JOGO DA LINHA DE BALANÇO: UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO USO DE GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM

Linear Schedule Game: A statistical analysis of the use of gamification in teaching-learning

Cecília Carniello Correa
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos, São Paulo | ceciliacarniello@estudante.ufscar.br

Itamar Aparecido Lorenzon
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos, São Paulo | itamar@ufscar.br

Sheyla Mara Baptista Serra
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos, São Paulo | sheylabs@ufscar.br

RESUMO

A ausência de uma abordagem específica a respeito dos princípios e ferramentas *lean* durante o processo formativo de profissionais na construção civil, impacta diretamente no baixo grau de conhecimento desses conceitos. Como forma de auxiliar na implementação desses conteúdos, é possível adotar o uso de jogos lúdicos para facilitar o aprendizado, tornando o processo mais envolvente e contribuindo para a melhor retenção do conhecimento. Neste sentido, este estudo realiza um experimento com alunos de graduação em Engenharia Civil de uma universidade federal, aliando o Jogo da Linha de Balanço (LDB) às aulas expositivas tradicionais. Assim, o objetivo deste trabalho é compreender, de maneira estatística, o impacto do uso de jogos lúdicos no ensino da ferramenta LDB. Para que pudesse haver comprovação da intervenção, os alunos foram divididos em grupo de controle e intervenção, os dados foram obtidos por quatro questionários e analisados por meio de uma análise estatística. Dessa forma, foi possível verificar o melhor desempenho dos alunos que participaram do grupo de intervenção, comprovando a influência positiva do uso de jogos lúdicos no ensino da LDB. Ademais, a experiência demonstrou a viabilidade do ensino gamificado em sala, trazendo benefícios para esta indústria de uma forma geral.

Palavras-chave: LDB; Construção Enxuta; Gamificação; Ensino Superior; Engenharia Civil.

ABSTRACT

The absence of a specific approach to lean principles and tools during the training process of professionals in the construction industry directly impacts the low degree of knowledge of these concepts. To assist in the implementation of these contents, it is possible to adopt the use of serious games to facilitate learning, making the process more engaging and contributing to better knowledge retention. In this sense, this study conducts an experiment with undergraduate students in Civil Engineering at a federal university, combining the Line of Balance Game with traditional lectures. Therefore, the objective of this work is to understand, in a statistical way, the impact of the use of serious games in the teaching of the Line of Balance (LOB) tool. To prove the intervention, the students were divided into a control and intervention group, and the data were obtained by four questionnaires and analyzed through a statistical analysis. In this way, it was possible to verify the best performance of the students who participated in the intervention group, proving the positive influence of the use of playful games in the teaching of LOB. In addition, the experience demonstrated the feasibility of gamified classroom teaching, bringing benefits to this industry in general.

Keywords: LOB, Line of Balance; Lean Construction, Gamification, Higher Education, Civil Engineering.

1 INTRODUÇÃO

Os clientes da indústria de construção aumentaram suas exigências e tornaram-se mais rigorosos em relação à qualidade dos serviços e produtos (Moura, Monteiro e Heineck, 2014). Para atrair e mantê-los, os gestores e empresários desta indústria passaram a se ajustar a essas novas exigências. Entre as estratégias, passaram a discutir adaptar e implantar o pensamento enxuto na construção, observando o contexto da filosofia *lean* na indústria manufatureira, aliando qualidade, redução do custo e otimização de processos. Apesar destes benefícios, a implantação da *lean construction* (LC) ainda encontra diversas barreiras, principalmente ligadas à aceitação da transição da estrutura organizacional nas 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 *Line of Balance (LOB) – inglês* –, é uma importante ferramenta de planejamento e gerenciamento de obras. Conforme Arditi, Tokdemir e Suh (2001), ela foi adotada pela LC logo na sua origem na década de 90, sendo uma das ferramentas mais utilizadas na implantação e gestão 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 resolver outros problemas de aceitação, ou promover estratégias de implantação da LC. Nesse sentido, de acordo com Rybkowski, Alves e Liu (2021), o uso de jogos possibilita a simulação do ambiente real, facilita o contato com situações diversificadas e derivadas do mundo do trabalho, favorecendo as tomadas de decisão pelos profissionais.

Nesse contexto, este estudo propõe uma análise estatística 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 dessa ferramenta pelos estudantes durante a graduação poderá favorecer o seu uso no mercado, quando necessário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENSINO-APRENDIZAGEM

Quando esta abordagem 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 elas 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 adultos, a principal motivação na aprendizagem é a necessidade de solucionar problemas com os quais estejam envolvidos. Os adultos não aprendem para atender expectativas externas, mas pela necessidade de solucionar problemas, desempenhar melhor sua função ou de viver melhor, mais satisfeito consigo mesmo.

Conforme Moraes e Cardoso (2018), o método educacional tradicional não desenvolve todas as habilidades exigidas no mercado de trabalho. 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. 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 de extrema importância no mercado de trabalho.

2.2 AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO PELA GAMIFICAÇÃO

Rossi, Lipsey e Freeman (2004) citam que a maneira mais válida de estabelecer os efeitos de uma intervenção é por meio de uma pesquisa para avaliar efeitos causais, em que os participantes são classificados aleatoriamente em dois grupos: controle (não recebem a intervenção) e intervenção (recebem a 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.

Carvalho (2012) defende que avaliar a aprendizagem baseada em jogos é um processo holístico com múltiplos objetivos. O autor apresenta três etapas de avaliação para o desenvolvimento de um jogo com fins educacionais. O Teste Gama pode ser utilizado para avaliar um jogo já existente. 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.

2.3 LINHA DE BALANÇO

De acordo com Moura e Heineck (2014), o conceito de LC teve como marco o relatório elaborado por Koskela (1992). Arditi, Tokdemir e Suh (2001) destacam que a LDB é uma técnica de planejamento desenvolvida nos anos 1940 e adotada pela LC na década de 90. Ichihara (1997) destaca que esta é a técnica mais adequada à programação de projetos repetitivos da Construção Civil. Biotto (2019) expõe 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 desta técnica é balancear todas as atividades, fazer com que todas elas sejam executadas com o mesmo ritmo, não havendo tempo desperdiçado com fluxo ininterrupto de pessoal, resultando em um fluxo de trabalho contínuo.

Herrera *et al*. (2019) destacam que a escolha de um jogo específico para o ensino da LDB é essencial, enquanto Oliveira *et al*. (2020) apresentam artigos sobre jogos desenvolvidos visando o ensino da LDB. O jogo desenvolvido por Miron *et al*. (2018) foi resultado das pesquisas de um grupo com o objetivo desenvolver e disponibilizar jogos didáticos voltados para o gerenciamento de empreendimentos no ambiente construído. O “Jogo da Linha de Balanço” está divulgado gratuitamente em meio eletrônico. Segundo os autores, o site do jogo busca dar continuidade ao desenvolvimento e divulgação desse tipo de método didático.

3 MÉTODO

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

A pesquisa possui uma revisão bibliográfica do tema 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 se justifica pela pesquisa ser uma investigação empírica, focada em analisar fenômenos sociais contemporâneos e complexos, com diversas variáveis e 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 (participação da pesquisadora nas ações estudadas) e direta (observação de condições socioambientais).

3.1 PREPARAÇÃO DA APLICAÇÃO

O experimento foi realizado em uma disciplina de graduação em Engenharia Civil de uma universidade federal em junho/2023. A sua seleção ocorreu devido à abertura da universidade em receber a pesquisa e pela sua ementa conter conteúdos relacionados ao estudo. Objetivou-se observar as diferenças no aprendizado entre o uso de aulas expositivas comuns e estas associadas à gamificação para ensino de conceitos da ferramenta LDB. 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 Rossi, Lipsey e Freeman (2004), além da aplicação do teste não paramétrico de Wilcoxon (estatística U), de Conover (1999).

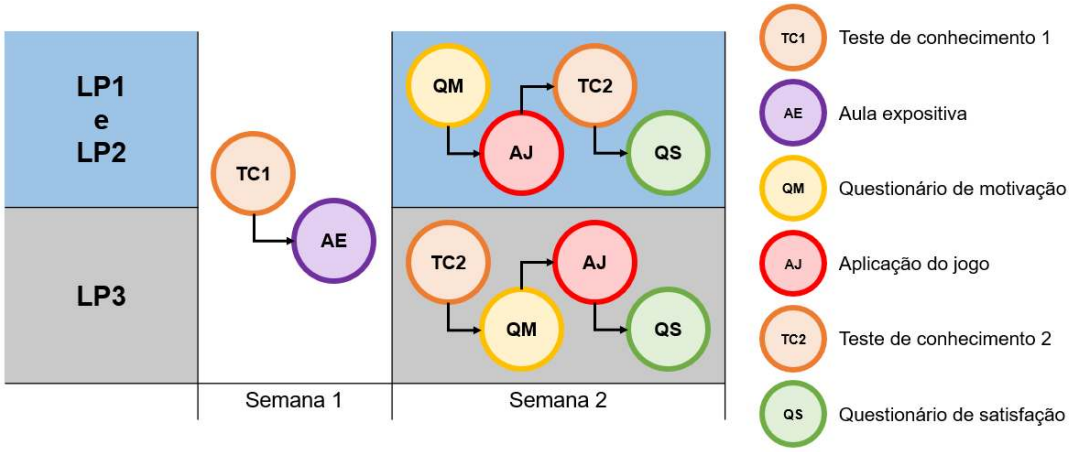
As amostras foram divididas, de forma aleatória, como sugerem Rossi, Lipsey e Freeman (2004) e receberam o nome de “linha de produção” (LP), conforme Quadro 1, pelo fato da montagem das seis casas propostas no jogo de Miron *et al*. (2018) estarem alinhadas e possuírem tarefas repetitivas. As equipes LP1 e LP2 fazem parte da amostra de intervenção do jogo, já a LP3 faz parte do controle. Entretanto, a equipe LP3 também participou de forma independente da atividade gamificada após a realização do segundo teste de conhecimento. O fluxo de desenvolvimento das atividades está demonstrado na Figura 1.

Quadro 1: Nomes e tipos das amostras

NOME	Intervenção	Controle
LP1		
LP2		
LP3		

Fonte: Os autores (2025)

Figura 1: Fluxograma resumo do experimento



Fonte: Os autores (2025)

Os questionários utilizados foram elaborados seguindo o protocolo do Teste Gama de Carvalho (2012). Segundo esse autor, devem ser aplicados dois testes de conhecimento diferentes, com níveis de dificuldade semelhantes, para evitar respostas automáticas. O Questionário de Motivação (QM) foi elaborado com base no proposto por Rebelo (2009), utilizando a escala *Likert*, além de duas perguntas para caracterizar o jogador. Já o Questionário de Satisfação (QS) foi adaptado de Romanel (2009).

Os materiais necessários foram adquiridos, preparados e organizados (Figura 2) conforme exposto a seguir:

- ✓ Seis kits de peças Lego conforme as casas;
- ✓ Seis instruções de montagem impressas para cada casa;
- ✓ Seis planilhas de tempo impressas;
- ✓ Seis cronômetros (celular).

Figura 2: Materiais necessários ao jogo



Fonte: Os autores (2023)

Os criadores do jogo sugerem a montagem da LDB em folha quadriculada, com marcadores coloridos. Porém, neste experimento utilizou-se um computador para a montagem de cada LP.

3.2 APLICAÇÃO DA PESQUISA

Na primeira semana, 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. Após, foi realizada a apresentação da LDB por meio de uma aula expositiva com diversos conceitos necessários para o entendimento da ferramenta. Já na segunda semana, a aplicação do Questionário de Motivação (QM) foi realizada pré-jogo 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. A aplicação do Teste de Conhecimento 2 (TC2) ocorreu imediatamente após o jogo para as equipes LP1 e LP2, e antes do jogo para a equipe LP3. O TC2 visou a caracterização do nível de consciência dos alunos,

aferindo o aprendizado obtido com a aula expositiva aliada à gamificação, e sem a gamificação no caso da LP3. Por fim, o Questionário de Satisfação (QS) teve o objetivo de medir a percepção dos participantes a respeito do jogo e das estratégias utilizadas. A divisão dos procedimentos está explicitada no Quadro 2, contendo a quantidade de discentes (DISC), professores (PROF) e pesquisadores (PESQ) para cada atividade e a semana de aplicação (SEM).

Quadro 2: Informações da aplicação

SEM	LP1/LP2		LP3		DISC	PROF	PESQ
	TEMPO	ATIVIDADES	TEMPO	ATIVIDADES			
1	10 min 60 min	Aplicação TC1 Apresentação da aula	10 min 60 min	Aplicação TC1 Apresentação da aula	40	2	1
2	30 min 10 min 120 min 15 min 5 min	Explicação do jogo Aplicação QM Jogo Aplicação TC2 Aplicação QS	15 min 30 min 10 min 120 min 5 min	Aplicação TC2 Explicação do jogo Aplicação QM Jogo Aplicação QS	48		

Fonte: Os autores (2025)

Para preparação do jogo é necessário distribuir os lotes de trabalho, com os kits de peças e instruções, e definir o plano de ataque das casas a serem montadas. Após, as linhas de produção das casas devem ser divididas em seis equipes, compostas por seis diferentes estudantes, como indicado por Miron *et al*. (2018). Cada estudante fará parte de uma "equipe especializada" (EE) designada para a execução de uma atividade sob sua responsabilidade, conforme Figura 3. Além, foi necessário separar um participante para a medição dos tempos em cada lote a fim de cronometrar a montagem de cada atividade em cada casa e, posteriormente, preencher as planilhas de tempos.

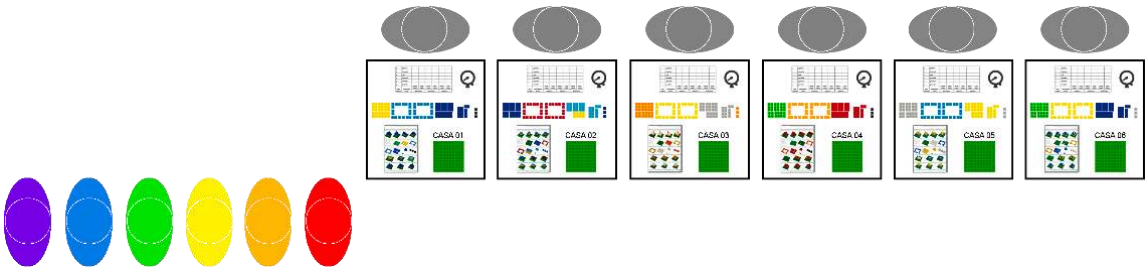
Figura 3: Divisão das EE



Fonte: Miron *et al*. (2018)

Após a divisão, as EE foram posicionadas em pé e em fila e os controladores de tempo ficaram sentados próximos aos lotes (Figura 4). Como recomendação geral para melhor representação da LDB, foi indicado que os cronômetros deviam começar de forma simultânea. Para facilitar a marcação dos tempos e não prejudicar a continuidade da montagem, inicialmente o controle foi realizado somente no celular e, ao final de cada rodada, ocorreu a anotação na planilha de tempos.

Figura 4: Posicionamento das equipes



Fonte: Miron *et al*. (2018)

Com o início da contagem dos cronômetros, a EE 1 deve se posicionar em frente ao primeiro lote para realizar a sua tarefa. Ao terminar, deve passar para o lote seguinte, continuar a execução de sua atividade e a EE subsequente entrar no primeiro lote. O processo deve se repetir até que todas as EE passem por todos os lotes e todas as casas estiverem montadas, quando todos os cronômetros param e são anotados manualmente os tempos na planilha correspondente a cada casa (Figura 5). Após, a equipe deve se reunir para realizar a montagem da LDB. As etapas estão simplificadas no Quadro 3.

Figura 5: Montagem das casas pelas equipes especializadas em LP1/LP2 (a) e LP3 (b)



(a) (b)

Fonte: Os autores (2023)

Quadro 3: Instrução de montagem da LDB após uma rodada

ETAPA	INSTRUÇÃO
01	Na planilha de tempos: 1. Numerar cada uma de acordo com o número do lote/casa (cada casa irá possuir uma planilha própria com as anotações referentes ao tempo de execução das seis equipes em todas as rodadas); 2. Anotar, para cada casa em sua respectiva planilha, os tempos de montagem medidos no cronômetro pelos controladores de tempo; 3. Ordenar as planilhas de acordo com a ordem de ataque definida;
02	Na planilha de tempos, identificar: 1. A tabela correspondente à rodada a ser construída; 2. A linha correspondente à **Equipe 1 (Fundação)**; 3. A coluna "Tempo inicial" e visualizar o tempo de início da tarefa da **Equipe 1**;
03	Na planilha de montagem da LDB: 1. Identificar a linha referente à primeira casa executada, de acordo com o plano de ataque definido; 2. Marcar a célula referente ao tempo de início da **Equipe 1** no primeiro lote, de acordo com a cor pré-estabelecida;
04	Na planilha de tempos, identificar: 1. A coluna "Tempo final" e visualizar o tempo de término da tarefa da **Equipe 1**;
05	Na planilha de montagem da LDB: 1. Marcar a célula referente ao tempo de término da **Equipe 1** no primeiro lote, de acordo com a cor pré-estabelecida; 2. Preencher o espaço entre as duas marcações (início e término) da **Equipe 1**, de acordo com a cor pré-estabelecida;
06	Após o término da etapa anterior, providenciar a folha referente à casa seguinte, de acordo com a ordem de ataque;
07	Repetir a sequência para cada uma das casas, na ordem de ataque, mantendo-se sempre na linha referente à mesma equipe especializada, até completar as casas de todos os lotes, formando, assim, a primeira LDB;
08	Repetir a sequência (passo 02 ao 08) para as seguintes equipes dentro da mesma rodada: ✓ **Equipe 2 (Marcação)**; ✓ **Equipe 3 (Alvenaria)**; ✓ **Equipe 4 (Laje)**; ✓ **Equipe 5 (Cobertura)**; ✓ **Equipe 6 (Chaminé)**;
09	Realizar a discussão a respeito das LDB montadas e possíveis formas para balanceá-las, dentro da filosofia *lean*;
10	Recomenda-se repetir o jogo por mais duas rodadas, sempre aplicando as estratégias discutidas para balanceamento, a fim de visualizar uma melhora no fluxo das equipes e ritmos de trabalho.

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

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Esta análise foi dividida em dois momentos. Na primeira foi realizada a comparação entre as medianas dos incrementos de nota em relação aos TC para os grupos de controle (LP3) e de intervenção (LP1/LP2). Dessa forma, foi verificado se o 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 foi maior do que os do grupo de controle?*

Já na segunda análise foi realizado um cruzamento entre as respostas do QM e do QS com os incrementos de nota, sendo 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

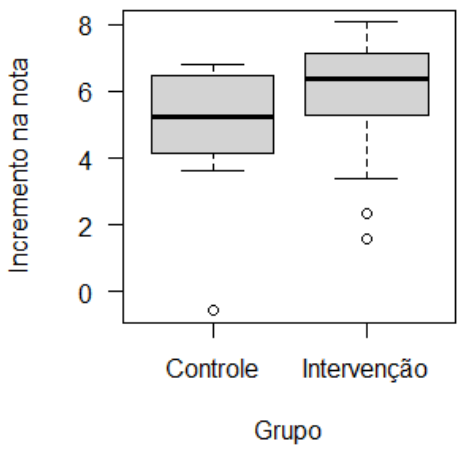
VARIÁVEL INDEPENDENTE	NATUREZA	CLASSE
Idade	Numérica	-
Semestre	Categórica	Inicial-Meio / Meio-Final
Jogos no cotidiano	Categórica	Sim / Não
Identificação visual	Categórica	Certo (C) / Errado (E)
Habilidade	Categórica	-2 / -1 / 0 / 1 / 2
Motivação	Categórica	Negativa / Neutra / Positiva
Sexo	Categórica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

Fonte: Os autores (2024)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apesar do número de discentes indicados no Quadro 2, apenas 26 participaram das duas semanas, sendo assim, apenas os resultados destes foram considerados. Aplicando o teste não paramétrico de Wilcoxon (estatística U), encontrou-se U=45,5 e p-valor = 0,074. Sendo assim, para um nível de confiança de 90%, pode-se assumir que a mediana das notas do grupo de intervenção (LP1 e LP2) é estatisticamente maior que a mediana das notas do grupo de controle (LP3), conforme exposto no *boxplot* representado na Figura 6. Ou seja, pode-se concluir estatisticamente que os alunos que participaram da gamificação aliado às aulas expositivas (intervenção), obtiveram melhor desempenho em relação aos demais (controle).

Figura 6: *Boxplots* das notas



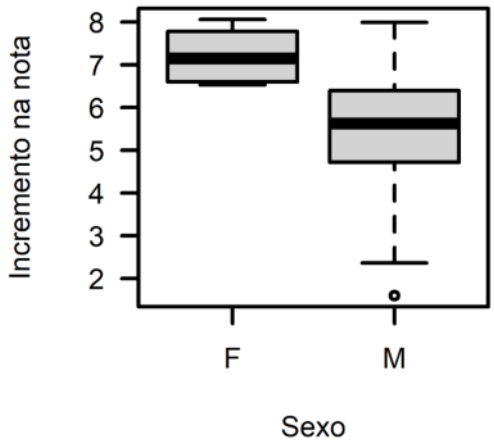
Fonte: Os autores (2024)

Por meio do cruzamento das respostas do QM e QS com os incrementos de nota, foi possível realizar uma segunda análise, apenas com o grupo de intervenção. Considerando as variáveis independentes apresentadas da Tabela 1. As variáveis que apresentaram interferência significativa na análise estatística estão destacadas a seguir. As demais interações não geraram interferência nos resultados.

4.1 SEXO

As mulheres apresentaram incremento de nota mais significativo do que o dos homens. Esta relação pode ser verificada na Figura 7, em que a mediana (linha em negrito) dos participantes do sexo feminino (F) está consideravelmente acima da mediana dos participantes do sexo masculino (M).

Figura 7: *Boxplots* notas *vs.* Sexo

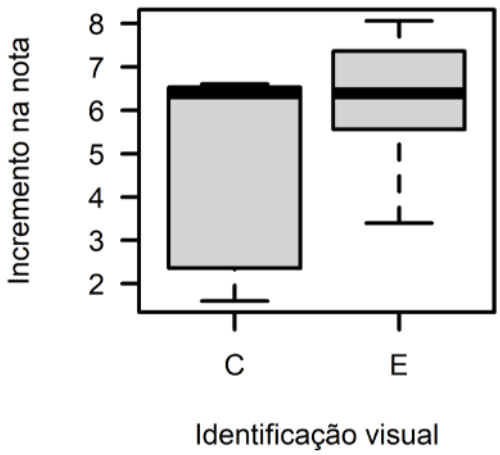


Fonte: Os autores (2024)

4.2 IDENTIFICAÇÃO VISUAL

Os alunos que identificaram visualmente (C) a LDB na primeira questão do TC1 obtiveram menor incremento de nota do que os que não identificaram (E). Esta relação pode ser verificada na Figura 8, 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 8: *Boxplots* notas *vs.* identificação visual

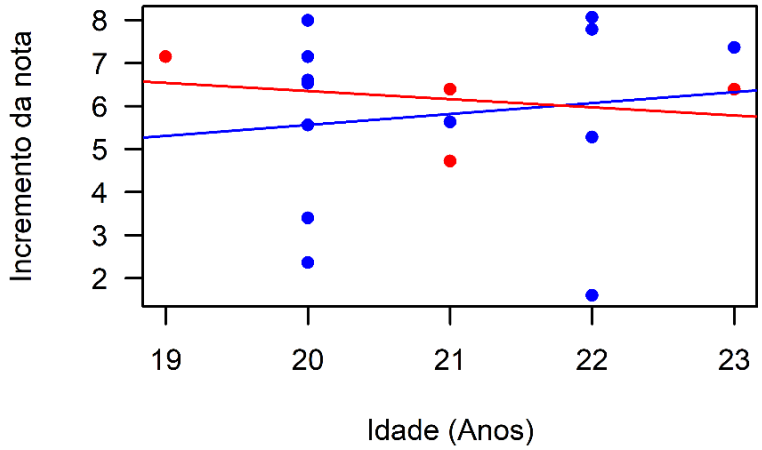


Fonte: Os autores (2024)

4.3 IDADE:MOTIVAÇÃO

O incremento da nota está positivamente relacionado com o aumento da idade para os estudantes positivamente motivados (azul). Pode-se supor que os estudantes mais amadurecidos tenham maior comprometimento com a atividade. Por outro lado, parece existir uma relação inversa para os estudantes com motivação neutra (vermelho). Estas relações podem ser observadas na Figura 9. Não houve estudantes com motivação considerada negativa.

Figura 9: Dispersão do efeito da interação Idade:Motivação sobre o desempenho



Fonte: Os autores (2024)

4.4 SATISFAÇÃO

Por meio do QS foi observada a satisfação dos alunos com o jogo. Apenas três o consideraram muito longo, mas também interessante (Q1). Um aluno considerou-o chato (Q1), contudo, ele aprendeu algo novo (Q7). De uma maneira geral, mais de 70% consideraram-no útil, interessante e esclarecedor. Ainda, a maioria dos alunos julgou positiva a explicação das regras (Q5) e a aula expositiva (Q11), além de considerarem que o jogo ajudou a compreender o assunto discutido (Q6). Por fim, 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” (Q8).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho utilizou o jogo desenvolvido por Miron *et al*. (2018) no processo de ensino-aprendizagem da LDB e o avaliou com o auxílio do método proposto por Carvalho (2012), aliado à análise de intervenção proposta por Rossi, Lipsey e Freeman (2004), na comparação entre o método tradicional de ensino e o uso da gamificação. 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, assim, o uso do jogo pode ser considerado como um método de ensino alternativo promissor.

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 percebeu as mulheres mais motivadas a participar. A relação Idade:Motivação explicitou que 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 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. Notou-se, por meio das respostas do QM e da análise observacional, que houve interesse dos alunos no método de ensino com o auxílio de jogos lúdicos, na ferramenta LDB e nos conceitos e princípios *lean*. Por fim, a variável de identificação visual trouxe um resultado inesperado, pois os participantes que identificaram a LDB visualmente na primeira questão do TC1, obtiveram resultados piores do que os que não a identificaram. Neste caso, esperava-se que aqueles que reconheceram a imagem da LDB, teriam tido contato com ela previamente e, consequentemente, possuiriam um maior conhecimento das suas características no geral, o que não ocorreu.

Os resultados demonstraram que o uso do jogo como método ativo promoveu não apenas a aprendizagem efetiva, mas também engajamento e motivação aos envolvidos. Ademais, o diferencial deste trabalho se dá no fato da divisão dos grupos em intervenção e controle, o que proporcionou a análise e comparação estatísticas realizadas. De forma resumida, a aplicação foi considerada válida, pois, além dos resultados

positivos da análise estatística, trouxe satisfação geral para os alunos. Este ponto reitera o posicionamento de Miron *et al*. (2022), quando defendem os jogos como métodos ativos que promovem a construção de significados pelos alunos, representando uma alternativa à aprendizagem passiva tradicional. Apesar das avaliações positivas, o trabalho se limitou à aplicação do experimento em um grupo amostral considerado pequeno, ou seja, não é possível extrapolar os resultados obtidos para a realidade geral. Assim, as conclusões estatísticas deste trabalho devem ser consideradas apenas para a população nele envolvida, sendo necessária a ampliação do espaço amostral, o que se sugere como continuidade desta pesquisa.

6 AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ARDITI, D.; TOKDEMIR, O. B.; SUH, K. Effect of learning on line-of-balance scheduling. **International Journal of Project Management**, [S.l.], v. 19, n. 5, jul. 2001. ISSN 0263-7863. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786399000794?via%3Dihub>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00079-4.

BIOTTO, C. N. **Integration of overlapped design and construction stages through location-based planning tools**. Tese (Doutorado) – Curso de Architecture and the Built Environment. University of Huddersfield, Huddersfield, 2019. Disponível em: <https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/34921/>. Acesso em: 07 maio 2025.

CARVALHO, C. V. DE. Is game-based learning suitable for engineering education? In: IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012, Marrakech. **Proceedings**...Marrakech. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6201140>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: https://doi.org/10.1109/EDUCON.2012.6201140.

CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. 3ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 1999. 584 p.

DITZEL, L. F. S. **Riscos da aplicação de métodos e ferramentas da indústria 4.0 em ambiente de lean construction**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/73212>. Acesso em: 07 maio 2025.

HERRERA, R. F. *et al.* Impact of game-based learning on understanding lean construction principles. **Sustainability**, [S.l.], v. 11, n.19, set. 2019. ISSN 2071-1050. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/19/5294>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: https://doi.org/10.3390/su11195294.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C. T. O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2000, Salvador. **Anais**...Salvador. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_237.pdf>. Acesso em: 07 maio 2025.

ICHIHARA, J. DE A. A base filosófica da linha de balanço. In: XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1997, Gramado. **Anais**...Gramado. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1997_t3105.pdf>. Acesso em: 07 maio 2025.

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: 07 maio 2025.

LIU, C. *et al.* Accelerating the last planner system® (LPS) uptake using virtual reality and serious games: a sociotechnical conceptual framework. In: 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2020, Berkeley. **Proceedings**...Berkeley. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1791>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: https://doi.org/10.24928/2020/0058.

MENDES JUNIOR, R.; HEINECK, L. F. M. Roteiro para programação da produção com linha de balanço em edifícios altos. In: XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1997, Gramado. **Anais**...Gramado. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1997_t3107.pdf>. Acesso em: 07 maio 2025.

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: 26 abr. 2025.

MIRON, L. I. G. *et al.* Jogos Didáticos: evolução de aplicação como técnica de ensino para a comunidade da Construção Enxuta. In: XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2022, Canela. **Anais**...Canela. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2254>. Acesso em: 07 maio 2025.

MORAES, M. N. DE; CARDOSO, P. A. Jogos para ensino em engenharia e desenvolvimento de habilidades. **Revista Principia**, [S.l.], v. 39, n. 1, abr. 2018. ISSN 1517-0306. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1769>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n39p19-29.

MOURA, R. DE S. L. M.; HEINECK, L. F. M. Linha de balanço: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. **Anais**...Maceió. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/57710>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: http://doi.org/10.17012/entac2014.527.

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? In: 22th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2014, Oslo. **Proceedings**...Oslo. Disponível em: <https://iglc.net/papers/Details/1047>. Acesso em: 07 maio 2025.

OLIVEIRA, B. B. de *et al*. Jogos didáticos para ensino de linha de balanço na Engenharia Civil. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, SP, v. 9, n. 7, maio 2020. ISSN 2525-3409. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4425>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4425.

PÜTZ, C. *et al.* Potential of gamification for lean construction training: an exploratory study. In: 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2021, Lima. **Proceedings**...Lima. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1857>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: https://doi.org/10.24928/2021/0134.

REBELO, G. M. **Motivação:** um estudo realizado com a equipe de futebol masculino da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. TCC (Graduação) - Curso de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/18899>. Acesso em: 07 maio 2025.

ROMANEL, F. B. **Jogo "Desafiando a Produção":** uma estratégia para a disseminação dos conceitos da construção enxuta entre operários da construção civil. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/23815>. Acesso em: 07 maio 2025.

ROSSI, P. H.; LIPSEY, M. W.; FREEMAN, H. E. **Evaluation:** a systematic approach. 7ed. Thousand Oaks: Sage Publications Inc., 2004. 515 p.

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". In: 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2021, Lima. **Proceedings**...Lima. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1858>. Acesso em: 07 maio 2025. doi: https://doi.org/10.24928/2021/0135.