

INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

teoria & prática

Vol. 24 | N° 1 | 2021

ISSN digital 1516-084X
ISSN impresso 1982-1654



Páginas 26-44

Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes

Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal do Ceará
hjaguaribe@ufc.br

Lucas De Almeida Braga

Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal do Ceará
bg.lucasbraga@gmail.com

Marcos Charles Pinheiro Baltazar

Instituto Federal de Alagoas
marcos.charles@ifal.edu.br

Marcos Ronaldo Albertin

Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal do Ceará
albertin@ot.ufc.br



PORTO ALEGRE

**RIO GRANDE DO SUL
BRASIL**

Recebido em: abril de 2020

Aprovado em: abril de 2021

Ensino de *Lean Manufacturing* usando Simulação Computacional e Aprendizagem Baseada em Problemas

Lean Manufacturing Teaching using Computational Simulation and Problem-Based Learning

Resumo

Nos tempos atuais, de uso intensivo da informação e conhecimento, é preponderante a formação de profissionais qualificados para atuar na engenharia. As metodologias ativas apoiam a qualificação no processo de ensino-aprendizagem das engenharias. Desta forma, esse estudo descreve o desenvolvimento e aplicação, em laboratório, de um jogo multiplayer focado no apoio ao ensino de *Lean Manufacturing* para alunos do curso de Engenharia de Produção. Foram utilizadas a Simulação Computacional e a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). A metodologia consistiu em quatro etapas: revisão bibliográfica, desenvolvimento do jogo, aplicação do jogo e avaliação dos resultados. Através de aplicações, foi possível qualificar o impacto do jogo e suas qualidades, por meio de questionários respondidos por alunos. Esta avaliação concluiu que os participantes concordaram que o jogo contribuiu para um melhor entendimento da gestão *Lean*. Os alunos afirmaram que tiveram a oportunidade de elaborar estratégias enquanto jogavam, validando a solução proposta neste estudo.

Palavras-chave: Ensino. Simulação Computacional. Aprendizagem Baseada em Problemas. *Lean Manufacturing*.

Abstract

Nowadays, with the intensive use of information and knowledge, the training of qualified professionals to work in engineering is paramount. Active methodologies support qualification and learning in engineering education. Thus, this study describes the development and application, in the laboratory, of a multiplayer game focused on supporting the teaching of lean manufacturing for students of the Production Engineering course. This was possible with the use of Computer Simulation and Problem-Based Learning (PBL). The methodology consisted of four steps: literature review, development of the game, application of the game and evaluation of the results. Through applications, it was possible to qualify the impact of the game and its qualities, through questionnaires answered by students. This evaluation pointed out that the participants agreed that the game contributed to a better understanding of Lean management. The students stated that they had the opportunity to develop strategies while playing, validating the solution proposed in this study.

Keywords: Teaching. Computational Simulation. Problem-Based Learning. *Lean Manufacturing*.

1. Introdução

O papel do Engenheiro de Produção dentro da sociedade é marcado pela criação de soluções eficazes para os problemas relacionados a sistemas produtivos gerados pela expansão capitalista no mundo. Estes profissionais, cada vez mais requisitados, são norteados por conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia (ABEPRO, 2001).

Fatores relevantes como o nível atual de globalização, os avanços da tecnologia, a concorrência entre organizações e as exigências cada vez mais rigorosas dentro do mercado de trabalho trazem como consequência a demanda por engenheiros cada vez mais qualificados, flexíveis e em constante processo de formação.

Assim, para Póvoa e Bento (2005), a formação do engenheiro é desenvolvida por um processo que se inicia em sala de aula, com a formação acadêmica, e complementa-se com a atuação do acadêmico no mercado de trabalho e com a continuidade de seus estudos na busca de atualização. Porém, a chegada ao mercado de trabalho, geralmente durante o período em que o profissional ainda está em formação, tende a ser marcada por uma lacuna entre o que é aprendido dentro da Instituição de Ensino Superior (IES) e o que de fato é aplicado na empresa. O problema mencionado pode ser ocasionado pelo distanciamento entre estes (WANG et al., (2011). Um exemplo, nos cursos de Engenharia de Produção (EP), é a compreensão em sala de aula do conceito de Lean Manufacturing e a dificuldade de sua aplicação na prática. O Lean Manufacturing é um conceito fundamental na formação de um estudante de EP devido ser uma filosofia que visa a redução dos desperdícios em processos e atividades de uma organização.

Tal problema é acentuado ao considerar-se que afeta e afetará a Geração Z (nascidos a partir da metade dos anos 90 até 2010). Esses indivíduos cresceram cercados pelas mais novas tecnologias e são expostos à grandes quantidades de informação, as quais podem ser acessadas em segundos (BARREIRO e BOZUTTI, 2017). Entretanto, para Half (2016), estes tendem a ser individualistas, com problemas de comunicação e de resolução de problemas.

Diante deste cenário, as IES necessitam desenvolver atividades práticas no ensino-aprendizagem da engenharia. Segundo Bass (2012), educadores, cada vez mais, prezam pelo

balanceamento entre teoria e prática, sendo a última enfatizada o quanto antes na estrutura curricular.

Face ao sistema clássico de ensino, surgem novas alternativas, que são aplicáveis, interessantes e eficazes. Entre estas, pode-se citar a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), do inglês Problem-Based Learning (PBL) e a Simulação Computacional. Com estas alternativas o estudante torna-se mais ativo no processo de aprendizagem, uma vez que é estimulado a fazer análises constantes e hipóteses do tipo what-if ("e se") e permite visualizar as consequências de cada passo realizado.

O método ABP recorre à resolução de problemas para o processo de ensino de conteúdos técnicos e científicos como forma de manter os estudantes no centro deste processo, fazendo com que estes participem ativamente e tornem sua participação relevante, interagindo, obtendo dados, formulando hipóteses e tomando decisões (CASALE, KURI e SILVA, 2011).

A Simulação Computacional é usada em cursos de engenharia como instrumento para treinamento na aviação e segue crescendo como um mecanismo de educação (KINCAID e WESTERLUND, 2009). Proporcionando redução de riscos e custos do processo ensino-aprendizagem, a simulação pode auxiliar na concepção de sistemas administrativos, produtivos, econômicos e financeiros (OLIVEIRA et al., 2007).

Desse modo, a pergunta que este trabalho busca responder: é viável o uso da metodologia da APB e da técnica de Simulação em forma de um jogo didático a fim de potencializar o ensino de conceitos teóricos de Engenharia de Produção na área de Lean Manufacturing?

Este trabalho objetiva apresentar o desenvolvimento e aplicação de um jogo didático e interativo para o apoio ao ensino de conceitos de Lean Manufacturing a partir da utilização da Simulação Computacional e da Aprendizagem Baseada em Problemas.

O jogo foi desenvolvido em laboratório de pesquisa de uma universidade pública. Ademais, é voltado para os alunos do curso de engenharia de produção e outros interessados. Além disso, a aplicação do mesmo poderá trazer benefícios para alunos novatos e em semestres avançados, pois trabalha um conceito muito importante para o desenvolvimento dos futuros profissionais dessa engenharia (BRAGA et al., 2017).

2. Fundamentação Teórica

Esta seção aborda os conceitos e breve discussão do ensino da engenharia e seus desafios, dos jogos sérios, do Lean Manufacturing, da Simulação e, por último, sobre Aprendizagem Baseada em Problemas.

2.1 O Ensino da Engenharia e desafios de ensino à Geração Z

Segundo Macedo e Sapunaru (2016), o ensino da engenharia – como área de aplicação de conhecimentos para a criação de estruturas, dispositivos e processos que atendam às necessidades humanas – deve estar ancorado pelos avanços tecnológicos e pelos desafios nos contextos sociais e econômicos. O ensino deve acompanhar este dinamismo e isto exige uma atualização constante das estruturas curriculares dos cursos.

As IES precisam oferecer cursos de engenharia que se encaixem no perfil de formação profissional que um setor empresarial requer. Entretanto, este desafio persiste sem grandes avanços (BORGES e ALMEIDA, 2013).

Aliado a este desafio, o ensino de engenharia deve lidar com a Geração Z. Este grupo nasceu durante a expansão da tecnologia e da internet e tem como características marcantes a falta de sociabilidade, a habilidade de serem multitarefas, a falta de foco, a dificuldade de se adaptar em hierarquias empresariais (BARREIRO e BOZUTTI, 2017), estilos de vida ligados às novas tecnologias e uso das redes sociais (KAPIL e ROY, 2014), desejam respostas rápidas, falta de pensamento crítico para poder avaliar a veracidade das fontes (CHUN et al., 2017; FUDIN, 2012) e preferência por recursos de vídeo em detrimento à leitura (ROTHMAN, 2014).

A Geração Z, mesmo com características diferentes de outras gerações, tem em mente perspectivas otimistas de mercado. Num estudo realizado por Half (2016), 32% de jovens da Geração Z se enxergam liderando pessoas em seu ambiente de trabalho em pelo menos 5 anos após sua graduação e 77% acreditam que, deverão trabalhar mais, em comparação à geração passada, para poder manter uma carreira satisfatória. Para Kapil e Roy (2014), eles liderarão grupos da geração antecessora quase imediatamente e destaca que os educadores devem usar estratégias para extrair o melhor do que esta geração pode oferecer.

2.2 Jogos Sérios

O cenário dinâmico e o comportamento da geração atual forçam as IES a adotarem novas políticas e metodologias eficazes que possam ajudar a solucionar

esta problemática. Assim, algumas das metodologias usadas nos últimos anos se utilizam de recursos como jogos sérios (RIIS, 1995). Este método de ensino tem apresentado resultados positivos (ALDEMIR, CELIK e KAPLAN, 2018; BARATA et al., 2017; LANDERS e LANDERS, 2014; MÜLLER, REISE e SELIGER, 2015; ROCHA SEIXAS, GOMES e MELO FILHO, 2016; SANCHEZ, LANGER e KAUR, 2020).

Para Teixeira e Teixeira (1998), os jogos de empresas têm grande relevância para treinamento e desenvolvimento de habilidades e potencialidades do indivíduo, pois aprimoram seu conhecimento, trabalha a autodisciplina, a cooperação e a socialização. Visto que, indivíduos têm a chance de vivenciar situações problemáticas e realizar análises das decisões que tomam durante o jogo, o jogo internaliza o aprendizado de forma duradoura (FERREIRA, 2000).

Entretanto, o educador deve ter em mente que os jogos de empresa também apresentam limitações. Para Martinelli (1987 apud FERREIRA, 2000), os jogos não podem simplesmente substituir o método tradicional de ensino, mas devem ser acompanhados de outras abordagens validadas, como seminários, estudos de casos, aulas expositivas etc.

2.3 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão também conhecida como modelo de Manufatura Enxuta ou Sistema Toyota de Produção. Segundo Shingo (1996), este sistema consiste na identificação e na eliminação das perdas e na redução dos custos nos processos de produção de uma empresa. Para Godinho Filho e Fernandes (2004), este sistema de gestão resulta em uma maior produção com o menor esforço possível.

Para que ocorra isto, segundo de Bhasin e Burcher (2006), o *Lean Manufacturing* foca na eliminação de qualquer fonte de desperdício com o intuito de reduzir ao máximo o tempo entre o momento do pedido feito pelo cliente até a sua entrega (*lead time*). Dentro da abordagem do Lean, compreende-se o uso de diversas práticas de gestão, como o conceito *just-in-time*, sistemas de qualidade, equipes de trabalho, manufatura em célula, gerenciamento de fornecedores entre outras.

Albertin e Pontes (2016) definem desperdício como qualquer atividade que consome recursos da organização, mas não cria valor para o cliente final. Campos (2004), o define como qualquer recurso gasto na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário. E Ohno (1997) classifica os desperdícios em 7 tipos, que são: superprodução, estoque, transporte, movimentação, defeitos, processos desnecessários e espera.

O *Lean Manufacturing* conta com um leque de opções de princípios, ferramentas e metodologias. Entretanto, o *Just-In-Time (JIT)* e o Fluxo Contínuo foram os princípios mais relevantes para um maior entendimento sobre os conceitos desenvolvidos na proposta de jogo deste trabalho.

O JIT está relacionado com a alocação de recursos visando aproveitá-los da melhor forma e com menor índice de desperdício possível. Ele estimula a simplificação da produção e ajuda na identificação de desperdícios e ineficiências ao longo de um processo (Bruun e Mefford, 2004). Slack, Chambers e Johnston (2009) definem o JIT como a movimentação rápida e coordenada de componentes ao longo do sistema de produção e rede de suprimentos para atender à demanda do consumidor.

Para Erba et al.(2013), o JIT é um dos principais pilares da filosofia de produção enxuta. Slack, Chambers e Johnston (2009) afirmam que o JIT é mais que apenas uma filosofia gerencial, funcionando como uma metodologia para planejamento e controle de operações. Martins e Laugení (2005) complementam que o *just-in-time* não se preocupa só em eliminar desperdícios, mas também colocar o componente certo, no lugar certo e na hora certa, com um ritmo puxado pela necessidade de produção e totalmente ligada à demanda da empresa.

Enquanto o fluxo contínuo significa a realização das atividades necessárias para a produção de um produto ou prestação de um serviço sem interrupção, estoques em processamento e esperas, resultando assim em um atendimento aos clientes de forma mais eficiente e com menos perdas (Rother e Harris, 2002).

O estabelecimento de um fluxo contínuo que cesse as esperas presente no fluxo dos processos tem uma representação significativa de avanço, permitindo que cada peça percorra seu fluxo de fabricação sem interrupção, evitando esperas, formação de estoques intermediários e superprodução, reduzindo a movimentação e o transporte (Carreira e Sobrinho, 2012; Shingo, 1996).

2.4 Simulação e Aplicação no Ensino de Engenharia

Simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação (Pedgen, Shannon e Sadowski, 1990). Sakurada e Miyake (2003) definem a simulação como uma ferramenta de apoio a tomadas de decisão que utiliza modelos para reproduzir sistemas e resolver problemas cuja solução analítica se mostre inviável.

Para Banks (1998), a simulação permite a inferência de características de operações do sistema real em estudo. Ela surgiu como uma resposta à carência de métodos de solução de problemas de natureza estatística (GAVIRA, 2003) e é considerada a melhor técnica para estudar ou entender sistemas (Abdurahiman et al., 2000).

Zhou et al. (2009) sugerem o uso da simulação computacional para superar o problema da abstração do currículos de cursos de Engenharia. Os currículos estão bastante relacionados com trabalhos e práticas que são vistos com baixa frequência em sala de aula, mas são amplamente usados na indústria; e atribuem à simulação como uma poderosa ferramenta para a educação.

Outros problemas ligados ao processo de formação em Engenharia podem ser listados, como a alienação dos estudantes no ciclo básico, a ausência de integração entre teoria e prática e a dificuldade em promover conhecimentos fora da área técnica e científica da estrutura curricular (RIBEIRO, 2008).

Ademais, Khalil (2013) ressalta a preferência de alunos por modelos de aula mais dinâmicos, visto a crescente interatividade dos jovens com o computador. Ele afirma que há um leque de possibilidades da simulação quando trabalhada no desenvolvimento e análises de cenários, além de retratar o uso da simulação na educação como de imensa utilidade, criando interatividade, dinamismo e maior compreensão dos conteúdos que são repassados em sala de aula.

O apelo da simulação como ferramenta de ensino também é notado por meio de pesquisas que puderam mensurar o impacto de diferentes mídias na retenção de conteúdo. Alunos tem a capacidade de reter aproximadamente 20% do que ouvem em sala de aula, 30% caso haja conteúdo visual relativo e quase 90% caso pratiquem por si mesmos o que está sendo explicado (HUANYIN et al., 2009).

A partir da análise da literatura, observa-se que uma das maneiras de tornar o aluno de engenharia mais ativo em seu processo de aprendizado é por meio do uso da simulação.

2.5 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)

Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma estratégia de aprendizagem centrada no aluno criada com o intuito de reunir pequenos grupos de alunos e colocá-los em papéis de profissionais, apresentando-os problemas desestruturados, confusos e mais próximos da realidade para que os discentes sejam guiados pelo processo de solução do problema, desenvolvendo

habilidades, atributos e conhecimentos específicos (Yusof *et al.*, 2005).

Para Tasir *et al.* (2005), ABP torna o aprendizado e estruturas curriculares mais interessantes aos discente, pois estimula-os a analisarem, individualmente ou em grupos, o problema que lhes é proposto de diversas perspectivas. A ABP confronta os discentes com problemas que têm uma estrutura confusa, para que assim não exista um caminho claro a se seguir e os força a analisarem o problema com raciocínios indutivos e dedutivos (Etherington, 2011).

A ABP, como uma metodologia ativa de aprendizagem, é uma alternativa para atender a atual demanda na preparação dos profissionais, baseando-se no conhecimento desenvolvido através de interações com o ambiente, resolução de problemas e atividades cooperativas (VIEIRA, 2015). A ABP qual faz com que os estudantes assumam a responsabilidade pelo seu próprio aprendizado, requerendo um alto envolvimento deles (Francese *et al.*, 2015).

Ribeiro (2008) cita como uma vantagem do uso da metodologia ABP a possibilidade de o aluno desenvolver certas habilidades e atitudes necessárias para profissionais de todas as áreas, como comunicação oral e escrita, trabalho em grupo e respeito por opiniões diversas de terceiros. Com a utilização da ABP há a possibilidade do discente refletir sobre o seu próprio processo de aprendizagem (Williams, Iglesias e Barak, 2008).

3. Métodos

Esta seção aborda os aspectos metodológicos desta pesquisa como as etapas, as técnicas utilizadas e o público-alvo.

A pesquisa foi dividida em quatro etapas principais, como abordado na Figura 1.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores

Na etapa revisão bibliográfica, foram realizadas pesquisas sobre a filosofia Lean Manufacturing, a fim de entender mais a fundo sua origem, abordagem, princípios, aplicações e importância no cenário atual. Para isto, consultou-se os livros e artigos relacionados ao tema, assim como jogos que tratassem o ensino da manufatura enxuta.

Quanto ao uso de jogos no ensino, procurou-se artigos de aplicações reais que contemplassem técnicas de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na área de engenharia. Além disso, foram estudados os benefícios, dificuldades e peculiaridades de cada aplicação.

Por fim, no tocante ao tema Simulação, deu-se preferência por artigos e outros textos relevantes publicados nas principais conferências internacionais como o Winter Simulation Conference, buscando por cases envolvendo o ensino através da simulação, além de novidades na área que pudessem ser utilizadas no desenvolvimento do jogo.

Na etapa seguinte, desenvolvimento do jogo, foram estudados diversos jogos envolvendo conceitos

da Engenharia de Produção já existentes no mercado. Optou-se pelo jogo de tabuleiro Manufatura, desenvolvido e comercializado pela empresa brasileira Games For Business e lançado em 2009. Este jogo foi utilizado como a base para a construção do jogo didático proposto para apoiar o ensino de conceitos de Lean Manufacturing.

O Manufatura simula o processo produtivo de uma fábrica fictícia que apresenta deficiências na capacidade de produção, problemas envolvendo a qualidade de seus produtos e condições precárias de funcionamento. A dinâmica ocorre com até quatro jogadores que, então, realizam o papel de presidentes de suas respectivas fábricas. Tendo como objetivo tornar o processo de produção mais fluído e vender seus produtos ao menor preço, o jogo aborda diversos temas encontrados no Lean Manufacturing e no curso de Engenharia de Produção, como a alocação de recursos, agregação de valor para o cliente, análise de custos e a eliminação de desperdícios de tempo, material e pessoas.

O jogo conta com fichas de planta de fábrica, fichas de controle financeiro, peças representativas de produtos, além de cartas-situações que contêm diversas circunstâncias aleatórias benéficas ou malélicas para o andamento da produção, trazendo maior dinamismo ao jogo. Vence o jogo quem ao final de todas as rodadas, possuir o maior lucro. Para isso, o jogador deverá elaborar estratégias que o possibilite produzir uma maior quantidade, mais rápido, com a melhor qualidade e com menor custo.

A escolha do jogo se deu pela preferência a um processo produtivo o qual fosse possível utilizar as ferramentas do Lean Manufacturing sem grande necessidade de conhecimentos prévios, além da dinâmica do jogo ter sido elogiada por alunos que já tiveram contato com o jogo de tabuleiro.

Com a escolha do Manufactura para a aplicação da APB foi definido o problema a ser resolvido pelos participantes do jogo: como tornar o processo de produção mais fluído e vender seus produtos ao menor preço a partir de conceitos do Lean Manufacturing?

A próxima fase foi a adaptação da dinâmica para o programa de simulação Flexsim. Uma versão beta do jogo virtual no Flexsim, produzida em 2017, havia sido testada em 2 ocasiões, obtendo-se resultados

satisfatórios, além de coleta de opiniões e sugestões que pudessem contribuir para melhorias feitas na versão final do jogo (BRAGA et al., 2017). Por já haver sido testado com êxito anteriormente em outras aplicações e o conhecimento prévio dos pesquisadores, o Flexsim foi escolhido como software de simulação. O foco durante a etapa de desenvolvimento foi para ajustes e melhorias para que o fluxo do jogo ocorresse no software.

Cabe ressaltar que o Jogo Manufactura não tem nenhuma relação com o Flexsim, os pesquisadores que optaram por inserir a lógica do jogo tabuleiro em um programa de simulação computacional.

A terceira etapa, aplicação do jogo, foi realizada no ano letivo de 2019. Participaram 17 discentes do curso de Engenharia de Produção, desde o 1º até o 9º semestre, em 3 ocasiões, com duração média de 1 hora e 30 minutos cada. Os discentes foram divididos em equipes, que no jogo representam as empresas. Optou-se por aplicar o jogo com quatro equipes simultaneamente e com até dois participantes cada uma. Cada discente teve uma única participação.

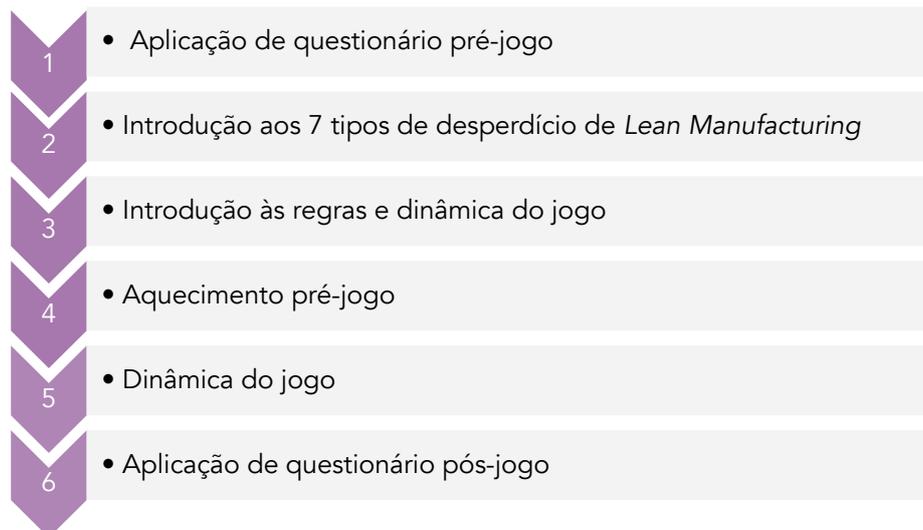
A distribuição é exibida na Tabela 1 e as fases de aplicação do jogo na Figura 2.

Tabela 1 - Divisão de equipes

Turma	Empresa	Quantidade de Alunos
#1	1	2
#1	2	2
#1	3	2
#1	4	1
#2	5	2
#2	6	1
#2	7	2
#2	8	1
#3	9	1
#3	10	1
#3	11	1
#3	12	1

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 1 - Fases da aplicação do jogo proposto



Fonte: Elaborado pelos autores

O questionário pré-jogo foi aplicado com todos os alunos para entender melhor seus conhecimentos sobre *Lean*, simulação e ABP, além de opiniões sobre o processo de aprendizagem em seus cursos de graduação (ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

As perguntas do questionário pré-jogo, relacionadas ao nível de conhecimento dos alunos a diversos temas, são respondidas de acordo com uma

escala Nenhum-Alto, pois são perguntas introdutórias e objetivas para diagnosticar o nível de conhecimento dos alunos sobre as áreas de atuação do jogo. No questionário pós-jogo foram realizadas perguntas/afirmações para que o estudante as responda de acordo com a escala Likert: Discordo totalmente; Discordo parcialmente; Indiferente; Concordo parcialmente e; Concordo totalmente.

Quadro 1 - Questionário pré-jogo

#	Pergunta/Afirmação
1	Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Simulação
2	Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Lean Manufacturing
3	Meu nível de Conhecimento quanto ao Tema Aprendizagem Baseada em Problema
4	O processo de aprendizagem no meu curso ocorre de maneira passiva
5	Durante meu período como aluno já tive muitas experiências em que fui protagonista do meu aprendizado
6	Acredito que o uso de recursos tecnológicos ajudaria no meu processo de aprendizagem
7	Acredito que o uso de jogos pode ser útil para o processo de aprendizagem em cadeiras do meu curso

Fonte: Elaborado pelos autores

Após isso, é feita uma rápida introdução sobre os 7 tipos de desperdício considerados pela filosofia *Lean*; depois é introduzido as regras do jogo. Após as regras, os jogadores participam de um aquecimento pré-jogo, participando de 2 rodadas-teste para entender melhor

a dinâmica do jogo. O jogo, em si, teve um total de 10 rodadas.

Ao encerrar o jogo, é feita uma nova coleta de dados a partir do questionário pós jogo (ver

Quadro 2), com perguntas/afirmações sobre o jogo, o software e um espaço livre para sugestões.

Quadro 2 - Questionário pós-jogo

#	Pergunta/Afirmação
1	O jogo contribuiu para o melhor entendimento da filosofia de gestão <i>Lean</i>
2	Como resultado desse jogo, meu interesse e curiosidade sobre <i>Lean</i> aumentaram
3	Como resultado desse jogo, meu interesse e curiosidade sobre o <i>software</i> Flexsim aumentaram
4	O jogo permite pôr em prática conceitos vistos no meu curso de graduação
5	Acredito que eu teria um melhor desempenho se a empresa estivesse apenas sobre meu comando
6	O jogo é fácil de ganhar
7	O jogo depende muito dos dados iniciais de matéria prima
8	O jogo possui rodadas suficientes
9	As melhorias disponíveis para compra são de grande ajuda para o sucesso no jogo
10	As instruções dadas via PowerPoint são suficientes para um entendimento inicial
11	Meu conhecimento prévio de assuntos do curso me ajudou durante o jogo
12	Durante as rodadas do jogo, percebi que tentei elaborar estratégias para o sucesso da empresa
13	Durante a aplicação do jogo, tomei decisões baseadas nos meus recursos
14	O jogo é dinâmico

Fonte: Elaborado pelos autores

A quarta etapa da pesquisa, avaliação dos resultados, consistiu na aplicação dos questionários com os alunos. Os dados foram inseridos em planilhas eletrônicas e tratados em tabelas e gráfico, dependendo do tipo da pergunta.

Assim, foi possível pontuar as opiniões dos alunos sobre diversos aspectos, tanto do jogo em si quanto dos temas abordados neste trabalho, permitindo a criação de hipóteses e insights que sustentem a proposta do jogo de ser de fato uma ferramenta de apoio ao ensino de *Lean* tendo como base os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas usando a Simulação.

4. Desenvolvimento e Aplicação do Jogo Proposto

Esta seção relata o desenvolvimento do jogo, suas características e os resultados obtidos por meio de questionários antes e após a aplicação do jogo.

4.1 Construção do Problema no software Flexsim

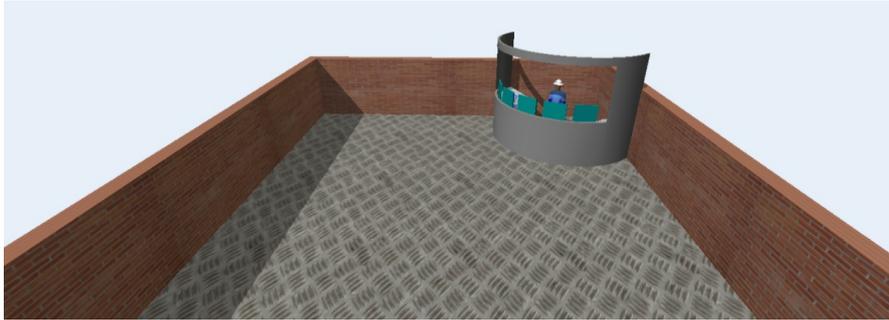
Na modelagem do jogo, focou-se primeiramente na construção do ambiente virtual do jogo. Visto que, originalmente, o jogo *Manufactura* utilizado como base não traz uma planta completa da fábrica que mostre a disposição dos objetos ou recursos, pôde-se trabalhar

livremente em um novo layout no software Flexsim. Deu-se preferência por um layout industrial, mas que ao mesmo tempo, fosse interessante o suficiente para os jogadores.

Criou-se o ambiente inicial (ver Figura 3). Em seguida, com o uso de objetos da biblioteca padrão do Flexsim, tais como Sources (entrada de entidades), Processors (processadores), Queues (estoques/filas) e Sinks (saída de entidades), os itens foram interligados entre si de acordo com o fluxo do processo produtivo planejado para o jogo (ver Figura 4).

Ressalta-se que foi utilizada a linguagem de programação Flexscript, nativa do Flexsim. Isto possibilitou interligar diversas variáveis globais (ver Tabela 2), assim como elaborar restrições e comandos necessários para o andamento do jogo dentro do software.

Figura 2 - Ambiente físico da fábrica no jogo



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3 – Ambiente e seus recursos interligados no jogo



Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2 - Exemplos de variáveis e suas descrições

Variável	Descrição
"preço1"	Preço atribuído ao produto produzido na rodada X
"vendido1"	Quantidade de produtos que serão vendidos na rodada X
"rodada"	Número da rodada (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)
"lucrototal"	Lucro total do jogador após X rodadas

Fonte: Elaborado pelos autores

No jogo, variável "rodada" é automaticamente atualizada para que os dados financeiros sejam atribuídos corretamente para cada período do jogo, assim como as variáveis "preço1" e "vendido1".

Em seguida, com a utilização de tabelas globais do Flexsim, foi criada a ficha de acompanhamento

financeiro do jogo. Este recurso tem a finalidade de auxiliar os jogadores a controlarem o histórico de atividades financeiras, como receitas e gastos. A Figura 5 mostra o detalhamento do histórico financeiro de uma fábrica.

Figura 4 – Planilha de controle financeiro

	Estoque Final	Melhorias	Materia Prima	Retrabalho	Estoque	Outras	Custo Total	Vendidos	Preço	Receita	Lucro
Rodada 1	0.00	5.00	6.00	130.00	68.00	0.00	198.00	5.00	32.00	160.00	62.00
Rodada 2	20.00	10.00	24.00	97.00	95.00	0.00	212.00	7.00	24.00	378.00	166.00
Rodada 3	20.00	5.00	0.00	90.00	150.00	0.00	260.00	6.00	15.00	90.00	-170.00
Rodada 4	160.00	0.00	20.00	51.00	191.00	0.00	402.00	10.00	30.00	450.00	48.00
Rodada 5	60.00	10.00	12.00	17.00	240.00	0.00	317.00	5.00	52.00	335.00	18.00
Rodada 6	10.00	0.00	0.00	27.00	282.00	0.00	319.00	0.00	0.00	0.00	10.00
Rodada 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rodada 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rodada 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rodada 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total			62.00					33.00		1413.00	134.00

Fonte: Elaborado pelos autores

Os dados coletados - a partir das interações entre os jogadores e o jogo - foram utilizados para atualizar as variáveis, tais como Receita, Custo Total e Lucro. Adicionou-se ao jogo uma série de restrições, para evitar a ocorrência de *bugs* ou até mesmo trapaças. Assim, foram utilizadas fórmulas no *Flexscript*, ou

comandos, pré-estabelecidas para atualizar as variáveis que fazem parte do jogo. O Quadro 3 apresenta dois comandos utilizados no jogo. O Quadro 4 apresenta pseudocódigos utilizados para implementação das restrições.

Quadro 3 - Exemplos de comandos no jogo

Comando	Fórmula em Flexscript
Definir a receita após venda de produtos	<code>settablenu("Custos e Receita",rodada,12,(preco1*vendido1))</code>
Definir lucro após o fim de uma rodada	<code>settablenu("C&R",rodada,13, (gettablenu("C&R",rodada,12)-gettablenu("C&R",rodada,9)))</code>

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 4 - Exemplos de restrições e suas consequências

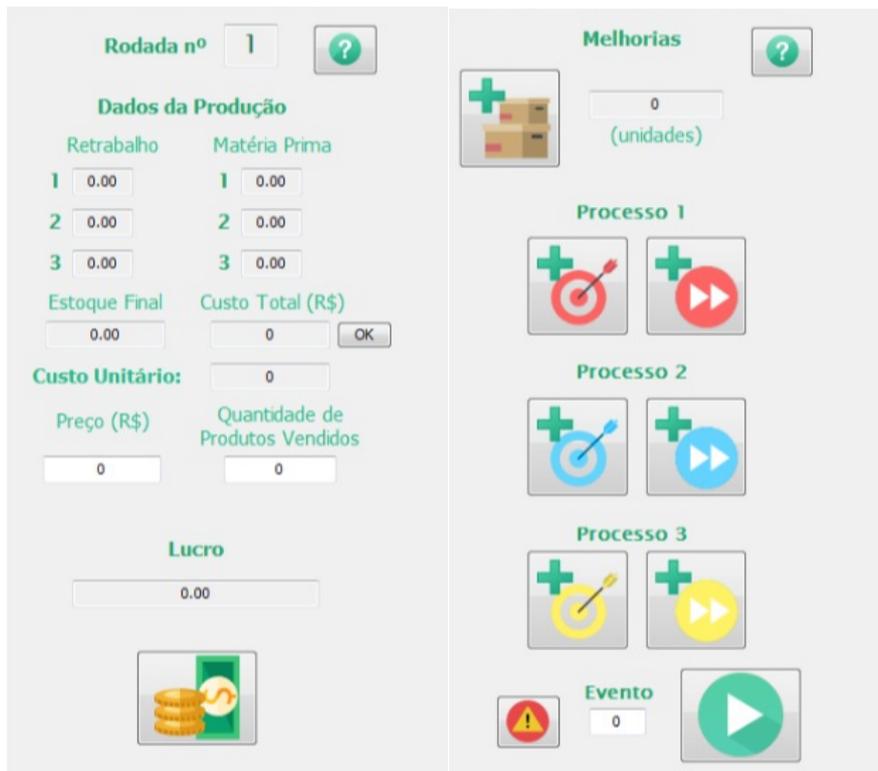
Condições	Ação do jogo
Se (Número de produtos a serem vendidos > Produtos disponíveis no Estoque Final) ou (Preço de venda < 0)	Mensagem ("Aviso", "Entre com outro valor válido!")
Se (Dinheiro disponível < Dinheiro necessário para compra de melhorias)	Mensagem ("Aviso", "Você não possui dinheiro suficiente para esta melhoria!")

Fonte: Elaborado pelos autores

Foram criados menus interativos e botões de ajuda, acionáveis a qualquer momento, contendo informações e resumos de cada etapa do jogo. Isto automatizou ações, facilitou a navegação, além de situar o jogador sobre dados importantes do processo produtivo, sem

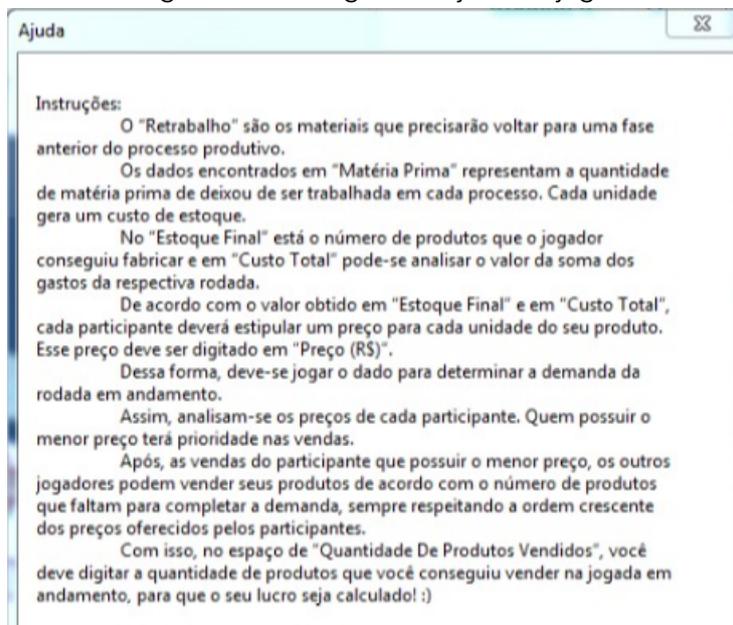
necessidade de conhecimento em programação no Flexsim. Alguns exemplos de menus interativos podem ser vistos na Figura 6; enquanto um exemplo de ajuda, na Figura 7.

Figura 5 – Menus interativos integrados ao jogo



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6 – Mensagem de ajuda do jogo

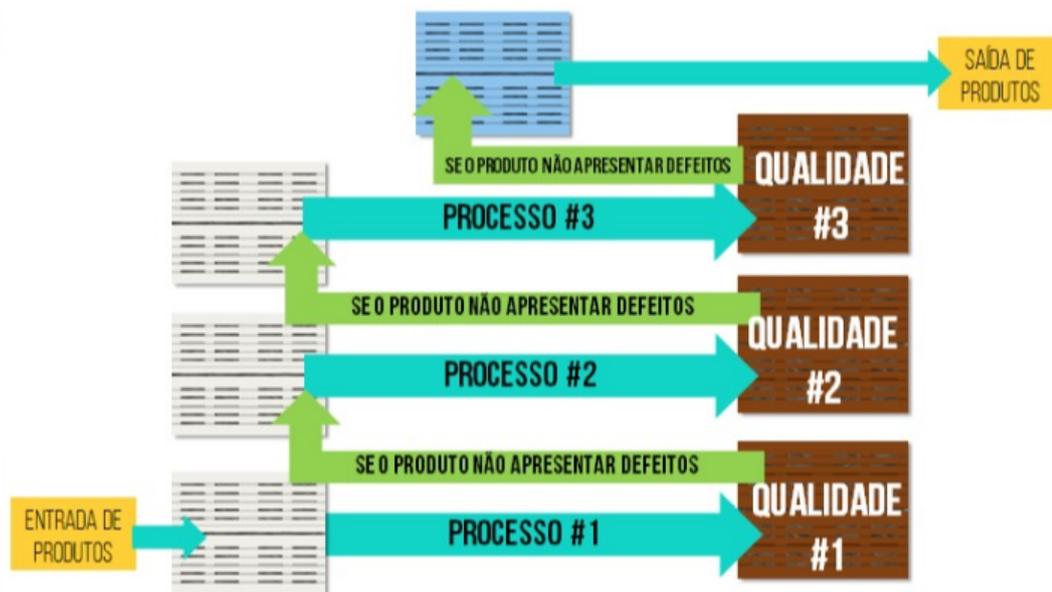


Fonte: Elaborado pelos autores

Quanto aos processos que ocorrem dentro da fábrica, estes podem ser divididos em algumas etapas principais que incluem: Recebimento de matéria-prima (processo #1), Processamento (processo #2) e Venda de

Produtos (processo #3). A Figura 8 mostra, resumidamente, o caminho realizado pelo insumo até ser tornar o produto acabado.

Figura 7 - Fluxo lúdico do processo realizado na fábrica



Fonte: Elaborado pelos autores

Inicialmente, a fábrica recebe quantidades indeterminadas de matéria prima pelo seu fornecedor que serão divididas entre os estoques iniciais de seus 3 processos existentes. Este processo é feito por meio de

um sorteio realizado em um simples programa externo, contando com códigos básicos da linguagem Pascal conforme Figura 8.

Figura 8 – Sorteio de matéria prima

```
Bem vindo ao Manufactura?
0. Sair
1. Sorteio de materia prima
2. Sorteio de demanda
3. Sorteio de eventos
```

Fonte: Elaborado pelos autores

Logo após o recebimento, inicia-se, então, a primeira rodada. Os insumos passarão por processadores instalados na fábrica, que possuem uma confiança duvidosa, além de estarem operando com capacidade reduzida. Logo depois, os produtos são avaliados pela equipe de qualidade. Por padrão, há apenas cerca de 30% de chance de o produto ser aprovado nesta etapa. Caso aprovados, os produtos seguem para a fila da próxima etapa de processamento.

O insumo segue esta lógica até se tornar o produto acabado e ser transportado para o Estoque Final. Chegando lá, ao fim da rodada, este poderá ser vendido diretamente da fábrica para seus clientes, ao preço estabelecido pelo próprio presidente.

4.1.2 A Competição

Com todas as etapas anteriores realizadas é possível entrar no processo de definição da dinâmica do

jogo: como este será jogado pelos usuários e a competição que o envolverá.

O primeiro ponto a ser ressaltado é o aspecto de competição ser adicionado à dinâmica, a fim de prender melhor a atenção dos alunos: um jogo individual (one-player) não necessita que o jogador esteja atento a tantos fatores. Assim, foi decidido que apesar dos jogadores estarem jogando através de diferentes computadores, eles ainda estarão competindo diretamente entre si, tentando gerar lucro em cima de uma mesma demanda.

Ainda que a competição neste jogo sirva para estimular o aprendizado, admite-se que o trabalho em grupo também pode estar presente. Entretanto, há dificuldades em criar uma experiência de aprendizagem

colaborativa e competitiva equilibrada (ALDEMIR, CELIK e KAPLAN, 2018).

Tendo em mente que um dos objetivos dentro do jogo é oferecer produtos ao menor preço, a precificação se torna um processo extremamente importante e interessante de se acompanhar. Esta é feita com auxílio da planilha de controle financeiro previamente mencionada. Ao fim de cada rodada, com apenas um clique, o usuário já pode atualizar os dados financeiros e conferir os custos formados durante o período.

O custo total de produção durante a rodada é uma somatória de diversos fatores: custo de estoque, custo de compra de matéria prima adicional, custo de retrabalho e outros custos diversos. Estes custos são detalhados no Quadro 5.

Quadro 5 - Custos relacionados a produção dentro do jogo

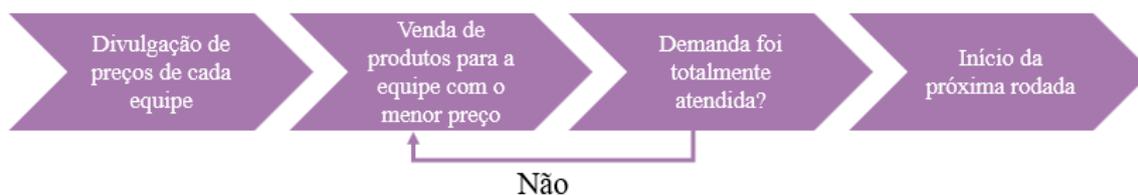
Tipo de Custo	Motivo
Custo de estoque	Produtos em processo que não conseguiram chegar ao estoque final ou não foram vendidos e devem ser estocados até a próxima rodada
Custo de compra de matéria prima	O jogador realiza compras de novos insumos para garantir que não haja falta de matéria prima para a produção
Custo de retrabalho	Produtos rejeitados durante o processo de qualidade e deverão ser retrabalhados na próxima rodada.
Custos diversos	Custos atrelados a acontecimentos aleatórios fora do controle do jogador.

Fonte: Elaborado pelos autores

Tendo disponíveis os dados de custos, os jogadores podem então trabalhar em estratégias. Sabendo que produtos de menor preço terão prioridade no mercado, há dois caminhos claros a se seguir: vender seu produto a um maior preço, a fim de alcançar margens maiores de lucro ou tentar disputar mais acirradamente o espaço no mercado com preços menores que os concorrentes. Nesse aspecto, os jogadores precisam ter em mente que, dentro do jogo, a prática de dumping (venda de produtos a preços extremamente baixos e/ou menores que o custo de produção unitário) é proibida e sujeita a multa caso seja feita de maneira recorrente.

Quanto a dinâmica de venda, esta ocorre da seguinte maneira: já tendo conhecimento da demanda de produtos da rodada, as equipes, uma por vez, divulgam em voz alta para o grupo o seu preço de venda. A equipe que divulgar o menor preço de venda leva vantagem e assim pode vender a quantidade de produtos que tiver disponível em estoque final pelo preço divulgado, passando a vez para a equipe com o segundo menor preço e assim por diante. Este processo se repete até que a demanda da rodada seja completamente atendida, como visto na Figura 10. Para que dinâmica seja justa e todos tenham a chance de serem beneficiados por serem os últimos a divulgarem seus preços, é feito um rodízio entre os jogadores.

Figura 9 - Processo de Venda



Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.3 As Melhorias

Sendo uma das partes mais importantes do jogo, a seção de melhorias é onde os alunos podem ter um

maior contato com a filosofia de gestão Lean, uma vez que as melhorias disponíveis estão ligadas aos conceitos de eliminação de desperdício (ver Quadro 6).

Quadro 6 - Descrição das melhorias disponíveis no jogo

Melhoria	Descrição
Qualidade do Processo	O processo envolvido é melhorado, liberando produtos com uma qualidade superior, aumentando em cerca de 30% a chance deste ser aprovado na análise de qualidade e, assim, diminuindo custos por retrabalho
Capacidade do Processo	O processador envolvido tem a capacidade de produção aumentada em +3 produtos por operação

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

4.1.4 Resultados do Questionário Pré-Jogo

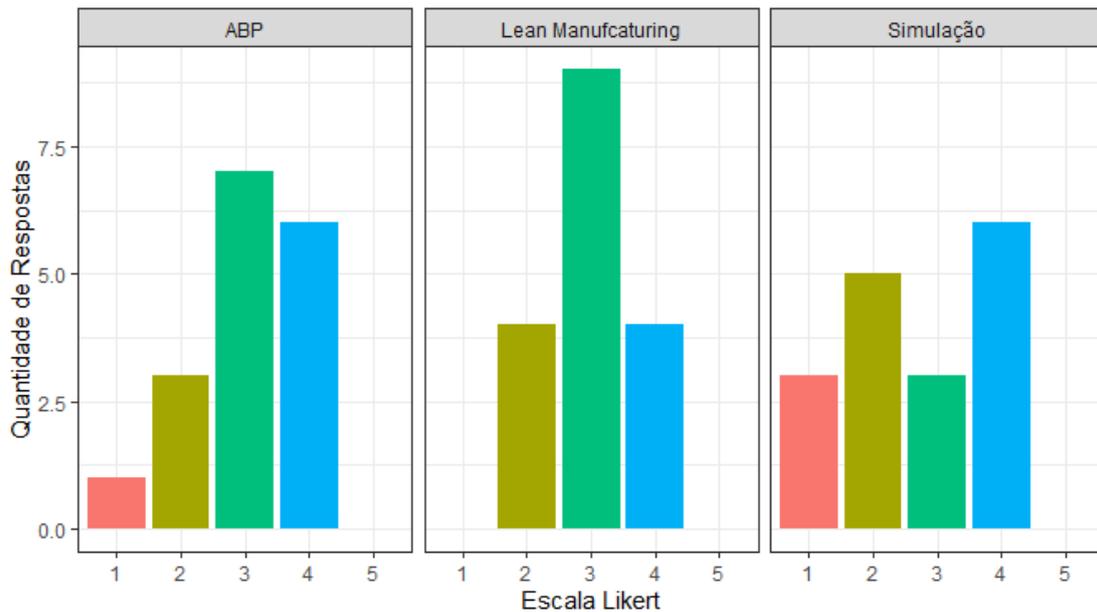
Após feitas as aplicações do jogo proposto, foi possível analisar por meios dos questionários passados a percepção dos alunos quanto aos principais temas os quais foram abordados neste trabalho, além de opiniões quanto ao jogo que possam acrescentar a um futuro desenvolvimento, e principalmente sua validação como ferramenta de apoio a ensino.

Primeiramente, foram propostas diversas afirmações quanto ao conhecimento das três áreas abordadas e estudadas para a criação do jogo: Simulação, Gestão de Lean e ABP. Os estudantes foram perguntados sobre seu nível de conhecimento em cada uma destas em uma escala de 1 a 5, sendo 1 considerado "nenhum tipo de conhecimento" e 5 "conhecimento alto".

Quando perguntados acerca do seu conhecimento ao tema Simulação, mais da metade das respostas dos participantes (64,70%) se declaram conhecimento mediano ou inferior. Muitos declaram ainda que não tem um conhecimento aprofundado quanto ao assunto e alguns puderam afirmar que não tiveram contato direto com esta área durante o curso. Estes conceitos são tratados de forma conceitual no início do curso e aprofundados na fase final do curso.

Quando questionados acerca do conhecimento sobre a filosofia de gestão Lean, mais da metade dos participantes afirmaram ter um conhecimento apenas mediano (52,9%). E quanto à Aprendizagem Baseada em Problemas, 76,47% dos estudantes afirmaram ter conhecimentos médio ou médio-alto em relação ao tema. A Figura 11 apresenta o quantitativo das respostas dos discentes agrupados na escala Likert.

Figura 10 - Respostas sobre o nível de conhecimento sobre Simulação, Lean Manufacturing e APB



Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.5 Resultados do Questionário Pós-Jogo

Após o jogo foram coletadas as opiniões em relação a experiência obtida. Observou-se que mais de 90% dos alunos concordaram que o jogo contribuiu positivamente para melhorar a compreensão dos conceitos da filosofia de gestão Lean Manufacturing.

Quanto ao interesse nas temáticas, verificou-se que 88,2% dos participantes concordaram, parcialmente ou totalmente, que o jogo aumentou o interesse sobre aspectos da cultura de manufatura enxuta. E que, para 76,4% dos participantes, seu interesse sobre o software de Simulação Flexsim aumentou.

Para 88,3% dos participantes, o jogo contemplava conceitos que são vistos dentro do seu curso de graduação, tendo a possibilidade de visualizarem, dentro de um ambiente computacional, parte do conteúdo teórico repassado em sala de aula.

Outros resultados relevantes:

- Para 52,9%, há forte dependência do jogador em relação a matéria prima inicial;
- O jogo é dinâmico (94,1%), é difícil de ser ganho (82,4%) e que possui um número de rodadas suficientes (88,2%);
- As melhorias disponíveis para compra ofereceram certa ou grande ajuda para um sucesso financeiro

no jogo para 58,8%, enquanto 35,3% se mostraram indiferentes quanto ao uso de melhorias;

- Para 88,2%, as informações e instruções passadas por meio de slides são suficientes para o entendimento básico;
- A relevância do conteúdo teórico adquirido no curso quando aplicado dentro do jogo foi considerado indiferente para 47,1% dos estudantes;
- Mais de 70% concordam totalmente, enquanto os demais concordam parcialmente, que tiveram a chance de elaborar estratégias que pudessem impulsionar seu desempenho frente aos concorrentes;
- Mais de 75% concordam totalmente, enquanto os demais concordam parcialmente, que tomaram decisões para sua empresa baseadas nos recursos que possuíam.

Na Tabela 3, é possível observar um resumo das avaliações dos jogadores quanto aos diferentes tópicos abordados durante a aplicação do questionário. A pontuação máxima foi de 85 pontos e se refere a melhor nota obtida das respostas dadas; a pontuação atingida é a média das notas obtidas e o desempenho é a relação entre a pontuação atingida e a pontuação máxima na forma de percentual.

Tabela 3 – Resumo das avaliações

Tópico	Critério	Pontuação Atingida	Desempenho
ABP	Auxílio no processo de aprendizagem	81	95,29%
	Elaboração de estratégias	80	94,12%
<i>Flexsim</i>	Interesse adquirido	73	85,55%
Simulação	Uso de recursos tecnológicos no processo de aprendizagem	82	96,47%
<i>Lean</i>	Conhecimento adquirido	77	90,59%
	Interesse adquirido	73	85,55%
	Decisões baseadas em recursos	81	95,29%

Fonte: Elaborado pelos autores

Observa-se que o critério mais bem avaliado foi o uso de recursos tecnológicos no processo de aprendizagem, com 96% de aprovação dos discentes participantes. Enquanto os critérios de menor pontuação foram os interesses adquiridos pelo software Flexsim e pela filosofia de gestão Lean. De maneira geral, todos os critérios utilizados foram bem avaliados, obtendo desempenho acima de 80%, podendo-se considerar que foram obtidos bons resultados em relação aos 3 pontos principais abordados na dinâmica do jogo.

5. Conclusões

O presente trabalho, diante da necessidade de novas metodologias que auxiliem o processo tradicional ensino-aprendizagem no Brasil, propôs o desenvolvimento e aplicação de um jogo que interligasse importantes temas dentro do curso de Engenharia de Produção. Para que este objetivo fosse alcançado, utilizou-se conceitos alinhados de Simulação Computacional e Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) a fim de criar um instrumento de apoio ao ensino da filosofia de gestão Lean Manufacturing.

Com a colaboração de alunos de uma Instituição de Ensino Superior (IES) como jogadores, realizaram-se experimentos que interligaram diferentes metodologias de ensino de maneira eficaz. Desenvolveu-se um jogo interativo que trouxe a aplicabilidade, de forma virtual, dos conceitos de Lean Manufacturing.

Para a elaboração do jogo, partiu-se de um problema criado que já havia sido elogiado e testado. Prezou-se por manter a dinâmica convidativa e interessante para o aluno. Assim, utilizou-se o Flexsim como plataforma para o desenvolvimento, modelagem e simulação do jogo.

O Flexsim atendeu bem a tarefa devido, principalmente, a facilidade envolvida em sua linguagem de programação. Outro fator foi a aplicação do cenário 3D, que se mostrou um diferencial para o jogo. Este recurso colaborou para que o entendimento do processo produtivo ocorresse de maneira mais simplificada, uma vez que os alunos tiveram a oportunidade de visualizá-lo, relacionando-o com o conteúdo teórico de sala de aula.

Após análise, concluiu-se que há um perfil de discentes com pouco conhecimento em ferramentas de Simulação, sem conhecer bem a filosofia Lean Manufacturing e que percebe que a aprendizagem nos cursos ocorre de forma passiva, embora se sintam protagonistas no aprendizado. De forma complementar, eles compreendem que uso de tecnologia ajuda no processo de aprendizagem, inclusive com uso de jogos.

Para este perfil, o jogo de simulação aliado a ABP é uma ferramenta eficaz na aprendizagem, no caso a filosofia Lean, e no estímulo a curiosidade do Flexsim e do método de ensino ABP. Isto denota uma oportunidade de explorar melhor a área de Simulação dentro do curso de Engenharia de Produção e de gerar talentos de destaque, uma vez que a IES em questão é uma das únicas a trabalhar internamente com a licença paga deste software em território nacional.

Referências

ABDURAHIMAN, V. et al. An Intelligent Simulation Modelling Environment. XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais...Rio de Janeiro: ABEPRO, 2000.

ABEPRO. Engenharia de Produção: Grande área e diretrizes curriculares. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/ref_curriculares_abepro.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.

ALBERTIN, M. R.; PONTES, H. L. J. Administração da produção e operações. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2016.

ALDEMIR, T.; CELIK, B.; KAPLAN, G. A qualitative investigation of student perceptions of game elements in a gamified course. *Computers in Human Behavior*, v. 78, p. 235–254, jan. 2018.

BANKS, J. Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications and practice. New York: John Wiley & Sons, 1998.

BARATA, G. et al. Studying student differentiation in gamified education: A long-term study. *Computers in Human Behavior*, v. 71, p. 550–585, jun. 2017.

BARREIRO, S. C.; BOZUTTI, D. F. Challenges and Difficulties to Teaching Engineering to Generation Z: A Case Research. *Journal of Educational Psychology - Propósitos y Representaciones*, v. 5, n. 2, p. 127, 2017.

BASS, R. The problem of learning in higher education. *Educause Review*, v. 47, n. 2, p. 23–33, 2012.

BHASIN, S.; BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 17, n. 1, p. 56–72, jan. 2006.

BORGES, M.; ALMEIDA, N. Perspectivas para engenharia nacional, desafios e oportunidades. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 32, n. 3, 2013.

BRAGA, L. DE A. et al. Desenvolvimento de um jogo educacional sobre Lean Manufacturing em um software de simulaçãoXXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. Anais...Joinville: ABEPRO, 2017

BRUUN, P.; MEFFORD, R. N. Lean production and the Internet. *International Journal of Production Economics*, v. 89, n. 3, p. 247–260, jun. 2004.

CAMPOS, V. F. Gerenciamento da rotina de trabalho do dia-a-dia. 8. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.

CARREIRA, M. L.; SOBRINHO, P. B. Aplicação de ferramentas da produção enxuta na logística interna.

Revista de Ciências Gerenciais, v. 16, n. 24, p. 51–75, 2012.

CASALE, A.; KURI, N. P.; SILVA, A. N. R. DA. Mapas cognitivos na avaliação da Aprendizagem Baseada em Problemas. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 24, n. 2, p. 243–263, 2011.

CHUN, C. et al. Teaching Generation Z at the University of Hawai'iThe IAFOR International Conference on Education. Anais...Honolulu: The International Academic Forum, 2017

ERBA, E.; LEME, J.; ARRABAL, V. Implementação do sistema de entrega just in time em uma metalúrgica fornecedora de autopeças. [s.l.] Faculdade FGP, 2013.

ETHERINGTON, M. B. Investigative Primary Science: A Problem-based Learning Approach. *Australian Journal of Teacher Education*, v. 36, n. 9, 1 set. 2011.

FERREIRA, J. A. Jogos de empresas: modelo para aplicação prática no ensino de custos e administração do capital de giro em pequenas e médias empresas industriais. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

FRANCESE, R. et al. Using Project-Based-Learning in a mobile application development course—An experience report. *Journal of Visual Languages & Computing*, v. 31, p. 196–205, dez. 2015.

FUDIN, S. Gen Z & What does it mean in your classroom? Disponível em: <<https://rossieronline.usc.edu/gen-z-what-does-it-mean-in-your-classroom>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

GAVIRA, M. O. Simulação Computacional como uma ferramenta de Aquisição de conhecimento. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2003.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. *Gestão & Produção*, v. 11, n. 1, p. 1–19, abr. 2004.

HALF, R. Get Ready for Generation Z. Disponível em: <<https://www.roberthalf.com/research-and-insights/workplace-research/the-secrets-to-hiring-and-managing-gen-z>>. Acesso em: 21 maio. 2019.

- KAPIL, Y.; ROY, A. A Critical Evaluation of Generation Z at Workplaces. . International Journal of Social Relevance & Concern, v. 2, n. 1, p. 10–14, 2014.
- KHALIL, R. F. O Uso da Tecnologia de Simulação na Prática Docente do Ensino Superior. [s.l.] Universidade Católica de Santos, 2013.
- KINCAID, J. P.; WESTERLUND, K. K. Simulationa in Education and Training (M. D. Rossetti et al., Eds.)Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. Anais...Flórida: 2009
- LANDERS, R. N.; LANDERS, A. K. An Empirical Test of the Theory of Gamified Learning. Simulation & Gaming, v. 45, n. 6, p. 769–785, 26 dez. 2014.
- MACEDO, L.; SAPUNARU, R. Uma breve história da engenharia e seu ensino no brasil e no mundo: Foco Minas Gerais. Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis, v. 10, n. 1, p. 39–52, 2016.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MÜLLER, B. C.; REISE, C.; SELIGER, G. Gamification in Factory Management Education – A Case Study with Lego Mindstorms. Procedia CIRP, v. 26, p. 121–126, 2015.
- OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OLIVEIRA, F. P. S. DE et al. Aplicação da simulação empresarial no ensino da graduação. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 2, p. 43–49, 2007.
- PEDGEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. Introduction to Simulating Using SIMAN. New York: McGrallHill, 1990.
- PÓVOA, J. M.; BENTO, P. E. G. O Engenheiro, sua formação e o mundo do trabalhoXXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Anais...Campina Grande: ABENGE, 2005
- RIBEIRO, L. R. C. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Educação em Engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, v. 27, p. 23–32, 2008.
- RIIS, J. O. Simulation Games and Learning in Production Management. London: Chapman & Hall, 1995.
- ROCHA SEIXAS, L.; GOMES, A. S.; MELO FILHO, I. J. DE. Effectiveness of gamification in the engagement of students. Computers in Human Behavior, v. 58, p. 48–63, maio 2016.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. Criando Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.
- ROTHMAN, D. A Tsunami of Learners Called Generation Z. Disponível em: <[https://mdle.net/Journal/A_Tsunami_of_Learners_Call ed_Generation_Z.pdf](https://mdle.net/Journal/A_Tsunami_of_Learners_Call_ed_Generation_Z.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2020.
- SAKURADA, N.; MIYAKE, D. Estudo comparativo de softwares de simulação de eventos discretos aplicados na modelagem de um exemplo de Loja de ServiçosXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais...Rio de Janeiro: ABEPRO, 2003
- SANCHEZ, D. R.; LANGER, M.; KAUR, R. Gamification in the classroom: Examining the impact of gamified quizzes on student learning. Computers & Education, v. 144, p. 103666, jan. 2020.
- SHINGO, S. O sistema toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia de produção. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- TASIR, Z. et al. Effective Strategies for Integrating E-learning in Problem-based Learning for Engineering and Technical Education2005 Regional Conference on Engineering Education. Anais...Johor: 2005
- TEIXEIRA, R.; TEIXEIRA, I. Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produçãoXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais...Niterói: ABEPRO, 1998
- WANG, Y. et al. Institute–industry interoperation model: an industry-oriented engineering education strategy in China. Asia Pacific Education Review, v. 12, n. 4, p. 665–674, 16 dez. 2011.

WILLIAMS, P. J.; IGLESIAS, J.; BARAK, M. Problem based learning: application to technology education in three countries. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 18, n. 4, p. 319–335, 20 out. 2008.

YUSOF, K. et al. Promoting Problem-based Learning in Engineering Courses at Universiti Teknologi Malaysia4th UNESCO Asia-Pacific Forum on Engineering and Technology Education. *Anais...Bangkok: Monash*, 2005

ZHOU HUANYIN et al. Computer simulation for undergraduate engineering education2009 4th International Conference on Computer Science Education. *Anais...2009*