

ABORDAGEM DE CONCEITOS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO PELA SIMULAÇÃO DE UM JOGO DIDÁTICO COM EMBALAGENS PLÁSTICAS RECICLADAS

Daiana Picoli Lovisa (daya-pl@hotmail.com)
Claudia Soave (claudia.soave@bento.ifrs.edu.br)
Leane Maria Filipetto (leane.filipetto@bento.ifrs.edu.br)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Bento
Gonçalves

RESUMO

O uso de jogos como instrumento para abordar determinados conceitos aplicados em sala de aula pode contribuir para um ensino mais dinâmico, facilitando a aprendizagem discente, com vistas a um melhor entendimento, aproximação e compreensão dos conteúdos expostos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma abordagem didática em forma de jogo, simulando uma linha de produção de veículos, que serviu como um método para abordar e estudar conceitos na área de gestão da produção, mais especificamente o Sistema Toyota de Produção e a Teoria das Restrições. Os materiais utilizados para desenvolver o jogo, foram compostos de embalagens plásticas pós-consumidas de um estabelecimento comercial, no município de Monte Belo do Sul-RS. A metodologia utilizada foi de natureza qualitativa, buscou descrever o processo como um todo e classificada como *Design Science Research*. As simulações foram realizadas e aplicadas pela autora deste estudo, visto que a pandemia impossibilitou a aplicação em grupo em sala de aula. Como resultados concluiu-se que, a mudança da sequência de operações do processo de montagem dos veículos e os tamanhos de lotes das peças que compõem cada veículo, em cada simulação, alterou em consequência o tempo de montagem. Dessa forma, constatou-se que a Simulação 1, em relação às Simulações 2 e 3, mostrou-se mais viável no que diz respeito às intenções de diminuir o *lead time* total de montagem, enquanto suposto gargalo de produção. Além disso, o jogo didático permitiu obter uma visão sistêmica do processo e entendimento dos principais aspectos teóricos dos conceitos abordados.

Palavras – chave: *Design Science Research*. Jogo didático. Simulação. Sistema Toyota de Produção. Teoria das Restrições.

1 Introdução

Atividades dinâmicas como uso de jogos didáticos podem promover maior facilidade de entendimento teórico, visto a dar um significado real, claro e objetivo, possibilitando uma maior interação do estudante entre o que é estudado na teoria e o que é aplicado na prática, podendo ser entendido como um meio que facilita a aprendizagem do discente, tornando-a mais prazerosa e significativa. Dessa forma, o jogo passa a ser um bom aliado ao processo educativo, tornando-o um instrumento de grande capacidade de ensino (KIYA, 2014). Portanto o desenvolvimento de um jogo em componentes curriculares de gestão da produção, pode contribuir para uma melhor aproximação entre conteúdos expostos e a realidade.

No contexto da competitividade, a gestão da produção vem se tornando cada vez mais importante. As empresas buscam serem mais eficientes e por isso estão sempre em constante mudança com foco na melhoria contínua. A produção é responsável por entregar o produto ao mercado, que vem a ser um dos principais objetivos de uma organização. O processo de transformação de recursos e saídas, seja de bens ou serviços, é o que gera produtos acabados (PENOF; DE MELO; LUDOVICO, 2013). Assim, a produção pode ser vista como uma forma de criar bens e serviços, que atendam às necessidades dos consumidores, ou seja, é de grande importância para a sociedade (MARQUES, 2012).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como problema pesquisa: *Como simular um jogo didático a partir da fabricação de veículos com embalagens plásticas pós-consumidas, que sirva como ferramenta para abordar alguns conceitos de gestão da produção?* O principal objetivo se concentra em propor um jogo didático, para mapear os pontos de melhoria da função produção a partir dos princípios do Sistema Toyota de Produção (STP) e da Teoria das Restrições (TOC). Quanto aos objetivos específicos busca-se a) analisar a viabilidade de aplicação de um jogo didático; b) correlacionar os resultados do jogo à teoria do Sistema Toyota de Produção (STP) e da Teoria das Restrições (TOC); c) identificar possíveis falhas no processo e nos materiais utilizados no jogo.

O presente trabalho justifica-se na tentativa de criar um jogo didático, que permita testar alguns conceitos na área de Gestão da Produção e Operações, e que esse modelo possa futuramente servir como uma forma teórico-prático de ensino para discentes do ensino superior. Uma vez que, uma das ideias iniciais deste estudo, era a aplicabilidade do jogo didático em sala de aula, na Instituição de ensino do IFRS *Campus* Bento Gonçalves, o qual seria realizado por acadêmicos de ensino superior no curso de Tecnologia em Logística, na área de gestão da produção e operações. Porém, devido às restrições impostas pela atual situação de pandemia, o ensino superior encontrava-se em ensino remoto e a atividade proposta foi aplicada pela autora deste estudo por meio de simulações. Dessa forma, procurou-se compreender se o jogo didático contribuiria para fins de ensino e aprendizagem, como também na geração de competências aos estudantes.

2 Referencial Bibliográfico

2.1 Surgimento e importância dos Jogos na Educação

Nos Estados Unidos nos anos de 1950, os jogos eram usados como forma de treinamento na área militar, com o objetivo de capacitar as pessoas por usarem e praticarem um raciocínio estratégico, visando oportunidades e lances. Já no Brasil os jogos foram introduzidos nas empresas a partir da década de 1980 (DATNER, 2006).

Kiya (2014, p. 05), em relação aos jogos cita que: “A utilização de jogos e atividades lúdicas como estratégia de ensino, pode contribuir para despertar o interesse dos alunos pelas atividades da escola e melhorar o desempenho dos mesmos, facilitando a aprendizagem”, acrescenta também que o jogo sempre fez parte de diversas culturas. Segundo Fusco (2002), as atividades envolvendo o uso de jogos, dinâmicas em grupo, simulações, são criadas com o intuito de auxiliar nos processos de aprendizagem, com eles é possível interpretar melhor conceitos, criando habilidades e atitudes.

Quando utilizados, os jogos contribuem para um aprendizado mais dinâmico e interessante no ensino, facilitando assim um maior entendimento de conteúdos expostos (CID, 2017). Murcia et al (2002), acrescenta que o jogo é uma constante vital para a vida do ser humano em sua evolução, favorecendo um maior aprendizado e amadurecimento dos seres humanos.

Além do ambiente formal de instituições de ensino, os jogos podem ser uma boa ferramenta para treinamento em organizações. Datner (2006 p.13), ressalta que: “O método, aliado a jogos especialmente criados e/ou escolhidos para o ambiente e a cultura empresariais, forma uma metodologia de excelentes resultados para treinamento e desenvolvimento”. O mesmo autor complementa que, jogando se aprende e desenvolve novas competências organizacionais, pois para jogar é necessário traçar estratégias, seguir um passo-a-passo, possuir etapas bem definidas, ou seja, é necessária uma visão sistêmica para um melhor aproveitamento e entendimento como um todo.

2.2 Simulação

A simulação pode ser vista como um meio para tentar reproduzir situações da realidade, com a finalidade de experimentar algo dentro de um local existente, visto que seria improvável testar na vida real. Com a simulação é possível verificar os acontecimentos que passam despercebidos em um ambiente real (TONINI,2020 *apud* TORGA; MONTEVECHI; PINHO, 2006). Uma das

vantagens da simulação é que ela não necessariamente tem obrigação com a realidade, portando é permitido que ocorram erros, caso contrário se o resultado for positivo, então obteve-se conhecimento (TONINI, 2020).

Conforme Montevechi et al (2013), a simulação pode ser compreendida como:

A experimentação de um sistema real através de modelos. A possibilidade de criar e simular fenômenos desejados permite conferir quão representativas seriam as mudanças, colaborando, dessa forma, com a tomada de decisões. O início da simulação é incerto, mas é evidente sua importância e crescimento (MONTEVECHI, et al 2013, cap.01, s.p).

A simulação é vista como um experimento através de um modelo que pode servir tanto como uma descoberta ou como uma prova (VICENTE, 2005). A simulação abre caminho para testar e criar situações reais, onde é possível a realização de treinamentos e pesquisas. Pode-se assim criar simulações em forma de jogos didáticos, utilizando vários tipos de materiais de pós-consumo, como reciclados por exemplo.

2.3 Logística Reversa

A Logística Reversa de pós-consumo trata de bens que chegam ao fim de sua vida útil, podendo ser utilizados para outras finalidades, como por exemplo a reciclagem ou reuso do mesmo (GUARNIERI, 2011). A Logística Reversa vem evoluindo gradativamente de uma visão tradicional, para uma visão holística, ou seja, analisando o sistema como um todo, se preocupando com questões que podem impedir as cadeias reversas de reuso dos materiais e produtos (LEITE, 2017).

Guarnieri (2013) em relação a Logística Reversa cita que:

É justamente a estratégia que cumpre o papel de operacionalizar o retorno dos resíduos de pós-venda e pós-consumo ao ambiente de negócios e/ou produtivo, considerando que somente dispor resíduos em aterros sanitários, controlados ou lixões não basta no atual contexto empresarial (GUARNIERI, 2013, s. p).

Agregar valor a um produto descartado devido ao fim de sua vida útil é um dos objetivos do retorno de produtos pós-consumidos. Esses produtos podem se originar de produtos descartáveis ou bens duráveis e assim fluir em diversos canais reversos de reuso, desmanche, reciclagem até o seu destino final (BRANDALISE, 2017).

Portanto, considera-se que a Logística Reversa contribui para uma visão integrada, na qual os materiais já utilizados podem servir para outros fins que agreguem valor a materiais que seriam descartados e que se tornem úteis para outras utilizações.

2.4 Sistema Toyota de Produção

Muitas companhias norte americanas logo após a crise do petróleo no ano de 1973, adotaram o Sistema Toyota de Produção, que foi criado pela Toyota Motor Corporation, no Japão. Esse sistema tem como objetivo principal, a eliminação de todos desperdícios possíveis que possam estar presentes em uma companhia (MONDEN, 2015).

A base do Sistema Toyota de Produção é minimizar toda e qualquer perda. O conceito de *Just in time* e automação são os dois pilares que sustentam o Sistema Toyota de Produção (RIBEIRO, 2015).

Para Monden (2015), o conceito de *Just-in-time* e automação podem ser compreendidos como:

Just-in-time (JIT) significa basicamente produzir as unidades necessárias, nas quantidades necessárias, dentro do tempo necessário. Automação (em japonês *Ninben-no-arui Jidoka*, que costuma ser abreviado como *jidoka*), pode ser interpretado livremente como o controle autônomo de defeitos. Ela apoia o JIT ao jamais permitir que unidades defeituosas provenientes de processos precedentes sejam produzidas e prejudiquem os processos subsequentes (MONDEN, 2015, p.07).

Existem sete perdas dos Sistemas Produtivos que tiveram origem a partir das ideias de Frederick Taylor e Henry Ford. Taylor associava as perdas ao amplo problema de eficiência industrial nos EUA (ANTUNES, 2008). Destaca-se as sete perdas dos Sistemas Produtivos e os Subsistemas do Sistema Toyota de Produção (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002, *apud* OHNO,1997; SHINGO, 1996):

- Perdas por superprodução (quantitativa e por antecipação): ocorre quando a produção é maior que a demanda, ou seja, são as perdas que ocorrem por produzir produtos antecipadamente, causando assim uma produção excessiva. A fabricação desses recursos quando não necessários no momento, acabam ocasionando uma quantidade grande de estoques, o que conseqüentemente acaba causando desperdício de produtos.
- Perdas por transporte: se busca eliminar esse tipo de perda através da mudança de leiautes das instalações, ou seja, mecanizar de forma correta o transporte, gera uma melhoria na operação, desta forma, acaba reduzindo os custos no transporte.
- Perdas no processamento em si: o objetivo se concentra em identificar somente as atividades que efetivamente auxiliem para uma melhoria da qualidade dos produtos, descartando possíveis atividades desnecessárias, para assim eliminar esse tipo de perda.
- Perdas devido à fabricação de produtos defeituosos: esse tipo de perda se relaciona à fabricação de produtos com defeito, que não possuem as especificações necessárias de

qualidade, e, portanto, se torna um desperdício gerando aumento de custos na produção. Para a resolução do problema se faz necessário identificar a causa e não somente a consequência.

- Perdas nos estoques: o conceito de *Just-in-time* nos comprova a importância de produzir somente o que é necessário, no tempo necessário, evitando assim a formação de estoques dos produtos em fabricação e almoxarifado, o que acaba gerando desperdícios.
- Perdas no movimento: São as perdas por movimentos desnecessários realizados pelos trabalhadores dentro de uma organização.
- Perdas por espera: esse tipo de perda geralmente ocorre por não haver um equilíbrio entre os processos de produção, ou seja, um produto parado na espera da próxima etapa, causando uma paralisação do trabalho o que acarreta em perdas por espera.

Outro aspecto apontado nesta perspectiva teórica são os Subsistemas do Sistema Toyota, tem a função de manter um controle de produção, são eles (MONDEN, 2015):

- Subsistema de Quebra-zero (S1): relacionada com a Manutenção Produtiva Total (MPT) ou seja, garantir que máquinas e equipamentos em geral permaneçam em boas condições de funcionamento, para evitar produtos com defeitos e conseqüentemente o atraso na linha de produção, promovendo assim uma manutenção preventiva de futuros problemas (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002, *apud* GHINATTO, 1996).
- Subsistema de Defeito-Zero (S2): um dos principais objetivos, se concentra na ideia de criar estratégias que evitem que ocorram defeitos na produção (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002, *apud* GHINATTO, 1996).
- Subsistema de Pré-Requisitos Básicos/Troca Rápida de Ferramentas (S3): diz respeito a questão da procura por reduzir o tempo de preparação de máquinas dentro de um período ideal, o que se torna imprescindível para reduzir a quantidade dos lotes de produção (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002, *apud* SHINGO, 1985).
- Subsistema de Pré-Requisitos Básicos/Operação-Padrão (S4): basicamente esse subsistema tem o objetivo de controlar o trabalho dentro da fábrica, o mesmo estabelece uma série padrão de trabalho, com o intuito de fazer um controle de inventário, garantindo uma quantidade menor do mesmo na execução de uma série de trabalho (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002, *apud* EDWARDS et al, 1993);
- Subsistema de Pré-Requisitos Básicos/Layout celular e produção em fluxo unitário (S5): “implica na necessidade da adoção de Layouts que permitam simultaneamente, sempre que possível, alcançar a linearização do fluxo produtivo e responder com

flexibilidade à(s) alteração(ões) do mix de produtos e do volume de produção” (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002, p.04);

- Subsistema de Sincronização e Melhorias Contínuas (S6): Ohno (1997), criou uma relação entre o sistema *Just-in-time* e como é o funcionamento de um supermercado, ou seja, um supermercado é um local onde o cliente obtém o necessário, no momento necessário e na quantidade necessária. A partir daí Ohno, estabeleceu uma lógica onde essa ideia poderia se juntar ao conceito de *Just-in-time* (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002, *apud* OHNO, 1997).

Dessa forma, conclui-se que o Sistema Toyota de Produção, tem como um dos principais objetivos evitar o desperdício durante o processo de produção.

2.5 Teoria das Restrições

No ano de 1970 originou-se o conceito Teoria das Restrições (TOC), que foi desenvolvido pelo físico Eliyahu M. Goldratt. Porém foi nos anos de 1980, que esse conceito foi introduzido, sendo caracterizado por diferentes conceitos tanto estratégicos como operacionais (SABBADINI; GONÇALVES; DE OLIVEIRA, 2017).

Segundo Sabbadini *et al.* (2017), o conceito de Teoria das Restrições pode ser:

A teoria das Restrições trata de um conjunto sistemático e consistente de técnicas de gestão de operações, baseados na identificação de gargalos, principalmente no que se refere à capacidade produtiva e aos fluxos que são processados por essa capacidade. Os princípios de planejamento e gestão da capacidade, têm sido largamente utilizados na manufatura industrial, no intuito de procurar garantir que a operação tenha a capacidade adequada e suficiente para atender à demanda existente (SABBADINI; GONÇALVES; DE OLIVEIRA, 2017, p.15).

Todas empresas têm como finalidade ganhar dinheiro, porém para isso é necessário estabelecer algumas metas dentro das empresas, que servem como indicadores para se atingir o objetivo determinado. Sendo assim, se torna necessário definir os indicadores que podem auxiliar nas tomadas de decisões das empresas. Eles podem ser divididos em Indicadores Globais que são: Lucro Líquido; Retorno sobre o Investido e o Caixa. Indicadores Operacionais: o Ganho, os Inventários e as Despesas Operacionais, o que pode ser dividido entre o “Mundo do Ganho” referente ao Indicador Ganho, e “Mundo dos Custos” referente aos Inventários e Despesas Operacionais (ANTUNES JÚNIOR; RODRIGUES [s.d.] *apud* GOLDRATT & COX, 1986, n.p).

Um dos indicadores considerados de maior importância dentro da Teoria das Restrições é o Ganho. No “mundo dos Custos” a redução dos Inventários se torna mais considerável do que a redução das Despesas Operacionais. Esse fato é decorrente de alguns fatores que a diminuição

de Inventários possui nos Sistemas Produtivos como: “melhoria da qualidade intrínseca dos produtos, entrega dos produtos no prazo negociado com os clientes (atendimento), diminuição do tempo de atravessamento na Fábrica (*lead-time*) com a conseqüente redução dos prazos de entrega, aumento da flexibilidade em relação à alteração no mix de produção e da entrada de novos produtos, aumento da rotatividade dos Inventários com as óbvias conseqüências financeiras daí advindas” (ANTUNES JÚNIOR; RODRIGUES [s.d.] *apud* GOLDRATT & COX, 1986, n.p).

Dentro da Teoria das Restrições (TOC), existem algumas barreiras que impedem que as organizações consigam atingir seus determinados objetivos, sendo um deles o famoso gargalo (SCHNEIDER, 2017 *apud* ŞIMSIT et al 2014). Embora a Teoria das Restrições não seja totalmente derivada do Sistema Toyota de Produção, pode-se inferir que ela veio complementá-lo, uma vez que foi escrita na obra “A Meta”. Seu autor tinha experiência no mapeamento de valor do Sistema Toyota de Produção, e descreveu nesse livro os passos de como gerenciar um sistema fundamentado em gargalos: “(i) identificar a restrição do sistema; (ii) decidir como explorar a restrição; (iii) subordinar todo o sistema à decisão anterior; (iv) elevar a restrição sistema; (v) retornar ao passo 1 e evitar que a inércia se torne uma nova restrição” (SCHNEIDER, 2017 *apud* COX III et al, 2012, p.04).

Portanto, a Teoria das Restrições, dentre outros aspectos, permite identificar qual é o processo gargalo de produção e quais as suas causas, para que possa ser trabalhado visando à melhoria da produtividade e dos resultados.

3 Metodologia

A metodologia trata da aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para a construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade” (PRODANOV; DE FREITAS, 2013, p.14).

Esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa que, segundo Yin (2016), trata-se de uma pesquisa em que é possível realizar estudos aprofundados a respeito de diversos assuntos contemporâneos, além de oferecer uma amplitude na escolha dos temas desejados pelo pesquisador. Ou seja, a pesquisa de caráter qualitativo busca coletar e integrar dados de diversas fontes.

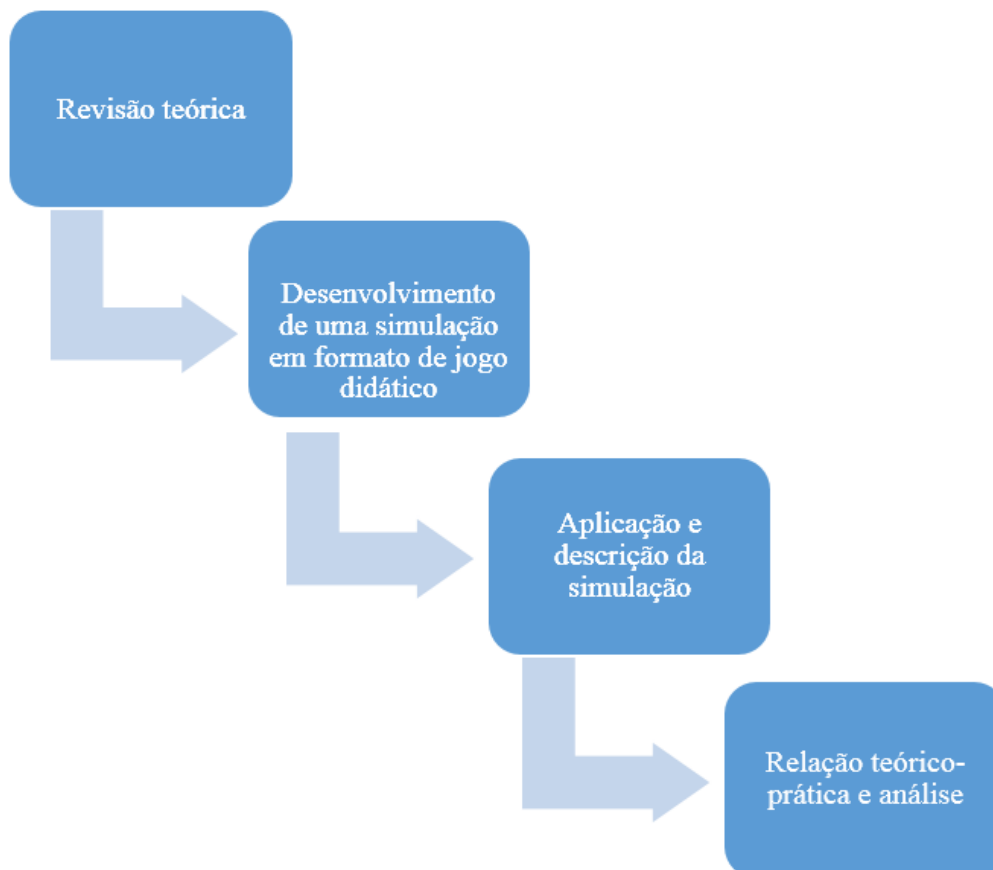
O presente estudo utiliza estratégias do *Design Science Research*, um tipo de pesquisa que deu início no fim dos anos 70, com o intuito de descrever o desempenho do Sistema Toyota de Produção (STP), que consiste em uma abordagem metodológica que produz conhecimento

científico, a fim de resolver um problema do cotidiano ou desenvolvimento de inovações. Esse tipo de pesquisa tem sido viável para pesquisadores que buscam colaborar com organizações, com o objetivo de testar novas concepções em circunstâncias reais (DRESCH et al., 2015).

A pesquisa descritiva pode ser usada para relatar acontecimentos existentes, podendo identificar problemas justificando condições presentes. Pode comparar e avaliar situações e problemas similares que visa esclarecer situações futuras (GRESSLER, 2004). A coleta de dados pode ser feita através de observações, testes, uso de algumas técnicas como uso de entrevistas com questionários (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Este estudo foi realizado nas seguintes etapas: (i) revisão teórica; (ii) desenvolvimento de uma simulação em formato de jogo didático; (iii) aplicação e descrição da simulação; (iv) relação teórico-prática e análise, conforme representado no fluxo demonstrado na Figura 1.

Figura 1- Fluxograma das etapas



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.1 Proposta inicial de abordagem

No presente estudo, propõe-se uma simulação, a partir de uma releitura do artigo “o jogo do barco” cujo processo se constitui em uma atividade de produzir barcos de papel, com objetivo

de abordar conceitos na área de gestão da produção. Porém, neste trabalho foram usados materiais reciclados.

Simulou-se uma linha de produção de veículos, que utilizou como insumos embalagens plásticas recicláveis com partes prontas para montagem. As embalagens foram recolhidas de um salão de beleza, localizado na cidade de Monte Belo do Sul, RS. Esses materiais mencionados, são recipientes plásticos pós-consumo de produtos de higiene pessoal, que passaram por alguns passos de higienização e armazenamento adequado, conforme instrução do fornecedor das embalagens. A seguir são identificadas as etapas iniciais:

Etapa 1: higienização - os recipientes plásticos passaram por algumas normas de higienização, (lavagem com água e sabão neutro) e foram armazenados em local adequado.

Etapa 2: armazenamento - as embalagens foram guardadas em caixas de papelão em local seco e arejado, por não se tratar de um reuso com finalidade alimentícia, isso se torna suficiente.

Etapa 3: recorte das peças - o recorte das peças foi realizado com auxílio de material cortante, neste caso uma faca de serrinha, unidas com grampos utilizando-se grampeador.

Etapa 4: identificação das peças - as peças foram compostas pela carcaça, rodas, motor, eixo (auxílio de três palitos), capota e concha. As figuras 2 a 8 mostram as peças que compõem um veículo desmontado:

Figura 2 - Carcaça



Fonte: Idealizado pela autora (2022).

Figura 3 - Rodas



Fonte: Idealizado pela autora (2022).

Figura 4 - Motor



Fonte: Idealizado pela autora (2022).

Figura 5 - Eixos



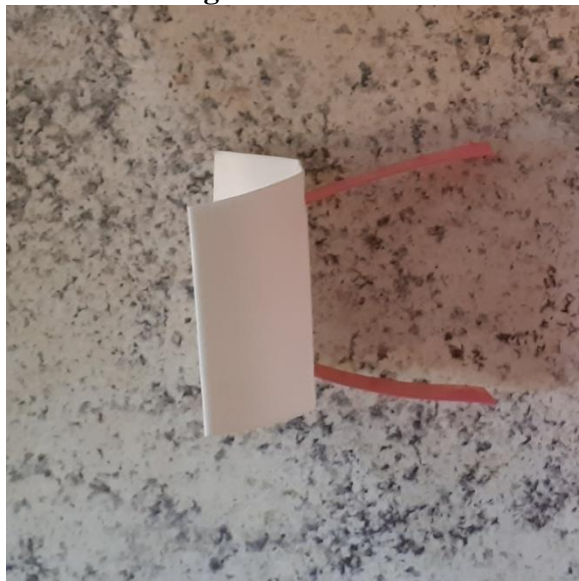
Fonte: Idealizado pela autora (2022).

Figura 6 - Capota



Fonte: Idealizado pela autora (2022).

Figura 7 - Concha



Fonte: Idealizado pela autora (2022).

Figura 8 - Veículo pronto



Fonte: Idealizado pela autora (2022).

3.2 A simulação

As simulações de montagens dos veículos, foram realizadas pela própria autora do estudo, estudante do curso de Tecnologia em Logística do *Campus* Bento Gonçalves.

Para a realização das simulações, foram produzidos um total de seis veículos e realizadas três simulações diferentes, cronometradas e gravadas separadamente, para observar o tempo de montagem, e assim utilizar os resultados como base para análise. Foram feitas três simulações, conforme segue, dentro dessa lógica:

Simulação 1: Realizada a montagem de um veículo por vez.

Simulação 2: Foram montadas as operações separadas para cada um dos veículos.

Simulação 3: A montagem aconteceu por lotes, sendo dois lotes de três veículos.

A análise dos dados foi realizada após a gravação das simulações. A posterior conferência dos processos por meio da visualização e descrição dos vídeos das simulações, possibilitando inter-relacionar os processos simulados aos conceitos abordados no estudo.

4 Resultados

Após a realização das três simulações fez-se a descrição dos processos e ocorrências. A seguir apresenta-se os resultados de cada simulação, relativos ao tempo de execução, à descrição do processo e às observações.

Simulação 1 - Montagem de um veículo por vez: nessa primeira simulação usou-se processo sequenciado de montagem, ou seja, houve a montagem sequencial dos veículos, até finalizar os seis. Nesse sentido, foi montado um veículo por vez, de modo que não se iniciou a montagem do veículo seguinte, sem concluir a montagem do veículo anterior.

Tempo de execução: 06min08s28.

Descrição do processo: Foi iniciado inserindo a primeira peça que compõe o veículo, denominada de concha, a qual foi fixada na carcaça, concluído esse processo, encaixou-se os motores na parte interna do veículo, sendo uma peça na frente e a outra atrás, deixando um espaço entre o meio delas para a colocação da capota, que vem a ser a próxima etapa. Finalizado isso, foi realizado o encaixe das quatro rodas nos eixos do veículo. Esse processo foi repetido a cada veículo que ia sendo montado, até concluir a montagem dos seis veículos. Conforme etapas apresentadas na Figura 9:

Figura 9 – Etapas da Simulação 1



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

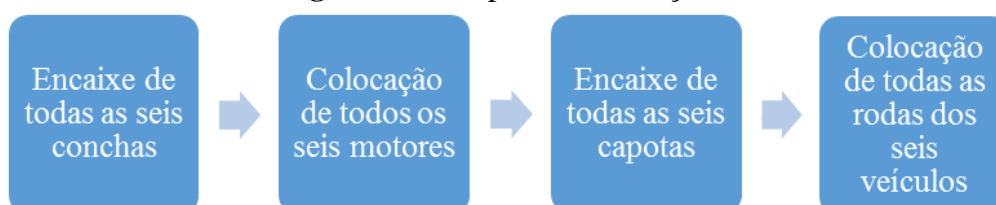
Observações: É importante notar que no processo de montagem da Simulação 1, foram utilizados lotes pequenos de peças, ou seja, entrava somente uma peça por vez na linha de montagem de cada veículo. Nessa situação o tempo de espera de lote foi o menor possível, o que culminou com um *lead time* (tempo entre o início e o fim da montagem) menor. Assim, o primeiro veículo foi concluído em um minuto e seis segundos.

Simulação 2 - Operações separadas em cada um dos veículos: nessa segunda simulação, a primeira operação de montagem foi executada simultaneamente em cada um dos veículos, para somente depois iniciar a segunda operação, que foi executada da mesma forma que a anterior e assim sucessivamente, até concluir todas as operações de montagem em todos os veículos sequencialmente.

Tempo de execução: 07min42s98.

Descrição do processo: Essa simulação foi realizada por operações separadas, ou seja, inicialmente foi inserido o encaixe das conchas em todas as carcaças dos seis veículos, em seguida realizou-se a colocação de todos os seis motores, posteriormente todas as seis capotas e por fim todas as rodas, em cada um dos seis veículos. Conforme etapas apresentadas na Figura 10:

Figura 10 – Etapas da Simulação 2



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Observações: na Simulação 2, o tamanho dos lotes de peças foi maior que o da Simulação 1, ou seja, para cada operação realizada, havia várias peças acumuladas esperando para serem

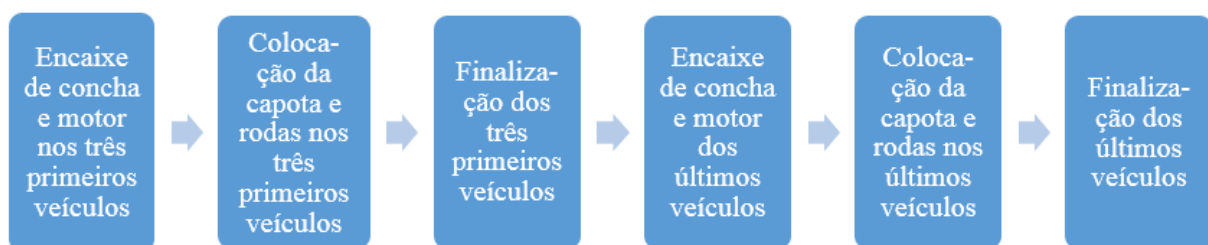
processadas, na medida em que cada etapa do processo de montagem avançava. Nesse caso, os seis veículos foram sendo montados ao mesmo tempo, ocasionando um tempo de espera de lote maior a cada operação realizada. Desse modo, o primeiro veículo ficou pronto após quatro minutos e quinze segundos, enquanto outros cinco ainda estavam com a última operação de montagem para ser finalizada.

Simulação 3 - Montagem por lotes, dois lotes de três veículos: Nessa simulação, o roteiro de fabricação foi alterado em relação a Simulação 2. Foi diminuído novamente o tamanho do lote das peças a cada operação. Em vez de montar os seis veículos em sequência, ocorreu a montagem de três veículos inicialmente, para somente depois realizar a montagem dos outros três provocando uma quebra e diminuição nos lotes de fabricação, mas não na mesma magnitude que a Simulação 1.

Tempo de execução: 06min55s80.

Descrição do processo: essa simulação foi iniciada com a colocação da concha e motor no primeiro, segundo e terceiro veículo, após isso, foi inserida a capota e rodas, nos mesmos veículos, respectivamente. Finalizado o primeiro lote com os três veículos, iniciou-se o segundo lote com as mesmas etapas citadas anteriormente. Conforme apresentadas na Figura 11:

Figura 11 – Etapas da Simulação 3



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Observações: nessa simulação, o primeiro lote de três veículos ficou pronto em três minutos e trinta segundos, em função do tamanho do lote ter sido menor tornou-se mais rápida a montagem se comparar com a Simulação 2, na qual foram necessários cinco minutos e vinte segundos para finalizar três veículos.

A partir da visualização das três simulações, percebe-se que a Simulação 1 levou menos tempo que as demais, ou seja, seis minutos, oito segundos e vinte e oito milésimos de segundo, devido ao número de lotes ser menor do que as demais simulações, ou seja, somente um veículo por vez era montado, sequencialmente, do início ao fim. Entretanto a Simulação 2, foi a que levou maior tempo de execução em relação as demais, sendo sete minutos, quarenta e dois segundos e noventa e oito milésimos de segundo. O que tornou o processo longo foi o fato de o tamanho

do lote de peças ter sido maior, assim, havia seis veículos em andamento na linha de produção, ou seja, primeiro foi inserido todas as conchas, depois todos os motores e assim por diante. Essa simulação, teve seu primeiro veículo concluído depois de quatro minutos e quinze segundos. Por último, a Simulação 3 levou seis minutos, cinquenta e cinco segundos e oitenta milésimos de segundo no total da execução, o que a tornou mais rápida da Simulação 2 foi o fato do tamanho do lote ter sido menor, pois na Simulação 3 entravam três veículos por vez e na Simulação 2 estavam seis em andamento.

Observa-se nas Simulações 1, 2 e 3 em relação ao protótipo, neste caso denominado de veículo, que houve algumas falhas de qualidade em relação ao material utilizado. Por se tratar de um trabalho manual, o recorte das peças foi feito com faca de serrinha, o que tornava algumas peças defeituosas. Durante o processo, houve ocorrência das quedas nas rodas, e alguns desencaixes de outras peças. Assim, nota-se que o ideal seria o uso de outros materiais, ou um objeto cortante adequado, para evitar esse tipo de problema.

4.1 Relações teórico-práticas

Por meio do processo de simulação, conseguiu-se analisar relações com a teoria utilizada neste estudo. Uma dessas associações diz respeito à teoria de Mondem (2015), que se refere aos problemas no processo de montagem em função da qualidade. Ou seja, algumas peças estavam defeituosas, fator que pode vir a prejudicar ou comprometer o processo em análise, é preciso que se pense em alternativas para evitar problemas de qualidade na execução do jogo, devido à influência da qualidade do protótipo, neste caso os veículos.

Em relação às sete perdas do Sistema Toyota de Produção, por se tratar apenas do processo de montagem com as limitações da própria simulação, identificou-se que houve “*perda no processamento em si*” – esse tipo de perda visa a eliminação de atividades desnecessárias, onde não altera no produto final, como no caso da Simulação 2, em que a montagem dos veículos foi realizada por operações (tipo de montagem), e houve maior perda de tempo se comparar com a Simulação 1, onde a montagem foi sequencial.

Em relação a “*perdas devido à fabricação de produtos defeituosos*”, observou-se que as peças não possuíam as especificações necessárias de qualidade, o que causou problemas e perda de tempo na montagem, evidenciando-se assim mais um desperdício que pode gerar aumento de custos na produção. Constatou-se assim, que algumas peças estavam com defeitos em seus acabamentos, como no caso da montagem do segundo veículo da Simulação 1. Nesse caso a capota não ficou encaixada corretamente, devido ao seu acabamento não estar em boa qualidade dificultando o encaixe, fato esse que numa situação real, impediria esse veículo de passar pela

inspeção de qualidade. É importante ressaltar que nas três simulações, foi possível identificar perdas em função de algumas peças estarem defeituosas, mas isso não foi o fator decisivo para a determinação do *lead time* final de cada simulação.

Outra perda que podemos analisar está relacionada com a “*perda nos estoques*”, o conceito de *Just-in-time* nos comprova a importância de produzir somente o necessário evitando a formação de estoques, o que acaba gerando desperdícios, como podemos verificar nas Simulações 2 e 3, nas quais a montagem foi realizada por processos e por lotes respectivamente, ou seja, os veículos demoravam mais para serem concluídos, ocupando espaços produtivos e estoques por mais tempo. Ressalta-se que na Simulação 1 isso não ocorreu, pelo fato de o processo ser realizado sequencialmente, do início ao fim sem interrupções, deixando um veículo pronto por vez e assim eliminando estoques.

Em relação as “*perdas por espera*”, que geralmente ocorre quando um produto está parado na espera da próxima etapa, causando uma paralisação do trabalho e acarretando em perdas por espera, identificamos isso na Simulação 2 e 3, visto que os veículos ficavam na espera da próxima etapa para a colocação das próximas peças. Além disso, as peças ficavam esperando nos estoques intermediários para serem montadas por mais tempo. No caso da Simulação 1 não havia essa espera.

Não foi possível de verificar a “*perda por superprodução*”, “*perda por transporte*”, “*perdas no movimento*”, tendo em vista tratar-se de uma simulação realizada somente pela pesquisadora, não envolvendo outras pessoas e processos. Mas, suspeita-se que pelo menos as duas últimas ocorreram.

Percebe-se, de modo geral, no que tange o Sistema Toyota de Produção - o qual possui como um dos seus principais objetivos evitar o desperdício durante o processo de produção - que a Simulação 1, foi a que teve menor tempo de execução e mais agilidade, pois o tamanho de lotes de peças que entrava na linha de produção foi menor. Por outro lado, a Simulação 2, necessitou de um tempo maior de execução, e somente depois de 04min15s ficou pronto o primeiro veículo, em função da montagem ter sido realizada por operações, fator que aumentava o número de lotes de peças que entravam na linha de produção, deixando alguns veículos a espera. Entretanto a Simulação 3, no que se refere ao tempo, permaneceu intermediária diante das outras simulações, em relação a Simulação 1, mais lenta pelo fato de o tamanho do lote de peças ser maior, e mais ágil que a Simulação 2, pelo fato de o tamanho de lote ser menor.

Para uma melhor visualização e compreensão, no Quadro 1 demonstra-se um comparativo entre maior/menor tempo de execução, maior/menor grau de dificuldade na execução, maior/menor tempo de finalização do primeiro veículo.

Quadro 1- Comparativo

	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3
Maior tempo de execução		X	
Menor tempo de execução	X		
Maior grau de dificuldade na execução			X
Menor grau de dificuldade na execução	X		
Maior tempo de finalização do primeiro veículo		X	
Menor tempo de finalização do primeiro veículo	X		

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O quadro permite uma melhor visualização de alguns critérios comparativos das Simulações 1, 2 e 3 demonstrando as vantagens da Simulação 1 em relação às demais: menor tempo de execução, menor grau de dificuldade na execução, menor tempo de finalização do primeiro veículo.

Para manter um maior controle da produção, existe dentro do Sistema Toyota de Produção, alguns subsistemas que auxiliam nessa questão, alguns deles pode-se analisar considerando as simulações realizadas. Um dos problemas que ocorreu durante a simulação e ocasionou a demora da finalização dos veículos, está relacionado com o *Subsistema de Quebra-zero (SI)* e Manutenção Produtiva Total (MPT), cuja função básica é garantir que os equipamentos e máquinas permaneçam em boas condições, para que assim sejam evitados atrasos na linha de produção.

Nesse sentido, antes de iniciar essa simulação, deveria ter sido realizada uma vistoria de todos os eixos de cada carcaça, a fim de analisar se estavam em boas condições de fixar a peça pertencente, para que pudesse ter um bom encaixe das mesmas e evitar atraso na linha de produção por ter que repetir o processo. Isso poderia evitar problemas futuros. Nota-se que esse problema foi comum nas três simulações, pois houve atraso no tempo em função da recolocação de algumas peças, o que acabou gerando retrabalho.

Outro Subsistema que pode-se relacionar, é o *Subsistema de Defeito-Zero (S2)*, cuja função é criar estratégias que evitem que ocorram defeitos na produção, visto que deveria ter sido analisado se palitos de madeira seriam um material seguro para servir como eixo, cujas peças eram fixadas. Não houve possibilidade de verificar o “*Subsistema de Pré-Requisitos Básicos/Troca Rápida de Ferramentas (S3)*”, “*Subsistema de Pré-Requisitos Básicos/Operação-Padrão (S4)*”, “*Subsistema de Pré-Requisitos Básicos/Layout celular e produção em fluxo unitário (S5)*”, “*Subsistema de Sincronização e Melhorias Contínuas (S6)*”.

Tomando como base as simulações no que diz respeito a *Teoria das Restrições*, tendo em vista que ela busca identificar os gargalos no que se refere a capacidade produtiva a fim de balancear o fluxo produtivo, partiu-se do pressuposto que o gargalo de produção poderia ser o processo de montagem e não o de manufatura. Ao analisar esse gargalo, optou-se por comparar modelos distintos de roteiros de montagem, com o intuito de verificar qual seria o menor tempo de processamento. A busca por uma melhoria no tempo de montagem, pode fazer com que esse processo deixe de ser o gargalo, ou, então, que culmine com um *lead time* menor nesse processo que vai otimizar todo o fluxo produtivo.

Observa-se que na Simulação 1, na qual o número de lotes de peças que entravam na linha de produção era menor, o tempo de execução da simulação também foi menor, ou seja, na Simulação 1 entrava somente uma peça por vez, para montar somente um veículo, já nas Simulações 2 e 3 o número de lotes de peças que entravam na linha de produção foi maior, conseqüentemente aumentava o tempo de execução da produção de cada simulação. Assim, toda a produção fica limitada pelo gargalo.

Dessa forma, não é viável a manufatura fabricar peças para seis veículos em um tempo menor que a montagem, se a montagem não for capaz de montar os mesmos seis veículos em um tempo igual ou menor. Se a montagem é o gargalo, ou seja, o tempo de montagem é maior que o de manufatura, ela é o gargalo e um estudo como o que foi feito aqui pode ajudar a otimizar o tempo total de fabricação e montagem dos veículos.

Nota-se que o problema da qualidade exigindo retrabalho, esteve presente nas três simulações, fator que contribuiu para formação de gargalo, impossibilitando uma melhor produtividade. Porém, ressalta-se que o tamanho dos lotes de produção, e não especificamente a qualidade das peças, foi o que realmente influenciou diretamente na formação do gargalo.

Dessa maneira, conclui-se que mudando o esquema de fabricação de montagem do veículo, altera-se o *lead-time* final de fabricação, pode-se dizer então, que a Simulação 1, mostrou-se mais viável para diminuir o tempo de fabricação e minimizar o gargalo do processo de

montagem, em relação as Simulações 2 e 3. Assim, foi possível realizar uma análise das ocorrências durante o processo de produção, ou seja, como o tamanho dos lotes influenciaram no *lead-time*, possíveis falhas, ocorrências, qualidade e relacionar isso com alguns aspectos vistos no Sistema Toyota de Produção e Teoria das Restrições.

5 Considerações Finais

A atividade de simulação em forma de jogo, permitiu uma maior aproximação entre teoria e a prática, buscando promover uma sistemática em um ambiente real, a fim de demonstrar com maior clareza e facilitar o entendimento de alguns conceitos teóricos relacionados à gestão de produção.

Os materiais utilizados para a aplicação do jogo, foram construídos com embalagens plásticas descartáveis, recolhidas de um salão de beleza, localizado na cidade de Monte Belo do Sul, RS. Os materiais utilizados foram recipientes plásticos de higiene pessoal pós-consumidos, que foram higienizados e preparados para o manuseio sem nenhuma implicação de ordem toxicológica. e, portanto, seu custo é quase zero, o que torna mais fácil a aplicabilidade do mesmo dentro das instituições de ensino. Como sugestão de melhoria, em relação a esses materiais usados para a construção dos veículos, propõe-se alguns ajustes. Quanto a parte que compõe os eixos, que neste caso foram utilizados palitos de madeira, sugere-se material de metal ou algum outro material que possa ser mais resistente, pois pode ocorrer a quebra por ser um material frágil. Em relação as demais peças, considera-se importante ter algumas peças de reserva, caso aconteça alguma quebra ou então algum desencaixe nas partes que estão grampeadas.

Em relação aos objetivos, as simulações demonstraram a viabilidade de usar materiais reciclados no processo de produção por meio de um jogo didático. Foi possível desenvolver as três simulações relativas ao processo montagem de veículos com as embalagens recicladas, e descrever os resultados desse processo. Esse formato permitiu interpretar os resultados com o auxílio das teorias do Sistema Toyota de Produção e Teoria das Restrições utilizando do *Design Science Research*.

Através da realização de três simulações, foi possível concluir que ao mudar-se a forma de fabricação do veículo, influenciava-se no tempo final de montagem, ou seja, a Simulação 1, mostrou-se mais viável que as Simulações 2 e 3, pois foi a simulação em que identificou-se as menores perdas, baseadas no Sistema Toyota de Produção. Supostamente, foi a simulação com mais condições de eliminar o gargalo, no que tange a Teoria das Restrições. Ademais, a utilização do *Design Science Research*, permitiu através do desenvolvimento de um jogo, testar

uma simulação e descrever os resultados tendo como base alguns conceitos de gestão da produção.

Além disso, a utilização desse jogo permitiu uma aproximação da teoria com a realidade, pois foi possível através das três simulações, descrever e relacionar os resultados com a teoria estudada, fato esse que demonstra a aplicabilidade desse estudo e a possibilidade de auxiliar na aprendizagem de discentes de forma mais dinâmica e prazerosa.

A realização desse estudo, apesar das limitações decorrentes do momento delicado da pandemia necessitando-se do ensino remoto, e por tratar-se de um estudo de caso onde os resultados não podem ser extrapolados para todas as situações, demonstrou que é possível através da aplicação de um jogo didático, desenvolver simulações, fazer análises de um processo de produção e interpreta-los, tendo como suporte as teorias do Sistema Toyota de Produção e Teoria das Restrições. Espera-se com o presente estudo, que de alguma forma ele possa servir e inspirar outras atividades com discentes, facilitando o entendimento teórico-prático, tornando-se um bom aliado ao processo educativo, servindo como sugestão para estudos futuros.

Referências:

ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle; KLIPPEL, Marcelo. **Análise crítica do inter-relacionamento das perdas e dos subsistemas do Sistema Toyota de Produção**, In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXII, 2002, Curitiba: ENEGEP, 2002.

ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle; RODRIGUES, Luís Henrique. **Teoria das Restrições: uma análise das ações de melhorias necessárias para levantar a capacidade das Restrições**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART105.pdf>. Acesso em: 29 out.2020.

BRANDALISE, Loreni Teresinha. **Administração de materiais e logística**. [S.l.:s.n.].

CID, Eduardo Fausto Kuster. **O uso de jogos como estratégia motivadora no processo de ensino e aprendizagem da educação profissional**. Vitória: Cousa, 2017.

CIRIBELLI, Marilda Corrêa. **Como elaborar uma dissertação de Mestrado através da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: 7Letras, 2003.

DATNER, Yvette. **Jogos para educação empresarial: Jogos, jogos dramáticos, role-playing, jogos de empresa**. 2. ed. São Paulo: Ágora, 2006.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JÚNIOR, José Antonio Valle Antunes. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

FUSCO, José Paulo Alves. **Tópicos emergentes em engenharia de produção**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

GRESSLER, Lori Alice. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. 2. ed. São Paulo: Loyola, 2004.

GUARNIERI, Patrícia. **Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. 1.ed. Recife: Ed. Clube de Autores, 2011.

KIYA, Marcia Cristina da Silveira. O uso de jogos e de atividades lúdicas como recurso pedagógico facilitador da aprendizagem. In :ORTIGUEIRA. Secretaria de estado da educação. Programa de desenvolvimento educacional. **Os desafios da escola pública Paranaense na perspectiva do professor PDE: Produções Didático-Pedagógicas**, 2014. Ortigueira: SEED/PR., 2014. V.2. (Cadernos PDE). Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uepg_ped_pdp_marcia_cristina_da_silveira_kiya.pdf>. Acesso em: 29/10/2020. ISBN 978-85-8015-079-7.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: Sustentabilidade e Competitividade**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

MARQUES, Cícero Fernandes. **Estratégia de gestão da produção e operações**. Curitiba, PR: IESDE Brasil, 2012.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção: Uma abordagem integrada ao Just-in-time**. Bookman Editora, 2015.

MONTEVECHI, José Arnaldo Barra et al. **Simulação de Sistemas: Aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. [S.l]. [entre 1990 e 2005].

Engenharia, B., Bowden, R. O., Gogg, T.J., & Harrel, C. R. (2013). **Simulação De Sistemas: Aprimorando Processos de Logística, Serviços e Manufatura (Vol.1)**. Elsevier Brasil.

MURCIA, Juan Antonio Moreno, et al. **Aprendizagem através do jogo**. Artmed Editora, 2005.

PANTALEÃO, Luiz Henrique; ANTUNES JR, José Antônio Valle; OLIVEIRA, Rafael Mello. **Utilização de um jogo de produção como ferramenta de aprendizagem de conceitos de Engenharia de Produção: o jogo do barco**. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/260889492_Utilizacao_de_um_jogo_de_producao_como_ferramenta_de_aprendizagem_de_conceitos_de_Engenharia_de_Producao_o_jogo_do_barco>. Acesso em 16/01/2022.

PENOF, David Garcia; DE MELO, Edson Correia; LUDOVICO, Nelson. **Gestão de produção e logística**. 1.ed. - São Paulo: Saraiva, 2013.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIBEIRO, Virgílio. **Logística, sistema Toyota de produção e suas implicações na construção civil**. 1.ed. Curitiba: Appris, 2015.

SABBADINI, Francisco Santos; GONÇALVES, Antonio Augusto; DE OLIVEIRA, Mário Jorge Ferreira. **Teoria das Restrições e Simulação Aplicada a Serviços de Saúde**. Paco Editorial, 2017.

SCHNEIDER, Talita Mattos. **Aplicação de princípios da teoria das restrições: Um estudo de simulação em um sistema de produção arranjado por produtos**. Santa Maria, RS, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria centro de Tecnologia, 2017. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de graduação em Engenharia de Produção, Santa Maria, RS, Brasil, 2017.

TONINI, Antonio Carlos. **Gestão de processos de negócio**. São Paulo, 2020.

VICENTE, Paulo. **O uso de simulação como metodologia de pesquisa em ciências sociais.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/66crqWbBR78bm3fvvVdVDRR/?lang=pt>. Acesso em: 18/10/2021.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim.** Porto Alegre: Penso, 2016.