podem ser facilmente identificados em uma LDB. Os autores ressaltam que essas folgas podem ser programadas e determinadas para cobrir um possível atraso de tempo entre atividades sucessivas.

Figura 3 – Exemplo de Linha de Balanço



Fonte: Adaptado de Biotto (2019)

A autora conclui, portanto, que a LDB traz foco no equilíbrio dos ritmos de produção e entrega e no fluxo de trabalho pelas unidades de produção, visando a sua continuidade. Para isso, é possível aumentar a produtividade pela redução da descontinuidade no trabalho (eliminação da ociosidade), tirar benefícios da repetitividade (efeito aprendizado), otimizar o emprego de recursos e encurtar a duração do projeto pela alocação racional desses. De acordo com Moura, Monteiro e Heineck (2014), a visualização da sequência de atividades na LDB permite evitar a sobreposição de atividades, antecipando, assim, problemas que seriam detectados apenas durante a execução da obra. Ainda segundo os autores, conhecendo o ritmo e a sequência de atividades, é possível estabelecer sincronia e identificar qualquer atividade atrasada (gargalo).

Pereira *et al.* (2022) realizaram uma pesquisa a respeito dos benefícios da LDB, que resumiram conforme o Quadro 7. Após buscarem pelos benefícios, os autores realizaram uma pesquisa entre profissionais da área de construção civil para entenderem qual deles seria o mais relevante. Assim, 75% dos participantes consideravam que compreender a melhor sequenciação das atividades e a continuidade das tarefas era o maior benefício gerado pelo emprego da ferramenta LDB.

Quadro 7 – Benefícios da LDB de acordo com a literatura

Referência	Benefício da Linha de Balanço
Valente et. al (2013)	Facilidade de gestão de equipes
Seppänen (2005)	Menor risco de desmobilização da equipe Planos mais realistas devido à facilidade de análise de <i>buffers</i>
Mendes Junior e Heineck (1998)	Negociação de trabalhos entre as equipes
Kankainen e Seppänen (2003)	Cronograma de fornecimentos com data o mais antecipada possível Cronograma de abastecimento com melhor visualização das datas de restrição
Moura et. al (2014)	Melhoria na sequência de tarefas
Kemmer et. al (2008)	Facilidade de simulação de cenários e análises

Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* (2022)

Nesta pesquisa, foram considerados tanto gestores, quanto engenheiros de produção e cada profissional elencou benefícios mais voltados a sua área. Dessa forma, os autores reforçam a importância de a ferramenta ser compartilhada pelas duas áreas, de forma a favorecer uma atuação integrada e complementar.

Mendes Junior e Heineck (1997) defendem que a LDB apresenta maior transparência na programação das atividades, sendo essa uma de suas principais vantagens. Dessa forma, ela é facilmente programada, e a sua visualização gráfica é muito rápida, o que pode, conforme Moura, Monteiro e Heineck (2014), resultar na melhoria da produtividade e qualidade da construção. Contudo, Moura e Heineck (2014) abordam que essa transparência pode ser prejudicada pela quantidade de linhas no gráfico, pois, em planejamento de grandes obras, as atividades podem ser muitas. Ou seja, quando estudada e utilizada corretamente, essa ferramenta é simples e visual, mostrando a sequência de construção e tornando a definição do prazo do projeto mais simplificada.

### 2.3.1 Linha de Balanço como ferramenta lean

Apesar da ferramenta LDB ter sido criada e utilizada na indústria de construção civil antes da criação da filosofia de *lean construction*, há um consenso de que esta ferramenta foi adotada pela construção enxuta. Moura, Monteiro e Heineck (2014) defendem e argumentam que a LDB possui diversas características *lean*, como a definição de uma taxa de produção, sincronia e paralelismo entre as operações.

Moura e Heineck (2014) também defendem que algumas características da construção enxuta podem ser visualizadas no desenvolvimento da LDB. Essas características estão listadas nos tópicos a seguir.

### 2.3.1.1 Visão do ciclo no tempo e no espaço

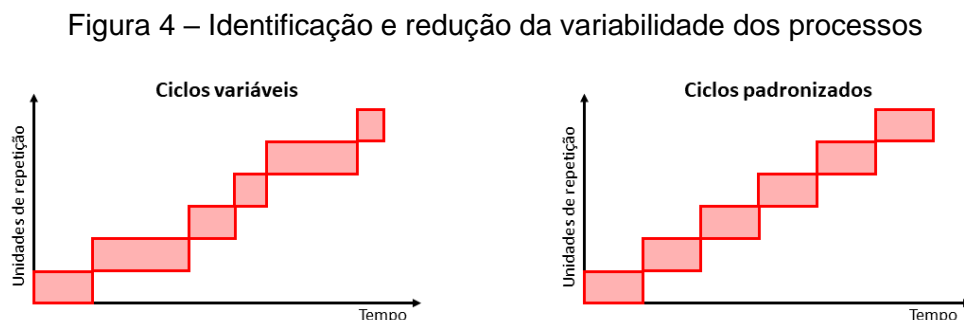
Conforme Moura e Heineck (2014), o ciclo pode ser considerado como a repetição de atividades no tempo, no espaço ou em ambos. Para a adoção de práticas *lean*, as atividades devem ser executadas em ciclos com tamanhos compatíveis que possam ser repetidos e diversos autores definem a LDB como uma ferramenta utilizada para processos repetitivos. Ainda, de acordo com Moura, Monteiro e Heineck (2014), a detecção e redução dos tempos de ciclo pode ocasionar um aumento dos ritmos de trabalho.

### 2.3.1.2 Simplificação das operações

Koskela (1992) define a simplificação das operações como um dos princípios da construção enxuta. Para Isatto *et al.* (2000), a redução do número de componentes de um produto auxilia a diminuir as atividades que não agregam valor. Esta simplificação pode ser alcançada através da “pacotização” do trabalho na LDB, que permite uma sequência flexível de montagem e execução das atividades.

### 2.3.1.3 Redução da variabilidade

Koskela (1992) também define a redução da variabilidade dos processos como um dos princípios da construção enxuta. Por ser extremamente visual, com o uso e análise da LDB é possível identificar e reduzir essa variabilidade, conforme Figura 4.

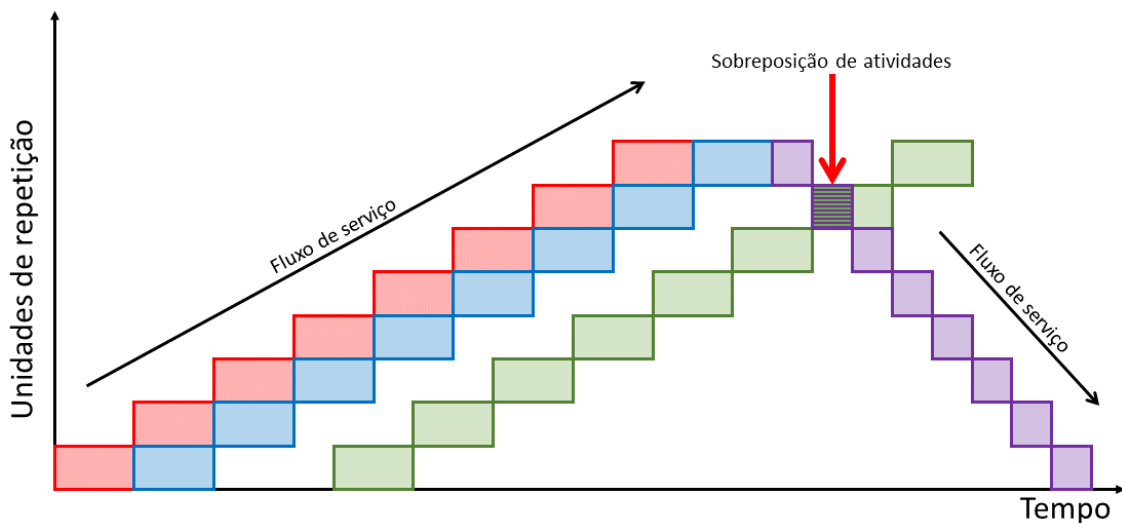


Fonte: Adaptado de Moura e Heineck (2014)

### 2.3.1.4 Visão do fluxo de execução

Conforme Moura e Heineck (2014), o fluxo pode ser definido como o movimento contínuo, caracterizado pelo ritmo de ataque às unidades de repetição. A fácil visualização dos fluxos na LDB gera transparência para os processos, facilitando a detecção de erros, além de detectar a superposição das atividades, assim como explicitado na Figura 5.

Figura 5 – Visualização do fluxo de atividades

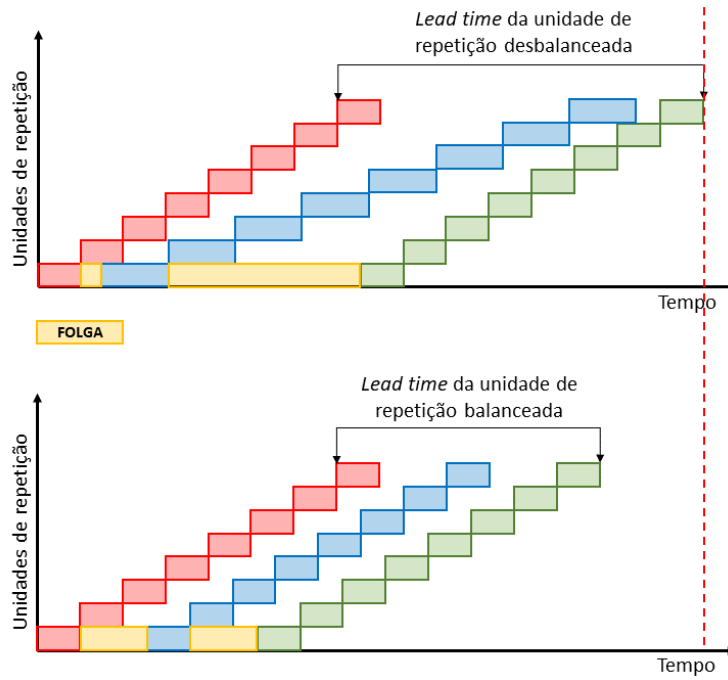


Fonte: Adaptado de Moura e Heineck (2014)

### 2.3.1.5 Redução do lead time

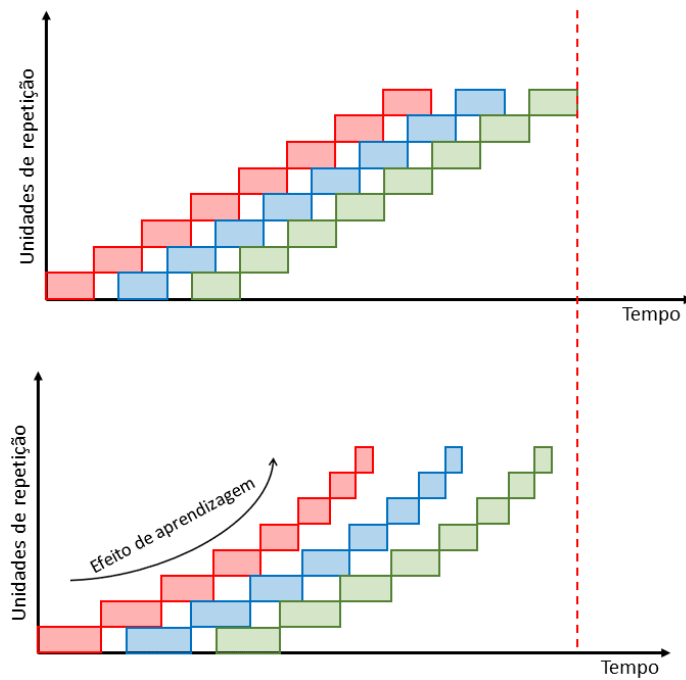
Segundo Moura e Heineck (2014), o *lead time* é o tempo de operação de cada atividade em uma unidade de repetição. Este tempo pode ser reduzido de duas maneiras na programação por LDB: pelo ajuste dos ritmos das atividades e redução dos tempos de folga (*buffers*), ou pelo efeito aprendizagem. Estas reduções podem ser vistas na Figura 6 e na Figura 7 respectivamente.

Figura 6 – Redução do lead time pelo balanceamento das atividades



Fonte: Adaptado de Moura e Heineck (2014)

Figura 7 – Redução do lead time pelo efeito de aprendizagem



Fonte: Adaptado de Moura e Heineck (2014)

### 2.3.1.6 Integração de curto, médio e longo prazo

A LDB é uma ferramenta usada para planejamento de longo prazo, mas, com ela, é possível integrar as visões de médio e curto prazo das atividades a serem realizadas (Moura e Heineck, 2014).

### 2.3.2 A gamificação da Linha de Balanço

Conforme mencionado anteriormente, a LDB é uma das ferramentas mais importantes da filosofia *lean*. Neste sentido, conforme abordam Herrera *et al.* (2019), a escolha de um jogo específico para seu ensino é essencial. Oliveira *et al.* (2020) citam artigos que apresentam jogos de primeira geração que foram desenvolvidos visando o ensino da LDB, conforme Quadro 8.

Depexe *et al.* (2006) ressaltaram que, ao observar a dinâmica dos alunos, foi possível notar que houve aprendizado da LDB. Esses autores expõem também que o jogo utilizado possibilitou aos envolvidos a percepção da importância do planejamento de obras. Isso foi possível pois a ferramenta abordada fornece diversas informações relevantes do processo produtivo. Assim, os autores comprovaram que o uso da gamificação gera maior interesse e empenho por parte dos envolvidos. Isso ocorreu devido à interatividade com o meio, à competitividade e à cooperatividade proporcionadas pelo jogo. Por fim, Depexe *et al.* (2006) reiteraram, mais uma vez, que a gamificação pode ser uma aliada à quebra das barreiras de implementação da filosofia *lean construction*.

Quadro 8 – Resumo dos jogos para ensino da Linha de Balanço

Referência	Escopo do jogo	Objetivo	Técnica
Vargas <i>et al.</i> (1998a)	Simulação de todas as etapas necessárias para a construção de banheiros sociais de um edifício de dez pavimentos	Aplicar técnicas de avaliação de produtividade e medição de perdas, e evidenciar a aplicação de técnicas modernas de gerenciamento de obras	Confecção em cartolina
Vargas <i>et al.</i> (1998b)	Simulação da construção de um conjunto de casas	Enxergar a menor variabilidade e aumento da produtividade pela comparação entre a construção sem e com o planejamento por meio da LDB	Confecção em cartolina
Santos <i>et al.</i> (2002)	Simulação da construção de um edifício de dez pavimentos	Abordar a técnica de LDB e avaliar a compatibilização de projetos, construtibilidade, estratégias de mercado, trabalho em equipe e estratégia de produção	Confecção em cartolina
Depexe <i>et al.</i> (2006)	Simulação de planejamento e construção de um conjunto de 16 casas	Possibilitar uma melhor compreensão e utilização prática dos conceitos de planejamento, em uma situação que simula a realidade	Conjuntos LEGO®
Miron <i>et al.</i> (2018)	Simulação da construção de um conjunto habitacional com seis casas	Utilizar o jogo como estratégia pedagógica para o ensino da LDB no gerenciamento de empreendimentos da construção civil	Conjuntos LEGO®
Oliveira <i>et al.</i> (2020)	Simulação da construção de um conjunto habitacional com quatro casas	Utilizar o jogo como estratégia pedagógica para o ensino da LDB no gerenciamento de empreendimentos da construção civil	Conjuntos LEGO®

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2020)

O jogo desenvolvido por Miron *et al.* (2018) foi resultado das pesquisas de um grupo que tem como objetivo desenvolver e disponibilizar jogos didáticos voltados para o gerenciamento de empreendimentos no ambiente construído. Estes jogos possuem foco sobre a aplicação de conceitos, técnicas e abordagens de construção enxuta. O “Jogo da Linha de Balanço” é o que apresenta mais informações e está divulgado gratuitamente em meio eletrônico, por meio do acesso ao site <https://www.ufrgs.br/jogolinhadebalanco/>. Nele, os autores apresentam todos os materiais necessários para aplicação do jogo e trazem as instruções para o seu desenvolvimento. Segundo os autores, o site do jogo busca dar continuidade ao desenvolvimento e divulgação desse tipo de método didático.

## 2.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

O processo de ensino-aprendizagem é extremamente complexo. A literatura possui diversas abordagens a respeito das formas de aprender e como o processo de ensino é delicado. Porém, a maior parte dessas abordagens reconhece que o aluno deve ser o centro de todo o processo, sendo o professor apenas um facilitador. Ou seja, o ensino-aprendizagem deve ocorrer de maneira ativa. Neste sentido, são diversos os autores que abordaram a necessidade de implementar novos métodos de ensino e que desenvolvam, principalmente no âmbito da graduação, as habilidades exigidas no mercado de trabalho. Neste contexto está inserido o método da gamificação.

Dentro da filosofia *lean construction* existem diversas ferramentas que auxiliam no planejamento e controle de obras e uma das mais importantes é a de LDB, ferramenta extremamente visual utilizada em empreendimentos com processos repetitivos. Apesar de ter sido desenvolvida décadas antes do conceito de *lean construction* ser cunhado, por meio de uma revisão dos conceitos *lean* e da LDB, é possível reconhecer que a ferramenta LDB possui diversas características *lean*. Ademais, a LDB também pode ser considerada como um dispositivo de planejamento que dá suporte à filosofia de construção enxuta. Assim, é possível concluir que a LDB tem sido adotada porque possui características compatíveis com a teoria *lean*.

Todos os artigos revisados para esta pesquisa convergem na ideia de que a utilização de jogos lúdicos no sistema ensino-aprendizagem das ferramentas de planejamento e gerenciamento auxilia na quebra de barreiras. Ou seja, este método

---

contribui para a sua aceitação e aplicação, já que os jogos tornam o ambiente de ensino muito mais leve e atraente.

Isto posto, é possível concluir, com base nos autores abordados no capítulo 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA, a importância do uso da ferramenta LDB para o planejamento e controle de obras e como a gamificação do seu processo de ensino pode quebrar barreiras na sua aceitação. Porém, assim como sugerem alguns autores, é importante ressaltar que para comprovar a eficiência de determinado método é essencial a aplicação de procedimentos pré-determinados e aprovados, como a utilização de testes e experimentos que comprovem a alteração do nível de consciência dos atores envolvidos na pesquisa em relação ao tema abordado, assim como sugerem Rossi, Lipsey e Freeman (2004).

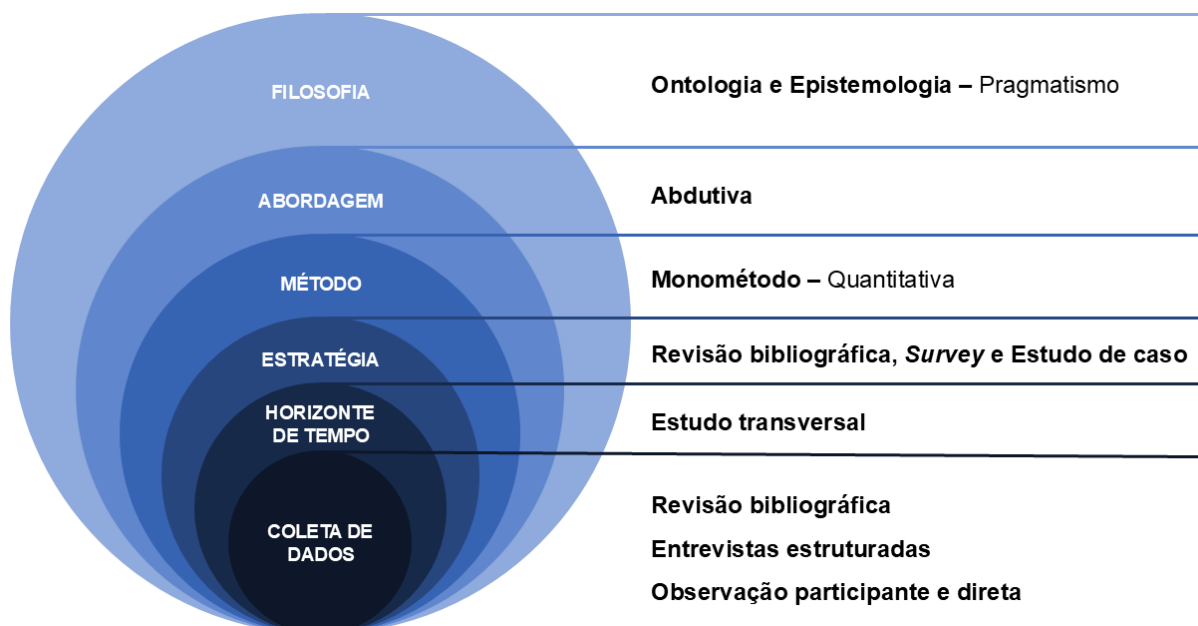
### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo irá abordar os métodos que serão utilizados nesta pesquisa. Serão apresentados os métodos para aplicação do jogo escolhido para o ensino da ferramenta de Linha de Balanço conforme Miron *et al.* (2018), bem como o método para validação dos resultados utilizado por Biotto *et al.* (2021), Rossi, Lipsey e Freeman (2004) e Carvalho (2012), além do uso de uma análise estatística.

#### 3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Saunders, Lewis, Thornhill (2012) desenvolveram a estrutura da *Research Onion* que resume os métodos de pesquisa adotados. As escolhas metódicas dessa pesquisa estão resumidas, então, na Figura 8.

Figura 8 – *Research Onion* desta pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2023) baseado em Saunders, Lewis, Thornhill (2012)

É possível afirmar que a pesquisa é pragmática quanto à natureza da realidade (ontologia), pois adota diferentes filosofias de pesquisa, e quanto à teoria do conhecimento (epistemologia), pois utiliza diferentes métodos para obter diferentes visões do objeto da análise. Também devido a esta filosofia de pesquisa, é possível

afirmar que o estudo possui uma abordagem abduativa. Ademais, o método é caracterizado como quantitativo por coletar e analisar dados de forma estruturada.

O horizonte temporal da pesquisa é transversal, pois analisa, mesmo que diversas vezes, as percepções dos alunos envolvidos na pesquisa em um único momento.

Por fim, a pesquisa possui uma revisão bibliográfica do tema abordado para embasar o estudo, a utilização de instrumentos de coleta de dados (questionários) que analisam o conhecimento e a percepção dos envolvidos, visando fornecer interpretações estatísticas das amostras e a realização de experimentos num estudo de caso. Este último pode ser justificado pelo fato da pesquisa ser uma investigação empírica, focada em analisar fenômenos sociais contemporâneos e complexos, com diversas variáveis e com pouco controle sobre os seus acontecimentos, necessitando, assim, de uma triangulação de dados. Outrossim, a revisão bibliográfica e as entrevistas estruturadas são também consideradas técnicas de coleta de dados, junto com a observação participante (com a participação da pesquisadora nas ações estudadas) e direta (observação de condições socioambientais).

Foram realizados dois experimentos, aplicados em disciplinas da graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos. O primeiro, denominado de “experimento piloto”, foi realizado em março de 2023 na disciplina de Racionalização Construtiva (RAC). A sua avaliação proporcionou uma reflexão sobre os instrumentos criados, o que levou à implementação de melhorias para o segundo experimento, denominado “segunda aplicação”. Este, foi realizado em junho de 2023 na disciplina de Planejamento e Controle de Obras (PCO).

Objetivou-se observar quais as diferenças no aprendizado entre o uso de aulas expositivas comuns e estas associadas ao uso da gamificação para ensino de conceitos da ferramenta Linha de Balanço em alunos das disciplinas. Para a avaliação dos resultados foi seguido o protocolo do Teste Gama proposto por Carvalho (2012), acrescentado do uso de um grupo de controle, conforme sugerem Rossi, Lipsey e Freeman (2004).

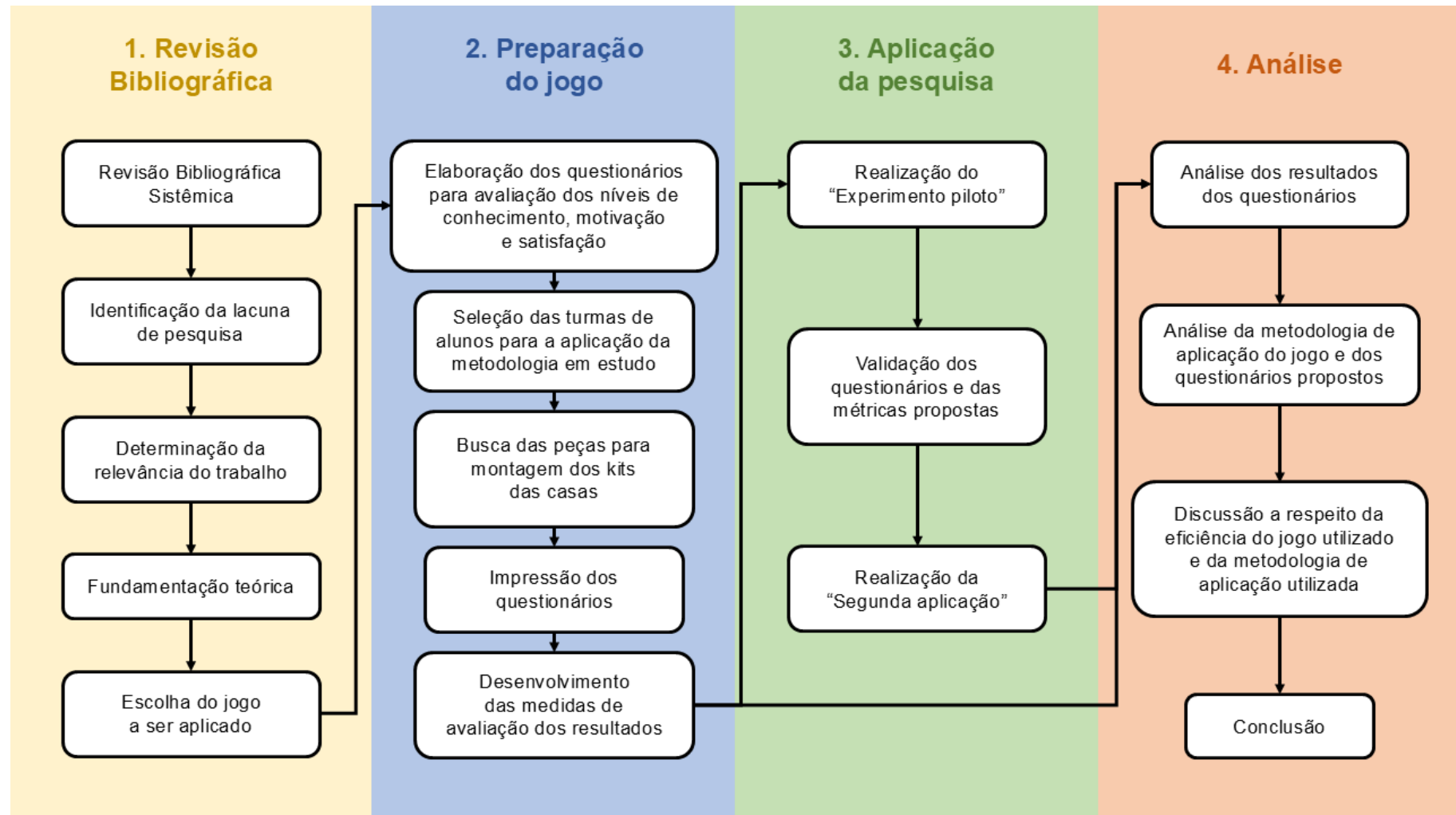
A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com Seres Humanos da UFSCar sob o CAAE número 74499023.1.0000.5504, conforme dados do ANEXO B. Para isso, foi necessária a elaboração do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), presente no APÊNDICE A.

### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para atingir os objetivos propostos, o delineamento da pesquisa foi composto pelas quatro etapas apresentadas, de forma resumida, no fluxograma da Figura 9 e descritas na sequência:

- Etapa 1 – Revisão bibliográfica: embasamento da pesquisa, justificando-a e trazendo os conceitos necessários para sua elaboração;
- Etapa 2 – Preparação do jogo: elaboração dos instrumentos de avaliação propostos por esta pesquisa, montagem dos *kits* necessários para o jogo e definição das turmas em que a pesquisa seria aplicada;
- Etapa 3 – Aplicação da pesquisa: aplicação dos testes e questionários, juntamente com a apresentação da aula expositiva e a realização do jogo;
- Etapa 4 – Análise: os dados coletados na etapa anterior foram analisados e foi possível elaborar as conclusões acerca dos experimentos realizados.

Figura 9 – Fluxograma das etapas de pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

### 3.2.1 Revisão Bibliográfica Sistemática

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) foi realizada com o intuito de identificar artigos que trabalharam as temáticas a respeito do ensino de conceitos de planejamento e gerenciamento de obras, aliados à filosofia *lean*, com o auxílio da gamificação. Esta RBS teve a intenção de apresentar a evolução de estudo do tema abordado, além de identificar quais os países que mais têm interesse por ele. O protocolo de desenvolvimento da pesquisa foi definido conforme o Quadro 9 a seguir.

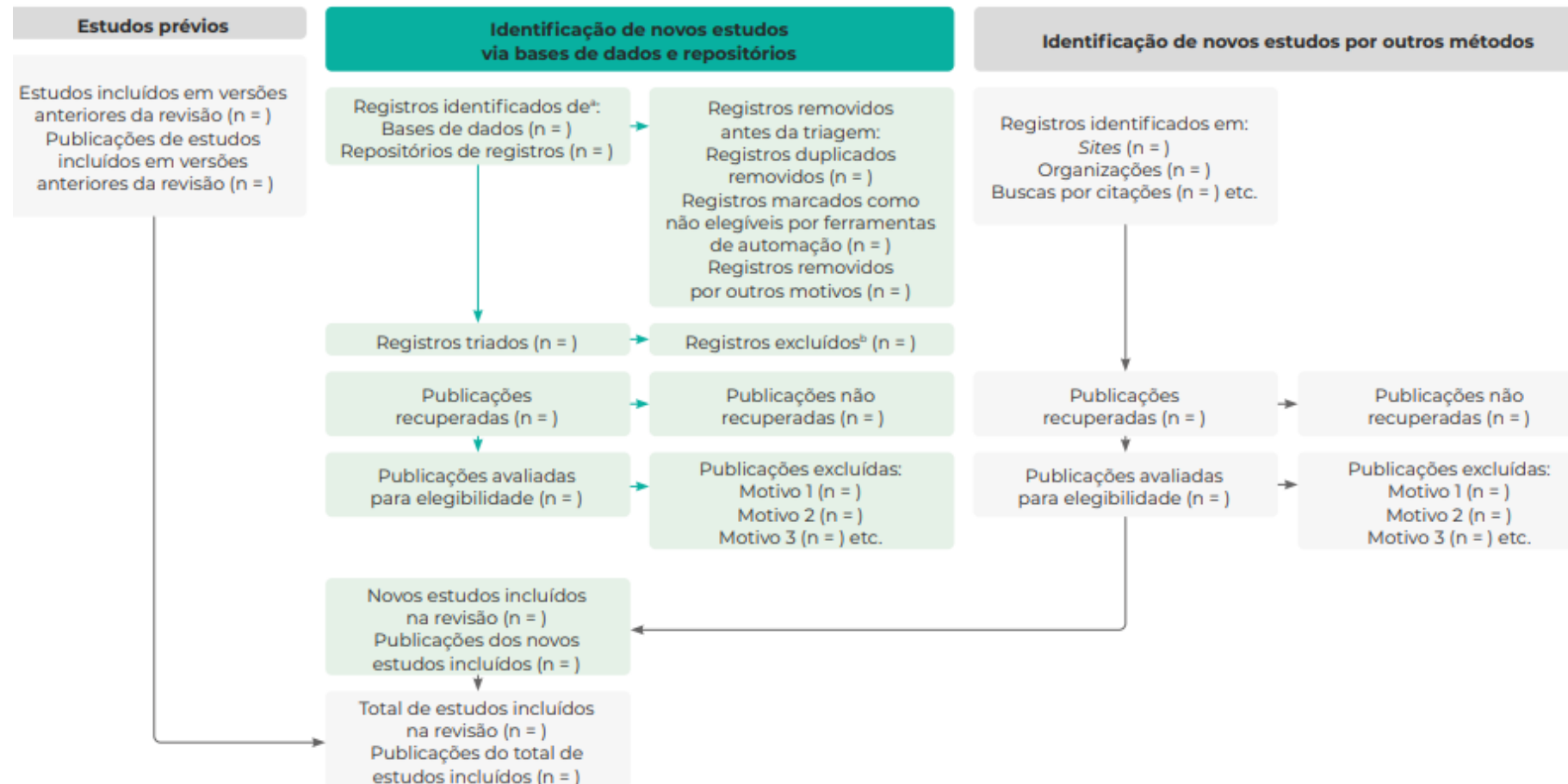
Quadro 9 – Protocolo de pesquisa da RBS

Item	Descrição
Título	O uso da gamificação para o ensino de conceitos <i>lean</i>
Objetivo	Realizar uma análise bibliométrica a respeito do ensino de conceitos <i>lean</i> na construção civil, com o auxílio da gamificação, para identificar a evolução da abordagem do tema na literatura
Contexto	Aprendizado dos princípios <i>lean construction</i>
Horizonte temporal	Sem limitação de tempo
Idiomas	Inglês e Português
Etapas de pesquisa	1. Definição das bases de dados; 2. Definição das <i>strings</i> de busca; 3. Seleção dos artigos através de filtros; 4. Análise dos dados.
Bases de dados	I. <i>Web of Science</i> II. <i>Scopus</i> III. <i>Engineering village</i>
Strings de busca	("gamification" OR "serious*game" OR "game theory" OR "game-based learning" OR "simulation games" OR "business games" OR "didatic game" OR "educational games" OR "gam*") AND (schedul* OR plan* OR management OR "project management") AND ("lean construction" OR lean OR "construction industry" OR "civil construction")
Critérios de busca	<u>Inclusão</u>
	<u>Exclusão</u>
	<p>1. Artigos que utilizem jogos no ensino de ferramentas e princípios <i>lean</i></p> <p>2. Artigos que utilizem jogos no ensino de planejamento de obras</p> <p>3. Artigos com acesso na íntegra</p>
	<p>1. Artigos que não abordam jogo e planejamento de obras</p> <p>2. Artigos que não são da área de Engenharia Civil, arquitetura ou engenharia de produção/industrial</p> <p>3. Artigos de RSL</p> <p>4. Artigos revisão de outro artigo</p> <p>5. Anais completos de eventos</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

As revisões e seleções das publicações obtidas na análise foram realizadas conforme o fluxograma PRISMA (Figura 10) sugerido por Page *et al.* (2022).

Figura 10 – Modelo de fluxograma PRISMA 2020 utilizado como base na RBS

Fonte: Page *et al.* (2022)

As *strings* de busca foram definidas por meio do objetivo desta etapa do trabalho, destacado no Quadro 9. Com o objetivo definido, foram identificados os sinônimos para os termos relacionados, a fim de garantir a captura das diferenças terminológicas na literatura. Por fim, foram realizadas as interações com os operadores booleanos (“AND” e “OR”). Ainda, foram realizados testes com as *strings* pré-definidas para seu refinamento, excluindo termos que não retornavam trabalhos. As etapas de seleção estão, também, descritas a seguir:

- Identificação: foi realizada uma pesquisa nas bases de dados da plataforma Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com aplicação de filtros nas palavras-chave, título e resumo;
- Triagem e seleção de artigos: para que seja possível a realização da análise bibliométrica para cumprir o objetivo da análise proposta, foi necessário selecionar os artigos retornados na busca nas bases de dados;
- Extração de artigos: ao final da seleção de artigos, os que se encaixaram no protocolo proposto foram extraídos e analisados.

### **3.2.2 Fundamentação teórica**

A pesquisa em si se iniciou com uma fundamentação teórica referente ao processo de ensino-aprendizagem, à gamificação, à filosofia *lean construction* e à ferramenta LDB. Tal fundamentação teve o objetivo de apresentar e discutir a respeito dos temas em estudo e auxiliar na preparação do material da aula expositiva. Esta etapa encontra-se no capítulo 2 deste trabalho.

### **3.2.3 Escolha e preparação do jogo a ser aplicado**

A escolha do jogo se deu por meio de uma aula na disciplina CIV 315 – Metodologia de pesquisa para gestão da produção na construção, ministrada pelas professoras Dra. Clarissa Notariano Biotto e Dra. Sheyla Mara Baptista Serra, que também é orientadora deste trabalho. Uma das aulas foi ministrada pela professora convidada Dra. Daniela Dietz Viana, no dia 03/05/2022, que solicitou que expuséssemos os nossos temas de pesquisa. Assim, a professora sugeriu o site desenvolvido por Miron ([201-]), por fazer parte de um dos grupos de pesquisa nele

apresentado. Este site apresenta uma gama de jogos desenvolvidos pelos grupos coordenados pela Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Inês Gomes. Dessa forma, ao analisar as opções disponíveis, a autora escolheu para esta pesquisa o jogo de 1ª geração, desenvolvido por Miron *et al.* (2018), que utiliza conjuntos LEGO® para ensino de conceitos de LDB.

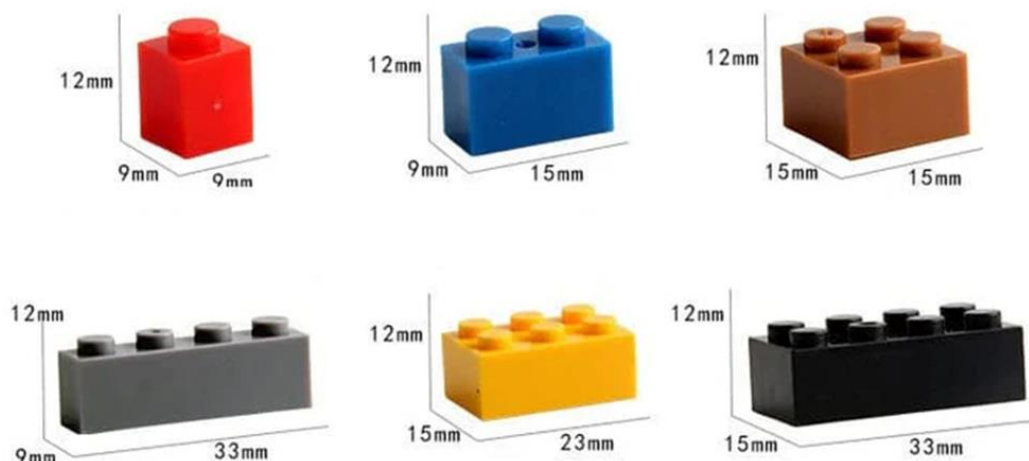
Após a escolha do jogo, foi realizada a busca ativa pelas peças necessárias para a montagem das seis casas do conjunto habitacional proposto por Miron *et al.* (2018). A autora conseguiu realizar a compra de uma caixa com 1000 peças de encaixar do tipo LEGO®, conforme Figura 11, pelo preço de R\$131,00 na data de 08/02/2023. Porém, as peças possuíam tamanhos limitados, conforme Figura 12, e foi necessário utilizar peças particulares que a autora e a orientadora já possuíam.

Figura 11 – Caixa adquirida de peças de encaixar tipo LEGO®



Fonte: <https://rb.gy/b5wd9k>

Figura 12 – Tamanhos das peças do kit



Fonte: Adaptado de <https://rb.gy/b5wd9k>

### 3.2.3.1 Materiais necessários

Foram necessários, confeccionados e/ou impressos os seguintes materiais para a realização do jogo:

- Peças do tipo LEGO® para montagem dos *kits*;
- Instrução de montagem para cada uma das seis casas;
- Testes de Conhecimento 1 e 2;
- Questionário de Motivação, Satisfação e Docente;
- Tabela para anotação dos tempos;
- Planilha eletrônica para a montagem da LDB.

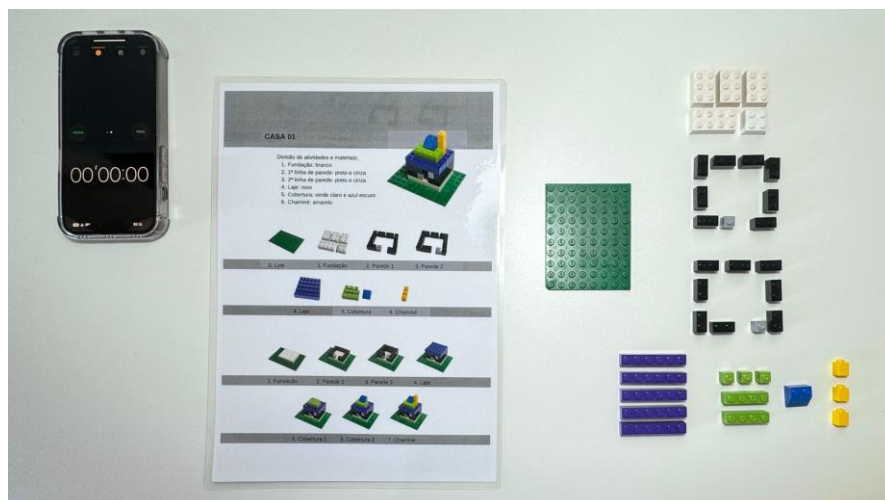
Como recursos adicionais foram utilizados:

- Celulares dos estudantes para a medição dos tempos de montagem;
- Celular para filmagem e acompanhamento da montagem de uma das LP;
- Computador dos estudantes envolvidos para a montagem da LDB;
- Projetor multimídia para visualização da montagem da LDB.

Para cada uma das seis casas foi adaptada a instrução de montagem com as peças dos *kits*, análoga ao desenvolvido por Miron *et al.* (2018). O exemplo dessas instruções está no APÊNDICE H, enquanto as demais podem ser acessadas no [link https://drive.google.com/drive/folders/1sg2pg1P\\_NibgeQVR6BLhpShmvo2N6vqi?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1sg2pg1P_NibgeQVR6BLhpShmvo2N6vqi?usp=sharing).

A Figura 13 mostra a disposição das instruções e dos materiais em uma das bancadas antes do início do jogo.

Figura 13 – Disposição dos materiais antes do início do jogo (segunda aplicação)



Fonte: A autora (2023)

A elaboração dos testes de conhecimento e dos questionários de Motivação, Satisfação e Docente serão abordadas nos tópicos seguintes. A tabela de anotação dos tempos foi elaborada conforme proposto por Miron *et al.* (2018). Por fim, o uso de planilha eletrônica para a montagem da LDB foi devido a uma sugestão da professora da disciplina de aplicação do experimento piloto, o que será abordado no tópico 5.2.4.

Para a medição dos tempos, foi utilizado o cronômetro dos próprios celulares dos participantes responsáveis por fazerem esse controle, com o objetivo de registrar o período de execução de cada atividade. O registro de cada tempo cronometrado foi realizado na tabela de anotação dos tempos de montagem produzida por esta pesquisa (APÊNDICE I).

Em uma das linhas de produção do segundo experimento foi utilizado um celular para realizar a filmagem do momento do jogo, a fim de verificar a exatidão da anotação dos tempos e dirimir eventuais dúvidas.

Outro recurso utilizado nesta mesma amostra foi o de um projetor conectado ao computador para espelhar a imagem numa tela, para que todos os alunos pudessem acompanhar o desenho da LDB. Esses recursos adicionais foram pensados somente para a segunda aplicação, assim, não foram utilizados no experimento piloto.

### **3.2.4 Definição do procedimento de avaliação da gamificação**

Para a avaliação dos resultados da gamificação, foi escolhido o protocolo de Carvalho (2012) e seu Teste Gama, utilizado para avaliar se um jogo existente, como no caso, pode ser aplicado, de forma eficiente, para fins de aprendizagem. Para isso, foi necessária a avaliação do nível de conhecimento dos alunos sobre o tema abordado no jogo antes e depois da aplicação. Estes testes foram denominados “Teste de Conhecimento 1” (TC1 – antes da aplicação) e “Teste de Conhecimento 2” (TC2 – depois da aplicação).

Além dos testes de conhecimento, Carvalho (2012) propõe em seu protocolo que sejam aplicados outros dois questionários aos estudantes. Primeiro, antes da aplicação do jogo, um Questionário de Motivação (QM), com o intuito de aferir se o jogo está inserido no dia a dia dos participantes, qual o tipo de jogo que costumam jogar e qual o nível das habilidades necessárias ao jogo cada um deles possui. Ao final, juntamente com o TC2, o protocolo sugere a aplicação do Questionário de

Satisfação (QS), que tem o objetivo de medir a percepção dos participantes a respeito do jogo e das estratégias utilizadas.

O autor sugere, ainda, que seja aplicado um Questionário com o Docente (QD) da disciplina em que o jogo está sendo utilizado, com o intuito de aferir se o professor responsável achou essa experiência útil e vantajosa para os alunos.

Dessa forma, foram elaborados e impressos os seguintes instrumentos para avaliação do processo de ensino-aprendizagem: Testes de Conhecimento 1 e 2; Questionários de Motivação e de Satisfação; Questionário Docente.

### **3.2.5 Elaboração dos questionários**

Os questionários a serem utilizados para validação dos resultados foram elaborados para seguir o protocolo do Teste Gama de Carvalho (2012). Como mencionado, segundo este protocolo, devem ser aplicados dois testes de conhecimento diferentes para evitar respostas automáticas.

Para elaborar os testes de verificação do conhecimento, primeiramente foi determinado que o formato seria impresso, considerando que o jogo seria presencial, e como forma de facilitar o acesso ao mesmo tempo para todos os estudantes das disciplinas e evitar dificuldades, como a falta de rede de internet para navegação.

A quantidade de questões foi determinada a partir de uma lista de questões preliminares, montada após investigação em questões de concursos, elaboração própria e revisão da pesquisadora e sua orientadora. Foram elaboradas 24 questões, sendo essas divididas em dois grupos, com níveis de dificuldade semelhantes, dando origem à versão inicial do TC1 e do TC2. As questões foram elaboradas considerando as opções de múltipla escolha, verdadeiro ou falso e preenchimento de resposta curta. Foi estabelecido que não haveria consulta a material didático durante a avaliação.

O Questionário de Motivação (QM) foi elaborado com base no questionário proposto por Rebelo (2009), utilizando a escala *Likert*, avaliando as proposições de (1), “nem um pouco provável”, a (5), “extremamente provável”, além de começar com duas perguntas a fim de caracterizar o tipo de jogador. Já o Questionário de Satisfação (QS) foi adaptado de Romanel (2009).

Por fim, foi elaborado o Questionário Docente (QD) com base no proposto por Carvalho (2012).

Todos os questionários se encontram entre o APÊNDICE B e o APÊNDICE F.

### 3.2.6 Seleção das disciplinas para aplicação do método em estudo

Foram selecionadas as disciplinas de Racionalização Construtiva e de Planejamento e Controle de Obras ministradas no curso de graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) para a aplicação da pesquisa. A seleção ocorreu devido à universidade estar aberta a receber a pesquisa e ao fato de que as disciplinas continham, em sua ementa, conteúdos relacionados ao tema estudado. Ambas as disciplinas são obrigatórias e estão inseridas na matriz curricular conforme características do Quadro 10.

Quadro 10 – Comparação das disciplinas selecionadas para participar do estudo

Disciplina	Racionalização Construtiva (RAC)	Planejamento e Controle de Obras (PCO)
Semestre	Oitavo período	Quinto período
Carga horária	30 horas	60 horas
Ementa	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Visão geral e econômica do setor da Construção Civil.</li> <li>✓ Fundamentos da racionalização construtiva.</li> <li>✓ Industrialização na Construção Civil.</li> <li>✓ <b>Construção enxuta.</b></li> <li>✓ Inovação tecnológica na Construção Civil.</li> <li>✓ Evolução dos sistemas de gestão da qualidade na construção.</li> <li>✓ O Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H).</li> <li>✓ Sistemas integrados de gestão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fundamentos do planejamento de projetos.</li> <li>✓ Estrutura Analítica de Projetos.</li> <li>✓ Técnicas básicas de planejamento (Gantt, CPM, PERT).</li> <li>✓ <b>Método da Linha de Balanço (LDB).</b></li> <li>✓ Alocação e nivelamento de recursos.</li> <li>✓ Elaboração de cronogramas e histogramas.</li> <li>✓ Característica e tipos dos sistemas de controle de obra.</li> <li>✓ Padrões de referência e variáveis de controle.</li> <li>✓ Avaliação do desempenho.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

As disciplinas possuem cargas horárias diferentes e estão inseridas em semestres não sequenciais, conforme Figura 14. Ambas foram ofertadas na modalidade presencial. O experimento piloto foi realizado em março de 2023, enquanto a segunda aplicação ocorreu em junho do mesmo ano. Ressalta-se que nenhum aluno participou dos dois experimentos.

Figura 14 – Grade curricular da UFSCar

	1º Período		2º Período		3º Período		4º Período		5º Período		6º Período		7º Período		8º Período		9º Período		10º Período	
Disciplina	Introdução à Engenharia Civil		Materiais e tecnologia das construções 1		Materiais e tecnologia das construções 2		Materiais e tecnologia das construções 3		Análise estrutural 1		Análise estrutural 2		Estruturas de aço 1		Estruturas de aço 2		Manejo de resíduos sólidos			
Núcleo Carga horária	P	30	P	60	P	60	P	60	P	60	P	60	E	60	E	60	E	30		
Disciplina	Programação e algoritmos 1		Química tecnológica geral		Geologia de engenharia		Topografia		Mecânica dos solos 1		Mecânica dos solos 2		Fundações		Obras de terra		Gerenciamento de obras			
Núcleo Carga horária	B	60	B	90	P	60	P	60	P	60	P	60	E	60	E	60	E	60		
Disciplina	Engenharia Civil e meio ambiente		Probabilidade e estatística		Introdução aos sistemas de transportes		Hidráulica dos condutos forçados		Hidráulica dos condutos livres		Hidrologia		Sistemas de abastecimento de água		Sistemas de esgotamento sanitário		Manejo de águas pluviais			
Núcleo Carga horária	B	30	B	60	P	60	P	60	P	60	P	60	E	60	E	60	E	30		
Disciplina	Desenho aplicado à Engenharia Civil		Estática		Fenômenos de transporte 4		Mecânica dos sólidos para Engenharia Civil 2		Planejamento e controle de obras		Administração na construção civil		Orçamento na construção civil		Racionalização construtiva		Infraestrutura ferroviária			
Núcleo Carga horária	B	60	B	60	B	60	B	60	P	60	P	60	E	30	E	30	E	30		
Disciplina	Metodologia científica e produção de texto técnico		Física 1		Mecânica dos sólidos para Engenharia Civil 1		Física experimental B		Análise de investimentos		Estruturas de concreto 1		Estruturas de concreto 2		Estruturas de concreto pré-moldado 1		Gerência de pavimentos			
Núcleo Carga horária	B	30	B	60	B	60	B	60	B	30	E	60	E	60	E	30	E	30		
Disciplina	Geometria analítica		Cálculo 2		Física 2		Física 3		Cálculo numérico		Sistemas prediais de eletricidade		Sistemas prediais hidráulicos e sanitários		Sistemas de prevenção e combate ao incêndio		Optativa			
Núcleo Carga horária	B	60	B	60	B	30	B	60	B	60	E	30	E	60	E	30	O	30		
Disciplina	Cálculo 1				Cálculo 3		Urbanismo e infraestrutura urbana		Projeto geométrico de rodovias		Pavimentação		Planejamento de transporte		Engenharia de tráfego		Optativa		Optativa	
Núcleo Carga horária	B	60			B	60	E	60	E	60	E	60	E	60	E	60	O	30	O	30
Disciplina									Projeto de edificações		Modelagem da informação da construção		Optativa		Optativa		Optativa		Optativa	
Núcleo Carga horária									E	60	E	60	O	30	O	30	O	30	O	30
Disciplina													Optativa		TCC 1		TCC 2		Estágio supervisionado	
Núcleo Carga horária													O	30	CF	60	CF	60	CF	160
Total por período (cred/horas)	22	330	26	390	26	390	28	420	30	450	30	450	30	450	28	420	22	330	14,7	220

Código	Núcleo	Sigla
	Formação básica	B
	Formação profissionalizante	P
	Núcleo de formação específica	E
	Núcleo de consolidação da formação	CF
	Núcleo de aprofundamento	O

Fonte: Adaptado de <https://www.deciv.ufscar.br/grade-2019/>

Como as aplicações foram realizadas em dois semestres seguidos e as disciplinas não são sequenciais, não houve a possibilidade dos mesmos alunos fazerem parte das duas aplicações. Ademais, o fato da pesquisa ter sido aplicada primeiramente na disciplina do oitavo período (RAC) que tem como requisito a disciplina do quinto período (PCO), também excluía essa possibilidade.

### **3.2.7 Desenvolvimento das medidas de avaliação dos resultados**

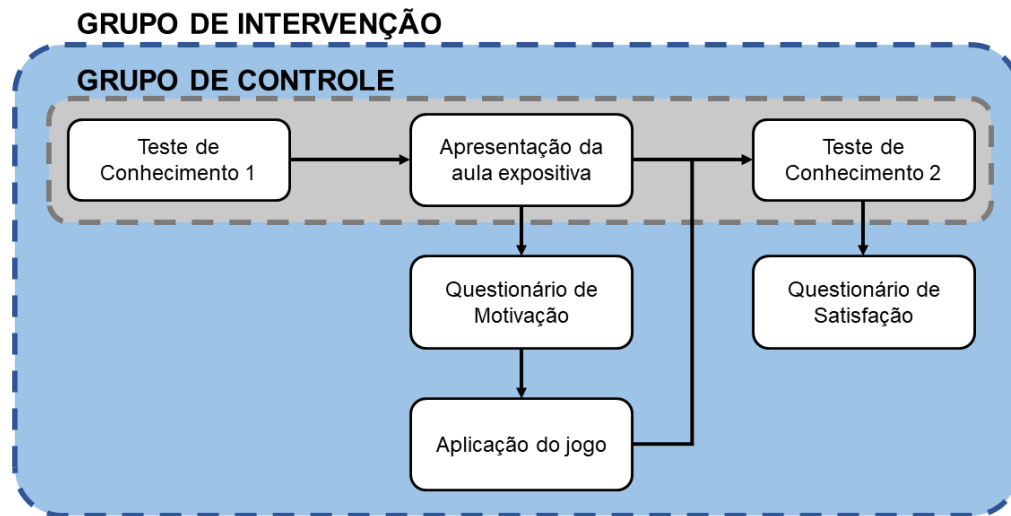
As medidas para avaliação dos resultados quantitativos foram desenvolvidas com base na nota que o estudante obteve após a realização dos Testes de Conhecimento 1 e 2 (TC1 e TC2). Há apenas uma resposta correta para cada pergunta a respeito dos conceitos da LDB. Assim, foram calculadas as porcentagens de respostas corretas antes e depois do jogo, além da porcentagem de atores que não sabiam determinada questão. Ou seja, foi solicitado aos estudantes que não assinalassem nenhuma resposta quando não soubessem a resposta correta.

Ademais, a aplicação dos testes de conhecimento antes e depois de aula expositiva tradicional serviu como estratégia de avaliação da eficácia da gamificação para um grupo de alunos denominados de grupo de controle.

### **3.2.8 Aplicação da pesquisa**

Assim, como abordado anteriormente, a etapa de aplicação da pesquisa consistiu na execução do protocolo proposto por Carvalho (2012), aliado à apresentação de uma aula expositiva e à existência de um grupo de controle. Dessa forma, conforme sugerem Rossi, Lipsey e Freeman (2004), foi proposta uma pesquisa “padrão ouro”. Ou seja, a existência de um grupo de controle, que passou apenas pelo método tradicional, e de um grupo de intervenção, que passou por todo o processo proposto por esta pesquisa, para um melhor entendimento da eficácia da gamificação, associada aos métodos tradicionais de ensino. O fluxograma resumo desta divisão está descrito na Figura 15.

Figura 15 – Fluxograma de aplicação do jogo de acordo com o grupo



Fonte: A autora (2024)

### 3.2.8.1 Estratégias de aplicação do jogo

Considerando a utilização de dois grupos diferentes de avaliação, o fluxo de desenvolvimento das atividades de gamificação foi diferente para os grupos de controle, que realizaram o TC2 depois da aula expositiva e para os grupos de intervenção, que realizaram o TC2 somente após o jogo. A pesquisadora considerou que seria importante que todos os alunos participassem da gamificação para promover uma maior retenção do conhecimento sobre a ferramenta LDB e sua implementação na construção civil. Assim, o jogo também foi aplicado para os grupos de controle após a realização do TC2, ou seja, após a coleta de dados desse grupo já ter sido finalizada para a pesquisa. Esta decisão foi tomada apenas como forma de proporcionar a todos os envolvidos participarem da experiência gamificada, da mesma forma que os grupos de controle em pesquisas com vacinas recebem doses ao final do experimento científico.

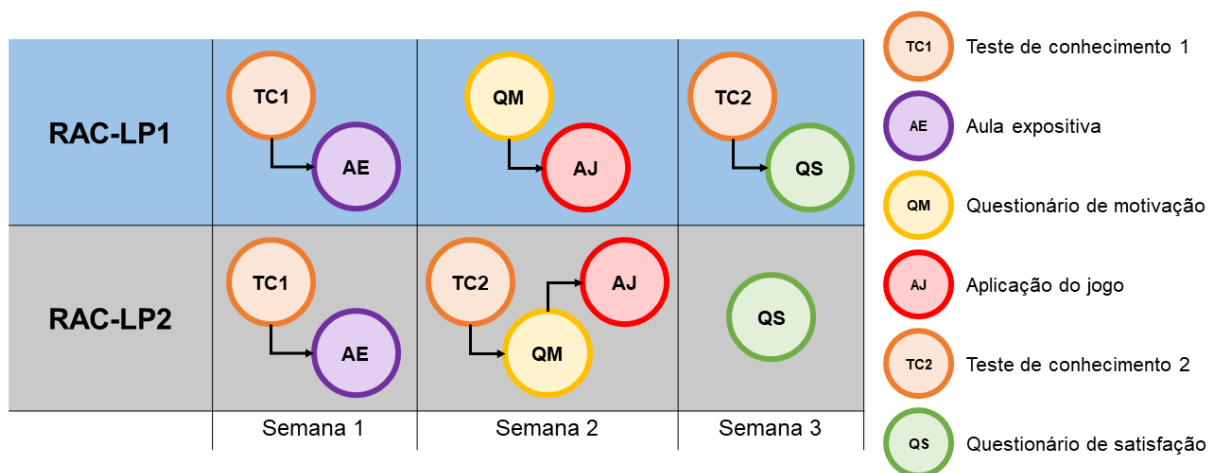
Nas duas aplicações, as amostras foram divididas, de forma aleatória, conforme sugerem Rossi, Lipsey e Freeman (2004). As amostras receberam o nome de “linha de produção” (LP) pelo fato da montagem das casas propostas no jogo de Miron *et al.* (2018) possuir tarefas repetitivas. Sendo assim, foram nomeadas conforme o Quadro 11. É importante ressaltar que os grupos de controle foram sempre as últimas LP em cada aplicação da gamificação. O fluxo de desenvolvimento das atividades de gamificação para o experimento piloto está explícito na Figura 16, enquanto o da segunda aplicação está demonstrado na Figura 17.

Quadro 11 – Nome das amostras conforme disciplina e tipo

Disciplina	Denominação	Nome da amostra	Tipo de amostra
<u>RAC</u>	Experimento piloto	RAC-LP1	intervenção
		RAC-LP2	controle
<u>PCO</u>	Segunda aplicação	PCO-LP1	intervenção
		PCO-LP2	intervenção
		PCO-LP3	controle

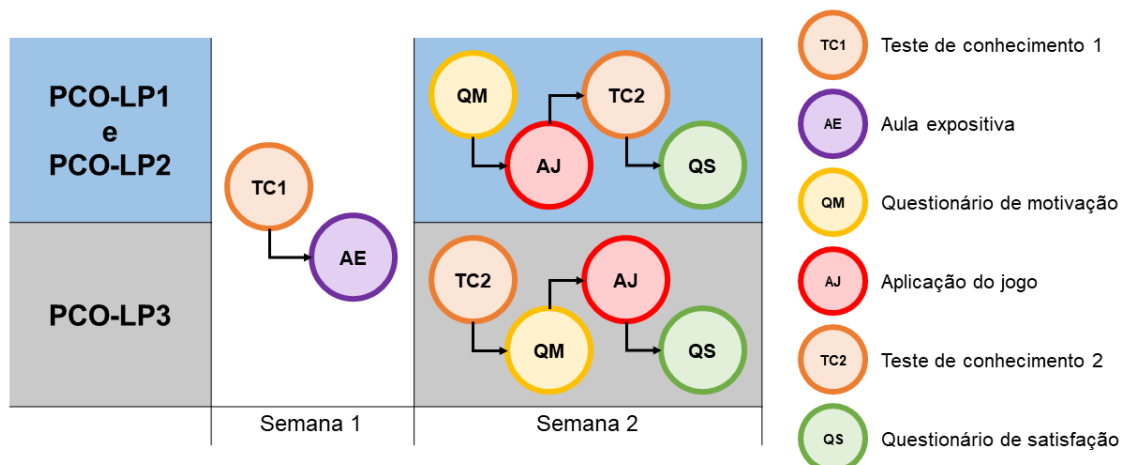
Fonte: A autora (2024)

Figura 16 – Fluxograma resumo da aplicação (experimento piloto)



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Figura 17 – Fluxograma resumo da aplicação (segunda aplicação)



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Devido ao diagnóstico realizado após o experimento piloto (Figura 16), foram propostas alterações na aplicação do segundo experimento (Figura 17). Todos os

problemas identificados na execução do experimento piloto foram corrigidos para a segunda aplicação e estão descritos no tópico 4.1 deste trabalho.

### 3.2.8.2 Aplicação do Teste de Conhecimento 1

A aplicação do Teste de Conhecimento 1 (TC1) antes da aula expositiva visou a caracterização do nível de consciência dos alunos a respeito dos conceitos da ferramenta LDB. É importante ressaltar que, para que houvesse maior confiabilidade nos resultados dos testes, foi solicitado que os alunos participantes da pesquisa marcassem apenas as questões que realmente soubessem e deixassem as demais em branco. Essa primeira aplicação durou cerca de 10 minutos, em todas as amostras, devido ao fato de que a maior parte dos alunos envolvidos na pesquisa estavam tendo contato com a ferramenta em estudo pela primeira vez. Assim, eles não possuíam o conhecimento necessário para responder as questões, deixando, então, a maior parte delas em branco, como orientado. Esta aplicação está demonstrada na Figura 18, com a distribuição do TC1, e na Figura 19, com parte dos alunos respondendo ao teste.

Figura 18 – Distribuição do TC1  
(experimento piloto)



Fonte: A autora (2023)

Figura 19 – Alunos respondendo ao TC1  
(segunda aplicação)



Fonte: A autora (2023)

### 3.2.8.3 Apresentação da aula expositiva

Após a aplicação do TC1, foi realizada a apresentação da ferramenta LDB por meio de uma aula expositiva. No experimento piloto (Figura 20) esta aula foi dada separadamente para as duas amostras, devido ao fato de que a disciplina era separada em turmas com horários diferentes. Essa divisão das matrículas serviu para

distribuir os alunos entre as amostras diferentes (intervenção e controle). Já na segunda aplicação (Figura 21), a apresentação foi feita para toda a turma e a divisão de amostras só ocorreu na semana seguinte, anteriormente à aplicação do jogo. A divisão foi aleatória, conforme Rossi, Lipsey e Freeman (2004) sugerem, procurando equilibrar a quantidade de alunos que haviam participado da aula expositiva e de TC1 entre cada LP.

A duração da aula expositiva foi de cerca de 60 minutos nas três situações. A apresentação da aula foi realizada por meio da ferramenta PowerPoint e possuía 110 slides (adaptados para impressão, conforme apresentado no APÊNDICE G).

Figura 20 – Apresentação da aula expositiva (experimento piloto)



Fonte: A autora (2023)

Figura 21 – Apresentação da aula expositiva (segunda aplicação)



Fonte: A autora (2023)

A aula expositiva trouxe diversos conceitos necessários para o entendimento da LDB, além de apresentar exemplos de aplicação da ferramenta em estudo. Deste modo, os assuntos desta aula foram organizados conforme o plano do Quadro 12.

Quadro 12 – Organização do plano de aula

<b>Tópico</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Nº slides</b>
Definição	Entender que a Linha de Balanço é uma ferramenta de planejamento baseado em localidades	2
Evolução	Conhecer a evolução da ferramenta, desde a sua criação	1
Identificação	Identificar uma LDB e quais os elementos que a compõem	5
Montagem	Aprender os passos de montagem da ferramenta	46
Comparação com <i>Gantt</i> e vantagens	Diferenciar a Linha de Balanço de Gráfico de <i>Gantt</i> e entender as suas vantagens em relação a ele	32
Aplicações	Conhecer as aplicações da LDB	21
Capa + Referências	-	3
<b>Total</b>		<b>110</b>

Fonte: A autora (2024)

As informações apresentadas foram sintetizadas, principalmente, das aulas de Biotto (2020) e Serra (2013), e de algumas referências específicas de LDB já mencionadas.

Ao final da primeira aula no experimento piloto, alguns estudantes perceberam que o somatório do número de trabalhadores apresentado no histograma de mão-de-obra derivado da LDB estava errado. Eles apontaram o erro para a pesquisadora e ela corrigiu a informação para as próximas turmas.

#### 3.2.8.4 Aplicação do Questionário de Motivação

A aplicação do Questionário de Motivação (QM) foi realizada pré-jogo, ou seja, quando as salas já estavam organizadas para a sua aplicação. Devido a isso, na sala com mais amostras (PCO-LP1 e PCO-LP2), o ambiente não estava adequado para a aplicação de um teste, fazendo com que alguns alunos tivessem que respondê-lo em cima de cadernos e sobre as pernas, como é possível perceber por meio da Figura 22. Dessa forma, seria interessante que, em uma próxima aplicação desse jogo e das estratégias propostas, o QM fosse aplicado na semana 1, junto com o TC1, pois a sua aplicação não influencia nos resultados de conhecimento e não está diretamente ligado às ações do jogo.

Na amostra PCO-LP3, por ser um grupo de controle, a aplicação do QM ocorreu simultaneamente à aplicação do TC2. Neste caso, assim como na aplicação do experimento piloto, a sala possuía apenas uma linha de produção e, assim, havia

espaço para que os alunos se sentassem nas demais pranchetas, como representado na Figura 23. Em geral, a aplicação do QM durou cerca de 5 min.

Figura 22 – Aplicação do QM (PCO-LP1 e PCO-LP2)



Fonte: A autora (2023)

Figura 23 – Aplicação do QM (PCO-LP3)



Fonte: A autora (2023)

### 3.2.8.5 Realização do jogo

No experimento piloto, devido à divisão de turmas, cada turma possuía apenas 100 minutos de aula, sendo, este tempo, insuficiente para a aplicação mais correta da atividade. Já na segunda aplicação, o processo ocorreu de forma mais adequada, já que todo o período de 240 minutos estava disponível para a realização da atividade. Antes das aplicações, a autora apresentou as regras do jogo para os participantes, conforme procedimento descrito com mais detalhes no ANEXO A. Após, os estudantes se posicionaram em seus lugares para darem início ao jogo. Ambos os processos estão compreendidos nas minutagens descritas.

#### 3.2.8.5.1 Preparação do ambiente

Houve a necessidade do uso de mesas para apoiar as peças que simulavam os “terrenos” e os *kits* de peças LEGO® de cada uma das seis unidades base (casas), conforme proposta de Miron *et al.* (2018). Sendo assim, para a aplicação do jogo, foram escolhidas salas que possuem pranchetas adequadas para apoiar os materiais (Figura 24), sendo que cada uma delas tem espaço suficiente para três casas.

Figura 24 – Sala do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar



Fonte: A autora (2023)

No experimento piloto, como as turmas possuíam diferentes horários de aula, foi utilizada apenas uma sala para a montagem das casas. Ou seja, RAC-LP1 (intervenção) e RAC-LP2 (controle) utilizaram a mesma sala, mas em horários diferentes. Já na segunda aplicação, como era apenas uma turma, foi necessária a divisão em duas salas para separar as montagens de linhas de produção de intervenção e de controle. Ou seja, PCO-LP1 e PCO-LP2 (grupos de intervenção) ficaram em uma sala, enquanto PCO-LP3 (grupo de controle) ficou em outra. Assim, as três LPs realizaram as atividades simultaneamente.

No experimento piloto a sala não foi organizada para a aplicação do jogo (Figura 25) e, ao realizar uma análise posterior, ficou claro que, o *layout* utilizado para as pranchetas que apoiavam os terrenos, ficou apertado e apresentou problemas para a compreensão do jogo. Sendo assim, na segunda aplicação, as pranchetas foram realinhadas de forma a melhorar o espaço para deixar a montagem das casas em sequência de produção numa mesma mesa. As organizações das duas salas para a segunda aplicação estão representadas na Figura 26 e na Figura 27.

Nas duas aplicações os materiais necessários foram previamente preparados e os seis terrenos foram distribuídos lado a lado nas mesas para simular os lotes de trabalho em cada linha de produção.

Figura 25 – Aplicação do jogo no experimento piloto (RAC-LP1 e RAC-LP2)



Fonte: A autora (2023)

Figura 26 – Sala 1 para aplicação do jogo (PCO-LP1 e PCO-LP2)



Fonte: A autora (2023)

Figura 27 – Sala 2 para aplicação do jogo (PCO-LP3)



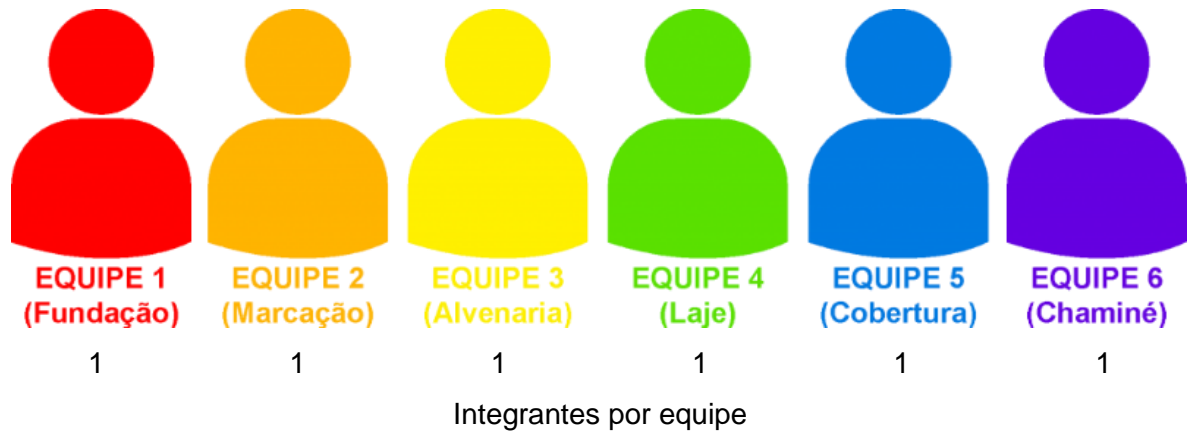
Fonte: A autora (2023)

### 3.2.8.5.2 Preparação das equipes dos estudantes

No experimento piloto, como mencionado, as turmas estavam divididas e a separação das amostras foi automática, sendo que a turma A foi nomeada como RAC-LP1 (intervenção) e a turma B como RAC-LP2 (controle). Já na segunda aplicação, as amostras foram divididas de forma aleatória, conforme sugerem Rossi, Lipsey e Freeman (2004), logo no início das atividades da semana 2. Foram nomeadas de PCO-LP1, PCO-LP2 (amostras de intervenção) e PCO-LP3 (controle). Nessa segunda semana, além dos que participaram da aula expositiva, chegaram outros estudantes que também participaram do jogo de forma a completar as equipes, mas que, devido ao fato de terem perdido a aplicação dos primeiros instrumentos necessários à avaliação, não puderam ser considerados na análise final.

Como indicado por Miron *et al.* (2018), cada etapa construtiva de montagem da casa ficou sob responsabilidade de um integrante, sendo cada um representante de uma equipe especializada – Fundação, Marcação da Alvenaria, Parede, Laje, Cobertura e Chaminé (Figura 28).

Figura 28 – Divisão das equipes especializadas



Fonte: Adaptado de Miron *et al.* (2018)

Além destas equipes, foi necessário separar um participante a fim de cronometrar os períodos de montagem de cada atividade em cada casa s. Estes foram posicionados, sentados, atrás das mesas com os cronômetros (celulares) e permaneceram no mesmo local até o fim. Após cada rodada, eles também preenchem as tabelas de tempo. Depois das pesquisadoras organizarem as peças dos seis lotes em cada LP, os estudantes (equipes especializadas) se posicionaram em fila antes do primeiro lote para dar início ao jogo (Figura 29 e Figura 30).

Figura 29 – Posicionamento das equipes para o início do jogo (RAC-LP1)



Fonte: A autora (2023)

Figura 30 – Posicionamento das equipes para o início do jogo (PCO-LP2)



Fonte: A autora (2023)

Durante as rodadas seguintes, os próprios estudantes organizavam as peças para reinício da atividade de montagem com as peças LEGO®.

#### 3.2.8.5.3 Início e desenvolvimento do jogo

Cada equipe formada possuía 12 integrantes, sendo seis dedicados à montagem das peças, designados como “equipes especializadas”, e seis estavam na equipe de controle de tempo. Com tudo preparado, foi possível dar início ao jogo. Com o início da contagem dos cronômetros, a equipe especializada 1 se posicionou em frente ao primeiro lote para realizar a sua tarefa conforme o projeto. Ao terminar de realizá-la, passou para o lote seguinte a fim de continuar a execução de sua atividade e, a equipe subsequente (equipe especializada 2), entrou no primeiro lote. O processo se repetiu até que todas as equipes especializadas tivessem passado por todos os lotes e todas as casas estivessem montadas.

Como o processo de montagem é muito rápido, somente depois do encerramento de cada rodada é que era feita a anotação dos tempos na tabela específica. Assim, os operadores dos cronômetros deviam apenas se preocupar em registrar o número de cada ciclo de montagem durante as rodadas e, só depois de encerrada as montagens, registrar os tempos corretamente na folha de anotação. Foram registrados o horário de início e de fim da tarefa de cada equipe especializada em cada lote.

Destaca-se que a equipe só poderia avançar ao próximo lote quando a equipe a sua frente já tivesse terminado a sua atividade e passado para o lote seguinte. Ademais, coube a cada equipe realizar o controle de qualidade da equipe que a precedeu. Ou seja, caso houvesse erro na montagem de alguma peça, a equipe seguinte poderia fazer a correção necessária.

O desenvolvimento do jogo no experimento piloto (RAC-LP1 e RAC-LP2) está representado na Figura 31 e na Figura 32. Já o desenvolvimento na segunda aplicação (PCO-LP1, PCO-LP2 e PCO-LP3), está representado na Figura 33, na Figura 34 e na Figura 35. Nesta última é possível identificar o uso do recurso de gravação por celular como artifício para auxiliar na conferência da marcação dos tempos de execução de cada atividade.

Figura 31 – Montagem das casas pelas equipes especializadas (RAC-LP1)



Fonte: A autora (2023)

Figura 32 – Montagem das casas pelas equipes especializadas (RAC-LP2)



Fonte: A autora (2023)

Figura 33 – Montagem das casas pelas equipes especializadas (PCO-LP1/LP2)



Fonte: A autora (2023)

Figura 34 – Marcação dos tempos pela equipe de cronômetro (PCO-LP1)



Fonte: A autora (2023)

Figura 35 – Montagem e gravação das equipes especializadas (PCO-LP3)



Fonte: A autora (2023)

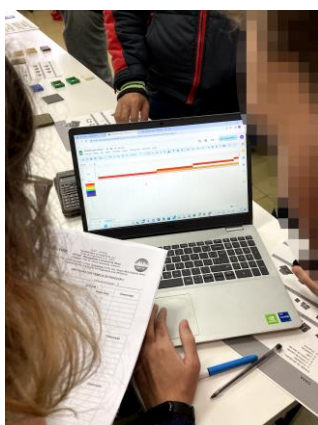
Após todas as equipes realizarem suas atividades em todos os lotes, os cronômetros foram parados e os responsáveis anotaram os tempos nas tabelas correspondentes. Enquanto isso, alguns estudantes iam desmontando as casinhas para uma nova rodada. Com todos os tempos registrados nas tabelas de anotação de tempo de produção, foi dado início à montagem das LDB de cada linha de produção nos computadores. Em todas as linhas de produção a montagem da LDB foi realizada em planilha digital, conforme os tempos anotados para cada lote, seguindo as etapas descritas por Miron *et al.* (2018) no Quadro 34 do ANEXO A. As montagens da LDB estão representadas na Figura 36, na Figura 37 e na Figura 38.

Figura 36 – Montagem da LDB pelos alunos (RAC-LP1)



Fonte: A autora (2023)

Figura 37 – Montagem da LDB pelos alunos (PCO-LP2)



Fonte: A autora (2023)

Figura 38 – Montagem LDB pelos alunos (PCO-LP3)



Fonte: A autora (2023)

Com a LDB pronta, conforme Miron *et al.* (2018) recomendam, foram realizadas discussões entre os integrantes dos grupos a fim de identificar oportunidades de melhorias e o balanceamento do ritmo da montagem nas próximas rodadas propostas. Esse balanceamento pode ser feito por meio de atraso nas entradas das equipes especializadas, ou da alteração no número de pessoas em cada atividade, com o intuito de melhorar o ritmo e tentar manter o fluxo ininterrupto entre elas. Alguns grupos utilizaram, ainda, a LDB montada na rodada anterior para, modificando-a, conseguirem enxergar a melhor forma de balanceamento.

Dessa forma, conforme sugerido pelos autores, o processo se repetiu por mais duas rodadas para que os jogadores conseguissem enxergar a diferença nas LDB conforme o planejamento fosse pensado de maneira mais estratégica.

#### 3.2.8.6 *Aplicação do Teste de Conhecimento 2*

A aplicação do Teste de Conhecimento 2 (TC2) visou a caracterização do nível de consciência dos alunos a respeito dos conceitos da ferramenta LDB.

Para as amostras RAC-LP2 e PCO-LP3 (ambos grupos de controle) esta aplicação ocorreu antes do jogo, juntamente com o Questionário de Motivação (QM), e mediu apenas o aprendizado após a aula expositiva. Já no caso das amostras RAC-LP1, PCO-LP1 e PCO-LP2 (de intervenção), a aplicação do TC2 ocorreu após o jogo, juntamente com o Questionário de Satisfação (QS), aferindo o aprendizado obtido com a aula expositiva aliada à gamificação. Assim, como na aplicação do TC1, foi solicitado, com o mesmo intuito, que os alunos marcassem apenas as questões que realmente sabiam e deixassem as demais em branco. Dessa forma, por meio da comparação com os resultados do TC1, foi possível medir o aprendizado de cada amostra. Esta aplicação durou cerca de 20 min. A Figura 39 representa a aplicação do TC2 para a amostra PCO-LP3.

Figura 39 – Alunos de PCO-LP3 resolvendo o TC2 e o QM



Fonte: A autora (2023)

### 3.2.8.7 Aplicação do Questionário de Satisfação

Após o jogo, foi aplicado o QS, que, por ser simples, durou menos de cinco minutos. No caso das amostras de controle (RAC-LP2 e PCO-LP3), o QS foi o último instrumento a ser aplicado e foi realizado sozinho. Já nas amostras de intervenção (RAC-LP1, PCO-LP1 e PCO-LP2), o QS foi aplicado juntamente com o TC2, assim como representado na Figura 40. Em geral, a aplicação do QS durou cerca de 5 min.

Figura 40 – Alunos de PCO-LP1 e PCO-LP2 resolvendo o TC2 e o QS



Fonte: A autora (2023)

### *3.2.8.8 Aplicação do Questionário de avaliação docente*

Após todo o procedimento com os alunos, um questionário para avaliação do experimento foi disponibilizado aos docentes das disciplinas nas quais a pesquisa foi aplicada. Neste caso, a aplicação foi realizada por meio de Formulário Google.

### **3.2.9 Análise e discussão dos resultados obtidos**

Após a finalização de todo o processo de pesquisa em cada turma, foram calculadas as porcentagens de acertos obtidas em cada um dos testes de conhecimento. A análise de cada aplicação possuiu uma finalidade, conforme descrito nos tópicos a seguir.

#### *3.2.9.1 Experimento piloto*

A análise do experimento piloto serviu para identificar falhas no método de aplicação da pesquisa e corrigir o que fosse necessário para que a segunda aplicação obtivesse os resultados esperados. Como este experimento teve o intuito apenas de validar o método de aplicação desta pesquisa, seus dados não foram analisados estatisticamente nesta pesquisa.

#### *3.2.9.2 Segunda aplicação*

Já na segunda aplicação, além de uma análise geral dos resultados, a análise dos valores possibilitou uma comparação estatística entre os alunos que participaram de amostras diferentes e entre os que participaram da amostra de intervenção.

Na análise geral foi realizada uma avaliação das notas dos TC e de QM e QS. A avaliação dos TC serviu para avaliar se houve diferença positiva de nota entre as duas aplicações, chamada de “incremento de nota”. Neste caso, os alunos foram divididos em níveis de acordo com as notas, conforme o Quadro 13. Como a nota de aprovação por disciplina na universidade em que a pesquisa foi aplicada é seis, os alunos “aprovados” foram classificados no nível A, os alunos que zeraram, foram classificados no nível C e os demais (com notas entre zero e seis) foram classificados no nível B.

Quadro 13 – Divisão de acordo com o nível

Nível	Nota
A	6,00 – 10,00
B	0,01 – 5,99
C	0,00

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Já a análise estatística foi dividida em dois momentos. Na primeira análise foi realizada a comparação estatística entre as medianas dos incrementos de nota em relação aos testes de conhecimento para os grupos de controle (PCO-LP3) e de intervenção (PCO-LP1 e PCO-LP2). Dessa forma, foi verificado se a aplicação do jogo teve efeito sobre o desempenho dos alunos.

Como cada aluno respondeu aos dois testes, foi aplicado um teste pareado. Dada a natureza não normal das amostras e a variância diferentes delas, decidiu-se aplicar o teste não paramétrico de Wilcoxon (estatística U), conforme sugere Conover (1999). Assim, foi levantada a seguinte questão: **a aplicação do jogo aumentou o desempenho dos estudantes, ou seja, a nota dos alunos dos grupos de intervenção (PCO-LP1 e PCO-LP2) foi maior do que os do grupo de controle (PCO-LP3)?**

Para responder essas perguntas foram geradas duas hipóteses, explicitadas a seguir.

$H_0$  = As medianas das notas de controle e intervenção não diferem

$H_1$  = A mediana das notas de intervenção é maior que a mediana de controle

Já na segunda análise foi realizado um cruzamento entre as respostas do QM e do QS com os incrementos de nota. Sendo assim, neste caso, a avaliação foi realizada apenas com o grupo de intervenção. Dessa forma, foi possível entender a influência de variáveis independentes, como as representadas na Tabela 1, sobre o incremento de nota.

Tabela 1 – Lista de variáveis independentes, naturezas e classes

Variável independentes	Natureza	Classes
Idade	Numérica	-
Semestre	Categórica	Inicial-Meio / Meio-Final
Jogos no cotidiano	Categórica	Sim / Não
Identificação visual	Categórica	Certo (C) / Errado (E)
Habilidade	Categórica	-2 / -1 / 0 / 1 / 2
Motivação	Categórica	Negativa / Neutra / Positiva
Sexo	Categórica	Masculino (M) / Feminino (F)

Fonte: A autora (2024)

Para a variável “semestre” foram criadas as classes “Inicial-Meio” (curso o 5º semestre ou inferior) e “Meio-Final” (curso do 6º semestre ou superior). Quanto à variável “habilidade”, foi calculado diretamente a mediana das questões 4, 5 e 6 do Questionário de Motivação, gerando as classes -2, -1 (baixa habilidade), 0 (habilidade neutra), 1 e 2 (maior habilidade).

A variável “identificação visual” corresponde ao acerto da primeira questão do TC1, para identificar se os alunos participantes da pesquisa conheciam, visualmente, a ferramenta LDB.

Para a variável “motivação”, os valores da escala de *Likert* foram modificados para que a resposta neutra (3 na escala numérica) fosse igual a zero. Para tal, os valores foram subtraídos de três (ficaram -2, -1, 0, 1 e 2 em vez de 1, 2, 3, 4, 5). Depois foi calculada a mediana dos valores das questões 7a a 7h do formulário de Motivação. Quando a mediana foi inferior a zero, foi considerada motivação negativa (desmotivado). Quando a mediana foi igual a zero, foi considerada motivação neutra. Quando a mediana foi superior a zero, foi considerada motivação positiva (motivado).

Dada a natureza normal da variável resposta “incremento da nota”, foi gerado um modelo de regressão múltipla tomando todas as variáveis independentes e suas interações, conforme sugerem Draper e Smith (1998).

É importante ressaltar que, devido às amostras serem pequenas, foi adotado um nível de confiança de 90% em ambas as análises.

### 3.2.10 Elaboração da conclusão

Com todos os dados levantados e analisados foi possível elaborar a conclusão deste trabalho. Primeiramente, foi realizada uma revisão detalhada, com foco na

---

síntese dos principais dos resultados obtidos ao longo deste trabalho. Em seguida, os resultados foram integrados com a literatura existente para contextualizá-los e identificar como eles se alinham ou divergem dos estudos anteriores. Além disso, foram identificadas as limitações do estudo, como a restrição da amostra, e as propostas para futuras pesquisas. Essas sugestões visam abordar as lacunas identificadas e promover a continuidade da investigação realizada.

### **3.3 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO**

Neste capítulo, foram descritos os métodos utilizados para avaliar a eficácia do uso de gamificação no ensino-aprendizagem da ferramenta de Linha de Balanço. Inicialmente, foram revisadas as estratégias de pesquisa, seguida pela realização de uma revisão bibliográfica dos temas abordados e pelo desenvolvimento e aplicação dos instrumentos de coleta de dados. A combinação dessas abordagens permitiu uma análise completa a respeito da aplicação da pesquisa. Ademais, ajustes metódicos foram realizados durante o estudo, especialmente na aplicação.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Neste capítulo serão apresentados os detalhes do desenvolvimento do jogo, em cada uma de suas aplicações.

### 4.1 EXPERIMENTO PILOTO

Foi realizada uma pré-aplicação da pesquisa para validação dos testes e identificação dos erros a serem corrigidos nomeada de “experimento piloto”. Para organizar melhor a aplicação da pesquisa com o decorrer das semanas, foram elaborados os cronogramas de aula conforme os quadros a seguir. Na primeira semana, a autora realizou a aplicação do Teste de Conhecimento 1 (TC1) e a apresentação da aula expositiva, conforme o Quadro 14.

Quadro 14 – Cronograma da Semana 1 (experimento piloto)

Horário	Atividade	Amostra
14:10h – 14:20h	TC1	RAC-LP1
14:20h – 15:20h	Aula expositiva	
15:20h – 16:00h	INTERVALO	
16:10h – 16:20h	TC1	RAC-LP2
16:20h – 17:20h	Aula expositiva	

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A segunda semana ficou reservada para os demais instrumentos desta pesquisa. O cronograma de aplicação desta semana está explícito no Quadro 15, porém, devido ao fato de a disciplina ser dividida em turmas e do horário restrito, alguns deles tiveram de ser aplicados numa terceira semana (Quadro 16). Nesta aplicação, a autora ficou responsável pelo acompanhamento das duas amostras. Apesar das separações das amostras para análise da aprendizagem por gamificação, a pesquisadora também aplicou o jogo à amostra RAC-LP2 depois da realização do Teste de Conhecimento 2 (TC2), para que todos os alunos tivessem a mesma experiência de retenção do conteúdo.

Quadro 15 – Cronograma da Semana 2 (experimento piloto)

Horário	Atividade	Amostra
14:05h – 14:30h	Explicação do jogo + QM	RAC-LP1
14:30h – 16:00h	Jogo + discussão	
16:00h – 16:05h	INTERVALO	
16:05h – 16:30h	TC2 + QM	RAC-LP2
16:30h – 17:00h	Explicação do jogo	
17:00h – 18:00h	Jogo + discussão	

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Quadro 16 – Cronograma da Semana 3 (experimento piloto)

Horário	Atividade	Amostra
14:05h – 14:30h	TC2 + QS	RAC-LP1
14:30h – 16:00h	Aula comum	
16:00h – 16:05h	INTERVALO	
16:05h – 16:10h	QS	RAC-LP2
16:10h – 18:00h	Aula comum	

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A terceira semana foi utilizada apenas para aplicação dos instrumentos que, devido ao cronograma apertado, não puderam ser realizados na segunda semana. Sendo assim, apenas o início das aulas foi utilizado para a aplicação da pesquisa, enquanto, no restante, a docente da disciplina ministrou aulas não relacionadas a este trabalho.

Por meio da análise dos dados deste piloto, aliado à resposta do Questionário Docente, foi possível identificar os problemas encontrados tanto nos testes, quanto no método de aplicação e corrigi-los para a segunda aplicação. As melhorias advindas desta análise estão explicitadas no tópico 5.2 EXPERIMENTO PILOTO.

## 4.2 SEGUNDA APLICAÇÃO

Com as alterações na aplicação do método organizadas, foi possível, então, realizar a segunda aplicação. Ela ocorreu em duas semanas letivas diferentes e está representada na Figura 17. Como a disciplina possuía somente uma turma, a aplicação do Teste de Conhecimento 1 (TC1) e da aula expositiva aconteceu de forma simultânea para as amostras, que foram divididas no início da segunda semana.

Para organizar melhor a aplicação da pesquisa com o decorrer das semanas, foram elaborados os cronogramas de aula conforme o Quadro 17, o Quadro 18 e o Quadro 19. A primeira parte da aula (das 8h às 10h) da Semana 1 foi utilizada pelo docente da disciplina para dar uma aula não relacionada à pesquisa. O professor também auxiliou na aplicação da atividade de gamificação.

Quadro 17 – Cronograma da Semana 1 (segunda aplicação)

<b>Horário</b>	<b>Atividade</b>
8:20h – 10:00h	Aula comum
10:00h – 10:25h	INTERVALO
10:25h – 10:35h	TC1
10:35h – 11:30h	Aula expositiva

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Na segunda semana, antes do início das atividades, as amostras foram divididas em duas salas diferentes. A pesquisadora ficou responsável pelas amostras PCO-LP1 e PCO-LP2, em conjunto com o professor da disciplina, enquanto a orientadora ficou responsável pela amostra PCO-LP3, com o auxílio de um doutorando do programa de pós-graduação.

Quadro 18 – Cronograma da Semana 2 para as amostras PCO-LP1 e PCO-LP2

<b>Horário</b>	<b>Atividade</b>
8:20h – 9:00h	Explicação do jogo + Questionário de motivação
9:00h – 11:15h	Jogo + discussão
11:15h – 11:35h	TC2 + Questionário de satisfação

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Quadro 19 – Cronograma da Semana 2 para a amostra PCO-LP3

<b>Horário</b>	<b>Atividade</b>
8:20h – 8:40h	TC2 + Questionário de Motivação
8:40h – 9:10h	Explicação do jogo
9:10h – 11:00h	Jogo + discussão
11:00h – 11:10h	Questionário de satisfação

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

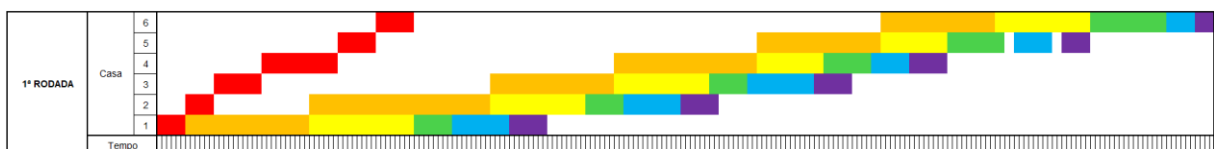
A descrição de como o jogo se desenvolveu em cada amostra será descrita nos tópicos a seguir.

#### 4.2.1 Amostra PCO-LP1

A amostra PCO-LP1 estava na Sala 1, sob responsabilidade da autora deste trabalho, como mencionado. Como a sala estava dividida com a amostra PCO-LP2, o recurso de projeção não foi utilizado, já que não havia a possibilidade de projetar simultaneamente as duas concepções da LDB. Sendo assim, para não gerar confusão para a linha de produção que não tivesse a sua montagem espelhada em tela, optou-se por não projetar nenhuma. O recurso de gravação e filmagem da atividade também não foi utilizado nesta amostra.

Todos os membros das duas equipes se reuniram na mesma sala para a construção da Linha de Balanço. A autora preferiu que os alunos da amostra PCO-LP1 elaborassem a LDB desde o início para que a avaliação em relação ao entendimento da ferramenta ocorresse desde o primeiro passo de montagem. Sendo assim, não foi utilizado o *template* para a montagem da LDB. Após a primeira rodada, foi montada a primeira Linha de Balanço da amostra PCO-LP1 (Figura 41).

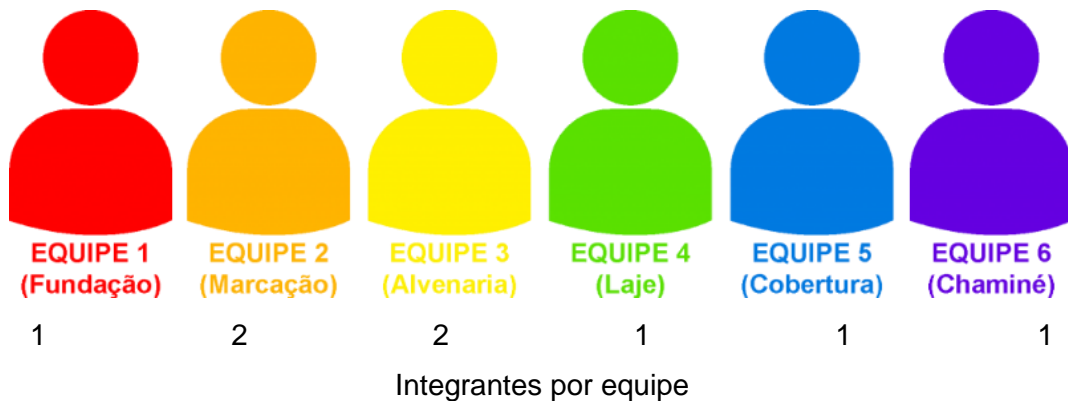
Figura 41 – Linha de Balanço gerada após a primeira rodada (PCO-LP1)



Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

Ao analisá-la, os alunos identificaram a necessidade de deixar as atividades com fluxo contínuo e, para isso, utilizaram a LDB montada para, modificando-a, conseguirem enxergar a melhor forma de balanceamento. Sendo assim, dobraram os alunos responsáveis pela montagem da Marcação da Alvenaria e da Parede, ou seja, mais dois estudantes integraram as equipes de jogo. A Figura 42 indica a nova configuração das equipes especializadas.

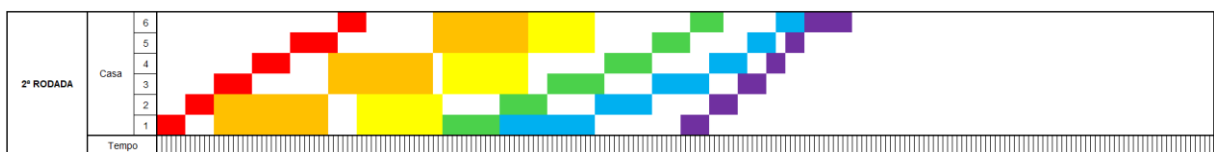
Figura 42 – Nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP1)



Fonte: Adaptado de Miron *et al.* (2018)

A estratégia de execução adotada foi que cada dupla trabalhasse em casas diferentes devido ao tamanho das peças, isto é, um membro realizaria os serviços nas casas 1, 3 e 5, e o outro nas casas 2, 4 e 6, porém, por serem considerados de uma mesma equipe, entrariam e sairiam dos lotes ao mesmo tempo. Ademais, os alunos identificaram a necessidade de atrasar as entradas das equipes de Marcação da Alvenaria, Parede e Chaminé, não entrando assim que o lote ficasse livre, mas esperando um pouco mais, a fim de manter o fluxo de execução das atividades ininterrupto. A LDB decorrente do balanceamento após a segunda rodada está representada na Figura 43.

Figura 43 – Linha de Balanço gerada após a segunda rodada (PCO-LP1)



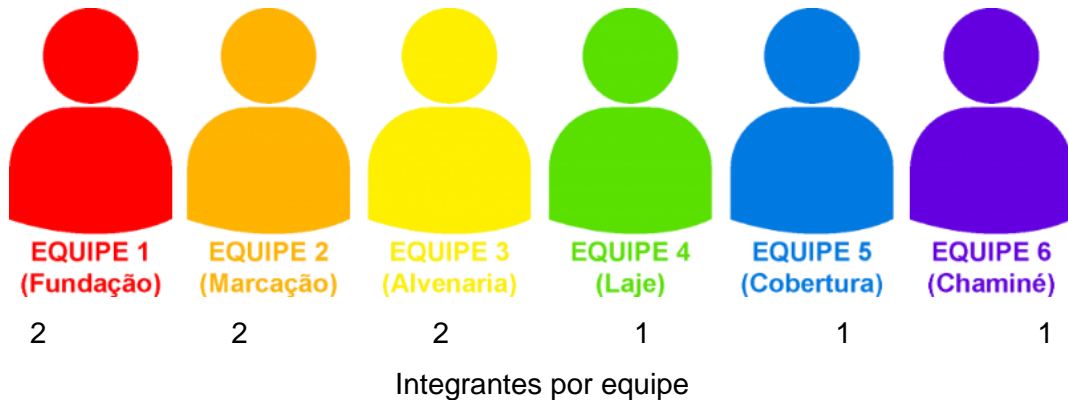
Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

Por meio da análise da LDB da segunda rodada, ficou evidente que as estratégias de balanceamento adotadas foram eficazes, já que o fluxo das atividades se manteve padronizado, o que pode ser observado pela continuidade de trabalho nas linhas, não havendo mais quebras. Também foi observada uma melhoria contínua, pois o tempo de montagem das seis casas reduziu significativamente.

Para a terceira e última rodada, os alunos utilizaram a mesma estratégia de modificar a LDB montada anteriormente para avaliação do efeito aprendido. Além disso, os alunos decidiram duplicar também os integrantes da equipe de Fundação,

utilizando a mesma técnica da duplicação das equipes anteriores, pensando que seria mais eficiente para reduzir o tempo de finalização do jogo. Neste caso, eles entenderam que havia a necessidade de atrasar apenas a entrada da equipe de Chaminé, utilizando o mesmo critério de atraso anterior. A Figura 44 indica a nova configuração das equipes especializadas.

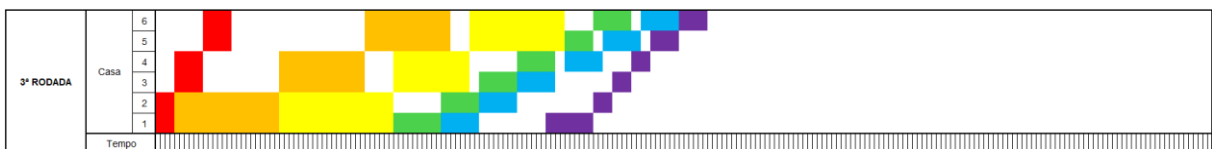
Figura 44 – Segunda nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP1)



Fonte: Adaptado de Miron *et al.* (2018)

A LDB decorrente do balanceamento após a terceira rodada está representada na Figura 45.

Figura 45 – Linha de Balanço gerada após a terceira rodada (PCO-LP1)



Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

A última LDB montada pelos alunos da amostra PCO-LP1 teve, claramente, o tempo significativamente reduzido em relação à primeira. Só houve um pequeno atraso, não planejado, na entrada das equipes de Cobertura e Telhado a partir da casa 4. Porém, apesar disso, o fluxo de trabalho se manteve ininterrupto em quase todo o processo.

Conforme a Figura 41, o tempo de montagem total das seis casas na primeira rodada da amostra PCO-LP1, foi de 3:42min. Após o primeiro balanceamento (Figura 43), este tempo reduziu para 2:26min e, por fim, após o segundo balanceamento

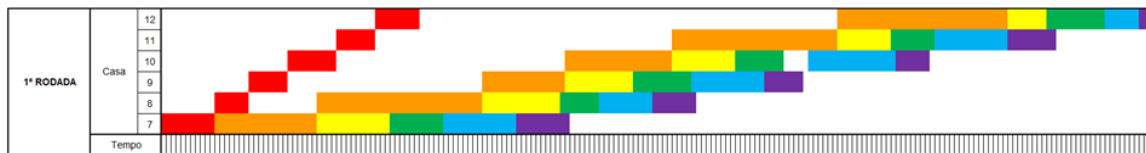
(Figura 45), caiu para 1:56min. Foram reduções de 1:16min e 30s, respectivamente, totalizando uma diferença de 1:46min entre a primeira e a última rodada.

#### 4.2.2 Amostra PCO-LP2

A amostra PCO-LP2 estava na Sala 1, sob responsabilidade da autora deste trabalho. Como já foi mencionado, a sala estava dividida com a amostra PCO-LP1, por isso o recurso de projeção não foi utilizado, já que não havia a possibilidade de projetar as duas concepções da LDB. Sendo assim, para não gerar confusão para a linha de produção que não tivesse a sua montagem espelhada em tela, optou-se por não projetar nenhuma. O recurso de gravação também não foi utilizado nesta amostra.

Todos os membros da equipe se reuniram para a construção da Linha de Balanço. A autora preferiu que os alunos da amostra PCO-LP2 elaborassem a LDB do início para que a avaliação em relação ao entendimento da ferramenta ocorresse desde o primeiro passo de montagem. Sendo assim, não foi utilizado o *template* para a montagem da LDB. Após a primeira rodada, foi montada a primeira Linha de Balanço da amostra PCO-LP2 (Figura 46).

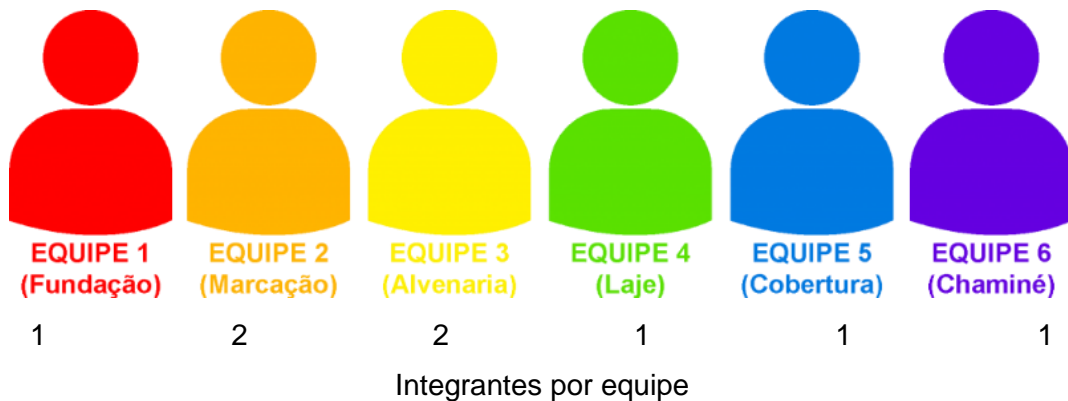
Figura 46 – Linha de Balanço gerada após a primeira rodada (PCO-LP2)



Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

Ao analisá-la, assim como na amostra PCO-LP1, os alunos identificaram a necessidade de deixar as atividades com fluxo contínuo e, para isso, utilizaram a LDB montada para, modificando-a, conseguirem enxergar a melhor forma de balanceamento. Sendo assim, também dobraram os alunos responsáveis pela montagem da Marcação da Alvenaria e da Parede, ou seja, mais dois estudantes integraram as equipes de jogo. A Figura 47 indica a nova configuração das equipes especializadas.

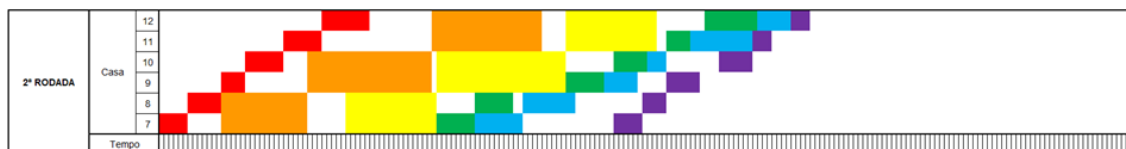
Figura 47 – Nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP2)



Fonte: Adaptado de Miron *et al.* (2018)

A estratégia de execução adotada foi a mesma da amostra anterior, isto é, um membro realizaria os serviços nas casas 1, 3 e 5, e o outro nas casas 2, 4 e 6, porém, por serem considerados de uma mesma equipe, entrariam e sairiam dos lotes ao mesmo tempo. Ademais, os alunos identificaram a necessidade de atrasar as entradas das equipes de Marcação da Alvenaria, Parede e Chaminé, não entrando assim que o lote ficasse livre, mas esperando um pouco mais, a fim de manter o fluxo das atividades ininterrupto. A LDB decorrente do balanceamento após a segunda rodada está representada na Figura 48.

Figura 48 – Linha de Balanço gerada após a segunda rodada (PCO-LP2)

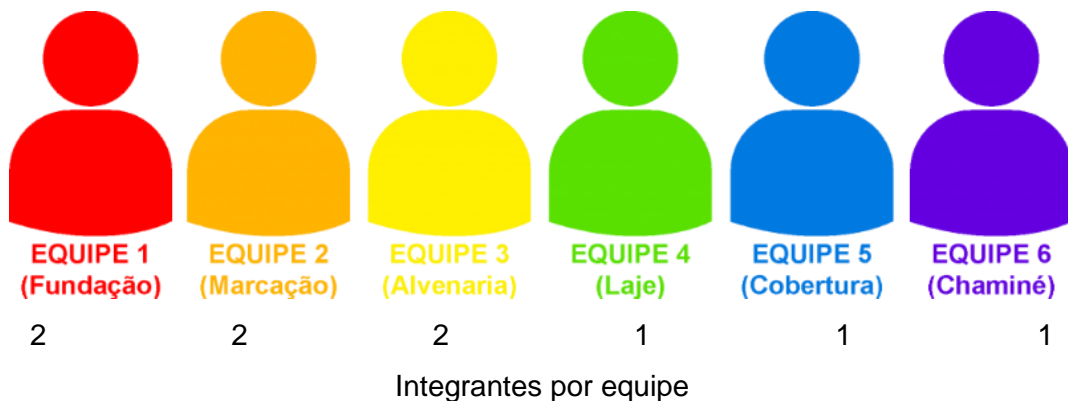


Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

Por meio da análise da LDB da segunda rodada, foi possível observar que as estratégias de balanceamento adotadas foram eficazes, pois o fluxo das atividades foi mais padronizado, o que pode ser observado pela continuidade de trabalho nas linhas, não havendo mais tantas quebras, ou folgas decorrentes dos atrasos anteriores. Também foi observada uma melhoria contínua, pois o tempo de montagem das seis casas reduziu significativamente. Houve alguns problemas de continuidade, pois o grupo não pensou na possibilidade de atrasar as entradas das equipes a partir da Laje, tendo, assim, o participante que esperar o término da atividade anterior antes de dar continuidade à sua função.

Para a terceira e última rodada, os alunos utilizaram a mesma técnica de modificar a LDB montada anteriormente para enxergarem com mais clareza a melhor estratégia de balanceamento. Sendo assim, os alunos decidiram que duplicar também os integrantes da equipe de Fundação, utilizando a mesma técnica da duplicação das equipes anteriores, seria mais eficiente para reduzir o tempo de finalização do jogo. A Figura 49 indica a nova configuração das equipes especializadas.

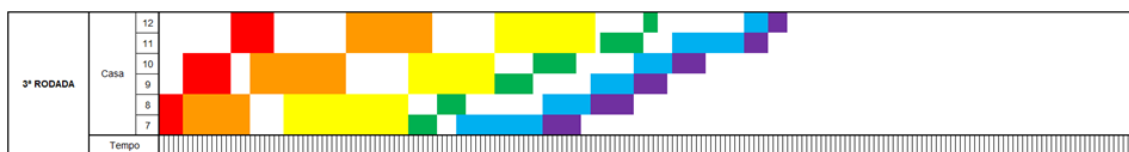
Figura 49 – Segunda nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP2)



Fonte: Adaptado de Miron *et al.* (2018)

A LDB decorrente do balanceamento após a terceira rodada está representada na Figura 50.

Figura 50 – Linha de Balanço gerada após a terceira rodada (PCO-LP2)



Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

Neste caso, a última LDB montada pelos alunos da amostra PCO-LP2 teve, claramente, o tempo significativamente reduzido em relação à primeira. Porém, como o grupo não pensou na possibilidade de atrasar as entradas das equipes a partir da Laje, os participantes tinham que esperar o término da atividade anterior antes de dar continuidade às suas funções. Assim, houve quebra do fluxo de execução das atividades das equipes de Laje, Cobertura e Chaminé. Outra possibilidade de atraso levantada foi que a duplicação das equipes pode ter influenciado devido ao fato de congestionamento de pessoas no “canteiro de obras”. Estes atrasos prejudicaram o

fluxo contínuo das atividades, mas, ainda assim, houve redução de tempo em relação à LDB anterior.

Conforme a Figura 46, o tempo de montagem total das seis casas na primeira rodada da amostra PCO-LP2, foi de 3:22min. Após o primeiro balanceamento (Figura 48), este tempo reduziu para 2:15min e, por fim, após o segundo balanceamento (Figura 50), caiu para 2:10min. Foram reduções de 1:07min e 05s, respectivamente, totalizando uma diferença de 1:12min entre a primeira e a última rodada.

### 4.2.3 Amostra PCO-LP3

A amostra PCO-LP3 estava na Sala 2, sob responsabilidade da orientadora deste trabalho e de um doutorando do programa. Como esta amostra estava isolada das anteriores durante a montagem da LDB foi utilizado um projetor conectado ao computador para espelhar a imagem numa tela. Dessa forma, todos os alunos presentes na sala puderam acompanhar o desenho da LDB.

Todos os membros da equipe se reuniram para a construção da LDB, sendo que dois estudantes realizaram a sua confecção simultânea, cada um em seu computador pessoal, como forma de envolver mais estudantes na atividade. Estes alunos estavam previamente sem função e foram alocados especificamente para a equipe de montagem da LDB. Um deles projetava na tela e o outro servia como aferição da representação, conforme Figura 51. Os estudantes que anotaram os tempos ditavam os valores correspondentes e foi possível notar que houve dúvidas deles mesmos em várias anotações.

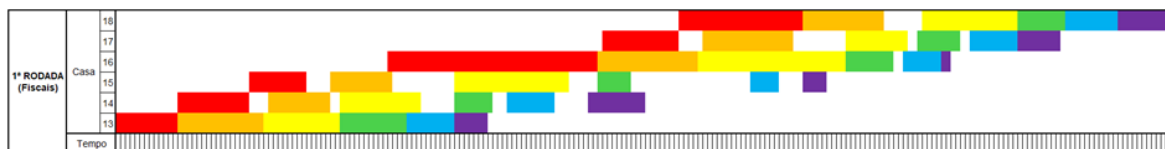
Figura 51 – Alunos designados para a montagem da LDB (PCO-LP3)



Fonte: A autora (2023)

Nesta amostra, para agilizar o processo de montagem, foi utilizado o *template* resultante da análise da aplicação do experimento piloto. Após a primeira rodada, foi montada a primeira LDB da amostra PCO-LP3 (Figura 52).

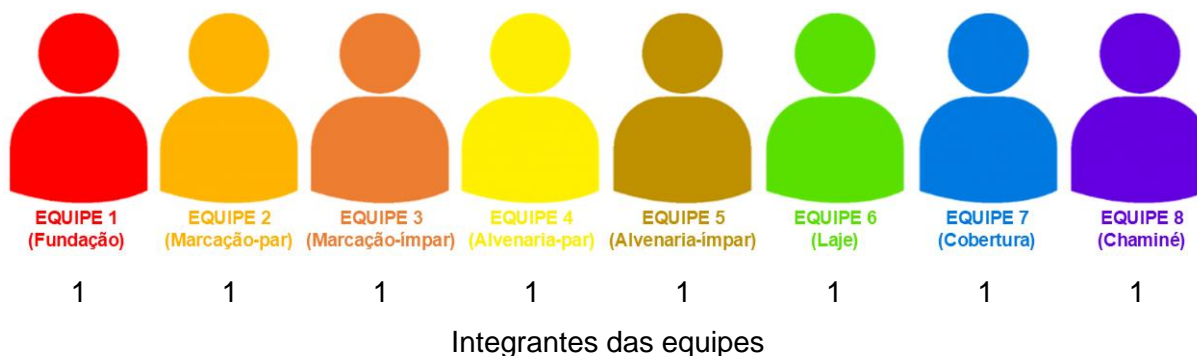
Figura 52 – Linha de Balanço gerada após a primeira rodada (PCO-LP3)



Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

Ao analisá-la, os alunos identificaram a necessidade de deixar as atividades com fluxo contínuo e, para isso, criaram mais duas equipes responsáveis pela montagem da Marcação da Alvenaria e da Parede. Da mesma forma que as linhas de produção anteriores, a estratégia de execução adotada foi que a dupla trabalhasse em casas diferentes devido ao tamanho das peças, isto é, um membro realizaria os serviços nas casas 1, 3 e 5, e o outro nas casas 2, 4 e 6, conforme Figura 53. Porém, neste caso, os alunos, ou seja, as equipes podiam trabalhar de forma independente nas casas ímpares e pares.

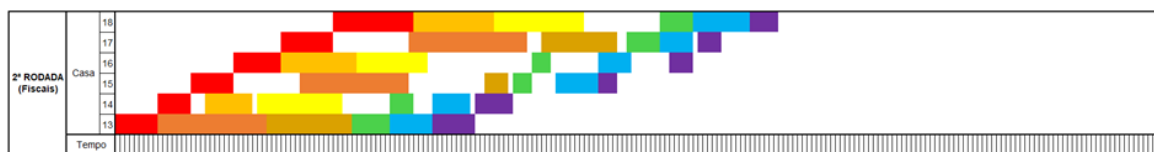
Figura 53 – Nova divisão das equipes especializadas (PCO-LP3)



Fonte: Elaborado pela autora (2024) baseado em Miron *et al.* (2018)

A LDB decorrente do balanceamento após a segunda rodada está representada na Figura 54.

Figura 54 – Linha de Balanço gerada após a segunda rodada (PCO-LP3)

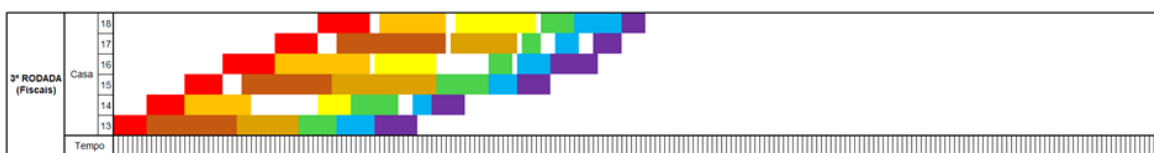


Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

Por meio da análise da LDB da segunda rodada, ficou evidente que a estratégia de balanceamento adotada foi eficaz, já que o tempo reduziu significativamente, também como consequência da melhoria contínua. Porém, não foram pensadas outras estratégias pelos alunos, como o atraso na entrada das equipes, como foi nas demais LP, nem adições de folgas para melhorar o fluxo das atividades. Dessa forma, o balanceamento ainda não atingiu o seu objetivo de melhorar o fluxo de trabalho das equipes especializadas.

Outro problema notado, por meio das anotações na coluna “Observações” da tabela de tempos, foi a falta de atenção de alguns dos integrantes das equipes especializadas durante a montagem e troca de equipes. Assim, a representação do fluxo também foi prejudicada. Sendo assim, para a terceira e última rodada, os alunos decidiram que deveriam prestar mais atenção nas execuções das atividades e nas suas sucessões, para não deixarem que o fluxo se interrompesse. Não houve alteração nas equipes. A LDB decorrente do balanceamento após a terceira rodada está representada na Figura 55.

Figura 55 – Linha de Balanço gerada após a terceira rodada (PCO-LP3)



Fonte: Elaborado pelos alunos (2023)

A última LDB montada pelos alunos da amostra PCO-LP3 teve, claramente, o tempo significativamente reduzido em relação à primeira. Ademais, o fluxo de equipes foi muito melhor do que na LDB da segunda rodada. Entretanto, ainda houve problema neste ponto, pois os alunos não pensaram em atrasar a entrada de nenhuma atividade, como nas amostras de intervenção (PCO-LP1 e PCO-LP2), nem em adicionar folgas.

Conforme a Figura 52, o tempo de montagem total das seis casas na primeira rodada da amostra PCO-LP2, foi de 3:41min. Após o primeiro balanceamento (Figura 54), este tempo reduziu para 2:19min e, por fim, após o segundo balanceamento (Figura 55), caiu para 1:51min. Foram reduções de 1:22min e 28s, respectivamente, totalizando uma diferença de 1:50min entre a primeira e a última rodada.

Nesta amostra foi utilizado um celular para realizar a filmagem do momento do jogo a fim de verificar a exatidão da anotação dos tempos e dirimir eventuais dúvidas, como será comentado no capítulo a seguir.

### **4.3 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO**

Neste capítulo foi descrito o desenvolvimento do jogo específico para cada aplicação. Como o experimento piloto foi analisado apenas para a comprovação dos instrumentos de pesquisa, não foi discutida a parte do desenvolvimento em si, mas apenas foram expostos os cronogramas para cada semana. Já no caso da segunda aplicação, foram apresentados os detalhes do jogo para cada linha de produção existente. Esta segunda reflexão teve o intuito de ajudar a entender as dificuldades na aplicação do jogo desenvolvido por Miron *et al.* (2018) e, assim, pensar em possíveis melhorias, como foi o caso do uso da gravação da aplicação da experiência gamificada.

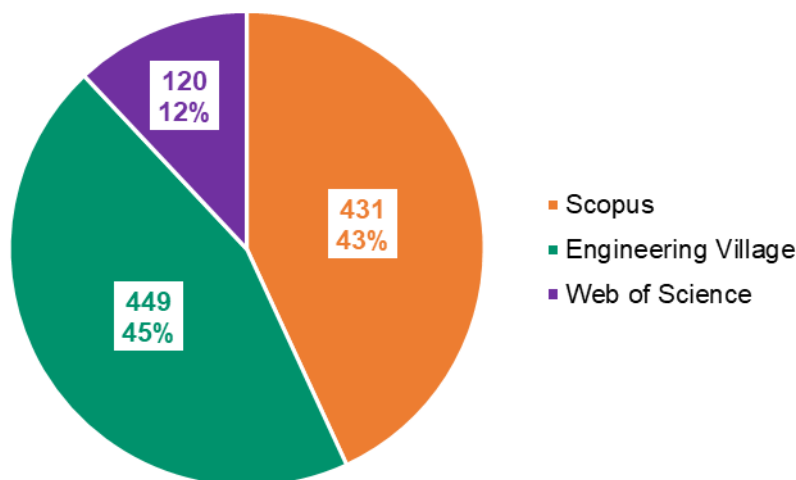
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo abordará os resultados obtidos na Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e nas análises da aplicação desta pesquisa, tanto do experimento piloto, quanto da segunda aplicação. Ademais, ele trará, também, as discussões a respeito destas análises.

### 5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTÊMICA

Com o protocolo definido conforme o Quadro 9, foi possível, então, dar início à Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS). Foram realizadas as buscas das *strings* nas bases de dados, conforme o protocolo estabelecido. Foram encontrados 1.000 trabalhos no total, divididos nas bases de dados conforme o Gráfico 3 a seguir.

Gráfico 3 – Divisão dos trabalhos encontrados de acordo com a base de dados

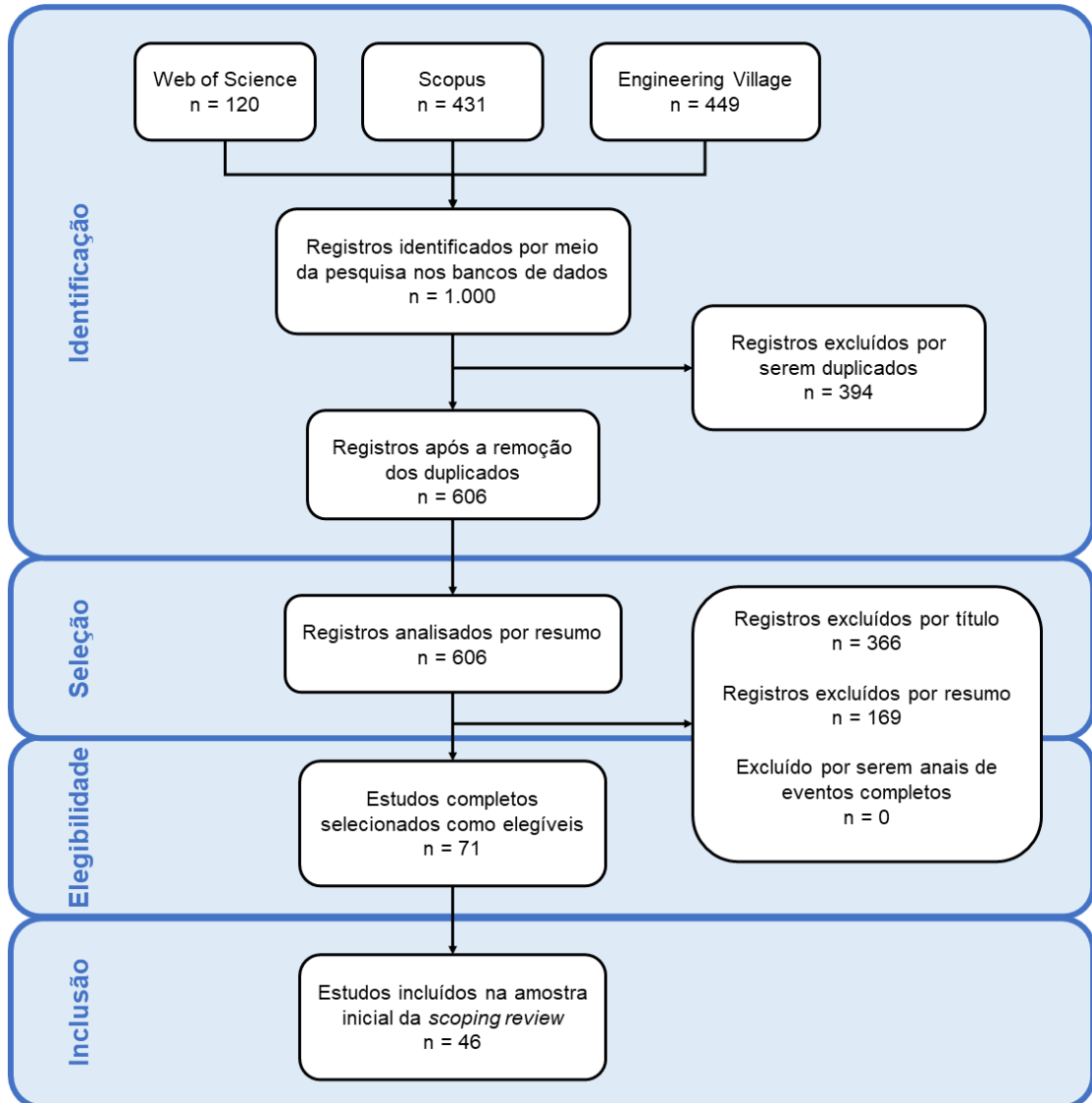


Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Após a busca e primeira separação, os trabalhos foram exportados e incluídos no *software* StArt, a fim de facilitar a análise inicial. Com o auxílio do programa foram identificados 394 trabalhos que se repetiam entre as bases de dados estudadas, sendo assim, 606 passaram pelos critérios definidos. Destes, 366 foram excluídos apenas pela leitura do título, 169 foram excluídos pela leitura do resumo e nenhum por ser anal de eventos completos. Sendo assim, restaram 71 artigos para serem analisados mais profundamente, porém, só foi possível acessar a 59 deles, que, então, foram selecionados para desenvolver esta revisão. Destes, com uma leitura

mais aprofundada, foram descartados mais 13 trabalhos, restando, por fim 46 trabalhos. Este processo de análise está detalhado na Figura 56 a seguir.

Figura 56 – Fluxograma PRISMA da RBS



Fonte: Elaborado pela autora (2024) baseado em Page *et al.* (2022)

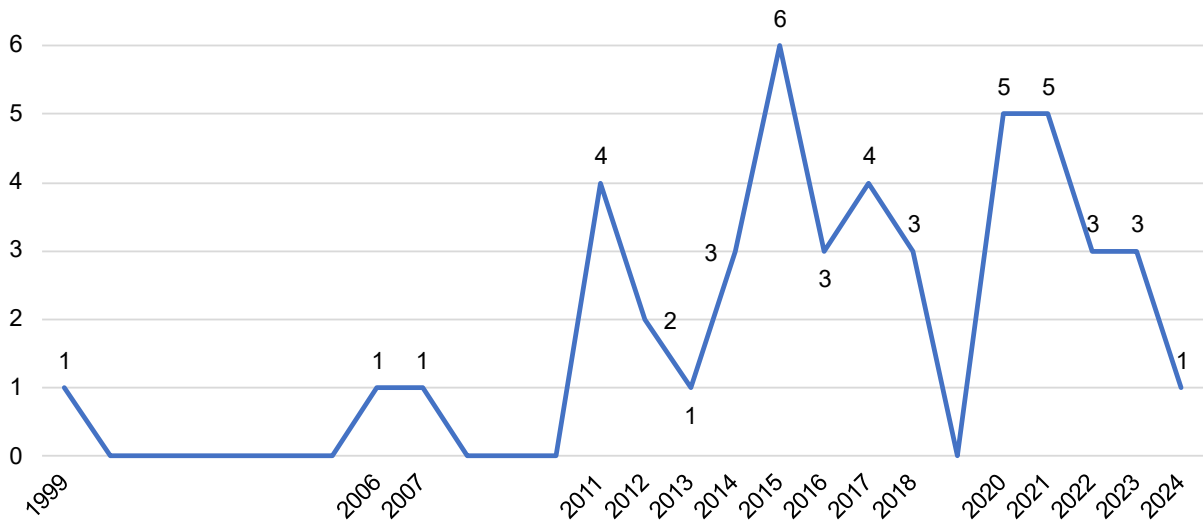
Os resultados desta RBS serão apresentados nos tópicos a seguir. É importante ressaltar que a partir da identificação da área de publicação do periódico, um mesmo trabalho pode ser classificado em mais de uma categoria.

### 5.1.1 Análise temporal

Os resultados da análise temporal dos artigos selecionados para esta RBS estão apresentados no Gráfico 4. Por meio de sua análise pode-se ver que o assunto

não é novo, já que há publicações desde 1999, porém, até 2010 elas não foram constantes, sendo que, até esse ano, apenas 1999, 2006 e 2007 tiveram publicações identificadas. Contudo, a partir do ano de 2011 fica claro uma constância das publicações a respeito do tema, apesar de 2019 não possuir publicação. Ressalta-se que o ano de 2024 ainda está incompleto, mas foi identificado um trabalho publicado.

Gráfico 4 – Evolução das publicações por ano



Fonte: A autora (2024)

### 5.1.2 Mapeamento das palavras-chave

Foi elaborada, com o auxílio do site *TagCrowd*, uma nuvem de palavras considerando apenas as palavras-chave encontradas em cada publicação, conforme Figura 57. Nota-se que as palavras mais frequentes foram “*game*” e “*lean*”, com 24 aparições cada, “*simulation*” com 19 e “*construction*” com 15 aparições. Isso comprova a eficácia das *strings* selecionadas, já que a análise realizada teve o objetivo de analisar a recorrência de publicações de trabalhos no tema de jogos *lean* na indústria de construção.

Figura 57 – Nuvem de palavras-chave



Fonte: TagCrowd<sup>1</sup> (2024)

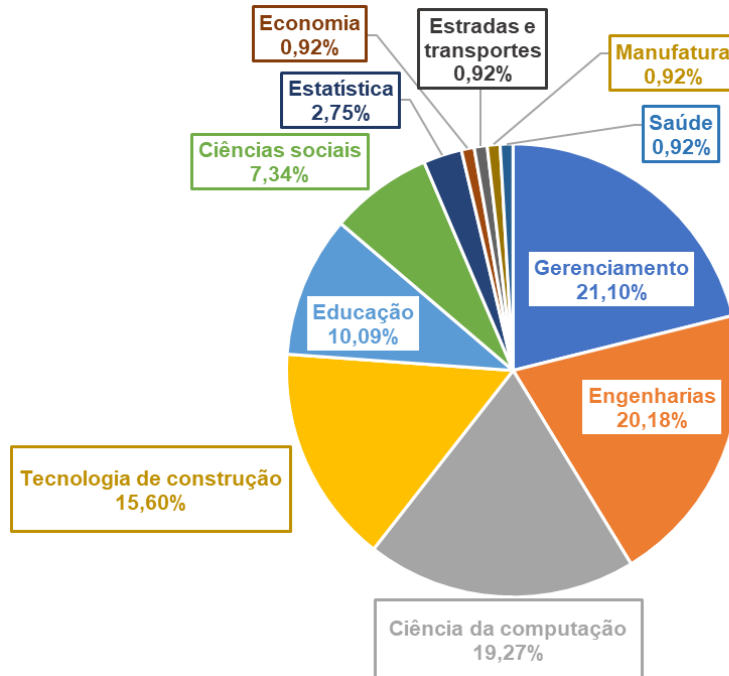
### 5.1.3 Identificação da área de pesquisa

Quanto às áreas de conhecimento, pode ser observado no Gráfico 5 que a maioria dos trabalhos elegíveis são da área de Gerenciamento (21,10%) ou de Engenharias (20,18%), seguida pelas áreas de Ciência da Computação (19,17%) e Tecnologia da Construção (15,60%). Isto comprova que o assunto é relevante para as áreas de Gerenciamento e de Engenharia, demonstrando, também, a tendência do uso de jogos computacionais para fins de ensino. É importante ressaltar que as áreas

<sup>1</sup> TagCrowd. Disponível em: <https://tagcrowd.com/>. Acesso em: 09 jul. 2024.

destacadas no gráfico a seguir foram definidas de acordo com cada base de dados, por isso, existem áreas que podem ser consideradas como correlatas.

Gráfico 5 – Porcentagem de trabalhos por área de pesquisa

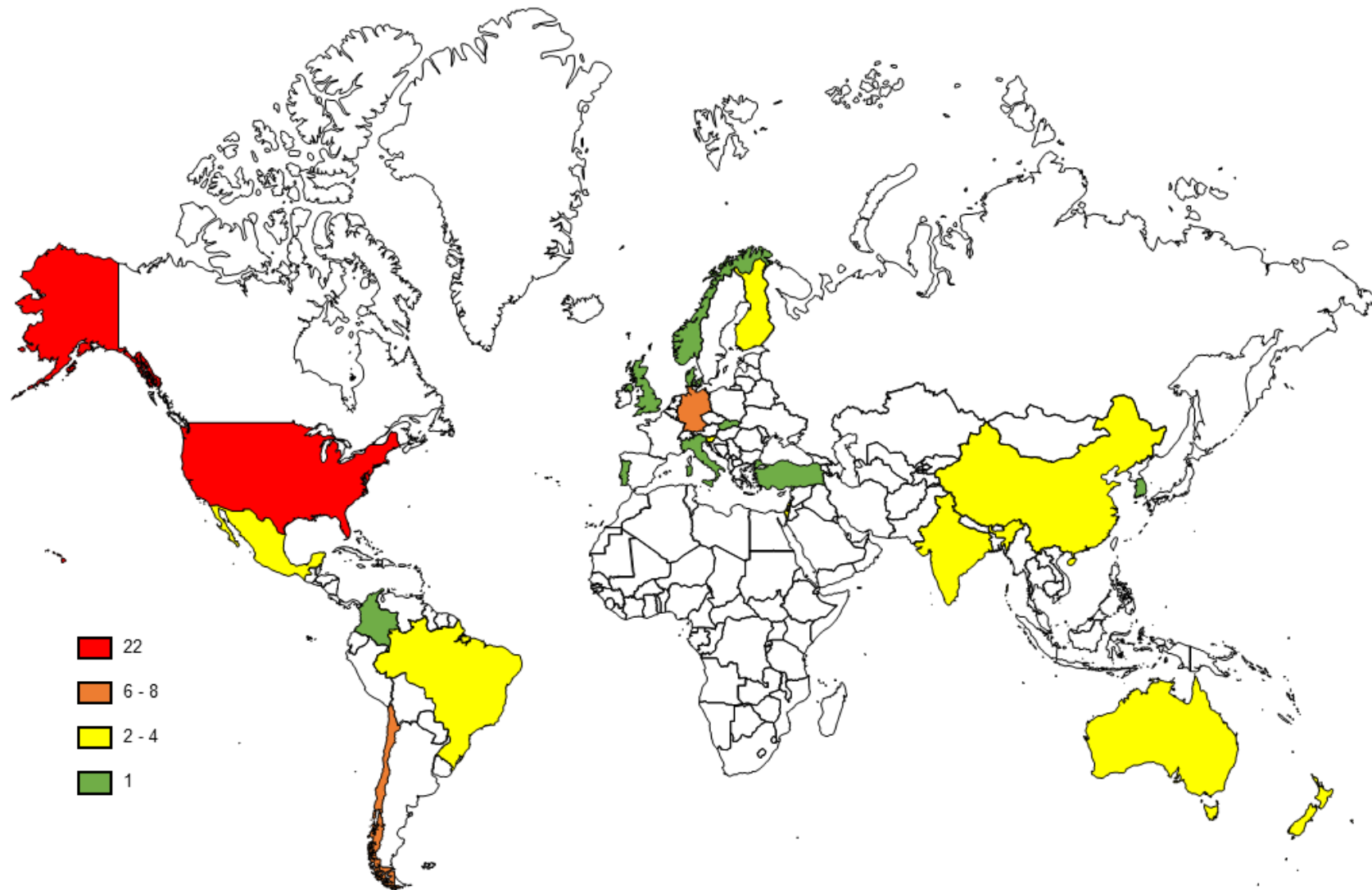


Fonte: A autora (2024)

#### 5.1.4 Identificação dos países mais relevantes

A Figura 58 traz uma visão da incidência de trabalhos publicados por país. Nesta RBS considerou-se a nacionalidade de todos os autores dos textos. Ao analisar a Figura 58 e o Quadro 20, fica claro que os Estados Unidos da América (EUA) são o país com maior número de publicações (22) a respeito do tema. Isso ocorre, provavelmente, pelo fato de que a teoria e a prática da construção enxuta ser mais difundida neste país. Sendo assim, sugere-se que as formas alternativas de ensinar já vêm sendo discutida nele há mais tempo. Outro país que se destaca nas publicações é a Alemanha, com oito publicações. Isso porque alguns autores alemães publicaram mais de um artigo elegível, além de haver correlação entre eles. Ademais, é possível notar que o tema é recorrente em revistas especializadas em quase todos os continentes, com exceção do africano, provavelmente por ser um continente com tecnologias construtivas menos desenvolvidas na área, ou devido às publicações não estarem em periódicos das bases pesquisadas.

Figura 58 – Incidência de trabalhos publicados por país



Fonte: A autora (2024)

Quadro 20 – Incidência de trabalhos publicados por país

País	Nº de publicações	Cor
EUA	22	Red
Alemanha	8	Orange
Chile	6	Orange
Nova Zelândia	4	Yellow
Índia	3	Yellow
Israel	3	Yellow
México	3	Yellow
Austrália	2	Yellow
Brasil	2	Yellow
China	2	Yellow
Eslovênia	2	Yellow
Finlândia	2	Yellow
Colômbia	1	Green
Coréia do Sul	1	Green
Dinamarca	1	Green
Eslováquia	1	Green
Itália	1	Green
Noruega	1	Green
Portugal	1	Green
Reino Unido	1	Green
Turquia	1	Green

Fonte: A autora (2024)

### 5.1.5 Análise geral

A RBS revelou um aumento de publicações a partir do ano de 2010, sugerindo um incremento na divulgação das pesquisas a respeito da gamificação como auxílio no ensino de planejamento e princípios e ferramentas *lean*. Ademais, este é um tema de interesse por quase todo o mundo, o que destaca a sua importância.

A maior parte dos estudos analisados mencionaram que este método de ensino considerado alternativo e mais inovador traz mais benefícios para o processo de ensino-aprendizagem do que o método tradicional. Assim, este estudo corrobora com a visão da literatura ao tentar comprovar a eficácia da gamificação no ensino da ferramenta de Linha de Balanço.

## 5.2 EXPERIMENTO PILOTO

Assim como já abordado anteriormente, a análise do experimento piloto se deu para identificar problemas, tanto nos instrumentos de coleta de dados, quanto no

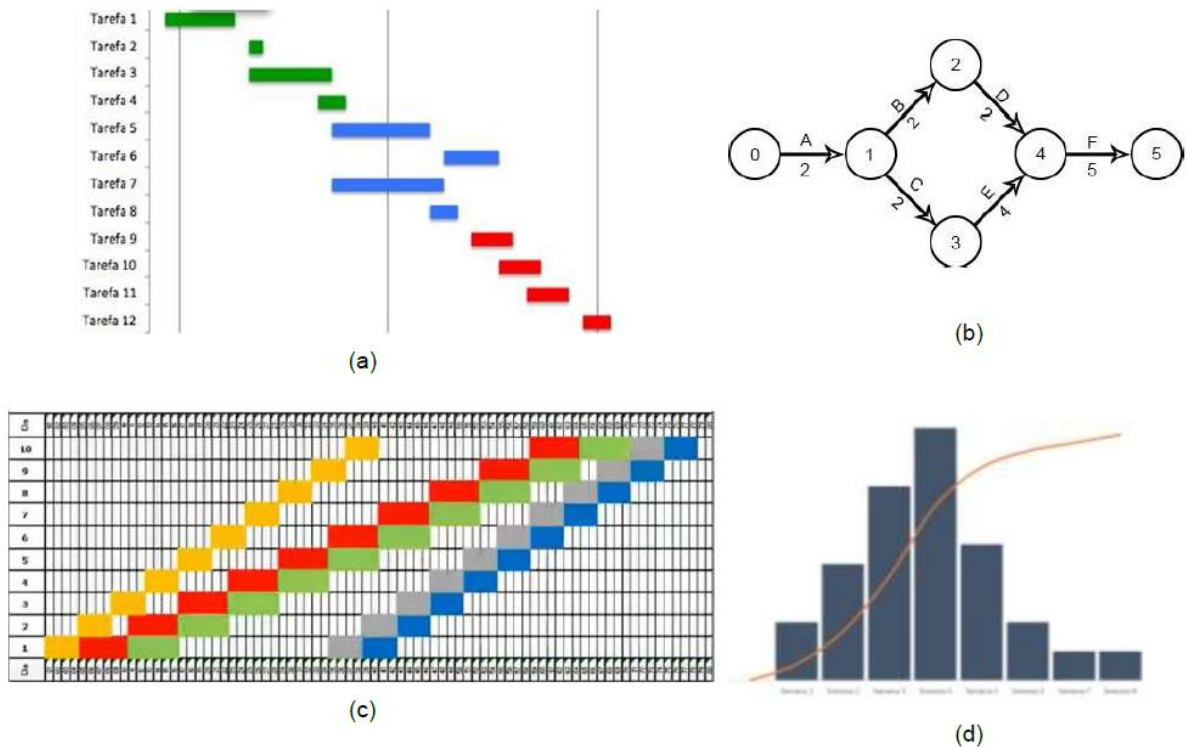
método de aplicação da pesquisa. Sendo assim, as correções necessárias estão explicitadas nos tópicos a seguir.

**5.2.1 Teste de Conhecimento 1**

O Teste de Conhecimento 1 (TC1) inicia com uma pergunta para entender se o aluno consegue identificar, visualmente, a ferramenta de Linha de Balanço (LDB) (Figura 59). Porém, notou-se que a última questão, que possuía uma imagem da LDB e questionava sobre informações que ela trazia (Figura 60), estava induzindo a resposta da primeira questão. Ou seja, os alunos poderiam voltar para respondê-la caso a tivessem deixado em branco. Sendo assim, para evitar respostas automáticas, a questão 12 foi trocada com outra de mesmo nível do Teste de Conhecimento 2 (TC2) (Figura 61).

Figura 59 – Questão 1 do TC1

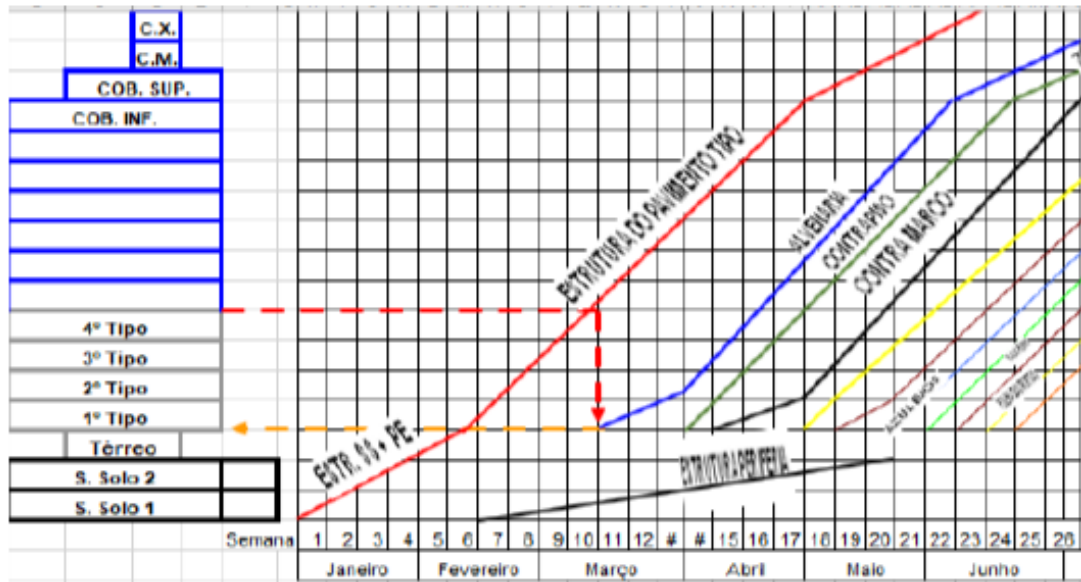
1. Assinale a alternativa que apresenta a ferramenta de Linha de Balanço (LDB):



Fonte: A autora (2023)

Figura 60 – Questão 12 que induzia a resposta da Questão 1 no TC1

1. Identifique as **SEIS** informações na visualização do planejamento em LDB apresentado a seguir. Indique também na figura onde estão as informações por meio das letras correspondentes às questões – de A até F.



- A - SEMANA aproximada do início do serviço da estrutura: ( ) 01 ( ) 06 ( ) 11 ( ) 14 ( ) 23
- B - SEMANA aproximada do final do serviço da estrutura: ( ) 01 ( ) 06 ( ) 11 ( ) 14 ( ) 23
- C - Duração em SEMANAS do serviço da alvenaria do 1º pavimento tipo: ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5
- D - Duração em SEMANAS do serviço do contrapiso do 1º pavimento tipo: ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5
- E - Ritmo em SEMANAS do serviço do contrapiso nos pavimentos tipos: ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5
- F - Defasagem em SEMANAS do serviço de contrapiso do de alvenaria: ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5

Fonte: A autora (2023)

Figura 61 – Nova Questão 12 inserida no TC1

12. No cronograma de Linha de Balanço **NÃO** estão representados:

- a) O avanço dos trabalhos de construção de acordo com o tempo.
- b) A velocidade de execução dos trabalhos.
- c) A evolução dos gastos da obra.
- d) A unidade (local) em que os trabalhos estão sendo executados.

Fonte: A autora (2023)

### 5.2.2 Teste de Conhecimento 2

Além da questão que foi trocada com a do TC1, foi identificada uma outra questão do TC2 que não teve a compreensão adequada, pois possuiu apenas um acerto (Figura 62). Devido a isso, uma outra questão, utilizada em concurso público, foi selecionada para substituí-la (Figura 63).

Figura 62 – Questão 2 do TC2 que não foi compreendida e excluída

2. A Linha de Balanço e a visualização da obra em 4D são complementares porque ambas auxiliam a:

- Estudar estoques, equipamentos, logística e layout de canteiro.
- Estudar estoques, equipes, logística e layout de canteiro.
- Estudar equipes, equipamentos, logística e layout de canteiro.
- Essa relação não existe.

Fonte: A autora (2023)

Figura 63 – Questão inserida no lugar da Questão 2 retirada do TC2

2. (Ano: 2019; Banca:FCM; Órgão: Prefeitura de Caranaíba - MG; Prova: FCM - 2019 - Prefeitura de Caranaíba - MG - Técnico em Vigilância Sanitária Fonte: <https://questoes.grancursosonline.com.br/questoes-de-concursos/conhecimentos-especificos-de-um-determinado-cargo-area/1214378>) A Linha de Balanço (LDB), também conhecida como diagrama espaço-tempo, é uma técnica de planejamento e controle desenvolvida para obras com ciclos de produção, aplicável no saneamento. Observe a LDB referente ao controle da execução de uma adutora de água cujo ciclo de trabalho consiste em serviços consecutivos de escavação da vala e assentamento de tubo realizados em cada trecho.

Trecho	Dia									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T7										
T6										
T5										
T4										
T3										
T2										
T1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Dia									

Fonte: Mattos (2010) apud FUNASA (2015).

Com base na LDB apresentada, é correto afirmar que:

- a execução da adutora foi dividida em catorze trechos.
- a escavação total de um trecho da vala foi realizada em sete dias.
- o assentamento de tubo foi iniciado após o intervalo de sete dias.
- o assentamento de tubo foi realizado por equipe distinta da equipe executora de escavação da vala no mesmo trecho, após o intervalo de um dia.

Fonte: A autora (2023)

### 5.2.3 Planilha de medição de tempos

As planilhas de medição dos tempos disponibilizadas inicialmente (Quadro 21) foram melhoradas, adicionando uma coluna de observações para facilitar o entendimento do que aconteceu durante a rodada (APÊNDICE I).



### **5.2.5 Padronização temporal da aplicação entre as amostras**

Além do tempo de aplicação do experimento piloto na segunda semana ter sido restrito, devido ao número de créditos da disciplina, foi identificado um problema no esquema temporal da gamificação. Julgou-se que essa diferença entre os tempos possa ter prejudicado os resultados obtidos no experimento piloto.

Ao analisar os resultados de incremento de nota entre o grupo de intervenção (RAC-LP1) e o de controle (RAC-LP2), notou-se que houve uma pequena melhoria dos níveis de consciência a respeito da ferramenta em estudo. Acredita-se que a baixa diferença nos resultados tenha ocorrido devido ao fato de que, na amostra de controle, o segundo teste foi aplicado logo na semana seguinte da aula expositiva, enquanto os alunos que participaram da amostra de intervenção só foram responder este teste uma semana após o jogo (Figura 16). Essa diferença temporal entre as aplicações dos TC2 pode ter induzido alguma variação na análise dos resultados. Dessa forma, a padronização temporal da aplicação dos instrumentos, conforme a Figura 17, foi necessária para aumentar a isonomia entre as amostras e deixar os resultados mais confiáveis.

### **5.2.6 Preparação do ambiente em linha**

Na aplicação do experimento piloto, a sala não foi organizada especialmente para a aplicação da gamificação, ficando conforme a Figura 24. Assim, por meio da observação participante, da análise do registro fotográfico (Figura 65) e da resposta da questão 2 do Questionário de Satisfação (QS), em que cerca de 41% dos alunos julgou o ambiente de gamificação apertado, foi possível identificar um problema na organização do espaço para realização do jogo.

Desta maneira, para a segunda aplicação, a autora organizou o ambiente de forma que as linhas de produções tivessem mais espaço e houvesse um fluxo contínuo para a montagem das casinhas (Figura 66).

Figura 65 – Ambiente de aplicação da pesquisa na amostra RAC-LP1



Fonte: A autora (2023)

Figura 66 – Ambiente de aplicação da pesquisa na amostra PCO-LP2



Fonte: A autora (2023)

Apesar das figuras mostrarem os mesmos conjuntos de mesas, no experimento piloto (Figura 65) havia a previsão de montagem de apenas três casas em uma mesa, sendo que as equipes deveriam se deslocar para outra mesa após o corredor, conforme Figura 24, para continuar as montagens das outras três casas. No caso da segunda aplicação (Figura 66), as mesas foram dispostas para atender a montagem das seis casas na mesma sequência do jogo, conforme a Figura 26 e a Figura 27.

### **5.2.7 Desenvolvimento do questionário de avaliação docente**

Como o experimento piloto foi aplicado numa disciplina ministrada pela orientadora deste trabalho, julgou-se, em um primeiro momento, que não era possível aplicar um questionário com o professor da disciplina, como sugere Carvalho (2012). Este julgamento se deu pelo fato da docente estar imersa no desenvolvimento da pesquisa e poder estar enviesada em suas respostas. Porém, ao realizar uma reflexão mais profunda, notou-se que esta ligação não a impediria de responder ao questionário, uma vez que muitas das melhorias para a segunda aplicação foram decorrentes da sua visão sobre a aplicação do jogo.

Já na segunda aplicação, o professor responsável pela disciplina não possuía envolvimento com a pesquisa e, por isso, o questionário para avaliar a sua percepção a respeito da pesquisa e do seu método de aplicação foi aplicado sem ressalvas.

## 5.3 SEGUNDA APLICAÇÃO

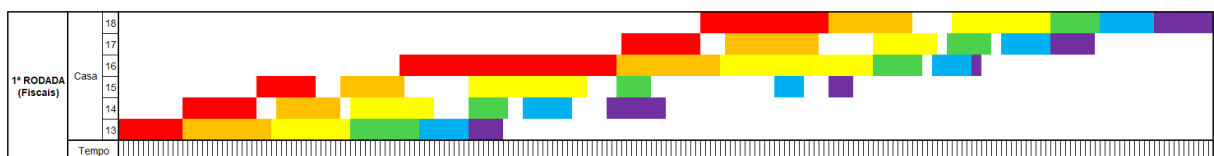
### 5.3.1 Análise dos tempos das LDB

#### 5.3.1.1 Comparação das anotações com o auxílio do vídeo

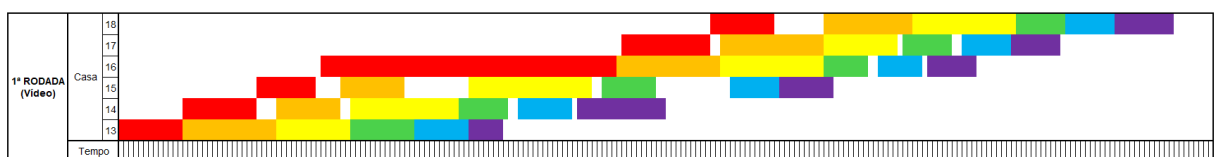
O uso do vídeo como meio de avaliação da veracidade das LDB geradas pelos alunos foi uma técnica adotada apenas na amostra PCO-LP3. A iniciativa para a gravação foi do doutorando colaborador, que também pesquisa o tema de gamificação. Após a finalização do experimento, as LDB decorrentes do vídeo foram elaboradas por ele e encaminhadas para análise nesta pesquisa.

Na primeira rodada (Figura 67), a LDB elaborada pelos alunos teve duração total de 3:41min (a), enquanto a com base no vídeo teve duração de 3:33min (b), ou seja, houve uma diferença considerável de 08s. Um exemplo da diferença entre a marcação das atividades é na cobertura da casa 03 que, na marcação de tempo dos alunos se inicia em 2:13 min e termina em 2:18 min, enquanto na marcação do vídeo esta atividade se inicia em 2:04 min e termina em 2:13 min. Além da diferença de tempo de execução de quase o dobro de segundos no vídeo, a marcação dos alunos considera que a atividade começou quando ela, na verdade, terminou.

Figura 67 – Comparação das LDB da primeira rodada do jogo (PCO-LP3)



(a) Gerada pelas anotações dos alunos



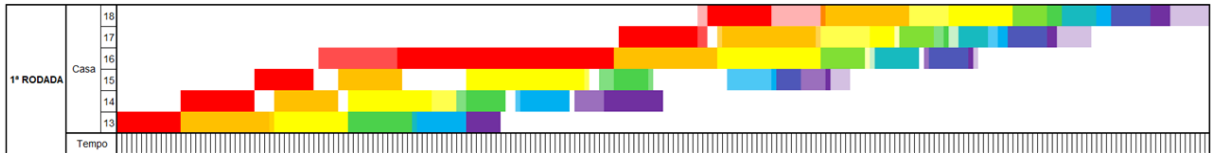
(b) Gerada pelo vídeo

Fonte: Elaborado pelos alunos, pela autora e pelo doutorando colaborador (2023)

Para facilitar a análise foi realizada pela pesquisadora a sobreposição dos dois gráficos (Figura 68), e, com ela, foi possível notar diferenças nos tempos de início e fim em todas as atividades. Por meio da sobreposição, foi possível verificar a existência de atividades “fantasma” (identificadas de forma mais clara), o que ressalta

a diferença entre ambas as marcações de tempos. Esta técnica de sobreposição será utilizada em todas as rodadas.

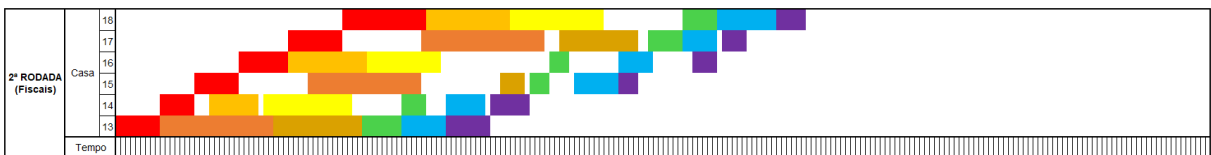
Figura 68 – Sobreposição das LDB da primeira rodada geradas pelas anotações dos alunos e por meio do vídeo (PCO-LP3)



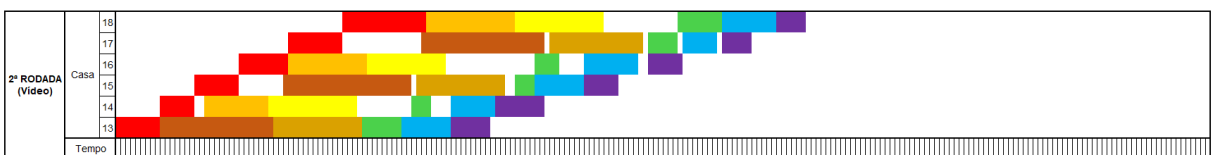
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Já na segunda rodada (Figura 69), tanto a LDB elaborada pelos alunos (a), quanto a com base no vídeo (b), tiveram duração total de 2:19min, ou seja, não houve diferença no tempo final. Mas houve diferenças na representação das atividades realizadas, como por exemplo na montagem da alvenaria na casa 03 que, na marcação de tempo dos alunos se inicia em 1:18 min e termina em 1:22 min, enquanto na marcação do vídeo esta atividade se inicia em 1:01 min e termina em 1:18 min. Além da diferença de tempo de execução de mais de quatro vezes no vídeo, a marcação dos alunos considera, assim como no exemplo da rodada anterior, que a atividade começou quando ela, na verdade, terminou.

Figura 69 – Comparação das LDB da segunda rodada do jogo (PCO-LP3)



(a) Gerada pelas anotações dos alunos

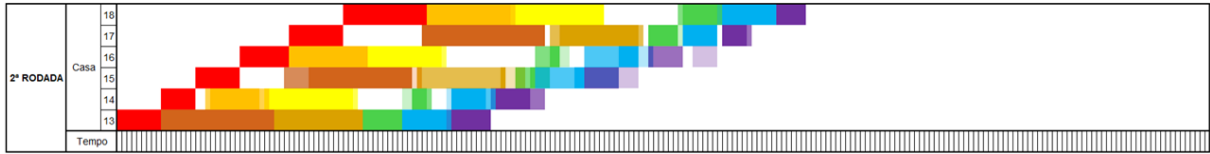


(b) Gerada pelo vídeo

Fonte: Elaborado pelos alunos, pela autora e pelo doutorando colaborador (2023)

Assim, com o auxílio da sobreposição dos dois gráficos (Figura 70), como na rodada anterior, foi possível notar diferenças nos tempos de início e fim em todas as atividades.

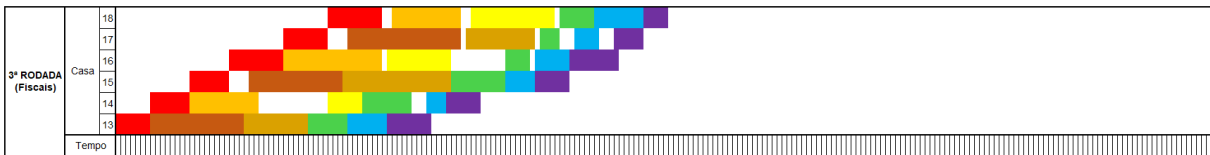
Figura 70 – Sobreposição das LDB da segunda rodada geradas pelas anotações dos alunos e por meio do vídeo (PCO-LP3)



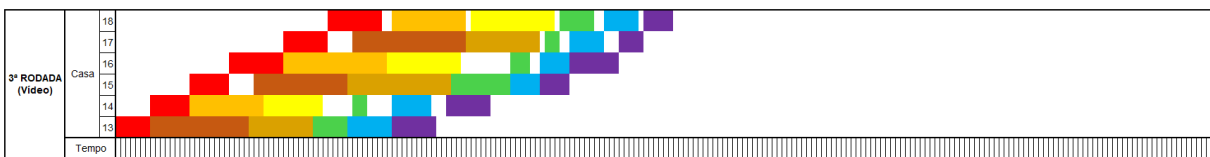
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Por fim, na terceira rodada (Figura 71), a diferença foi de apenas 01s, sendo que a LDB elaborada pelos alunos (a) teve duração total de 1:51min, enquanto a com base no vídeo (b) teve duração de 1:52min. Mas houve diferenças na representação das atividades realizadas, como por exemplo na montagem da alvenaria na casa 02 que, na marcação de tempo dos alunos se inicia em 00:43 min e termina em 00:49 min, enquanto na marcação do vídeo esta atividade se inicia em 00:30 min e termina em 00:41 min. Além da diferença de tempo de execução de quase o dobro de segundos no vídeo, a marcação dos alunos considera que a atividade começou dois segundos após o seu término.

Figura 71 – Comparação das LDB da terceira rodada do jogo (PCO-LP3)



(a) Gerada pelas anotações dos alunos

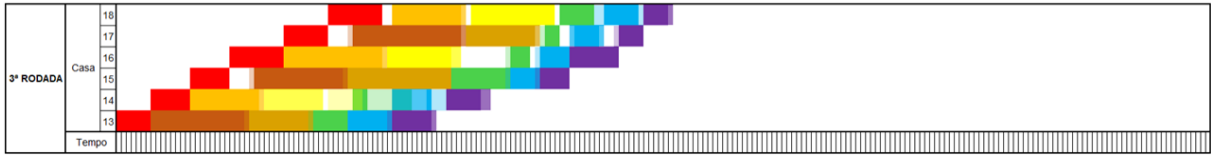


(b) Gerada pelo vídeo

Fonte: Elaborado pelos alunos, pela autora e pelo doutorando colaborador (2023)

Assim como nas rodadas anteriores, foi possível notar diferenças nos tempos de início e fim em todas as atividades por meio do auxílio da sobreposição dos dois gráficos (Figura 72).

Figura 72 – Sobreposição das LDB da terceira rodada geradas pelas anotações dos alunos e por meio do vídeo (PCO-LP3)



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para facilitar o entendimento da comparação, os tempos finais de cada rodada foram organizados e tabelados, conforme Quadro 22.

Quadro 22 – Diferença entre o tempo total de PCO-LP3 marcado pelos alunos e gravado de acordo com a rodada

Rodada	Tempo (min)		Diferença (%)
	PCO-LP3	Gravação	
1ª	3:41	3:33	-3,62
2ª	2:19	2:19	0,00
3ª	1:51	1:52	+0,90

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Ficou claro que, em todas as rodadas da amostra PCO-LP3, houve divergência entre a anotação dos alunos e o real (vídeo). Porém, conforme as rodadas passaram, essa discrepância diminuiu. Isso pode ser entendido como uma maior atenção por parte dos estudantes que estavam anotando o tempo, já que foram percebidos problemas durante a montagem conjunta das LDB. Ademais, é importante ressaltar que, conforme o Quadro 22, a diferença dos tempos totais foi mínima em cada rodada, sendo de -3,62% na primeira, +0,90% na última e até mesmo nula na segunda. É importante ressaltar também que, na comparação das anotações entre PCO-LP3 e as gravações, apesar das grandes diferenças de tempo no decorrer do jogo, o tempo total foi similar em todas as três representações da LDB.

Assim, aliado à observação participante durante a aplicação e à análise das sobreposições das LDB, é possível afirmar que a marcação dos tempos das rodadas é a maior dificuldade dentro do jogo, devido ao curto tempo de execução das atividades e à falta de treinamento dos operadores com o cronômetro.

### 5.3.1.2 Análise dos tempos das três linhas de produção

Para facilitar as análises, os tempos de cada linha de produção (LP) foram apropriados e tabelados, conforme Quadro 23.

Quadro 23 – Comparativo dos tempos entre as linhas de produção

Rodada	Tempo de acordo com a amostra (min)			
	<u>PCO-LP1</u>	<u>PCO-LP2</u>	<u>PCO-LP3</u>	<u>PCO-LP3 (gravação)</u>
1ª	3:42	3:22	3:41	3:33
2ª	2:26	2:15	2:19	2:19
3ª	1:56	2:10	1:51	1:52
<b>Redução de tempo</b>	47,75%	35,64%	49,77%	47,42%

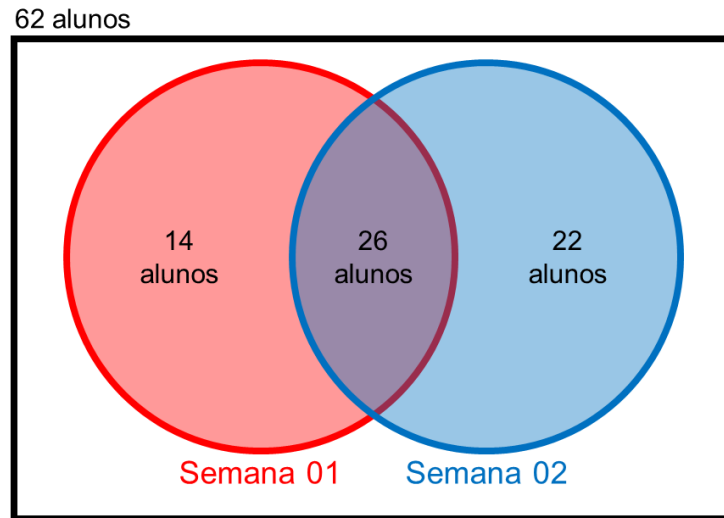
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Por meio da observação das LDB produzidas nas três LPs e na gravação, é possível observar que o tempo de montagem entre elas foi bastante semelhante nas três rodadas. Ademais, independente das estratégias adotadas, as reduções totais dos tempos foram entre 35% e 50%, ou seja, consideráveis.

### 5.3.2 Análise geral dos resultados

No total dos dois dias de aplicação, participaram 62 alunos da disciplina de Planejamento e Controle de Obras (PCO). Destes, 40 participaram da primeira semana e 48 da segunda, porém, apenas 26 participaram de todo o processo. Essa diferença de presença foi percebida depois e atribuída à existência de um feriado nacional próximo aos dias do experimento. Sendo assim, apenas os testes dos estudantes que participaram das aulas nas duas semanas do experimento foram considerados. Para entender melhor essa distribuição, foi elaborado o Diagrama de Venn representado na Figura 73.

Figura 73 – Diagrama de Venn da participação dos alunos conforme a semana



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Do total, 18 alunos foram escolhidos para o grupo de intervenção, sendo 9 para cada linha de produção (PCO-LP1 e PCO-LP2) e 8 para o grupo de controle (PCO-LP3). Esta diferença no tamanho das amostras se deu principalmente pelo fato de que a divisão foi feita de forma aleatória, conforme sugerem Rossi, Lipsey e Freeman (2004). Outros alunos participaram do experimento do jogo, atuando para completar as equipes de especialistas e de medição, sendo que inicialmente eram necessários 12 alunos. Depois foram acrescentados às equipes especialistas mais dois integrantes (PCO-LP3) ou seis participantes (PCO-LP1 e PCO-LP2).

Sendo assim, os alunos que fizeram parte de todo o processo em cada amostra só foram identificados na etapa de análise. Todos os alunos considerados foram identificados por números de 1 a 26 para que fosse possível acompanhar as suas métricas sem que houvesse identificação. Em relação às notas obtidas nos testes, foi realizada uma classificação em três níveis: A, B e C (Quadro 24). A quantidade de notas classificadas em cada nível pode ser observada também no Quadro 24.

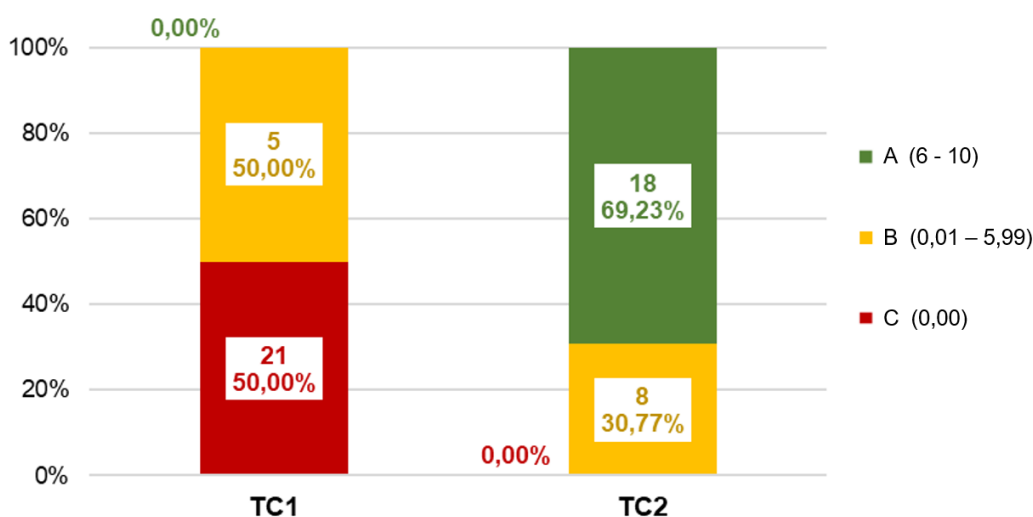
Quadro 24 – Divisão de notas de acordo com o nível e quantidade de alunos por classe (segunda aplicação)

Nível	Nota	Qtde.	TC1	Qtde.	TC2
A	6 – 10	00	0,00%	18	69,23%
B	0,01 – 5,99	13	50,00%	08	30,77%
C	0,00	13	50,00%	00	0,00%

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Após avaliação das notas obtidas no TC1, observou-se que metade dos alunos estavam no nível B de pontuação, enquanto os demais não pontuaram, ou seja, estavam no nível C. Ainda, dos que não pontuaram, nove alunos deixaram o teste completamente em branco, enquanto quatro responderam uma ou três questões, mas erraram. Já a nota dos alunos após o TC2 mostrou que mais de dois terços dos alunos (69,23%) estava no nível A e os demais (30,77%) estavam no nível B, ou seja, neste segundo teste, nenhum aluno zerou. De uma forma geral, acredita-se que a realização da atividade serviu de motivação aos estudantes para responderem também ao TC2. Esta comparação pode ser vista no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Divisão dos níveis de nota de TC1 e TC2 (segunda aplicação)



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

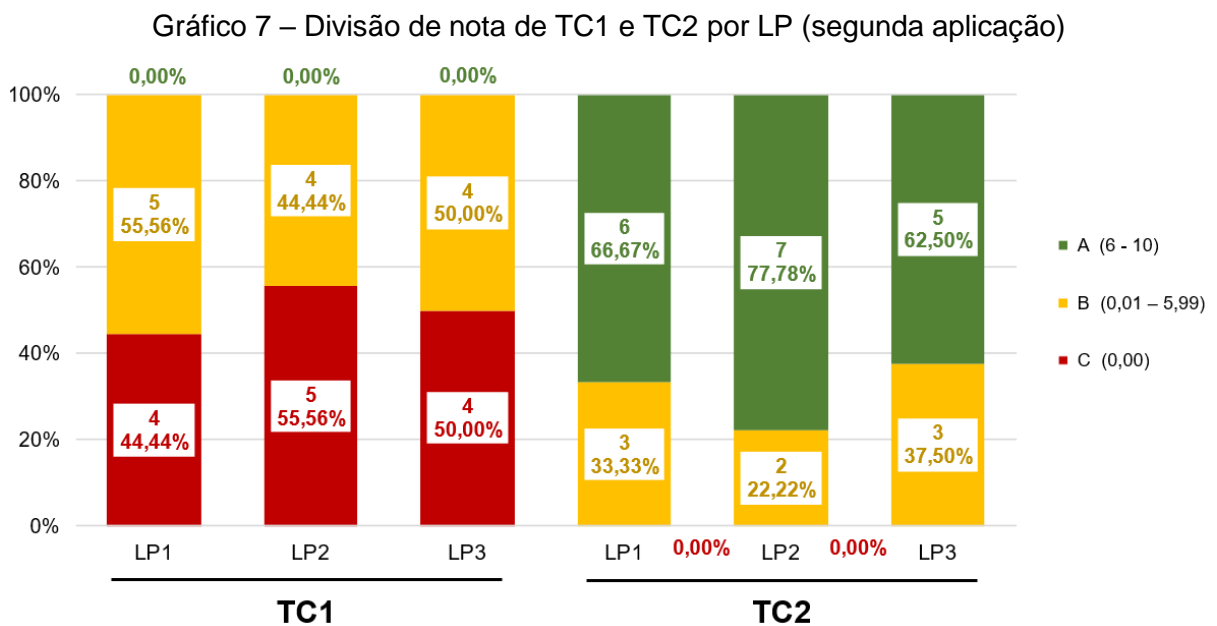
Além da análise geral do desempenho dos alunos, foi realizada também a análise por amostra ou Linha de Produção (LP), conforme o Quadro 25. Nele, é possível identificar que houve uma melhoria geral nos resultados dos testes, independente da amostra.

Quadro 25 – Divisão de notas de acordo com o nível e quantidade de alunos por linha de produção

Nível	Nota	PCO-LP1 e PCO-LP2				PCO-LP3			
		TC1	Qtde.	TC2	Qtde.	TC1	Qtde.	TC2	Qtde.
A	6 – 10	0,00%	00	72,22%	13	0,00%	00	62,50%	05
B	0,01 – 5,99	16,67%	09	27,78%	05	25,00%	04	37,50%	03
C	0,00	83,33%	09	0,00%	00	75,00%	04	0,00%	00

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Ademais, por meio do auxílio do Gráfico 7, é possível compreender que a proporção das notas em TC1 é semelhante para ambas as amostras, enquanto para TC2 as proporções das amostras de intervenção (PCO-LP1 e PCO-LP2) são melhores do que na amostra de controle (PCO-LP3). Ressalta-se que o TC2 foi realizado antes da atividade de gamificação com os alunos da PCO-LP3, apesar destes terem também sido observados em relação às estratégias de elaboração da LDB.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

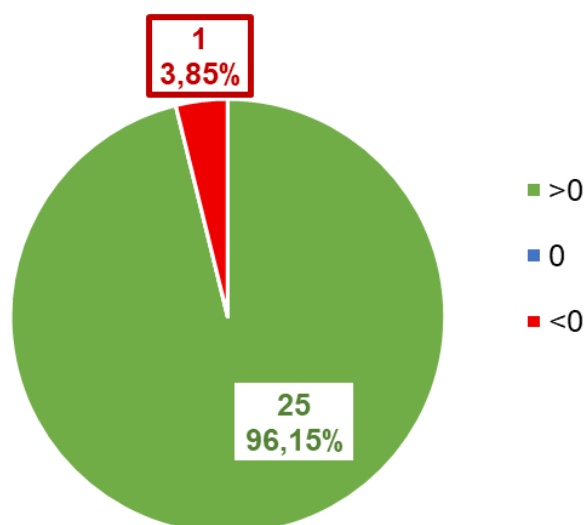
Quando avaliada a diferença de nota entre os testes (Quadro 26), apenas um aluno teve desempenho inferior, enquanto os demais obtiveram um desempenho melhor, conforme porcentagens representadas no Gráfico 8. Os alunos referentes ao grupo de controle (PCO-LP3) estão destacados em fundo cinza.

Quadro 26 – Diferença entre as notas dos testes (segunda aplicação)

Nº	TC1	TC2	Incremento de nota	LP
1	5,63	5,07	-0,56	3
2	3,75	7,36	3,61	3
3	0,00	6,32	6,32	3
4	0,00	5,28	5,28	1
5	0,00	7,36	7,36	2
6	1,67	7,08	5,42	3
7	5,63	7,22	1,60	1
8	3,33	5,69	2,36	1
9	3,75	7,15	3,40	2
10	1,67	9,44	7,78	1
11	1,25	5,97	4,72	2
12	0,83	7,22	6,39	2
13	0,00	6,60	6,60	3
14	0,00	8,06	8,06	1
15	0,00	6,39	6,39	2
16	0,00	4,65	4,65	3
17	0,21	8,19	7,99	1
18	0,00	6,39	6,39	2
19	0,00	5,63	5,63	2
20	0,00	7,15	7,15	1
21	0,83	7,64	6,81	3
22	1,67	8,26	6,60	2
23	0,00	7,15	7,15	2
24	0,00	5,56	5,56	1
25	0,83	7,36	6,53	1
26	0,00	5,07	5,07	3

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Gráfico 8 – Incremento de notas entre TC1 e TC2 (segunda aplicação)



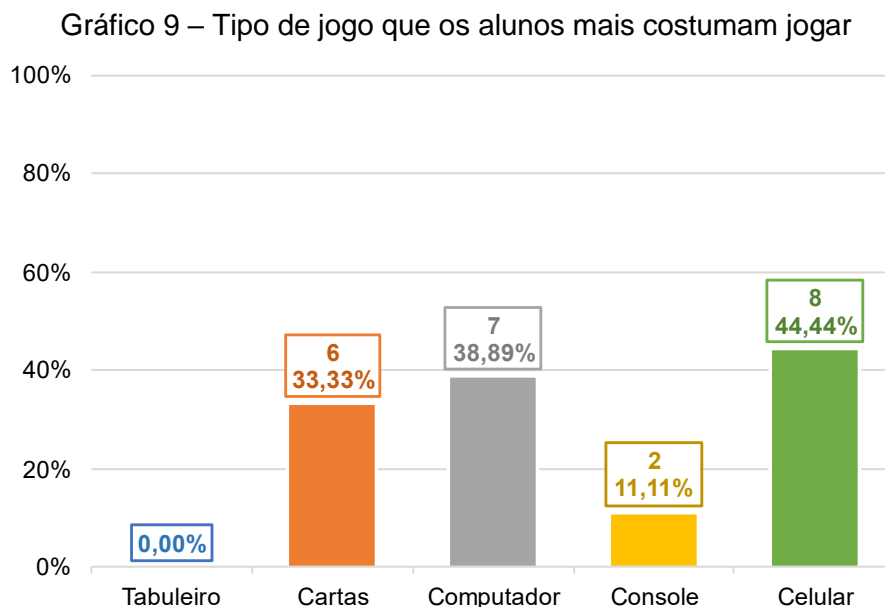
Fonte: Elaborado pela autora (2023)

É importante lembrar que, para aumentar a confiabilidade dos resultados dos testes, houve a orientação para que os alunos não respondessem questões que não tivessem certeza. Dessa forma, era esperado que, no TC1, as notas fossem mais baixas e que a quantidade de questões em branco fosse alta. Assim, cerca de 77% das questões estavam em branco. Já no TC2, como os alunos já haviam passado pelo experimento, a quantidade de respostas em branco esperadas era bem menor, o que também se concretizou, com apenas 17% de questões sem resposta.

Para um melhor entendimento, as descrições das perguntas podem ser observadas no APÊNDICE B e no APÊNDICE D. As tabelas resumo das respostas do TC1 e do TC2 se encontram no APÊNDICE J (Quadro 27 a Quadro 29) deste trabalho.

### 5.3.2.1 Questionário de Motivação

O Questionário de Motivação (QM) foi aplicado, primeiramente, com o intuito de aferir se o jogo está inserido no dia a dia dos participantes. Assim, de acordo com as respostas da questão 1, mais de 77% dos alunos têm o jogo inserido no seu cotidiano e, quando perguntados qual o tipo que eles mais jogam (questão 2), os de celular e computador são os mais comuns (Gráfico 9).



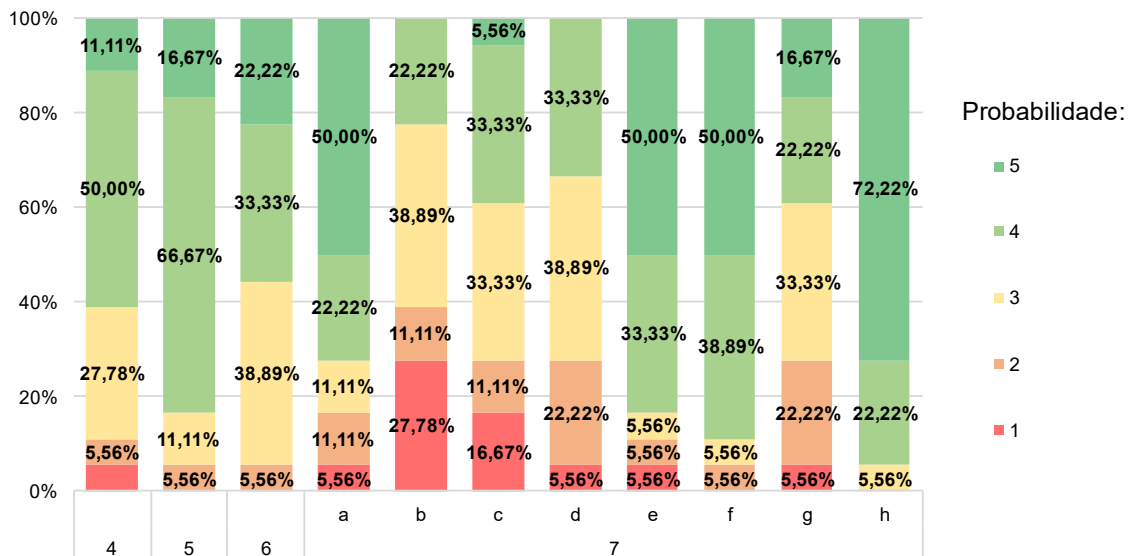
Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Para entender melhor as preferências dos participantes da pesquisa, eles foram questionados a respeito de qual jogo gastavam mais tempo (questão 3). Nessa

questão as respostas foram bem diversas, mas o jogo *League of Legends*, para computador, e o truco, de cartas, foram os mais citados. Observou-se que nenhum deles apresentou relação com o jogo proposto por este estudo.

A partir da questão 4, o QM utilizou a escala *Likert* para avaliar as habilidades necessárias ao jogo e o motivo pelo qual os participantes jogam. Assim, os alunos deveriam avaliar as proposições de (1), “nem um pouco provável”, a (5), “extremamente provável”. Quanto às habilidades necessárias ao jogo, pouco mais da metade (61,11%) se considerava bom em jogos de agilidade (questão 4), a maior parte dos alunos (83,33%) se considerava bom em jogos de raciocínio (questão 5) e cerca de metade (55,56%) se considerava bom em jogos de montar e encaixar (questão 6). Por fim, os alunos consideraram que “se divertir” (94,44% – questão 7h), “liberar o stress” (83,33% – questão 7e) e “sair do tédio” (88,89% – questão 7f) como seus maiores motivos para jogar. Estas relações podem ser vistas no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Probabilidade das características e das motivações para jogar



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Para um melhor entendimento, as descrições das perguntas podem ser observadas no APÊNDICE C. A tabela resumo das respostas do QM se encontra no APÊNDICE J (Quadro 30) deste trabalho.

### 5.3.2.2 *Questionário de Satisfação*

Ao final de todo o processo, foi aplicado o Questionário de Satisfação (QS). Por meio dele, foi observado que os alunos saíram satisfeitos com o jogo, pois apenas três o consideraram muito longo, porém, ainda assim, o acharam interessante (questão 1). Somente um aluno (número 8) considerou o jogo chato (questão 1), mas que, no entanto, o ajudou a aprender algo novo (questão 7). De uma maneira geral, mais de 70% consideraram o jogo útil, interessante e esclarecedor.

Em relação ao ambiente escolhido (questão 2), mais da metade (55,56%) o considerou apertado, mas também adequado ao jogo (55,56%) e apenas um aluno o julgou somente como pequeno demais. Já quanto às peças utilizadas (questão 3), apenas dois alunos as pontuaram como pequenas demais, dois as classificaram como indiferente e o restante as consideraram de fácil encaixe.

Ainda em relação aos resultados do QS, a grande maioria dos alunos julgou de forma positiva a divisão das equipes (questão 4), a explicação das regras do jogo (questão 5), a apresentação da aula expositiva (questão 11), além de considerarem que o jogo o ajudou a compreender o assunto discutido (questão 6). No que diz respeito especificamente à avaliação do jogo (questão 8), cerca de 90% consideraram que este método de ensino “é uma forma de fixar o que já aprendeu em outras ocasiões”, “é uma alternativa de educação e treinamento” e que “proporciona uma ligação entre teoria e prática”.

É importante ressaltar que apenas um aluno já havia tido experiência com jogos como método de ensino numa aula de Biologia do ensino médio (questão 9). Ademais, a aplicação desta pesquisa foi o primeiro contato de todos os alunos com a ferramenta de Linha de Balanço (questão 10) e todos eles consideraram a possibilidade de usar o conhecimento adquirido, pela aula ou pelo jogo, no futuro da profissão (questão 12).

Para um melhor entendimento, as descrições das perguntas podem ser observadas no APÊNDICE E. A tabela resumo das respostas do QS se encontra no APÊNDICE J (Quadro 31 e Quadro 32) deste trabalho.

### 5.3.2.3 *Questionário de Avaliação Docente*

O Questionário de Avaliação Docente (QD) foi aplicado com o intuito de entender a percepção do docente responsável pela disciplina em relação ao método

de ensino tradicional, aliado à gamificação. Como já citado no tópico 5.2.7 Desenvolvimento do questionário de avaliação docente, a opinião da docente da disciplina de Racionalização Construtiva (RAC) foi de extrema importância para a segunda aplicação. Isso ocorreu pois foi devido a sua visão sobre o experimento piloto que muitas melhorias foram implementadas para a segunda aplicação.

Os docentes das duas disciplinas selecionadas para a aplicação desta pesquisa concordaram que as instruções ao jogo foram satisfatórias (questão 1), acreditaram que o jogo ajudou os estudantes a compreenderem melhor a ferramenta abordada (questão 2) e que o jogo aumentou a motivação e o engajamento dos participantes (questão 3). Ambos também julgaram o método como eficaz de uma forma geral (questão 5). Por fim, os dois docentes consideraram aplicar o Jogo da Linha de Balanço futuramente (questão 7), mas discordaram quanto à facilidade de aplicação, sendo que a docente de RAC considerou a atividade como trabalhosa e demorada, enquanto o docente de PCO a considerou simples e rápida (questão 6).

Para um melhor entendimento, as descrições das perguntas podem ser observadas no APÊNDICE F. A tabela resumo das respostas do QD se encontra no APÊNDICE J (Quadro 33) deste trabalho.

### **5.3.3 Análise estatística dos resultados**

Para uma análise mais profunda, foi realizada uma análise estatística dos resultados obtidos. Esta análise, descrita nos tópicos a seguir, está dividida em duas etapas: entre os alunos que participaram de amostras diferentes e entre os que participaram da amostra de intervenção.

#### *5.3.3.1 Análise estatística entre os grupos de controle e intervenção*

Para esta análise foram geradas duas hipóteses, explicitadas anteriormente, mas também apresentadas a seguir:

$H_0$  = As medianas das notas de controle e intervenção não diferem

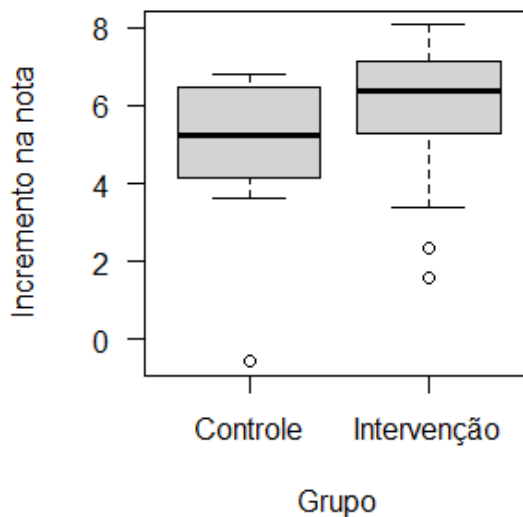
$H_1$  = A mediana das notas de intervenção é maior que a mediana de controle

Ao ocorrer a validação de  $H_1$ , pode-se concluir que a hipótese estatística de que os alunos que participaram da aplicação completa do método, com a gamificação

auxiliando às aulas expositivas (grupo de intervenção), obtiveram melhor desempenho em relação aos demais (grupo de controle). Assim, o uso do jogo poderá ser considerado como um método de ensino alternativo promissor. Caso ocorra a validação de  $H_0$ , os dados podem indicar que não houve diferença no aprendizado decorrente da gamificação.

Aplicando o teste não paramétrico de Wilcoxon (estatística U), encontrou-se  $U=45,5$  e  $p\text{-valor} = 0,074$ . Sendo assim, para um nível de confiança de 90%, pode-se assumir que a mediana das notas do grupo de intervenção (PCO-LP1 e PCO-LP2) é estatisticamente maior que a mediana das notas do grupo de controle (PCO-LP3), conforme exposto no *boxplot* representado na Figura 74.

Figura 74 – *Boxplots* das notas dos grupos de intervenção e controle



Fonte: A autora (2024)

Também foi realizada uma análise estatística desconsiderando os valores atípicos, consideravelmente abaixo do grupo mais comum de notas, ou *outliers*, caracterizados pelas circunferências na Figura 74. Porém, os resultados apresentados não se alteraram.

### 5.3.3.2 Análise estatística da influência das variáveis independentes

Como ressaltado no capítulo 3 MÉTODO DE PESQUISA, por meio do cruzamento das respostas do Questionário de Motivação (QM) e de Satisfação (QS) com os incrementos de nota, foi possível realizar uma segunda análise, apenas com o grupo de intervenção. Considerando as variáveis independentes apresentadas na

Tabela 1, foi gerado um modelo de regressão múltipla, tomando todas as variáveis independentes e suas interações, gerando um modelo completo apresentado na Tabela 2.

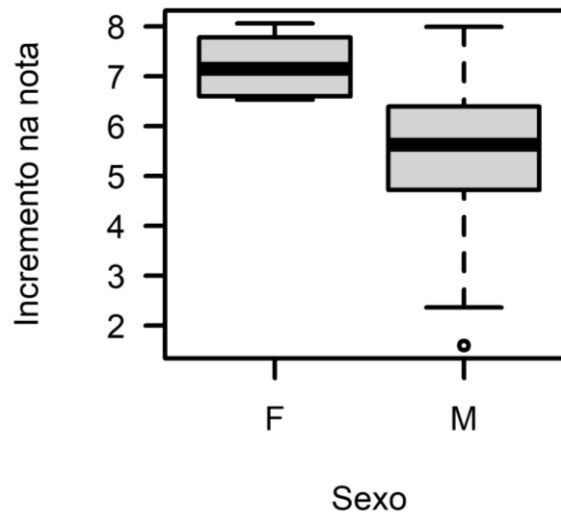
Tabela 2 – Resultados da modelo de regressão múltipla

Variáveis Independentes	gl	F	p-valor
Idade	1	0,199	0,67402
<b>Sexo</b>	<b>1</b>	<b>7,189</b>	<b>0,04376</b>
Jogos no cotidiano	1	0,025	0,87954
<b>Identificação visual</b>	<b>1</b>	<b>7,891</b>	<b>0,03759</b>
Habilidade	2	1,229	0,36811
Motivação	1	0,959	0,37231
Idade: Sexo	1	1,047	0,35314
Sexo: Jogos no cotidiano	1	0,995	0,36435
Sexo: Habilidade	1	0,559	0,48833
<b>Idade: Motivação</b>	<b>1</b>	<b>4,352</b>	<b>0,09136</b>
Idade: Habilidade	1	0,038	0,85348
Resíduos	5		

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

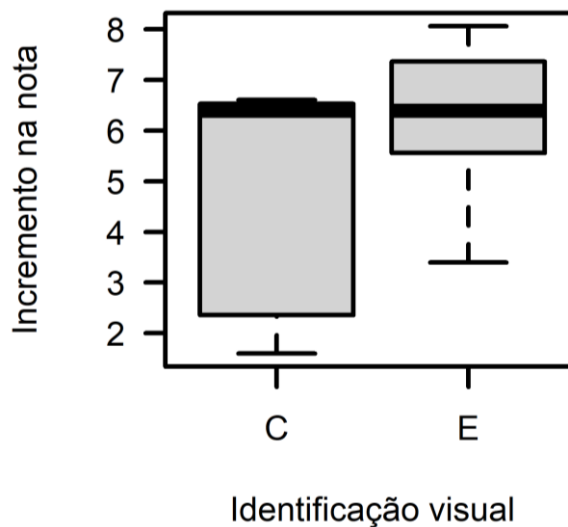
As variáveis que apresentaram interferência significativa na análise estatística estão destacadas a seguir.

- **Sexo:** as mulheres apresentaram incremento de nota mais significativo do que o dos homens ( $\bar{x}_F = 7,22$  e  $\text{mediana}_F = 7,15$ ;  $\bar{x}_M = 5,40$  e  $\text{mediana}_M = 5,63$ ). Esta relação pode ser verificada na Figura 75, em que a mediana (linha em negrito) dos participantes do sexo feminino (F), cinco no grupo de intervenção, está consideravelmente acima da mediana dos participantes do sexo masculino (M), 13 no grupo de intervenção;

Figura 75 – *Boxplot* da relação incremento da nota e sexo

Fonte: A autora (2024)

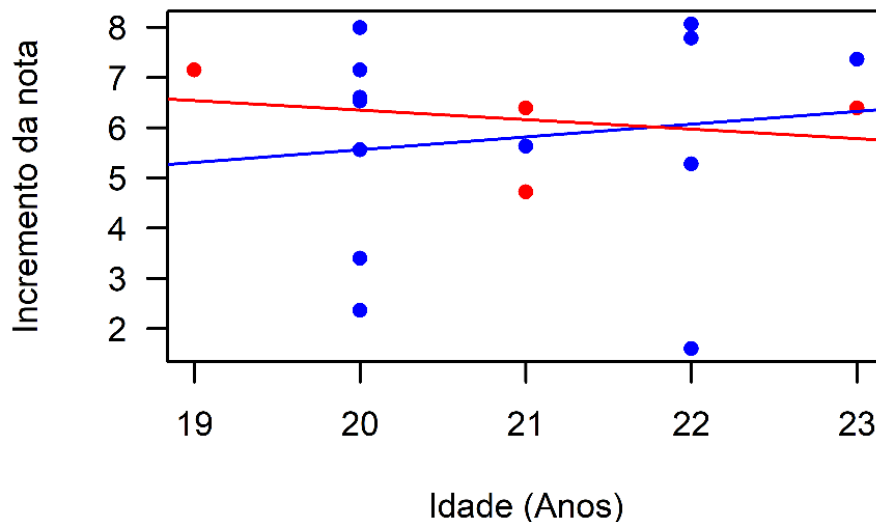
• Identificação visual: curiosamente, os sete alunos que identificaram visualmente a LDB na primeira questão do TC1 (C), obtiveram menor incremento de nota do que os 19 que não identificaram (E) ( $\bar{x}_E = 6,37$  e  $\text{mediana}_E = 6,39$ ;  $\bar{x}_C = 4,70$  e  $\text{mediana}_C = 6,39$ ). Esta relação pode ser verificada na Figura 76, em que, apesar das medianas (linha em negrito) estarem iguais, os valores centrais daqueles que acertaram a primeira questão, estão relativamente abaixo do que os valores centrais dos que erraram;

Figura 76 – *Boxplot* da relação incremento da nota e identificação visual

Fonte: A autora (2024)

• Idade:Motivação: o incremento da nota está positivamente relacionado com o aumento da idade para os 14 estudantes positivamente motivados (azul). Pode-se supor que os estudantes mais amadurecidos tenham maior comprometimento com a atividade, mesmo que ela não interfira na sua aprovação na disciplina. Por outro lado, parece existir uma relação inversa para os quatro estudantes com motivação neutra (vermelho). Contudo, é necessário destacar que existem poucas observações para os estudantes com motivação neutra, o que pode ter afetado os resultados obtidos. Estas relações podem ser observadas na Figura 77. Não houve estudantes com motivação considerada negativa.

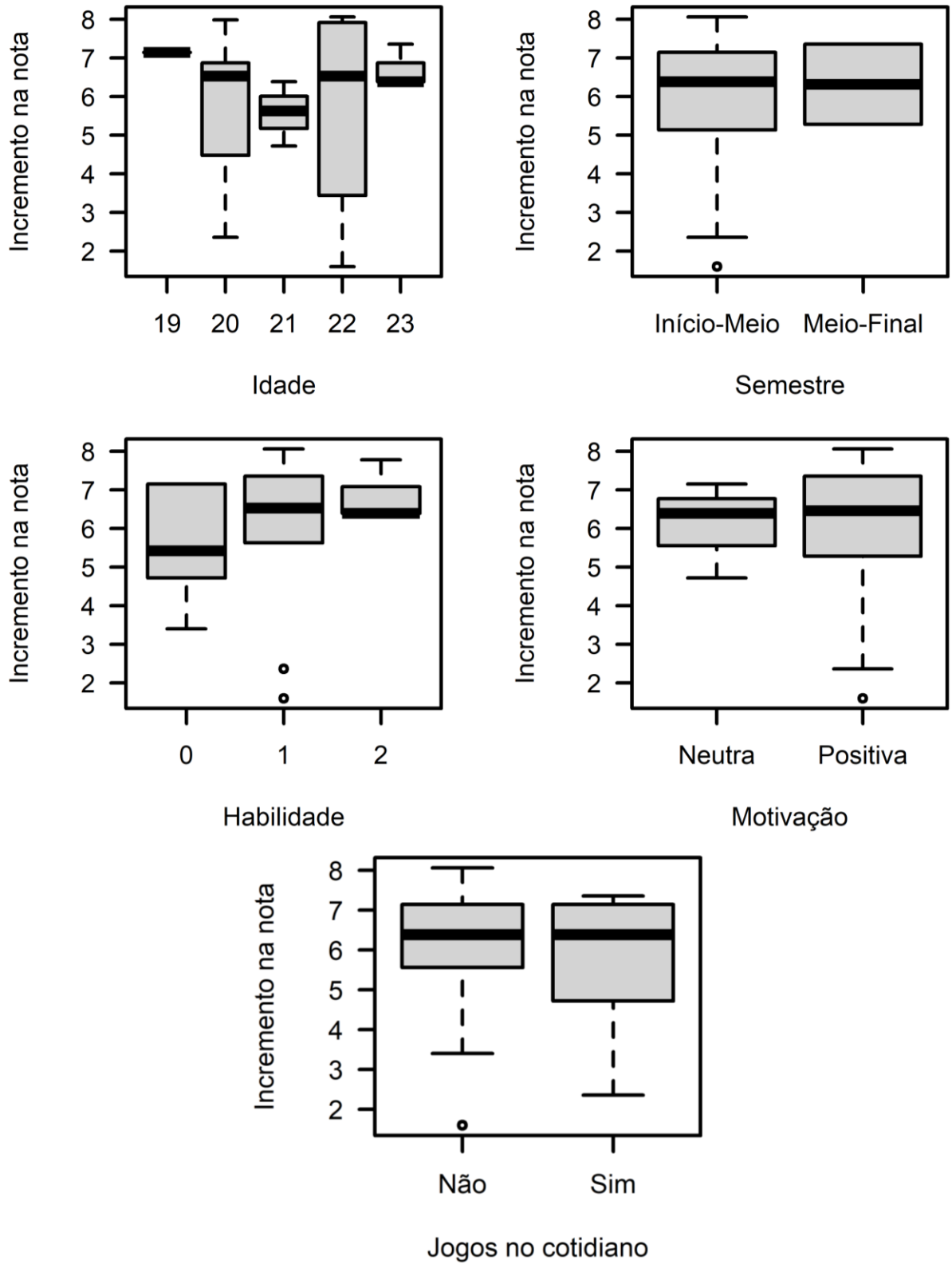
Figura 77 – Dispersão do efeito da interação Idade:Motivação sobre o desempenho dos estudantes



Fonte: A autora (2024)

As demais interações não geraram interferência nos resultados, o que pode ser facilmente visualizado conforme os *boxplots* representados na Figura 78. Apesar de, em algumas interações (Idade e Habilidade) parecer haver diferença, ela não é considerável devido à variabilidade dos dados.

Figura 78 – *Boxplots* das relações entre o incremento da nota e as variáveis independentes sem interferência no resultado



Fonte: A autora (2024)

Assim, para um nível de confiança de 90%, apenas as variáveis “Sexo”, “Identificação visual” e a interação “Idade:Motivação” apresentaram efeito significativo sobre o incremento na nota. Na primeira variável as mulheres apresentaram maior incremento do que os homens. Na segunda, curiosamente, aqueles que identificaram visualmente a ferramenta de LDB tiveram menor incremento. Por fim, na terceira variável, quanto maior a idade, para uma motivação positiva, maior o incremento.

#### **5.4 RECOMENDAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DE UM NOVO EXPERIMENTO**

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, diversas dificuldades foram enfrentadas devido ao tema principal da gamificação no ensino de engenharia não apresentar diretrizes voltadas para sua aplicação prática em sala de aula. Trata-se de um tema emergente, com várias possibilidades de abordagem, mas verificou-se que várias orientações de apoio ao docente responsável pela atividade de gamificação estavam incompletas. Com isso, notou-se a necessidade de elaboração de um procedimento padrão para a reprodução dessa pesquisa em específico.

Portanto, foi elaborado um fluxograma que sintetiza o processo de aplicação do Protocolo Gama de Carvalho (2012) associado ao grupo de controle e direcionado para o jogo da Linha de Balanço, de primeira geração, proposto por Miron *et al.* (2018), conforme aplicado nesta pesquisa. A proposição desse fluxograma visa auxiliar os docentes na implementação da gamificação em sala de aula ou numa atividade extracurricular.

É importante destacar que o fluxograma apresenta diretrizes genéricas para orientar os professores na estruturação do método, permitindo que suas etapas sigam as recomendações propostas por Carvalho (2012), além das observadas nesta pesquisa. Para subsidiar a reflexão, o fluxograma proposto apresenta explicações para cada etapa e alguns itens a serem considerados, fundamentadas na experiência obtida durante a execução desta pesquisa. Assim, acredita-se que o uso desta ferramenta contribuirá significativamente para o avanço do conhecimento na temática abordada.

A seguir, apresenta-se na Figura 79 o fluxograma proposto, destinado a servir de suporte na etapa de estruturação do método de experimentação. Posteriormente, as etapas do fluxograma são descritas detalhadamente, visando auxiliar os docentes em sua aplicação.

Figura 79 – Fluxograma de estruturação do método de experimentação do Protocolo Gama de Carvalho (2012), associado ao jogo da Linha de Balanço proposto por Miron *et al.* (2018)



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para desenvolver a atividade de gamificação, é necessário seguir alguns procedimentos e sequências consideradas como fundamentais. A seguir, essas orientações serão apresentadas e descritas brevemente, acompanhadas de algumas explicações que visam simplificar a aplicação do método.

#### **5.4.1 Definições**

Nesta etapa devem ser definidos os objetivos a serem alcançados com a atividade, além de realizar a delimitação do escopo e tema de investigação.

A definição do jogo deve ser analisada nesse momento, observando a modalidade de aplicação (remota, virtual ou presencial). Também devem ser decididos o planejamento estratégico da gamificação, considerando os recursos necessários (infraestrutura, apoio e materiais) e as etapas pedagógicas de avaliação.

A definição do público-alvo deve ocorrer após a determinação dos objetivos da pesquisa, permitindo, assim, a identificação do grupo de pessoas que será contemplado pela investigação. No caso específico, os participantes foram os estudantes de graduação em Engenharia Civil da UFSCar matriculados em duas disciplinas que tratavam do assunto objeto da gamificação. Nesta etapa, é desejado garantir que o método contemple a maior amostra possível. Ademais, é essencial promover meios para incentivar que o público-alvo tenha interesse em participar e colaborar, a fim de garantir respostas mais assertivas e em maior quantidade.

Os critérios são os fatores relevantes que influenciam diretamente no problema específico, no caso, a investigação quanto aos benefícios avaliados na gamificação. Por exemplo, desempenho acadêmico (obtenção de conhecimentos refletidos em notas) e engajamento (participação ativa na atividade). A necessidade de subcritérios pode ocorrer caso os critérios se tornem extremamente complexos para determinação, exigindo a divisão em itens que se relacionam ao mesmo contexto e que não devem ser muitos.

#### **5.4.2 Preparação da coleta de dados**

Nesta etapa, devem ser definidos e preparados os instrumentos de coleta de dados para alimentar as análises subsequentes.

Para este trabalho, optou-se por utilizar cinco questionários diferentes, conforme protocolo proposto por Carvalho (2012), sendo: dois testes de conhecimento (TC1 e TC2), um Questionário de Motivação (QM), um de Satisfação (QS), aplicados com os alunos participantes, além de um aplicado com o Docente da disciplina (QD). A forma de aplicação da atividade de gamificação poderá induzir para que os questionários possam ser elaborados e respondidos de forma física ou digital. No caso específico, como forma de não gerar problemas no acesso e na participação dos alunos, as coletas de dados foram realizadas de forma física. Então, os instrumentos foram impressos na quantidade correspondente ao número de alunos matriculados nas disciplinas, acrescido de algumas cópias extras para os docentes e a pesquisadora. Porém, caso haja segurança no uso da internet, podem ser usadas ferramentas gratuitas, como o *Google Forms*, a fim de facilitar o processo de coleta dos dados.

A etapa seguinte é a de caracterização dos participantes com perguntas estratégicas e pertinentes à pesquisa, que contribuirão na análise dos resultados. No caso desta pesquisa, alguns dados foram coletados juntamente com o Questionário de Motivação.

É importante que os questionários e entrevistas, quando for o caso, atendam aos princípios éticos de pesquisa com seres humanos. Em caso de pesquisa com seres humanos é necessário submeter o plano de pesquisa a um Comitê de Ética, antes da sua implementação. Deve ser preparado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – APÊNDICE A), conforme o comitê de cada instituição, para resposta dos participantes antes da gamificação. Nessa oportunidade devem ser informados o objetivo da atividade e os riscos aos participantes, caso haja. Neste caso, foi preparado um questionário *online* para que o estudante possa ler o TCLE e assinalar sua concordância com a pesquisa.

Também deve ser garantida a participação seja voluntária na atividade, mesmo que esteja inserida no contexto de disciplinas obrigatórias. No caso específico, não houve recusa explícita dos estudantes, mas a grande quantidade ausências no dia da atividade de gamificação podem ser indícios de falta de interesse na atividade.

Os questionários ou instrumentos de coleta de dados devem ser assertivos quanto ao objetivo e ao tema proposto, podendo ser usado integralmente ou de forma adaptada às situações futuras. No caso dos testes de conhecimento, estes devem ser

validados por profissionais ou pesquisadores atuantes no assunto selecionado antes de sua aplicação.

Caso se opte por uma edição virtual dos questionários, deve ser considerada a possibilidade de que o estudante não tenha conhecimento de determinado assunto e que ele não seja obrigado a responder uma questão. Assim, a questão deve ter como opção “resposta não obrigatória” durante a edição do questionário.

### **5.4.3 Desenvolvimento da atividade**

A aplicação do jogo requer uma preparação prévia em relação a:

1. Separação das peças, montagem dos *kits* e adequação das instruções de montagem para cada um deles;
2. Preparação do ambiente de aplicação do jogo.

O primeiro ponto é necessário porque não existem *kits* prontos deste jogo, devendo o responsável pela aplicação buscar as peças necessárias e elaborar as instruções de montagem adequadas a eles. Já o segundo ponto é importante para evitar problemas ou tumultos como na aplicação do experimento piloto. Nesta etapa, os *kits* deverão ser posicionados de forma correta nas bancadas, juntamente com as instruções de montagem elaboradas no tópico anterior e as tabelas de anotações dos tempos.

O desenvolvimento da atividade gamificada deverá ocorrer conforme descrito no ANEXO A.

As equipes deverão ser montadas de acordo com as instruções, mas este trabalho sugeriu a criação de uma equipe extra, a de gravação da atividade. Ela pode, eventualmente, ser prevista para comparação posterior e solução de eventuais dúvidas em relação às anotações de tempo. Esta equipe poderá ser composta por apenas um integrante e irá auxiliar na conferência da marcação dos tempos, diminuindo possíveis problemas na montagem das LDB. Assim, o número de participantes para cada linha de produção (LP) será de 13.

A possibilidade de que os participantes troquem de função a cada rodada poderá ser cogitada para que todos os envolvidos na atividade executem alguma função. Porém, ela não deve ser colocada em prática para que a tendência de melhoria contínua, proposta pela Linha de Balanço, se consolide. Outra tendência

para abranger todos os envolvidos é a duplicação de equipes. Porém, por ir contra a filosofia *lean* de enxugar os insumos, ela deve ser aplicada apenas em último caso. Assim, o que pode ser feito para abranger mais participantes é a criação de novas LP.

Naturalmente, em um primeiro momento, o grupo de controle não deverá participar da aplicação do jogo. Contudo, após todos os seus dados terem sido coletados de acordo com o fluxograma de pesquisa pré-definido, é interessante que os seus integrantes também participem da atividade gamificada. Isto é aconselhado para que todos os participantes possam ter a experiência com o jogo e, assim, atinjam o mesmo nível de entendimento do conteúdo que os participantes do grupo de intervenção.

O responsável pela atividade deve estar apto a responder quaisquer dúvidas dos estudantes sobre o desenvolvimento do jogo e conduzir de forma eficiente a instrução inicial, a orientação durante a aplicação do jogo e dos questionários. No caso deste jogo, é importante também que o responsável saiba conduzir os participantes corretamente nas discussões ao final de cada rodada de montagem da LDB.

#### **5.4.4 Organização dos dados e informações**

Após a aplicação da atividade gamificada, os testes e questionários deverão ser corrigidos. No caso desta pesquisa, esses instrumentos foram aplicados de forma física e, portanto, foram corrigidos manualmente, sendo a pontuação atribuída posteriormente. Porém, se eles forem aplicados de forma digital, a correção poderá ser automática, retornando a nota de forma instantânea ao participante.

Os dados coletados nos testes (TC1 e TC2) e nos questionários (QS e QM) precisam ser organizados em tabelas, gráficos e diagramas para facilitar a análise e interpretação subsequente. Recomenda-se a utilização de planilhas eletrônicas, como o Microsoft Excel, assegurando a separação adequada dos dados e permitindo a análise da amostra de forma coletiva e individual, para cada participante. A partir dos critérios e objetivos, deve-se definir as variáveis que estão sendo analisadas e organizá-las. É importante ressaltar que, nesta organização, a identificação dos participantes deverá ser transformada para siglas, códigos ou números aleatórios. Isto deverá ocorrer para que ninguém possa ser identificado posteriormente.

Com todos os dados tabulados de forma individual para cada participante, é essencial separá-los também de acordo com o grupo e a linha de produção. Esta separação é essencial para que, na etapa seguinte de análise, possa ser realizada não só a análise individual, mas também a análise de acordo com o grupo ou linha de produção.

#### **5.4.5 Análises**

Após a identificação dos principais dados e informações é recomendável realizar análises mais aprofundadas para subsidiar a avaliação dos resultados e o próprio procedimento do jogo didático, que pode ser adaptado ou alterado, conforme decisão.

A primeira análise é o incremento das notas. Isto é, a diferença entre a nota do Teste de Conhecimento 2 (TC2) em relação ao Teste de Conhecimento 1 (TC1). Esta análise é essencial para entender quanto os alunos melhoraram as notas depois de passarem pelo experimento. Ou seja, quanto eles entenderam do conteúdo abordado.

A análise dos erros e acertos por questão é necessária para perceber em que ponto do conteúdo trabalhado os participantes da pesquisa estão com mais ou menos dúvidas. Ademais, é uma forma de entender se as questões dos testes estão sendo compreendidas por todos. Esta análise foi essencial para a troca de uma das questões do TC2, que não foi bem compreendida no experimento piloto.

A análise do perfil do jogador será obtida por meio das análises do Questionário de Motivação e do Questionário de Satisfação. Ela é essencial para contextualizar a pesquisa.

Todas essas análises servirão para solidificar a análise geral e os resultados. Ou seja, a interpretação pura das porcentagens e gráficos gerados após a organização dos dados.

Sugere-se que os desempenhos dos estudantes nos TC sejam correlacionados com as respostas obtidas no QM e no QS. Isto é, que seja realizada uma análise a partir do cruzamento de dados das notas e incremento obtidos com o perfil do respondente e demais variáveis que podem influenciar o fenômeno investigado.

Assim, será possível traçar paralelos e padrões no comportamento observado. Este cruzamento dos dados obtidos servirá para solidificar a análise estatística.

Além disso, o uso de técnicas e softwares estatísticos pode ser útil para a análise dos resultados. Estes podem ser abrangentes e considerar todos os dados apropriados durante o processo de coleta e realização do experimento. O tipo de análise estatística que será feito deverá ser antecipadamente programado para que não falem dados a serem coletados durante o experimento. É importante definir a forma de avaliação dos resultados e os procedimentos estatísticos adequados. Sugere-se utilizar das análises estatísticas pertinentes a cada caso específico, a fim de confirmar a relevância estatística dos resultados coletados.

#### **5.4.6 Conclusão do experimento**

Por fim, na etapa de conclusão, devem ser apresentados e sintetizados os principais resultados para os critérios definidos. Ademais, as leituras das análises devem ser realizadas e as suas contribuições para a área de estudo devem ser destacadas.

### **5.5 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO**

Este capítulo apresentou os resultados da pesquisa, e suas análises, conforme o método proposto. Primeiramente, foi observado que houve diferença no incremento de nota entre os grupos de controle e intervenção. Estes resultados são consistentes com o objetivo formulado para este estudo, indicando que os alunos que passaram pelo método do jogo, aliado à aula expositiva, absorveram mais conhecimento a respeito da ferramenta de Linha de Balanço. Ademais, esta análise corrobora com as ideias de Herrera *et al.* (2019), Liu *et al.* (2020), Pütz *et al.* (2021) e Romanel (2009), que defendem o uso de gamificação como estratégia para a apresentação dos Princípios *Lean Construction* (PLC). Essa concordância fortalece a validade dos resultados obtidos.

Também, foi identificado que o sexo do participante, e a motivação, de acordo com a idade, podem influenciar nos resultados. Em relação à primeira variável foi possível notar que as mulheres apresentaram maior incremento do que os homens.

Já em relação à segunda, observou-se que, quanto maior a idade, para uma motivação positiva, maior o incremento.

As implicações práticas dos resultados encontrados são substanciais para a pesquisa desenvolvida com foco no ensino de engenharia civil. Assim como Hirota (2001) defende, há a necessidade de uma revolução no método de ensino das engenharias, se adaptando às mudanças tecnológicas e gerenciais decorrentes da revolução industrial. Neste sentido, Hirota, Lantelme e Formoso (1999), abordam que os métodos de ensino ativo, como a gamificação, são bastante eficientes, por colocarem o aluno como o centro do processo.

Por fim, os resultados deste capítulo contribuem para o entendimento das teorias abordadas, ampliando a visão a respeito da eficácia do método da gamificação. Este estudo confirma a ideia de que o uso da gamificação possui influência positiva no processo de ensino-aprendizagem da ferramenta de planejamento de Linha de Balanço pelos estudantes de graduação de Engenharia Civil da UFSCar. A integração desses resultados com o conhecimento existente contribui para uma compreensão mais profunda a respeito da gamificação como método alternativo de ensino, indicando direções promissoras para futuras pesquisas e aplicações práticas.

A conclusão detalhada a respeito deste estudo, bem como as limitações e sugestões para trabalhos futuros, serão apresentados no próximo capítulo.

## 6 CONCLUSÃO

A implantação da filosofia *lean construction* pode trazer diversos benefícios para uma indústria tão competitiva como a de construção. No entanto, a dificuldade de aceitação por parte tanto dos gestores quanto da mão-de-obra, vem impedindo a sua implantação e uso adequado. Essa barreira se dá muito pelo fato de que os métodos de ensino-aprendizagem comumente utilizados na graduação não preparam os alunos para situações que realmente acontecem no dia a dia, trazendo a sensação de que os profissionais não estão aptos a modificarem os meios de produção. Neste sentido, a gamificação, aliada às aulas expositivas, traz a possibilidade de simular ambientes e situações reais, para que os atores possam testar diferentes tomadas de decisão, sem causar prejuízos para as empresas.

Assim, o presente trabalho analisou o uso da gamificação desenvolvido por Miron *et al.* (2018) no processo de ensino-aprendizagem da ferramenta de Linha de Balanço. Esta ferramenta, apesar de ser originada muito antes do surgimento da filosofia LC, por ter diversas características semelhantes a ela, foi adotada também como uma ferramenta *lean*. Para realizar esta análise, a autora se apoiou no método proposto por Carvalho (2012), que sugere a aplicação de diversos testes e questionários, a fim de medir o nível de conhecimento dos participantes e as suas percepções no decorrer do experimento ou aplicação da gamificação com estudantes. Aliado a este método, a autora também utilizou da divisão entre grupos de intervenção e de controle, conforme proposto por Rossi, Lipsey e Freeman (2004), para realizar uma comparação entre o método tradicional de ensino e o uso da gamificação. Dessa forma, as conclusões obtidas por meio da pesquisa serão apresentadas nos tópicos a seguir.

### 6.1 QUANTO AO OBJETIVO GERAL PROPOSTO

Por meio do questionário de satisfação, foi possível identificar que nenhum dos participantes da pesquisa havia tido contato com a LDB até aquele momento. Sendo assim, todos partiram de um mesmo ponto e foram considerados como iniciantes, favorecendo ao desenvolvimento da pesquisa. Assim, o processo de avaliação proposto por Carvalho (2012) pode ocorrer normalmente.

Ao realizar a divisão da turma de PCO em grupo de intervenção (PCO-LP1 e PCO-LP2) e grupo de controle (PCO-LP3), conforme proposto por Rossi, Lipsey e Freeman (2004), foi possível analisar a influência do uso da gamificação no processo de ensino-aprendizado da ferramenta de planejamento de LDB em estudantes de graduação em Engenharia Civil. Esta divisão se deu para que se pudesse notar a diferença entre os níveis de conhecimento entre alunos que passaram apenas pela aula expositiva (controle) e aqueles que passaram também pelo jogo (intervenção).

Por meio da análise estatística realizada com os incrementos de nota e adotando um nível de confiança de 90%, foi comprovado que os estudantes que passaram pela experiência do jogo (grupo de intervenção), obtiveram resultados melhores do que aqueles que não passaram. Além disso, foi analisada também a influência de variáveis independentes no incremento de nota. Notou-se que as mulheres obtiveram resultados significativamente melhores do que os homens, comprovando a observação participante da autora que, durante a aplicação da pesquisa, percebeu que as mulheres pareciam estar mais motivadas a participar da experiência.

Outro fator que influenciou no incremento de nota foi a relação Idade:Motivação. Ou seja, quanto maior a idade do participante e maior a sua motivação, melhor foi o seu desempenho. Esta interação pode ser considerada como esperada, já que pessoas com mais idade possuem mais facilidade para compreender o que foi ensinado. Ademais, a motivação, ou seja, a vontade de participar do experimento, condiciona a forma como o indivíduo irá colaborar, assim, quanto mais motivado, melhor a sua participação. Apesar disso, há uma reação inversa para aqueles que possuem motivação neutra. Neste sentido, a relação Idade:Motivação analisada corrobora com a teoria de Hirota e Formoso (2000), que sustentam que a maior motivação na aprendizagem do adulto é resolver problemas com os quais estão envolvidos, não aprendendo para atender expectativas externas. Ou seja, ao passo que a idade dos alunos aumentava, a vontade de participar no experimento influenciava a vontade de aprender.

Outra variável com resultado não esperado foi a de identificação visual, proposta pela autora. Nela, os participantes que identificaram a LDB visualmente na primeira questão do TC1, obtiveram resultados piores do que aqueles que não a identificaram. Esses resultados não foram passíveis de explicação nesta pesquisa, sendo necessário um estudo mais aprofundado para entendê-los.

## 6.2 QUANTO AO PROCESSO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO

O processo pedagógico de avaliação da gamificação com estudantes proposto por Carvalho (2012) foi essencial para desenvolver a pesquisa e entender diversas percepções dos participantes do experimento. Por meio das análises dos instrumentos propostos, foi possível analisar a evolução do processo de ensino-aprendizagem dos alunos, além de entender a respeito da visão deles e dos docentes envolvidos sobre o método de ensino utilizado. Em relação aos resultados dos testes, a autora conseguiu quantificar o incremento da aprendizagem e realizar análises para entender as influências de algumas variáveis no processo.

Ao aliar o método de Carvalho (2012) com a teoria de Rossi, Lipsey e Freeman (2004) foi possível, também, compreender as diferenças entre o método educacional tradicional e ele aliado ao jogo no processo de ensino. Por meio do uso dos grupos de controle e intervenção a autora conseguiu realizar uma análise estatística que comprovou a diferença entre os métodos, atendendo ao objetivo deste trabalho.

Ademais, o uso dos Questionários de Satisfação (QS) e de Avaliação Docente (QD) foi importante para identificar possíveis melhorias às novas aplicações do jogo.

## 6.3 QUANTO À APLICAÇÃO DO JOGO

Ao longo deste trabalho, foram sendo identificadas diversas adaptações necessárias à aplicação do jogo proposto por Miron *et al.* (2018).

Primeiramente, a busca pelas peças necessárias para montagem dos *kits* das casas foi trabalhosa. Se a autora tivesse comprado peças LEGO® teria realizado um gasto dispendioso, assim, optou-se por comprar um jogo paralelo. Porém, este conjunto não foi suficiente para a montagem completa das seis casas propostas, sendo necessário uma busca ativa por peças que a autora e a orientadora possuíam preliminarmente. Outra adaptação realizada foi que Miron *et al.* (2018) sugere que todas as casas sejam padronizadas, porém, devido à dificuldade de achar as peças, foi preciso adaptar algumas casas. Sendo assim, os seis *kits* em cada linha eram semelhantes, mas não totalmente idênticos.

Foi constatado que todo o processo inicial de apresentação, demonstração do jogo e de suas regras, mais a aplicação do jogo em si e suas discussões, demandam bastante tempo. Isso faz com que seja necessária uma grande disponibilidade dos

participantes do experimento. Ademais, devido à demora, isso pode desmotivar os participantes a continuarem no processo. Por isso, utilizar de disciplinas obrigatórias que já possuam o conteúdo a ser trabalhado na gamificação foi uma importante estratégia do experimento realizado.

Outra constatação realizada durante a aplicação do jogo foi a de que a organização do ambiente não é simples, necessitando de locais para apoiar os materiais necessários ao jogo, além de necessitar de espaço para a locomoção organizada das equipes de montagem. Também é necessário pensar na forma de aplicação dos testes e como o ambiente estará disposto em cada momento.

Quanto à aplicação do jogo em si, a autora percebeu uma grande dificuldade nos alunos para marcarem os tempos de execução das atividades com precisão. Isso ocorreu porque cada etapa de montagem é executada de maneira extremamente rápida, não havendo tempo hábil para anotação nas tabelas durante a execução das rodadas. Primeiramente, a autora sugeriu que os participantes apenas utilizassem a função “volta” do cronômetro para só depois do término da rodada anotarem os tempos corretamente. Esta função marca cada período, sem parar o cronômetro, sendo, assim, mais ágil para marcar as execuções. Outra constatação foi a de que celulares de *software* Android® são mais indicados para realizar esta marcação do que os de iOS®. Isto ocorreu porque o segundo marca apenas o tempo de cada volta, enquanto o primeiro tipo de celular marca o tempo cumulativo também. Dessa forma, não houve a necessidade de ficar somando cada período para se obter o tempo de início e fim de cada atividade.

Apesar das orientações e cuidados, ainda assim, a marcação do tempo foi crítica, o que pode ser observado na análise realizada na PCO-LP3 por meio do vídeo em comparação com as marcações dos alunos. Houve discrepância nas marcações e o uso de vídeo se mostrou eficaz para realizar esta marcação. Sendo assim, é recomendado que a equipe de marcação dos tempos possua mais um integrante, que ficará responsável pela gravação do processo, a fim de realizar as conferências nas marcações realizadas. Porém, seria interessante pensar em alguma outra estratégia ou equipamento específico para facilitar a cronometragem.

Ademais, trabalhar com três LP simultâneas foi complexo, sendo que não era possível dar atenção a todas igualmente, nem auxiliar nas discussões para montagem e balanceamento das LDB. Essa complexidade foi decorrente do tamanho da turma e

a intenção de proporcionar a experiência a todos. É importante ressaltar que diversas dessas percepções foram devidas às respostas dos docentes envolvidos.

Apesar das dificuldades apresentadas, todas as equipes obtiveram resultados satisfatórios quanto à redução nos tempos das LDB na comparação entre a primeira e a terceira rodadas. Porém, conforme Miron *et al.* (2018), esta característica foi observada em praticamente todas as aplicações do jogo. Ademais, o método de balanceamento utilizado pelos alunos em todas as LP foi o de duplicação de equipes. Contudo, o método de balanceamento das linhas mais defendido pelos autores é o de adição de folgas, ao invés da duplicação. Ao realizar diversas aplicações, Miron *et al.* (2018) observaram que a redução dos tempos ocorre independente da adição das folgas, devido ao fluxo ininterrupto de trabalho das equipes. Já a duplicação seria a solução menos *lean* a ser adotada, afinal, esta filosofia tem como premissa a redução de insumos. É importante que o responsável pela gamificação tenha entendido todas as opções possíveis de melhoria do planejamento, apoiando a reflexão dos estudantes que estarão, provavelmente, fazendo a atividade e montagem da LDB pela primeira vez.

Por fim, é importante destacar uma potencial melhoria proposta nesse experimento do jogo: a participação de todos os membros da equipe para a construção da LDB. Miron *et al.* (2018) sugerem a existência de uma equipe específica para esta atividade, porém, neste trabalho, sugeriu-se que todos participassem como forma de estimular o processo de aprendizagem coletivo. Com todos os alunos participando das discussões para a montagem da LDB, todos tiveram a oportunidade de entender os processos, identificar problemas nas anotações, buscar soluções conjuntas, o que não é possível quando há uma equipe delegada especificamente para esta função.

#### **6.4 QUANTO ÀS DELIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS**

O trabalho se limitou à aplicação dos experimentos em apenas duas disciplinas de graduação, com tamanhos e semestres diferenciados. Entretanto, apenas um dos experimentos foi considerado na análise dos dados, enquanto o outro foi utilizado apenas como piloto para a validação do método de aplicação da pesquisa e de seus instrumentos. Dessa forma, o grupo amostral pode ser considerado pequeno, ou seja, não é possível extrapolar os resultados obtidos para uma realidade geral. Assim, as

conclusões estatísticas deste trabalho devem ser consideradas apenas para a população nele envolvida. Pelo fato da pesquisa ser aplicada em duas semanas seguidas, grande parte dos alunos não participou de todo o processo, não podendo, assim, serem considerados na análise. Entretanto, foi aberta a possibilidade de participação a todos os presentes nas aulas.

Ainda, o grupo de intervenção (PCO-LP1 e PCO-LP2) teve cerca de duas horas a mais de exposição ao conteúdo, devido ao jogo (Quadro 18), em relação ao grupo de controle (PCO-LP3), que realizou o TC2 logo no início da Semana 2 (Quadro 19). Este fato pode ter influenciado nos resultados desta pesquisa. Como forma a equalizar os tempos de exposição ao conteúdo, sugere-se que, em aplicações futuras, o grupo de controle seja submetido a outras atividades relacionadas ao tema, como a resolução de exercícios, durante o período em que o grupo de intervenção está sendo exposto ao jogo. Assim, somente após estas atividades, os dois grupos seriam submetidos ao TC2, tendo, ambos, passado pelo mesmo tempo de exposição ao conteúdo.

Outro ponto delimitado foi em relação à retenção do conhecimento. Os resultados da amostra também podem ser considerados limitados a um tempo restrito, com pouco espaçamento de tempo, ou seja, não foi verificada se houve retenção do conhecimento após um horizonte temporal mais dilatado do experimento. Os alunos foram analisados apenas nas duas semanas de aplicação dos instrumentos, não sendo realizada nenhuma avaliação posterior quanto à retenção do que foi ensinado por meio da pesquisa.

Como forma de continuidade da pesquisa são propostos os seguintes tópicos:

- Realizar um estudo a respeito da retenção de conhecimento. Para isso, seria necessário realizar uma revisão bibliográfica a respeito dessa retenção e em quanto tempo ela deve ser analisada. Dessa forma, seria fundamental trabalhar com o mesmo grupo de alunos pelo tempo indicado pela literatura. Ademais, para realizar a comparação entre o método tradicional de ensino e o uso de jogos lúdicos, o grupo de controle não poderia passar pela experiência do jogo ao término da aplicação, como foi o caso deste estudo.

- Ampliar a aplicação do jogo para outras universidades, além de realizá-la também em programas de pós-graduação é outra recomendação de trabalhos futuros. Deste modo, com um grupo amostral maior, seria possível extrapolar os resultados e buscar resultados mais confiáveis estatisticamente.

---

- Avançar na reflexão dos procedimentos e instrumentos desenvolvidos nesta pesquisa, inclusive disponibilizando-os de forma *online* para facilitar a coleta e processamentos dos dados.

- Propor a utilização dos procedimentos e instrumentos desenvolvidos nesta pesquisa, para a aplicação do jogo proposto por Miron *et al.* (2018), para outros jogos que também utilizam da ferramenta LDB, inclusive posteriores à segunda geração.

De forma resumida, a aplicação do jogo foi considerada válida, mas é necessário pensar nas modificações propostas. Houve um interesse dos alunos no método de ensino com o auxílio de jogos lúdicos, na ferramenta LDB e nos conceitos e princípios *lean*. Ademais, apenas um aluno, dentre todos os que participaram da pesquisa, teve contato anterior com jogo como método de ensino. Isto comprova que, apesar de possuir diversas vantagens, este não é um método comum de ser aplicado em sala de aula.

Assim espera-se que os resultados desta dissertação não fiquem restritos apenas à comunidade acadêmica na qual a pesquisa foi desenvolvida e que mais pessoas possam entender a respeito dos benefícios do uso da gamificação para o processo de ensino-aprendizagem como um todo, mas, acima de tudo, dos Princípios *Lean Construction* (PLC).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. DE C. E. F. Engenheiros: líderes, temos formação para gerir pessoas? Cobenge. **Anais...**Porto Alegre: 2001. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1637985-Engenheiros-lideres-temos-formacao-para-gerir-pessoas.html>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- ARDITI, D.; TOKDEMIR, O. B.; SUH, K. Effect of learning on line-of-balance scheduling. **International Journal of Project Management**, v. 19, p. 265–277, 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786399000794?via%3Dihub>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- BETTS, M.; LIOW, S. R. The relationship between teaching methods and educational objectives in building education. **Construction Management and Economics**, v. 11, n. 2, p. 131–141, 1993. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446199300000006>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- BHATNAGAR, S. *et al.* A systematic review of lean simulation games in the construction industry. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 19, n. 6, p. 701–719, 28 dez. 2022. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/366665133\\_A\\_systematic\\_review\\_of\\_lean\\_simulation\\_games\\_in\\_the\\_construction\\_industry#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/366665133_A_systematic_review_of_lean_simulation_games_in_the_construction_industry#fullTextFileContent)>. Acesso em: 9 jul. 2024
- BIOTTO, C. N. *et al.* Comparing production design activities and location-based planning tools. (K. Walsh, R. Sacks, I. Brilakis, Eds.) 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Proceedings...**Iraklio: The International Group for Lean Construction, 2017. Disponível em: <<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/iglc-2a098e02-41f1-4580-838d-ece3eeb12f88.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- BIOTTO, C. N. **Integration of overlapped design and construction stages through location-based planning tools**. Tese (Doutorado) - Huddersfield: University of Huddersfield, set. 2019. Disponível em: <<https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/34921/>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- BIOTTO, C. N. **GT14: produção enxuta na construção civil**. São Carlos, 2020.
- BIOTTO, C. N. *et al.* Virtual parade game for lean teaching and learning in students from Brazil and Chile. (L. F. Alarcon, V. A. González, Eds.) 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Proceedings...**Lima: The International Group for Lean Construction, 2021. Disponível em: <<https://iglc.net/Papers/Details/1890>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 25. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2004. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/slideshow/bordenave-estrategiasdeensinoaprendizagempdf/253783396>>. Acesso em: 9 jul. 2024

- BORGES JÚNIOR, G. M. **Gamificação como recurso inovador no processo de ensino e aprendizagem para o ensino superior**. Dissertação (Mestrado) - Caçador: Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, 2020. Disponível em: <<https://acervo.uniarp.edu.br/?dissertacao=gamificacao-como-recurso-inovador-no-processo-de-ensino-e-aprendizagem-para-o-ensino-superior>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- BRAATZ, D. *et al.* Uso de jogos e gamificação para ensino e aprendizagem em engenharia. XLVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. **Anais...** [s.l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/369114456\\_USO\\_DE\\_JOGOS\\_E\\_GAMIFICACAO\\_PARA\\_ENSINO\\_E\\_APRENDIZAGEM\\_EM\\_ENGENHARIA#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/369114456_USO_DE_JOGOS_E_GAMIFICACAO_PARA_ENSINO_E_APRENDIZAGEM_EM_ENGENHARIA#fullTextFileContent)>. Acesso em: 9 jul. 2024
- CARVALHO, C. V. DE. Is game-based learning suitable for engineering education? IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). **Proceedings...**Marrakech: 2012. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6201140/authors#authors>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. 3. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 1999.
- DELORS, J. *et al.* **Educação: um tesouro a descobrir**. Brasília: UNESCO. Disponível em: <[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_por)>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- DEPEXE, M. D. *et al.* Aprendizado da técnica de programação da linha de balanço por meio de jogos didáticos. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais...**Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006\\_2209\\_2218.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_2209_2218.pdf)>. Acesso em: 9 jul. 2024
- DITZEL, L. F. S. **Riscos da aplicação de métodos e ferramentas da indústria 4.0 em ambiente de lean construction**. Dissertação (Mestrado) - Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2021. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/73212>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1998.
- GARCIA, A. **Gamificação como prática pedagógica docente no processo ensino e aprendizagem na temática da inclusão social**. Dissertação (Mestrado) - Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1666>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- HERRERA, R. F. *et al.* Impact of game-based learning on understanding lean construction principles. **Sustainability**, v. 11, 26 set. 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/336091761\\_Impact\\_of\\_Game-](https://www.researchgate.net/publication/336091761_Impact_of_Game-)

Based\_Learning\_on\_Understanding\_Lean\_Construction\_Principles#fullTextFileContent>. Acesso em: 9 jul. 2024

HIROTA, E. H. **Desenvolvimento de competências para a introdução de inovações gerenciais na construção através da aprendizagem na ação**. Tese - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3429>>. Acesso em: 9 jul. 2024

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C. T. O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Salvador: 2000. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000\\_237.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_237.pdf)>. Acesso em: 9 jul. 2024

HIROTA, E. H.; LANTELME, E. M. V.; FORMOSO, C. T. Learning how to learn lean construction concepts and principles. 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Proceedings...** Berkeley: The International Group for Lean Construction, 1999. Disponível em: <<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/iglc-80a878a0-bed1-41e8-9031-8a02768a88e8.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024

ICHIHARA, J. DE A. A base filosófica da linha de balanço. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Gramado: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 1997. Disponível em: <[https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1997\\_t3105.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1997_t3105.pdf)>. Acesso em: 9 jul. 2024

ISATTO, E. L. *et al.* **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. 1. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/329011337\\_LEAN\\_CONSTRUCTION\\_DIRETRIZES\\_E\\_FERRAMENTAS\\_PARA\\_O\\_CONTROLE\\_DE\\_PERDAS\\_NA\\_CONSTRUCAO\\_CIVI](https://www.researchgate.net/publication/329011337_LEAN_CONSTRUCTION_DIRETRIZES_E_FERRAMENTAS_PARA_O_CONTROLE_DE_PERDAS_NA_CONSTRUCAO_CIVI)>. Acesso em: 9 jul. 2024

KNOWLES, M. S. **The modern practice of adult education: from pedagogy to andragogy**. Cambridge: Englewood Cliffs, 1980.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Helsinki: Helsinki University of Technology, 2000. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/35018344\\_An\\_Exploration\\_Towards\\_a\\_Production\\_Theory\\_and\\_its\\_Application\\_to\\_Construction#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction#fullTextFileContent)>. Acesso em: 9 jul. 2024

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Palo Alto: Center for Integrated Facility Engineering (Stanford University), 1992. Disponível em: <<https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024

LILLRANK, P. The transfer of management innovations from Japan. **Organization Studies**, v. 16, n. 6, p. 971–989, 1995. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/248040124\\_The\\_Transfer\\_of\\_Management\\_Innovations\\_from\\_Japan#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/248040124_The_Transfer_of_Management_Innovations_from_Japan#fullTextFileContent)>. Acesso em: 9 jul. 2024

LIU, C. *et al.* Accelerating the last planner system® (LPS) uptake using virtual reality and serious games: a sociotechnical conceptual framework. (I. D. Tommelein, E. Dnaiel, Eds.) 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020. **Proceedings**...Berkeley: The International Group for Lean Construction, 2020. Disponível em: <<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-77595184-ae65-4450-8eaa-b826c9cf52a3.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024

LOPES, M. C. **ComplexView**: um framework para a produção de jogos de empresas aplicados ao desenvolvimento de liderança com base na complexidade. Tese (Doutorado)—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. Disponível em: <<https://tede.ufsc.br/teses/PEGC0223-T.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024

MAIA, R. F.; GRAEML, F. R. Playing and learning with gamification: an in-class concurrent and distributed programming activity. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). **Proceedings**...El Paso: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 7 dez. 2015. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7344135>>. Acesso em: 9 jul. 2024

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2019. Disponível em: <[https://www.google.com.br/books/edition/Planejamento\\_e\\_controle\\_de\\_obras/4SXXDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=Planejamento+e+controle+de+obras&printsec=frontcover](https://www.google.com.br/books/edition/Planejamento_e_controle_de_obras/4SXXDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=Planejamento+e+controle+de+obras&printsec=frontcover)>. Acesso em: 9 jul. 2024

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **Lean Construction: leveraging collaboration and advanced practices to increase projects efficiency**. [Boston]: McGraw Hill Construction. Disponível em: <<https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/09/08152925/mcgraw-hill-lean-construction-report.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024

MENDES JUNIOR, R.; HEINECK, L. F. M. Roteiro para programação da produção com linha de balanço em edifícios altos. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais**...Gramado: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 1997. Disponível em: <[https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1997\\_t3107.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1997_t3107.pdf)>. Acesso em: 9 jul. 2024

MENDES JÚNIOR, R.; HEINECK, L. F. M. Preplanning method for multi-story building construction using line of balance. 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Proceedings**...Guarujá: The International Group for Lean Construction, 1998. Disponível em: <<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-0d5dffa1-bafd-46df-a442-62fa8c7d7752.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024

MIRON, L. *et al.* **Jogo linha de balanço**. [s.l.: s.n.], c2018. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/jogolinhadebalanco/linha-de-balanco/>>. Acesso em: 9 jul. 2024

MIRON, L. I. G. *et al.* Jogos Didáticos: evolução de aplicação como técnica de ensino para a comunidade da Construção Enxuta. XIX Encontro Nacional de

- Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...**Canela: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2022. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2254>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- MIRON, L. I. G. **Projetos de pesquisa e jogos didáticos**. [s.l.: s.n.], c[201-]. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/jogosdidaticosgestaoprojetos/>>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- MORAES, M. N. DE; CARDOSO, P. A. Jogos para ensino em engenharia e desenvolvimento de habilidades. **Revista Principia**, p. 19–29, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1769>>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10\\_moreira\\_ostermann.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10_moreira_ostermann.pdf)>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- MOURA, R. DE S. L. M.; HEINECK, L. F. M. Linha de balanço: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...**Maceió: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper\\_527.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_527.pdf)>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- MOURA, R. DE S. L. M.; MONTEIRO, J. M. F.; HEINECK, L. F. M. Line of Balance: is it a synthesis of lean production principles as applied to site programming of works? 22th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Proceedings...**Oslo: The International Group for Lean Construction, 2014. Disponível em: <<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-2cb89435-08b6-43d6-baa2-0304031beff2.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- OLIVEIRA, B. B. DE *et al.* Jogos didáticos para ensino de linha de balanço na Engenharia Civil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 25 maio 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/341828722\\_Jogos\\_didaticos\\_para\\_ensino\\_de\\_linha\\_de\\_balanco\\_na\\_Engenharia\\_Civil#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/341828722_Jogos_didaticos_para_ensino_de_linha_de_balanco_na_Engenharia_Civil#fullTextFileContent)>. Acesso em: 9 jul. 2024
- PAGE, M. J. *et al.* A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 31, n. 2, 2022. Disponível em: <<http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v31n2/2237-9622-ess-31-02-e2022107.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- PEREIRA, F. *et al.* Collaborative method for training and implementing the Line of Balance. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). **Proceedings...**Edmonton: The International Group for Lean Construction, 2022. Disponível em: <<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-ba30729e-44d7-4842-aed3-c46edc0fdda6.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024

- PÜTZ, C. *et al.* Potential of gamification for lean construction training: an exploratory study. (L. F. Alarcon, V. A. González, Eds.) 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Proceedings**...Lima: The International Group for Lean Construction, 2021. Disponível em: <<https://iglc.net/Papers/Details/1857>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- REBELO, G. M. **Motivação**: um estudo realizado com a equipe de futebol masculino da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. TCC (Graduação) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/18899>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- ROMANEL, F. B. **Jogo “Desafiando a Produção”**: uma estratégia para a disseminação dos conceitos da construção enxuta entre operários da construção civil. Dissertação (Mestrado)—Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/23815?show=full>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- ROSSI, P. H.; LIPSEY, M. W.; FREEMAN, H. E. **Evaluation**: a systematic approach. 7. ed. Thousand Oaks: Sage Publications Inc., 2004. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=QF9WBAAAQBAJ&printsec=frontcover&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=QF9WBAAAQBAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 9 jul. 2024
- RYBKOWSKI, Z. K.; ALVES, T. DA C. L.; LIU, M. The emergence and growth of the on-line serious games and participatory simulation group “APLSO”. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Proceedings**...Lima: The International Group for Lean Construction, 2021. Disponível em: <<https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/iglc-670bd9be-764a-43f3-a276-b07f8afebec8.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- SÁNCHEZ, O. *et al.* Paper planes for teaching construction production systems based on lean tools: continuous improvement cells and 5S. **Buildings**, v. 13, n. 558, 17 fev. 2023. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2075-5309/13/2/558>>. Acesso em: 9 jul. 2024
- SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research methods for business students**. 6. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2012.
- SERRA, S. M. B. S. **LDB (Linha de Balanço) ou Diagrama Espaço-Tempo**. Slides de aula. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

#### **(Resolução 466/2012 do CNS)**

#### **O uso de jogo lúdico no ensino da ferramenta de Linha de Balanço**

#### **Pesquisa de mestrado – 74499023.1.0000.5504**

O (a) Senhor (a) está sendo convidado (a) para participar da pesquisa “O uso de jogo lúdico no ensino da ferramenta de Linha de Balanço”, realizada pela mestrande e engenheira Cecília Carniello Correa e orientada pela Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheyla Mara Baptista Serra.

O objetivo deste estudo é propor um procedimento de avaliação do ensino-aprendizagem a respeito da ferramenta de Linha de Balanço para estudantes de graduação de Engenharia Civil e avaliar a eficiência no uso de jogos lúdicos no aprendizado.

O docente da disciplina na qual esta pesquisa está sendo aplicada foi contatado anteriormente e aceitou recebê-la. Não será cedido nenhum dado pessoal pela instituição. Trata-se de atividade extraordinária, visando a ampliação do conhecimento em assunto da disciplina que faz parte da ementa. Não haverá pontuação ou penalidade decorrente do desenvolvimento desta atividade. A sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento o (a) senhor (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. A sua recusa não trará nenhum prejuízo na sua relação com as pesquisadoras ou na sua participação nesta disciplina. Caso você se recuse a participar, basta informar a sua decisão às pesquisadoras responsáveis. Caso você se recuse a dar continuidade na sua participação, após informar a sua decisão às pesquisadoras, todos os seus dados já fornecidos serão excluídos. Você poderá permanecer em sala de aula apenas observando o desenvolvimento da atividade, caso seja do seu interesse.

Você foi selecionado(a) por ser um estudante matriculado no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e na disciplina de aplicação dessa pesquisa.

Os estudantes serão divididos em dois grupos – um denominado de Grupo de Intervenção (GI) e outro de Grupo Controle (GC). A coleta de dados será composta por quatro questionários para o GI e de dois questionários para o GC, ambos serão aplicados de forma presencial. Inicialmente, será aplicado o Teste de Conhecimento 1 (20min) e, em seguida, será realizada uma aula expositiva a respeito do tema em estudo pela pesquisa (60min). Estas duas etapas serão executadas na primeira semana da aplicação para todos os estudantes. Na semana seguinte, os alunos serão divididos nos dois grupos (GI e GC) e serão aplicados os demais instrumentos. Para o grupo de controle ocorrerá apenas a aplicação do Teste de Conhecimento 2 (20min). Já para o grupo de intervenção, primeiramente será aplicado o Questionário de Motivação (10min) e, em seguida, serão apresentados o jogo adotado na pesquisa e o tutorial com as instruções para jogá-lo (150min). Por fim, serão aplicados, apenas para o grupo de intervenção, o Questionário de Satisfação (10min) e o Teste de Conhecimento 2 (20min).

Os Testes de Conhecimento (TC) contêm 12 perguntas cada a respeito da Linha de Balanço e serão aplicados com o intuito de aferir o seu aprendizado após passar por todas as etapas propostas pela pesquisa. O estudante deverá responder apenas as questões que tenha ciência, deixando em branco aquelas que não saiba a resposta. A aferição do conhecimento será feita por meio da comparação da sua nota do TC1 e do

TC2. É importante ressaltar que a sua nota nos testes não será levada em conta para compor a nota da disciplina na qual a pesquisa está sendo aplicada.

O Questionário de Motivação (QM) possui perguntas com o intuito de entender se o jogo está inserido no seu dia a dia, qual tipo de jogo que mais costuma jogar e por qual motivo joga, além de aferir a sua familiaridade com as habilidades exigidas no jogo que será aplicado. Já o Questionário de Satisfação (QS) tem o objetivo de medir a sua percepção a respeito do jogo e da metodologia aplicados.

O jogo a ser aplicado é o Jogo da Linha de Balanço desenvolvido por pesquisadores da UFRGS e todas as instruções serão passadas pelas pesquisadoras responsáveis durante a atividade. O jogo utiliza de peças de montagem tipo LEGO que simulam a construção em sequência de seis casas. Cada estudante será responsável pela execução de determinado serviço de construção, como fundação, parede e telhado. Caso queira ter um conhecimento prévio a seu respeito, basta acessar o *link* [www.ufrgs.br/jogolinhadebalanco](http://www.ufrgs.br/jogolinhadebalanco).

Todas as etapas de pesquisa serão cumpridas em salas de aula da própria universidade que comportem a sua execução.

Suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, ou seja, em nenhum momento será divulgado seu nome ou número de matrícula estudantil em qualquer fase do estudo. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada. Os dados coletados poderão ter seus resultados divulgados em eventos, revistas e/ou trabalhos científicos.

O preenchimento destes questionários não oferece risco imediato ao(a) senhor(a), porém considera-se a possibilidade de um risco subjetivo, pois algumas perguntas podem remeter a algum desconforto, evocar sentimentos ou lembranças desagradáveis ou levar à um leve cansaço após responder os questionários. Caso algumas dessas possibilidades ocorram, o(a) senhor(a) poderá optar pela suspensão imediata da entrevista ou preenchimento do questionário.

Os riscos apresentados na pesquisa serão mínimos, conforme explicitados acima, porém em caso de algum problema relacionado com a pesquisa, o(a) senhor(a) terá direito à assistência gratuita que será prestada. Como se trata de uma pesquisa realizada dentro do horário de aula, o participante não terá nenhuma despesa advinda da sua participação. Entretanto, caso alguma despesa extraordinária associada à pesquisa venha a ocorrer, o(a) senhor(a) será ressarcido nos termos da lei, sendo garantida indenização em casos de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa.

Sua participação trará como benefícios i) a obtenção de dados para fins acadêmicos, ii) o detalhamento de informações que carecem de atenção para o setor da construção civil e ensino de graduação em Engenharia Civil, iii) a priorização de indicadores para o instrumento estudado. Acredita-se que esta pesquisa poderá subsidiar os docentes e pesquisadores para a dinamização e aperfeiçoamento do ensino da ferramenta de Linha de Balanço.

O(A) pesquisador(a) realizará o acompanhamento de todos os procedimentos e atividades desenvolvidas durante o trabalho de coleta das informações.

O(A) senhor(a) receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento.

Este projeto de pesquisa foi aprovado por um **Comitê de Ética em Pesquisa** (CEP) que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. O CEP é responsável pela avaliação e

acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes de pesquisas. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da UFSCar que está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da universidade, localizado no prédio da reitoria (área sul do campus São Carlos). Endereço: Rodovia Washington Luís km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos-SP. Telefone: (16) 3351-9685. E-mail: cephumanos@ufscar.br. Horário de atendimento: das 08:30 às 11:30.

O CEP está vinculado à **Comissão Nacional de Ética em Pesquisa** (CONEP) do Conselho Nacional de Saúde (CNS), e o seu funcionamento e atuação são regidos pelas normativas do CNS/CONEP. A CONEP tem a função de implementar as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, aprovadas pelo CNS, também atuando conjuntamente com uma rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) organizados nas instituições onde as pesquisas se realizam. Endereço: SRTV 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar - Asa Norte - CEP: 70719-040 - Brasília-DF. Telefone: (61) 3315-5877 E-mail: conep@saude.gov.br.

Após a leitura deste documento solicitamos que seja assinalada a declaração abaixo, preenchidos os dados pessoais e assinado este TCLE.

( ) Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-9685. Horário de atendimento: das 08:30 às 11:30. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br

Tendo recebido o seguinte número de protocolo: **74499023.1.0000.5504**

**Endereço para contato (24 horas por dia e sete dias por semana):**

Pesquisador Responsável: Cecília Carniello Correa

Endereço: Departamento de Engenharia Civil / UFSCar - Rodovia Washington Luís (SP-310), Km 235, São Carlos - São Paulo – Brasil, CEP 13565-905

Contato telefônico: (17) 99758-5123

E-mail: ceciliacarniello@estudante.ufscar.br

Local e data: \_\_\_\_\_

Cecília Carniello Correa

Nome do Pesquisador

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

\_\_\_\_\_  
Nome do Participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante

**APÊNDICE B – TESTE DE CONHECIMENTO 1**



CCET - UFSCar  
 Departamento de Engenharia Civil  
 Curso de Engenharia Civil - 2023



*Mestranda: Eng. Cecília Carniello Correa, Orientadora: Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra  
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv)*

**TESTE DE CONHECIMENTO 1**

Este teste faz parte do experimento **Gamificação no Curso de Engenharia Civil** da UFSCar. Todas as informações serão mantidas em sigilo. Agradecemos por responder e colaborar com este projeto!

Não haverá associação de nota da disciplina com este teste realizado. Ele é somente para uso no projeto de mestrado da engenheira Cecília sobre Gamificação no Ensino da Linha de Balanço.

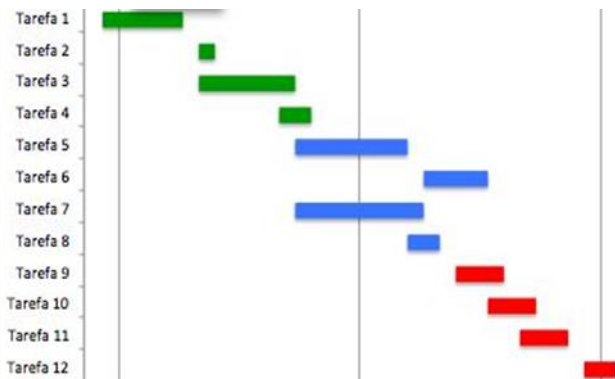
Idade: \_\_\_\_\_ anos

Semestre: \_\_\_\_\_

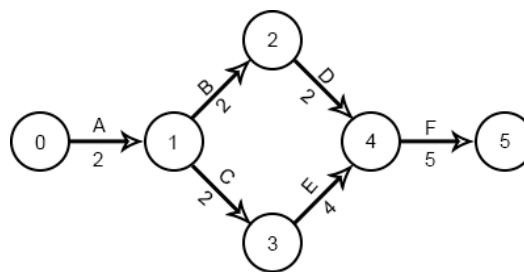
RA: \_\_\_\_\_

**Caso não tenha certeza da resposta, favor deixar em branco para que esta pesquisa tenha a maior confiabilidade possível.**

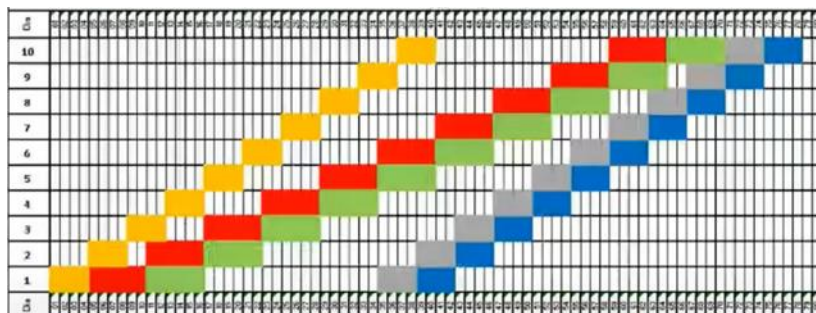
**1. Assinale a alternativa que MOSTRA a ferramenta de Linha de Balanço (LDB):**



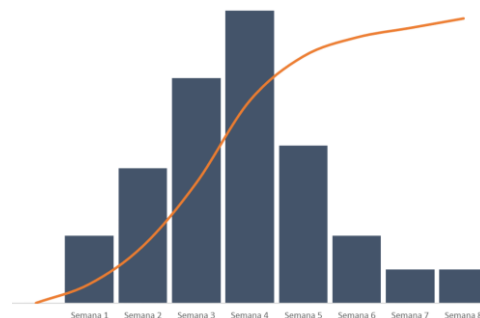
(a)



(b)



(c)



(d)

## 2. Assinale as proposições a seguir em Verdadeira (V) ou Falsa (F) a respeito da LDB:

I.[Adaptado] (Ano: 2019 Banca: INSTITUTO AOCP Órgão: UFFS Prova: INSTITUTO AOCP - 2019 - UFFS - Técnico em Edificações Fonte: <https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes/43cc19c0-a6>) É uma técnica empregada em projetos de natureza repetitiva, como conjuntos habitacionais, edifícios de múltiplos pavimentos e construções de estradas.

II.[Adaptado] (Ano: 2019 Banca: INSTITUTO AOCP Órgão: UFFS Prova: INSTITUTO AOCP - 2019 - UFFS - Técnico em Edificações Fonte: <https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes/9ce4b948-19>) Tem como finalidade apresentar a duração de cada grupo de etapas e a existência ou não de interferência de uma etapa em outras.

III.As barras que representam as atividades devem sempre ter a mesma inclinação.

IV.As barras que representam as atividades devem sempre ter o sentido de baixo para cima.

a)V, V, F e V.

b)V, V, F e F.

c)V, F, F e V.

d)F, F, V e F.

## 3. Analise as afirmações a seguir de acordo com a teoria da *lean construction* e a LDB:

I.[Adaptado] (Ano: 2004 Banca: Centro de Seleção e de Promoção de Eventos UnB - CESPE CEBRASPE Prova: CESPE/CEBRASPE - DPF - Policial Federal / Perito - Área Engenharia Civil - 2004 Fonte: <https://questoes.grancursosonline.com.br/questoes-de-concursos/engenharia-civil/186944>) Sua programação não depende do conhecimento dos recursos humanos e dos materiais disponibilizados para execução da obra, a fim de que seja determinado o ritmo para desenvolvimento das atividades de construção.

II.É possível aferir a quantidade de unidades presentes na obra por meio da sua análise.

III.A sua utilização em obras mais complexas torna-se impossível.

IV.É uma técnica de planejamento e controle de prazo, que tem como princípio organizar e planejar os locais da obra no tempo. (Fonte: BEDIN, Yan. **Principais diferenças entre usar diagrama ou gráfico de Gantt e linha de balanço no seu projeto.** 2021. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/diagrama-ou-grafico-de-gantt/>. Acesso em: 23 fev. 2023.

Assinale a alternativa correta.

a)Todas as afirmações estão corretas.

b)Apenas II e IV estão corretas.

c)Apenas II está correta.

d)I, II e IV estão corretas.

## 4. Por meio do uso da Linha de Balanço são simplificadas a(s) visualização(s) de:

a)Plano de ataque da obra apenas.

b)Sequência das atividades e plano de ataque da obra.

c)Sequência das atividades e interferências entre duas ou mais atividades.

d)Sequência das atividades, plano de ataque e interferências entre duas ou mais atividades.

**5. Sobre a Linha de Balanço, julgue como Verdadeiro (V) ou Falso (F).**

( V ) A sua principal função é conseguir visualizar os ritmos de trabalho e conseguir uniformizá-los.

( V ) Por ser uma técnica aplicada em trabalhos repetitivos, as equipes têm o efeito do aprendizado, ou seja, há melhoria contínua dos processos.

( V ) Como é uma técnica que trabalha com sincronia, há a otimização de recursos e equipes, podendo também encurtar a duração do projeto.

( V ) São as atividades gargalo que determinam as prioridades da obra.

**6. Sobre a Linha de Balanço é CORRETO afirmar que:**

a) Através dela é possível realizar o mesmo trabalho mais rápido em um fluxo contínuo, porém usando mais recursos.

b) Com seu auxílio os engenheiros responsáveis pelo empreendimento conseguem detectar erros da fase de planejamento.

c) Apesar da sua visualização auxiliar na eliminação de diversos conflitos, ela não consegue influenciar no conflito entre as equipes por não representá-las.

d) Apesar de ser mais aplicada para serviços repetitivos, também consegue englobar aqueles que não se repetem.

**7. Podemos citar como DESVANTAGENS do uso da Linha de Balanço:**

a) Obtenção da duração da unidade base, programação à parte para serviços não repetitivos e ainda não possuir muitos aplicativos e softwares para a sua montagem.

b) Dificuldade de entendimento no planejamento e na execução, necessidade de mão de obra especializada para aplicar os serviços repetitivos e ainda não possuir muitos aplicativos e softwares que auxiliem na sua montagem.

c) Obtenção da duração da unidade base, necessidade de mão de obra especializada para aplicar os serviços repetitivos e ainda não possuir muitos aplicativos e softwares para a sua montagem.

d) Obtenção da duração da unidade base, dificuldade de entendimento no planejamento e na execução e necessidade de mão de obra especializada para aplicar os serviços repetitivos.

**8. A respeito das folgas na Linha de Balanço, pode-se afirmar que:**

I. Estão diretamente ligadas ao grau de incerteza de duração das atividades a serem executadas.

II. Quanto menos incertezas na duração das atividades, maiores serão as folgas.

III. São as primeiras a serem definidas no planejamento.

IV. Indicam quando as equipes estão paradas.

Assinale a alternativa correta:

a) Todas as proposições estão incorretas.

b) Apenas I e III estão corretas.

c) Apenas I está correta.

d) I, II e IV estão corretas.

**9. A respeito da Linha de Balanço e as equipes de trabalho é CORRETO afirmar que:**

- a) A Linha de Balanço traz a informação de quantas equipes estão sendo empregadas por dia, ajudando a realizar o histograma de mão de obra.
- b) A Linha de Balanço é uma ferramenta que ajuda diretamente a controlar a quantidade de pessoas dentro da obra.
- c) Não existe nenhuma relação entre elas.
- d) A Linha de Balanço apenas apresenta a quantidade de equipes.

**10. Assinale as proposições abaixo em Verdadeira (V) ou Falsa (F) a respeito da LDB.**

- I. Os lotes de trabalho devem ser sempre únicos.
  - II. Define o plano de ataque da obra por lotes.
  - III. Quanto maior o lote de produção, menor o prazo da obra.
  - IV. Cada atividade pode trabalhar com um ou mais lotes base.
- a) V, V, F e F.
  - b) F, V, V e F.
  - c) V, F, V e V.
  - d) F, V, F e V.

**11. Para a concepção da LDB da obra são necessárias as seguintes informações:**

- a) Duração da obra, número de equipes, quantitativo do serviço.
- b) Duração da atividade, número de equipes, ritmo de execução.
- c) Duração da atividade, folgas, tipo da atividade.
- d) Tipo da atividade, cor a ser usada, inclinação da linha.

**12. No cronograma de Linha de Balanço NÃO estão representados:**

- a) O avanço dos trabalhos de construção de acordo com o tempo.
- b) A velocidade de execução dos trabalhos.
- c) A evolução dos gastos da obra.
- d) A unidade (local) em que os trabalhos estão sendo executados.



## APÊNDICE D – TESTE DE CONHECIMENTO 2



CCET - UFSCar  
Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Engenharia Civil - 2023



Mestranda: Eng. Cecília Carniello Correa, Orientadora: Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv)

### TESTE DE CONHECIMENTO 2

Este teste faz parte do experimento Gamificação no Curso de Engenharia Civil da UFSCar. Todas as informações serão mantidas em sigilo. Agradecemos por responder e colaborar com este projeto!

Não haverá associação de nota da disciplina com este teste realizado. Ele é somente para uso no projeto de mestrado da engenheira Cecília sobre Gamificação no Ensino da Linha de Balanço.

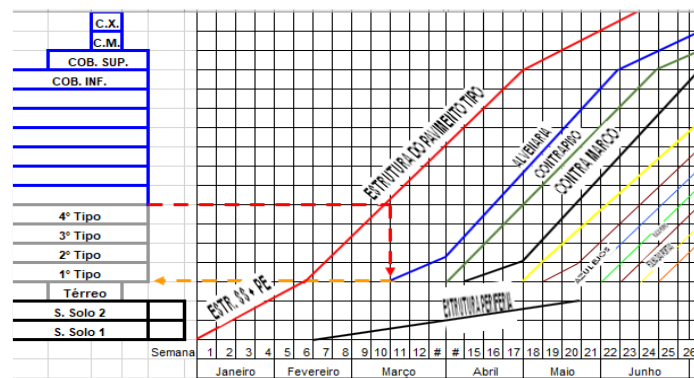
Idade: \_\_\_\_\_ anos

Semestre: \_\_\_\_\_

RA: \_\_\_\_\_

**Caso não tenha certeza da resposta, favor deixar em branco para que esta pesquisa tenha a maior confiabilidade possível.**

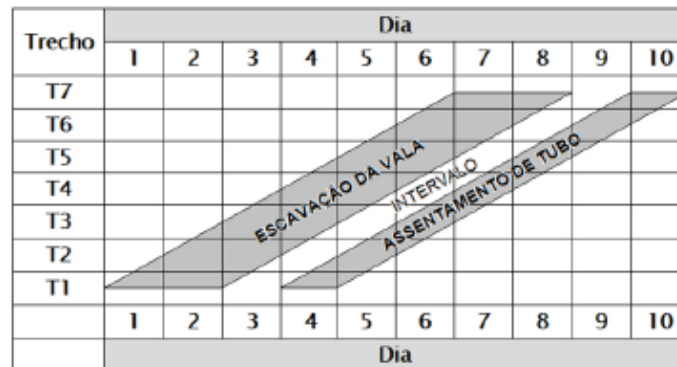
**1. Identifique as SEIS informações na visualização do planejamento em LDB apresentado a seguir.**



Fonte: prof. Assumpção (UFSCar)

- A - **SEMANA** aproximada do início do serviço da estrutura: (  ) 01 ( ) 06 ( ) 11 ( ) 14 ( ) 23
- B - **SEMANA** aproximada do final do serviço da estrutura: ( ) 01 ( ) 06 ( ) 11 ( ) 14 (  ) 23
- C - Duração em **SEMANAS** do serviço da alvenaria do 1º pavimento tipo: ( ) 1 (  ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5
- D - Duração em **SEMANAS** do serviço do contrapiso do 1º pavimento tipo: (  ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5
- E - Ritmo em **SEMANAS** do serviço do contrapiso nos pavimentos tipos: (  ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5
- F - Defasagem em **SEMANAS** do serviço de contrapiso do de alvenaria: ( ) 1 (  ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5

2.(Ano: 2019; Banca:FCM; Órgão: Prefeitura de Caranaíba - MG; Prova: FCM - 2019 - Prefeitura de Caranaíba - MG - Técnico em Vigilância Sanitária Fonte: <https://questoes.grancursosonline.com.br/questoes-de-concursos/conhecimentos-especificos-de-um-determinado-cargo-area/1214378>) A Linha de Balanço (LDB), também conhecida como diagrama espaço-tempo, é uma técnica de planejamento e controle desenvolvida para obras com ciclos de produção, aplicável no saneamento. Observe a LDB referente ao controle da execução de uma adutora de água cujo ciclo de trabalho consiste em serviços consecutivos de escavação da vala e assentamento de tubo realizados em cada trecho.



Fonte: Mattos (2010) apud FUNASA (2015).

Com base na LDB apresentada, é correto afirmar que

- a) a execução da adutora foi dividida em catorze trechos.
- b) a escavação total de um trecho da vala foi realizada em sete dias.
- c) o assentamento de tubo foi iniciado após o intervalo de sete dias.
- d) o assentamento de tubo foi realizado por equipe distinta da equipe executora de escavação da vala no mesmo trecho, após o intervalo de um dia.

3. Através da comparação da Linha de Balanço (Prevista vs. Realizada), é correto afirmar, EXCETO:

- a) É possível apenas identificar os atrasos em obra.
- b) É possível visualizar os desvios de ritmos de trabalho.
- c) É possível realizar planos de contenção e concentrar reforços nas atividades que estão saindo do que foi planejado.
- d) É possível visualizar a aderência dos lotes.

4. Assinale as proposições a seguir em Verdadeira (V) ou Falsa (F) a respeito da LDB:

I. O Gráfico de Gantt e a Linha de Balanço apresentam as mesmas informações para os gestores da obra e a mão de obra. A diferença entre eles está apenas na visualização, sendo que o primeiro apresenta linhas horizontais e o segundo apresenta barras inclinadas.

II. A LDB permite visualizar o plano de ataque da obra, mas não o trabalho em progresso.

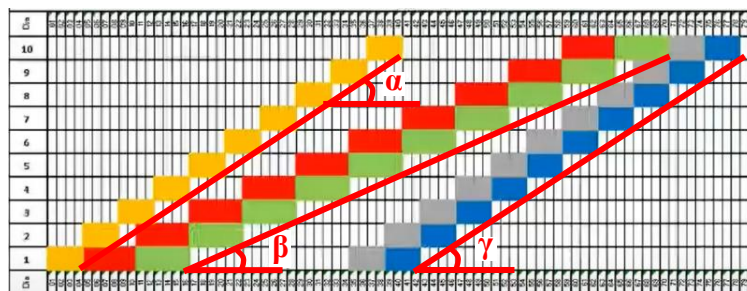
III. A técnica da Linha de Balanço permite programar mais facilmente um fluxo ininterrupto de pessoal por meio das unidades de local, resultando em um fluxo de trabalho contínuo das equipes da obra.

IV. A técnica da Linha de Balanço visa aumentar a produtividade pela redução da descontinuidade no trabalho, tirando benefícios da repetitividade, otimizando o emprego de recursos e a duração do projeto

pela alocação racional desses. (Fonte: LIMA, Tomás. **Planejamento de obras: Método Tempo-Caminho**. 2016. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/planejamento-de-obras-metodo-tempo-caminho/>. Acesso em: 23 fev. 2023.)

- a) V, V, F e V.
- b) F, V, F e F.
- c) V, F, F e V.
- d) F, F, V e V.

5. Represente, na imagem a seguir, a indicação dos ritmos de serviço para cada atividade na Linha de Balanço.



6. Sobre o ritmo de execução definido na Linha de Balanço é correto afirmar que:

- a) Representa a realização de um pavimento por semana.
- b) Só é possível de ser determinado matematicamente por meio de fórmulas.
- c) Representa a relação unidade/tempo do serviço em estudo.
- d) Representa a quantidade de operários que fazem parte da equipe.

7. Comparando o Diagrama de Gantt com a Linha de Balanço, podemos afirmar que:

- a) Em ambos é possível identificar, a qualquer tempo, atrasos na obra.
- b) No Diagrama de Gantt as folgas são determinadas pela duração das atividades e suas precedências, já na Linha de Balanço as folgas são colocadas de forma estratégica.
- c) Ambos consideram o método do caminho crítico (CPM).
- d) No Diagrama de Gantt os atrasos podem ser facilmente identificados e corrigidos, evitando atrasos em outras atividades e, assim, atrasos gerais na obra, já na Linha de Balanço, pela maior dificuldade na identificação dos atrasos, eles acabam impactando em outras atividades e, assim, podem atrasar a obra como um todo.

8. É vantagem de uso da Linha de Balanço, EXCETO:

- a) Proporciona maior controle do andamento do projeto e do ritmo com que as atividades são executadas.
- b) Facilita a troca de informações entre os gestores da obra e a mão de obra do canteiro.
- c) Permite a visualização dos gastos totais da obra.
- d) Mostra quais unidades foram concluídas, bem como as atividades e seus grupos de trabalho.

**9. A respeito dos eixos da Linha de Balanço, classifique as afirmações a seguir em Verdadeira (V) ou Falsa (F):**

- ( F ) O eixo que representa a localidade pode ser uma das últimas coisas a ser definida nesta técnica de planejamento.
- ( F ) O eixo vertical sempre irá representar a localidade e o horizontal sempre irá representar o tempo.
- ( F ) O eixo de localidade sempre será definido de forma crescente, independentemente de qualquer coisa.
- ( F ) O eixo que representa o tempo sempre irá representar os dias de obra.

**10. A respeito da Linha de Balanço é correto afirmar:**

- a) É uma técnica de planejamento baseada em atividades.
- b) É uma técnica relativamente nova e, por isso, ainda não é muito difundida.
- c) A definição da unidade base e da *Location Breakdown Structure* (LBS) são essenciais para definir o eixo vertical durante a sua montagem.
- d) Dentre as suas desvantagens está a dificuldade de visualização de informações.

**11. Julgue as proposições a seguir em Verdadeira (V) ou Falsa (F).**

- ( F ) A técnica da Linha de Balanço não permite que o engenheiro tenha uma visão ampla e simples do que está sendo realizado e o que ainda precisa ser executado.
- ( V ) A inclinação da reta ou do conjunto de blocos da Linha de Balanço fornece a produtividade de cada equipe por atividade.
- ( V ) A ideia principal da Linha de Balanço é diminuir o desperdício do trabalho em progresso fazendo com que todas as atividades sejam realizadas em uma taxa de produção única, ou seja, em um mesmo ritmo, dessa forma, as linhas que representam as atividades devem estar paralelas.
- ( F ) A técnica da Linha de Balanço é utilizada para que não haja folgas entre as atividades, ou seja, para que todas elas sejam executadas continuamente.

**12. [Adaptado] (Ano: 2012; Banca: FEMPERJ; Órgão: TCE-RJ; Provas: FEMPERJ - 2012 - TCE-RJ - Analista de Controle Externo - Engenharia Civil Fonte: [https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes?institute\\_ids%5B%5D=137&job\\_ids%5B%5D=6967&page=207&scholarity\\_ids%5B%5D=3](https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes?institute_ids%5B%5D=137&job_ids%5B%5D=6967&page=207&scholarity_ids%5B%5D=3)) Um cronograma pode ser apresentado em várias formas, de acordo com o tipo, volume e complexidade da tarefa e, ainda, com a quantidade de informações que deve conter.** Considere um cronograma em que estão representados, em duas dimensões, os tempos de construção e o avanço dos trabalhos de acordo com o tempo. A velocidade de execução dos trabalhos é mostrada pela inclinação da linha que representa o avanço da produção em direção ao eixo do tempo. Sabe-se que esse tipo de cronograma é adequado para construções com grande volume de produção, como no caso de estradas e túneis, e também para a construção de edifícios em que é utilizado o método de planejamento de produção em linha. Essa descrição é compatível com o cronograma de Linha de Balanço. Esta afirmação é:

- a) Verdadeira
- b) Falsa

## APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO



CCET - UFSCar  
Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Engenharia Civil - 2023



*Mestranda: Eng. Cecília Carniello Correa, Colaboração: Eng. Karla Cristina Bentes Moreira  
Orientadora: Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv)*

### QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO

Todas as informações serão mantidas em sigilo. Agradecemos por responder e colaborar com este projeto!

Idade: \_\_\_\_\_ anos                      Semestre: \_\_\_\_\_                      RA: \_\_\_\_\_

Assinale com X a(s) alternativa(s) escolhida(s):

**1. Vou dizer aos meus colegas que o Jogo Linha de Balanço é (selecione quantas alternativas quiser):**

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Diferente    | <input type="checkbox"/> Importante       |
| <input type="checkbox"/> Divertido    | <input type="checkbox"/> Gostoso de jogar |
| <input type="checkbox"/> Útil         | <input type="checkbox"/> Chato            |
| <input type="checkbox"/> Infantil     | <input type="checkbox"/> Fácil            |
| <input type="checkbox"/> Motivador    | <input type="checkbox"/> Complicado       |
| <input type="checkbox"/> Muito longo  | <input type="checkbox"/> Esclarecedor     |
| <input type="checkbox"/> Interessante | <input type="checkbox"/> Confuso          |

**2. O ambiente escolhido para a aplicação do jogo foi (selecione quantas alternativas quiser):**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Atraente            | <input type="checkbox"/> Desagradável     |
| <input type="checkbox"/> Apertado            | <input type="checkbox"/> Adequado ao jogo |
| <input type="checkbox"/> Organizado          | <input type="checkbox"/> Confuso          |
| <input type="checkbox"/> Outros. Qual? _____ |   |

**3. As peças do jogo são (assinale quantas alternativas quiser):**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> De fácil encaixe    | <input type="checkbox"/> De difícil encaixe |
| <input type="checkbox"/> Indiferentes        | <input type="checkbox"/> Pequenas demais    |
| <input type="checkbox"/> Grandes demais      |   |
| <input type="checkbox"/> Outros. Qual? _____ |   |

**4. Você acredita que a divisão de equipes foi suficiente?**

- Sim                       Não

**5. Com relação às regras:**

- O texto ou a explicação das regras me deixaram confuso  
 O texto ou a explicação das regras facilitaram a minha compreensão do jogo  
 Outros. Qual? \_\_\_\_\_

**6. Este jogo ajudou você a compreender o que é a Linha de Balanço?**

- Sim, este jogo me ajudou
- Ajudou, mas ainda tenho dúvidas
- Continuo não entendendo
- Não fez diferença ao que eu já sabia

**7. Você acha que o jogo foi:**

- 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: \_\_\_\_\_

**8. 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
- A 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: \_\_\_\_\_

**9. Você já tinha jogado algum jogo como esse (ou similar a esse) na escola ou na faculdade?**

- Sim
- Não

Se sim, onde e em qual matéria: \_\_\_\_\_

**10. Você já havia tido contato anterior com a Linha de Balanço?**

- Sim
- Não

Se sim, onde: \_\_\_\_\_

**11. A apresentação inicial sobre a Linha de Balanço foi:**

- Interessante
- Difícil de entender
- Esclarecedora
- De fácil compreensão
- Outros: \_\_\_\_\_

**12. Você acredita que irá usar o conhecimento adquirido, tanto na aula quanto no jogo, na sua profissão futuramente?**

- Sim
- Não
- Talvez

**13. Há algum outro comentário ou sugestão que você queira fazer sobre o Jogo Linha de Balanço para melhorá-lo ou complementá-lo?**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Obrigada!**



APÊNDICE G – SLIDES PARA A AULA EXPOSITIVA

## LINHA DE BALANÇO

AULA 10  
Cecilia Carniello Correa (Mestranda do PPGEciv)

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET)  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL (DECiv)  
**1001394 - RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**  
fevereiro/2023

## PLANEJAMENTO

PLANEJAMENTO

- Baseado em atividades
  - Determinístico (CPM)
  - Probabilístico (PERT)
- Baseado em localidades
  - Produção por unidade
  - Produção por localidade

Diagramas de planejamento: uma linha de balanço com 8 unidades, um layout de 8 casas, um edifício de 5 andares e 4 carros em uma linha de produção.

## EVOLUÇÃO

<p><b>1920</b> Empire State Building</p> <p>Técnica semelhante para planejar e controlar o projeto</p>	<p><b>1940</b> Goodyer Company</p> <p>Desenvolvimento de um método baseado em localização: LBS</p>
<p><b>2ª WW</b> Marinha dos EUA</p> <p>Programação industrial também utilizada na construção repetitiva</p>	<p><b>1960</b> Crítica ao CPM</p> <p>LBS como técnica alternativa para o planejamento</p>

# Mas o que é uma Linha de Balanço?

Gráfico de Gantt colorido mostrando a distribuição de recursos ao longo do tempo.

Gráfico de linha de balanço com eixos 'unidade de local' (1-6) e 'unidade de tempo' (1-11). Linhas diagonais representam a utilização de recursos A, B e C.

Gráfico de planejamento com eixos 'unidade de local' (1-6) e 'unidade de tempo' (1-11). Atividades A1, A2, B1, B2, C1, C2 são distribuídas no plano.

# E como montar uma Linha de Balanço?

01 Identificar a unidade base	05 Definir o plano de ataque
02 Definir a LBS	06 Desenhar as linhas
03 Definir as precedências	07 Balançar as linhas
04 Elaborar a capacidade de recursos	08 Definir os buffers

02 03 04 05 06 07 08

# 01

## Identificar a unidade base

11

01 02 03 04 05 06 07 08

12

01 03 04 05 06 07 08

# 02

## Definir a location breakdown structure

13

01 03 04 05 06 07 08

14

01 03 04 05 06 07 08

15

01 03 04 05 06 07 08

16

01 03 04 05 06 07 08

COMPLEXO

17

# 03

## Definir as precedências

18

01 02 04 05 06 07 08

19

# 04

## Elaborar a capacidade de recursos

20

ATIVIDADE	RECURSOS		Lote de transferência	Duração do lote
	Mão de obra	Equipamentos		
<b>UNIDADE BASE</b>				
01 Superestrutura	9 prof. + 13 aux.	-	pavimento	7
02 Corrimão (1ª etapa)	terceirizada	-	pavimento	1
03 Inst. hidráulica (prumada)	1 prof. + 1 aux.	-	pavimento	2
04 Alvenaria de vedação	4 prof. + 1 aux.	-	pavimento	7
05 Alvenaria pré-moldada (1ª f.)	1 prof. + 1 aux.	-	pavimento	2
06 Contramarcos	2 prof. + 1 aux.	-	pavimento	2
07 Revestimento argamassado	-	-	pavimento	14
08 Corrimão (2ª etapa)	terceirizada	-	pavimento	1
09 Inst. hidráulica (teto)	1 prof. + 1 aux.	-	pavimento	6
10 Inst. elétrica (teto)	1 prof. + 1 aux.	-	pavimento	6

21

# 05

## Definir o plano de ataque

22

23

24

25

26

8			A2					B1		C2		
7			A1					B1		C1		
6			A2					B1		C2		
5			A1					B1		C1		
4		A2						B1		C2		
3		A1						B1		C1		
2		A2						B1		C2		
1		A1						B1		C1		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11

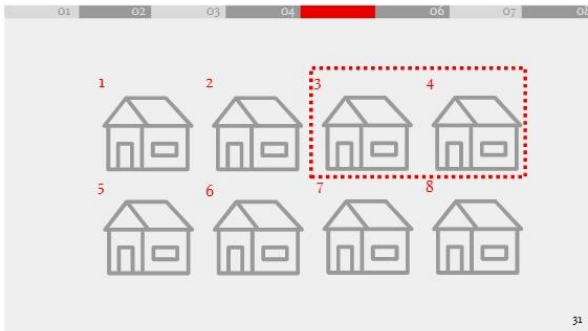
unidade de tempo

27

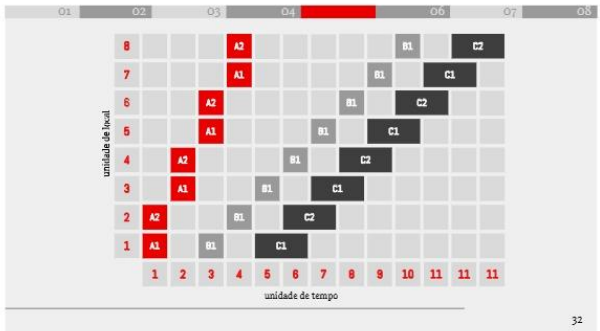
28

29

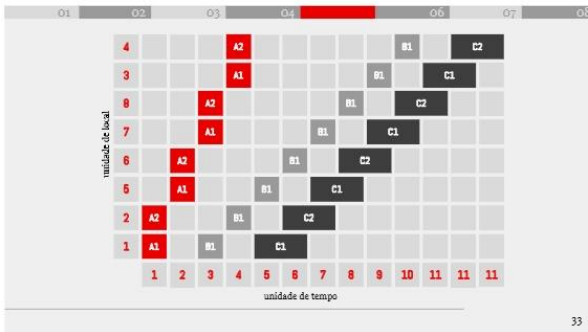
30



31



32



33



34



35

06  
Desenhar as linhas  
de balanço

36



37

07  
Balançar as linhas  
de balanço

38



39



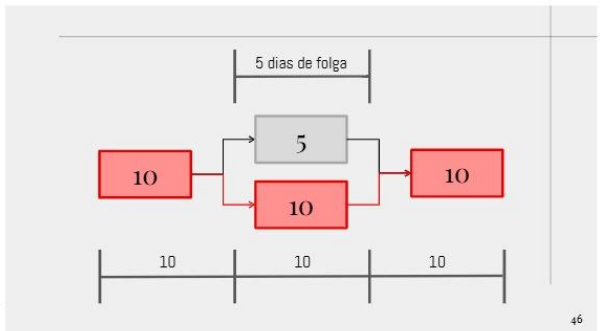
40



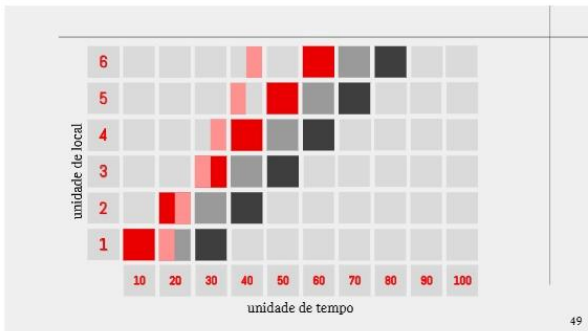
08  
Definir os *buffers*  
(as folgas)

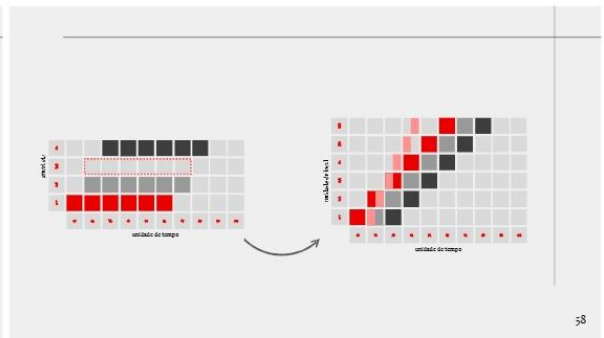
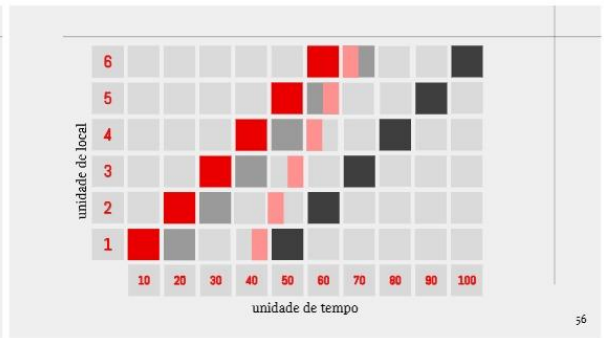
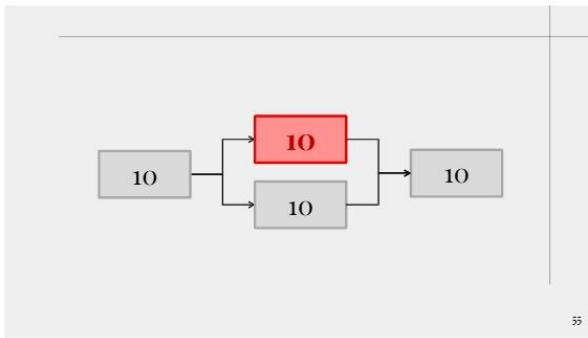
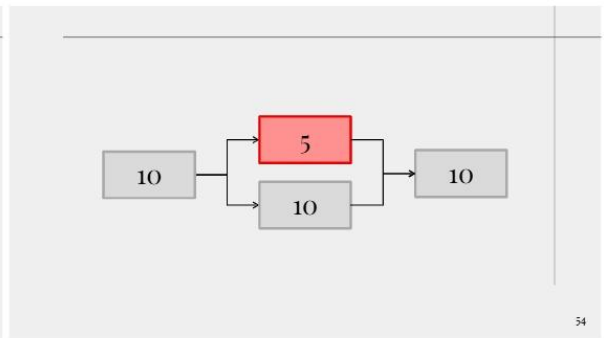
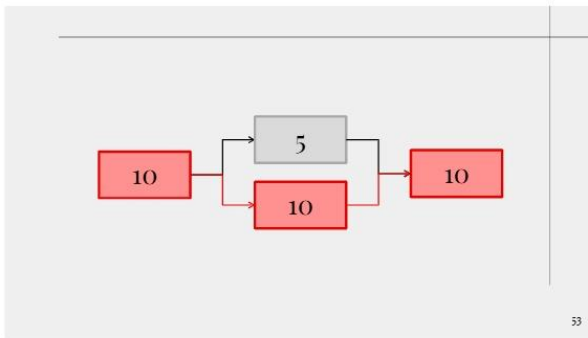
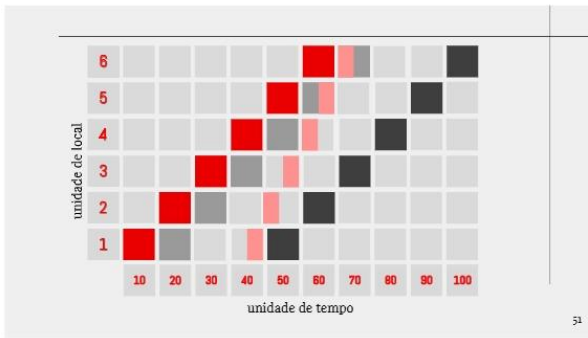


Mas por  
que não  
usar Gantt?



E como ficaria  
numa Linha de  
balanço?





# Quais as aplicações da LOB?

61



Visualização 4D

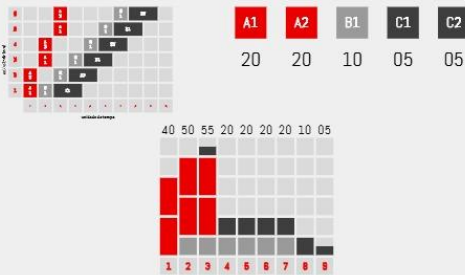


Planejado vs. Realizado



Histograma de mão-de-obra

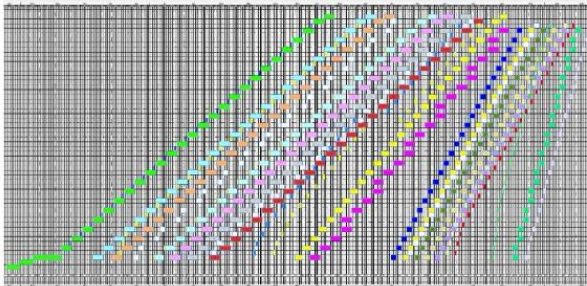
62



63

# EXEMPLOS DE LINHA DE BALANÇO

64



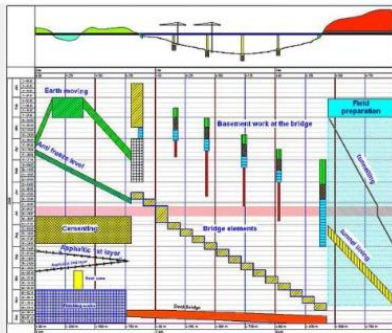
65

© SIPPRO 2014



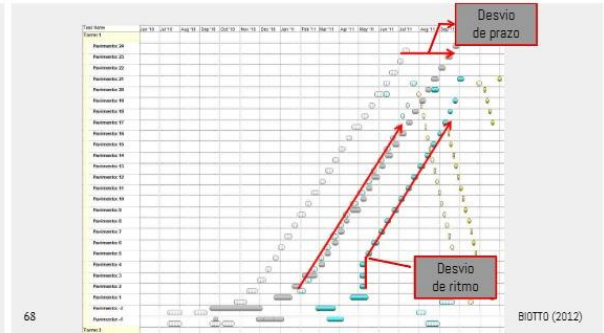
© SIPPRO 2012

66



67

© Tilos Software



68

BIOTTO (2012)

## REFERÊNCIAS

BIOTTO, Clarissa Notariano. **GT14**: produção enxuta na construção civil. São Carlos, 2020. 176 slides.

SERRA, Sheyla Mara Batista. **LDB – Linha de Balanço – ou Diagrama Espaço tempo**. São Carlos, 2013. 42 slides.

# E na sua empresa? Você usaria Gantt ou LOB?

69

70

## APÊNDICE H – INSTRUÇÃO DE MONTAGEM (CASA 01)

## CASA 01

Divisão de atividades e materiais:

1. Fundação: branco
2. 1ª linha de parede: preto e cinza
3. 2ª linha de parede: preto e cinza
4. Laje: roxo
5. Cobertura: verde claro e azul escuro
6. Chaminé: amarelo



0. Lote



1. Fundação



2. Parede 1



3. Parede 2



4. Laje



5. Cobertura



6. Chaminé



1. Fundação



2. Parede 1



3. Parede 2



4. Laje



5. Cobertura 1



6. Cobertura 2



7. Chaminé

## APÊNDICE I – TABELA DE ANOTAÇÃO DOS TEMPOS



CCET - UFSCar  
Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Engenharia Civil - 2023



*Mestranda: Eng. Cecília Carniello Correa, Orientadora: Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv)*

### ANOTAÇÃO DOS TEMPOS DE PRODUÇÃO

Número da casa: \_\_\_\_\_ - Linha de produção: \_\_\_\_\_

Equipe especializada / serviço	RODADA 1		Observação
	Tempo inicial	Tempo final	
1 - Fundação			
2 - 1ª linha de alvenaria			
3 - 2ª linha de alvenaria			
4 - Laje			
5 - Cobertura			
6 - Chaminé			

Equipe especializada / serviço	RODADA 2		Observação
	Tempo inicial	Tempo final	
1 - Fundação			
2 - 1ª linha de alvenaria			
3 - 2ª linha de alvenaria			
4 - Laje			
5 - Cobertura			
6 - Chaminé			




Equipe especializada / serviço	RODADA 3		Observação
	Tempo inicial	Tempo final	
1 - Fundação			
2 - 1ª linha de alvenaria			
3 - 2ª linha de alvenaria			
4 - Laje			
5 - Cobertura			
6 - Chaminé			

Fonte: Elaborado pela autora (2023) baseado em Miron *et al.* (2018)

### APÊNDICE J – TABELAS DE CORREÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Quadro 27 – Teste de Conhecimento 1 (segunda aplicação)

nº	Quest.	1				2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12				FINAL (x/12)	NOTA (0-10)	
		Altern.	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d														
1			X	C	X			E	X			C		X	C	F	V	V	V		X		C	X			C		X	E	X		X	E	X		X	E	X		X	E			6,75	5,63						
2			X	C	X			E					X	C	V	V	F	X			X		E			X	E			X		C		X	E	X		X	E	X		X	E			4,50	3,75					
3				X	E			E					E																																	0,00	0,00					
4					E			E					E																																			0,00	0,00			
5		X			E			E				E	X								X																											0,00	0,00			
6					E	X			E				X	C								X																										2,00	1,67			
7			X	C	X			E	X			C		X	C	V	V	V	F	X			E	X			E	X			X		C	X			C	X		E	X			E			6,75	5,63				
8			X	C				E					X	C																																		4,00	3,33			
9					E			E	X			C		X	C		V	V		X		C																										4,50	3,75			
10				X	E			E		X																		X																				2,00	1,67			
11					E			E					X	C	F	V	V	F																														1,50	1,25			
12			X	C				E																																								1,00	0,83			
13				X	E			E																																								0,00	0,00			
14					E			E																																								0,00	0,00			
15					E			E																																								0,00	0,00			
16					E			E																																								0,00	0,00			
17					E			E										V																														0,25	0,21			
18					E			E																																								0,00	0,00			
19					E			E																																								0,00	0,00			
20					E			E																																								0,00	0,00			
21					E			E	X			C																																				1,00	0,83			
22			X	C	X			E																																								2,00	1,67			
23					E			E																																								0,00	0,00			
24					E			E																																								0,00	0,00			
25			X	C	X			E																																									1,00	0,83		
26		X			E			E																																								0,00	0,00			
<b>ACERTOS (n e %)</b>		7 26,92%				1 3,85%				4 15,38%				7 26,92%				3,25 12,50%				2 7,69%				1 3,85%				2 7,69%				5 19,23%				2 7,69%				1 3,85%				2 7,69%				1,43	1,19	11,94%

 Resposta nula     Resposta certa     Resposta errada

Fonte: Elaborado pela autora (2023)



Quadro 29 – Teste de Conhecimento 2 (segunda aplicação) – questões 4 a 12

nº	Quest.	4				5	6				7				8				9				10				11				12	FINAL (x/12)	NOTA (0-10)
		Altern.	a	b	c		d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d						
1		X			E			X	C				E		X			E	F	F	F	V	X			E	F	F	V	V	C	6,08	5,07
2			X		E			X	C		X		C		X			C	V	F	V	F		X		C	V	V	F	F	C	8,83	7,36
3				X	C			X	C		X		C					E	F	F	V	F		X		C	F	V	V	F	E	7,58	6,32
4					E				E				E					E	F	V	V	F		X		C	F	V	V	F	C	6,33	5,28
5				X	C			X	C		X		C					E	F	V	F	F		X		C	F	V	V	V	C	8,83	7,36
6				X	C			X	C		X		C		X			C	F	V	F	V		X		C	F	V	F	V	C	8,50	7,08
7				X	C			X	C		X		C		X			C	F	V	F	F		X		C	F	V	V	V	C	8,67	7,22
8					E			X	C				E		X			C	F	V	F	F	X			E	F	V	V	V	C	6,83	5,69
9				X	C			X	C		X		C		X			C						X		C	F	V	V	V	C	8,58	7,15
10				X	C			X	C		X		C		X			C	F	V	F	F		X		C	F	V	F	F	C	11,33	9,44
11				X	C			X	C			X	E		X			C	F	V	V	F		X		C	F	V	V	F	E	7,17	5,97
12				X	C			X	C		X		C		X			C					X			E	F	V	V	F	C	8,67	7,22
13				X	C			X	C		X		C					E	F	V	V	F		X		C	F	V	V	V	C	7,92	6,60
14				X	C			X	C		X		C		X			C	F	V	V	F		X		C	F	V	F	V	C	9,67	8,06
15				X	C			X	C		X		C		X			C	F	V	V	F	X			E	F	V	F	V	C	7,67	6,39
16					E				E		X		C					E	F					X		C	F	V			C	5,58	4,65
17				X	C			X	C		X		C		X			C	F	V	F	V		X		C	F	V	F	V	C	9,83	8,19
18				X	C			X	C				E		X			C	V	V	F	F	X			E	F	V	F	V	C	7,67	6,39
19					E			X	C		X		C		X			C					X			E	F	V	V	V	C	6,75	5,63
20				X	C			X	C		X		C		X			C				F		X		C	F	V			C	8,58	7,15
21				X	C			X	C		X		C		X			C	F	F	F	V	X			E	F	V	V	V	C	9,17	7,64
22				X	C			X	C		X		C		X			C	F	V	F	F		X		C	F	V	F	V	E	9,92	8,26
23				X	C			X	C				E		X			C	F	V	F	F	X			E	F	V	V	F	C	8,58	7,15
24					E			X	C		X		C		X			C	F		F			X		C		V	F	F		6,67	5,56
25					E			X	C		X		C		X			C	F	V	F	V	X			E	F	V	F	V	C	8,83	7,36
26				X	C				E				E		X			C								E	F	V	F	F	C	6,08	5,07
<b>ACERTOS</b>		18				5,00	23				19				20				12,75				16				17,75				22,00	8,09	6,74
<b>(n e %)</b>		69,23%				19,23%	88,46%				73,08%				76,92%				49,04%				61,54%				68,27%				84,62%	67,41%	

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Quadro 30 – Questionário de Motivação (segunda aplicação)

n°	Quest. Altern.	1		2						3	4	5	6	7a	7b	7c	7d	7e	7f	7g	7h
		S	N	a	b	c	d	e	f												
4	X				X					Magic the gathering	2	4	3	3	3	4	2	5	5	5	5
5	X					X	X	X		FIFA LEGO Batman	1	4	4	5	1	3	4	4	4	4	5
7	X				X	X		X		Xadrez 2048 LoL	4	4	4	1	3	4	4	2	2	4	4
8	X						X			FIFA	4	4	3	2	1	1	4	4	5	3	5
9	X				X			X		Truco Brawl stars Poker	3	3	2	5	3	4	3	4	4	3	5
10	X					X		X		Nanograma	5	5	5	3	3	4	2	5	5	4	4
11		X								-	3	2	4	4	1	1	2	5	5	2	5
12	X							X		Truco	4	5	5	2	2	2	3	4	5	3	4
14	X				X					Presidente	3	4	4	5	4	3	1	4	4	2	5
15		X								-	5	4	5	5	1	3	3	3	5	2	5
17	X					X				Valorant	4	4	5	5	4	2	4	5	5	5	5
18		X								-	4	4	4	4	2	3	3	4	4	3	5
19	X					X				LoL	4	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5
20		X								-	3	5	3	5	1	5	3	1	3	1	3
22	X				X			X		Truco	4	4	3	5	4	3	3	5	4	3	5
23	X					X				LoL	4	3	3	5	3	1	2	5	4	2	5
24	X				X	X		X		Xadrez	3	4	3	4	3	4	3	5	5	3	4
25	X							X		Pokemon GO	4	4	4	4	3	3	4	5	4	4	5
TOTAL		14	4	0	6	7	2	8	0	-	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	5
		77,78%	22,22%	0,00%	33,33%	38,89%	11,11%	44,44%	0,00%												

X Sim 
 X Não 
 1
2
3
4
5 
 Escala de cor para proposição mais (5) ou menos (1) provável

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Quadro 31 – Questionário de Satisfação (segunda aplicação) – questões 1 a 5

nº	Quest. Altern.	1													2						3					4		5		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	S	N	a	b
4		X	X	X			X		X		X		X			X			X					X	X			X		
5		X	X	X		X		X	X	X			X			X			X			X				X				X
7				X		X		X	X	X			X		X			X			X						X		X	
8										X									X			X			X				X	
9		X	X	X				X					X				X	X			X				X				X	
10								X		X							X				X				X				X	
11		X	X	X			X	X		X		X				X	X		X		X				X				X	
12								X								X			X		X				X				X	
14													X						X		X				X				X	
15		X	X	X		X		X		X			X			X	X			X		X			X				X	
17			X	X			X	X	X		X		X			X	X			X		X			X			X		
18		X	X	X			X						X						X		X	X			X				X	
19		X	X	X			X	X		X									X					X					X	
20		X	X	X		X		X					X						X		X				X				X	
22			X	X		X		X	X	X							X		X		X				X				X	
23			X	X		X		X	X	X						X	X			X		X			X				X	
24		X		X				X					X		X				X			X			X				X	
25		X	X	X		X		X	X	X		X				X				X		X			X				X	
<b>TOTAL</b>		10	12	14	0	7	3	16	6	11	1	4	0	13	0	2	10	8	0	10	0	15	2	0	0	2	17	1	2	16
		55,56%	66,67%	77,78%	0,00%	38,89%	16,67%	88,89%	33,33%	61,11%	5,56%	22,22%	0,00%	72,22%	0,00%	11,11%	55,56%	44,44%	0,00%	55,56%	0,00%	83,33%	11,11%	0,00%	0,00%	11,11%	94,44%	5,56%	11,11%	88,89%

Respostas negativas
  Respostas controversas (assinalam pontos positivos e negativos para uma mesma perspectiva)
  X Sim
  X Não

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Quadro 32 – Questionário de Satisfação (segunda aplicação) – questões 6 a 12

n <sup>o</sup>	Quest. Altern.	6				7				8								9			10			11				12		
		a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e	f	g	h	S	N	?	S	N	?	a	b	c	d	S	N	T
4	X					X				X	X			X	X	X	X		X			X					X			
5	X					X				X	X		X	X	X	X	X		X			X		X	X		X			
7	X					X					X		X	X	X	X		X			X		X	X	X	X	X			
8	X						X			X				X					X			X			X				X	
9	X					X				X	X		X	X	X	X		X			X		X		X		X			
10	X					X					X			X	X				X			X			X				X	
11	X					X					X		X	X	X		X		Bio (EM)		X		X		X	X	X			
12	X					X					X			X					X			X			X				X	
14		X				X				X	X		X	X		X			X			X			X		X			
15	X					X				X	X		X		X	X	X		X			X			X		X			
17	X					X				X	X			X	X	X	X		X			X		X	X	X	X			
18	X					X				X	X		X	X	X	X	X		X			X			X		X			
19	X					X				X	X		X	X	X	X	X		X			X		X		X			X	
20	X					X				X	X		X	X	X	X	X		X			X			X		X			
22	X					X				X	X		X	X	X	X	X		X			X		X		X				
23	X					X				X	X		X	X	X	X	X		X			X		X	X	X	X			
24	X					X				X	X			X	X	X					X		X		X	X			X	
25		X				X				X	X			X	X	X	X		X			X			X		X			
<b>TOTAL</b>		16	2	0	0	0	17	1	0	14	17	0	10	14	17	16	13	1	17	-	0	18	-	10	7	2	7	13	0	5
		88,89%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	94,44%	5,56%	0,00%	77,78%	94,44%	0,00%	55,56%	77,78%	94,44%	88,89%	72,22%	5,56%	94,44%	-	0,00%	100,00%	-	55,56%	38,89%	11,11%	38,89%	72,22%	0,00%	27,78%

X Sim      X Não      X Talvez

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Quadro 33 – Questionário de avaliação docente

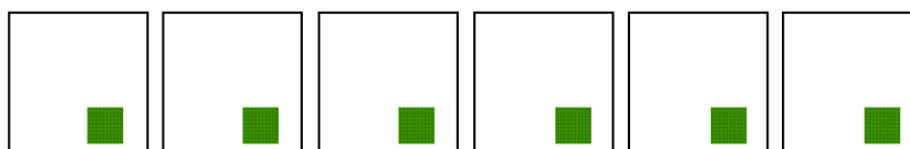
Prof.		RAC	PCO
Quest.	Altern.		
2	S	X	X
	N		
	R		
3	S	X	X
	N		
	D		
4	S	X	X
	N		
	D		
5	a		X
	b	X	X
	c		
	d		
	e	X	X
	f	X	X
	g	X	X
6	a	X	
	b		
	c		
	d		X
7	S	X	X
	N		
	T		

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

## ANEXO A – INSTRUÇÕES DO JOGO LINHA DE BALANÇO

Conforme Miron *et al.* (2018), primeiramente é necessário distribuir os seis terrenos lado a lado nas mesas para simular os lotes de trabalho (Figura 80).

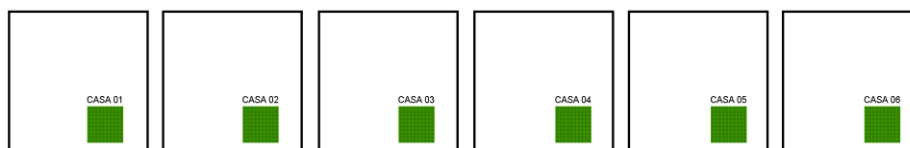
Figura 80 – Mesas em sequência com os terrenos



Fonte: Miron *et al.* (2018)

Depois, é definido o plano de ataque, ou seja, a ordem em que cada casa será construída (Figura 81).

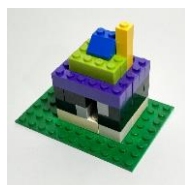
Figura 81 – Definição do plano de ataque (lote 1-casa 1; 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; 6-6)



Fonte: Miron *et al.* (2018)

Com a definição da ordem, os *kits* de peças de cada casa (Figura 82) são posicionados ao lado de seus lotes e as instruções de montagem, como as do exemplo APÊNDICE H, são entregues (Figura 83). As demais instruções de montagem podem ser acessadas por meio do link [https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1sq2pg1P\\_NibqeQVR6BLhpShmvo2N6vgj](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1sq2pg1P_NibqeQVR6BLhpShmvo2N6vgj).

Figura 82 – Visão dos seis *kits* utilizados na simulação



(a) *Kit* casa 01



(b) *Kit* casa 02



(c) *Kit* casa 03



(d) *Kit* casa 04

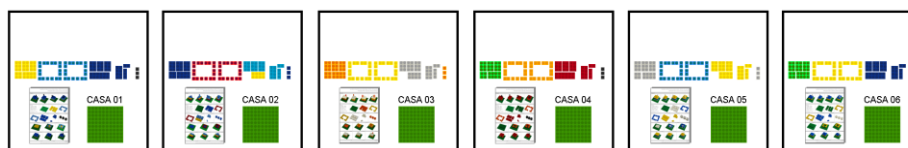


(e) *Kit* casa 05

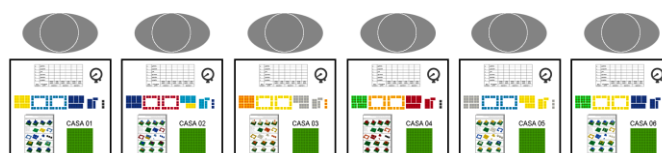


(f) *Kit* casa 06

Fonte: Elaborado pela autora (2023) baseado em Miron *et al.* (2018)

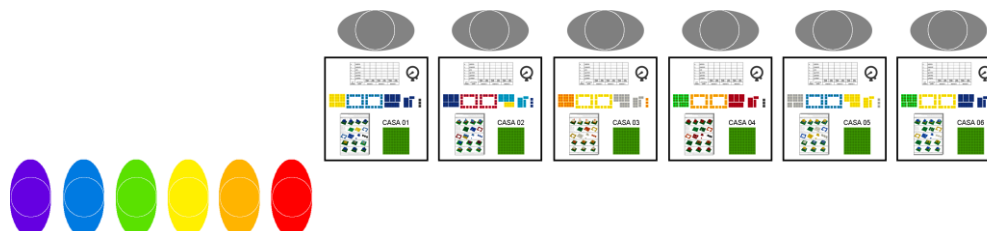
Figura 83 – Entrega dos *kits* e das instruções de montagem de cada casaFonte: Miron *et al.* (2018)

Cada etapa de montagem da casa deve ficar sob responsabilidade de um participante, sendo cada um representante de uma equipe especializada (Figura 28). Além destas equipes é necessário separar um participante para cada lote a fim de cronometrar os períodos de montagem de cada atividade em cada casa. Os responsáveis por registrar os tempos são posicionados atrás das mesas com os cronômetros e as planilhas de registro de tempos em mãos e devem permanecer no mesmo local até o fim do jogo (Figura 84).

Figura 84 – Posicionamento da equipe de cronômetro e *layout* de jogoFonte: Miron *et al.* (2018)

Depois de organizar os lotes, as equipes especializadas se posicionam em fila antes do lote 1 para dar início ao jogo (Figura 85). Ademais, deve ser orientado que o início da contagem do tempo seja simultâneo em todos os cronômetros e que, para que o registro seja feito de maneira correta, eles não parem até o fim da rodada, sendo apenas registrado o tempo de início e término de cada atividade.

Figura 85 – Posicionamento das equipes de montagem para o início do jogo

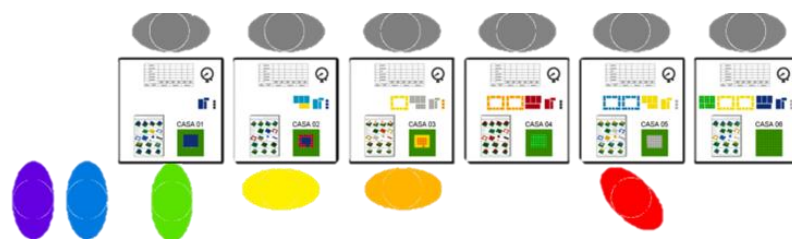
Fonte: Miron *et al.* (2018)

Com tudo preparado é possível dar início ao jogo. Com o início da contagem dos cronômetros, a equipe especializada 1 deve se posicionar em frente ao primeiro lote para realizar a sua tarefa conforme o projeto. Ao terminar de realizá-la, deverá passar para o lote

seguinte a fim de continuar a execução de sua atividade e, a equipe subsequente (equipe especializada 2), deverá entrar no primeiro lote (Figura 86). O processo deve se repetir até que todas as equipes especializadas tenham passado por todos os lotes e todas as casas tenham sido montadas. Fica sob responsabilidade da equipe do tempo registrar na tabela o início e o fim da tarefa de cada equipe especializada em cada lote.

Destaca-se que cada equipe só poderá avançar ao próximo lote quando a equipe a sua frente já tiver terminado a sua atividade e passado para o lote seguinte. Ademais, cabe a cada equipe realizar o controle de qualidade da equipe que a precedeu.

Figura 86 – Exemplo de aplicação do jogo



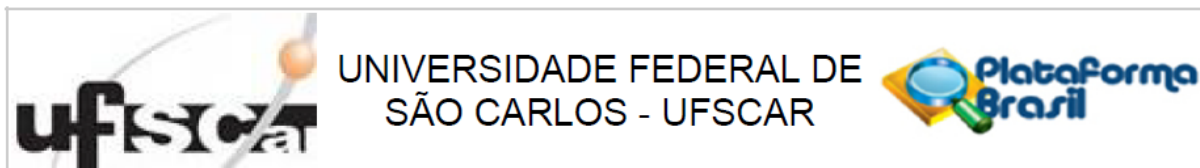
Fonte: Adaptado de Miron *et al.* (2018)

Após todas as equipes realizarem suas atividades em todos os lotes, os cronômetros devem parar e todos os membros do grupo são orientados a se reunir para a construção da Linha de Balanço (LDB), conforme os tempos anotados para cada lote, seguindo as etapas descritas no Quadro 34.

Quadro 34 – Etapas para a montagem da Linha de Balanço

nº da etapa	Instrução
01	Ordenar as tabelas de marcação dos tempos de acordo com a ordem de ataque estabelecida anteriormente;
02	Na tabela de tempos, identificar a coluna da tabela correspondente a rodada a ser construída a Linha de Balanço;
03	Na tabela de tempos, identificar a linha correspondente a equipe 1;
04	Identificar, na coluna tempo inicial, o tempo de início da tarefa da equipe 1 no lote pretendido;
05	Na planilha, identificar a linha referente a primeira casa executada seguindo o plano de ataque previamente estabelecido;
06	Marcar o tempo inicial da equipe 1 (fundação) com um traço vertical sobre o valor com a cor referente a equipe 1;
07	Na tabela de tempos, na mesma linha correspondente a equipe especializada, identificar, na coluna tempo final, o tempo de término da tarefa da equipe 1 no lote pretendido;
08	Na planilha, na linha referente à primeira casa executada, marcar o tempo final da equipe 1 (fundação) com um traço vertical sobre o valor com a cor referente a equipe 1;
09	Preencher o espaço entre as duas linhas verticais com a cor correspondente a equipe 1;
10	Após o preenchimento do espaço da linha, é necessário providenciar a folha referente a casa seguinte de acordo com a ordem de ataque estabelecida anteriormente;
11	Repetir a mesma sequência para cada uma das casas na ordem de ataque pré-estabelecida, mantendo-se sempre na coluna da rodada em questão e na linha referente a mesma equipe especializada até completar as casas de todos os lotes formando, assim, a primeira Linha de Balanço;
12	Repetir a sequência (passo 2 ao 11) para as demais equipes especializadas dentro da mesma rodada;
13	Repetir os passos de construção da Linha de Balanço para cada uma das rodadas.

Fonte: Adaptado de Miron *et al.* (2018)

**ANEXO B – DADOS DA PESQUISA APROVADA PELO CEP – UFSCAR****PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** O uso de jogo lúdico no ensino da ferramenta de Linha de Balanço

**Pesquisador:** CECILIA CARNIELLO CORREA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 74499023.1.0000.5504

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 6.623.030

**Situação do Parecer:** APROVADO

**Necessita de aprovação do CONEP:** Não