



SISTEMAS DE PRODUÇÃO - DINÂMICA DE SIMULAÇÃO DE LINHA DE MONTAGEM DE CARRINHOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6080

Autores: JULIANA GUARDA DE ALBUQUERQUE, VAGNER PALMEIRA ROSA, PATRICIA DE JESUS AMORIM, HIERO PASIANI TANAMATI, MAYARA RODRIGUES QUADROS, GIULIA GUEDES BANDEIRA, ALEXANDRE BERTOLDI

Resumo: Este artigo apresenta a aplicação de uma dinâmica baseada na simulação de uma linha de montagem de carrinhos, utilizada como ferramenta didática no ensino de processos produtivos. A atividade teve como objetivo proporcionar aos alunos uma experiência prática, simulando uma linha real de produção e montagem. Para isso, foram organizadas estações de trabalho em sequência, nas quais os participantes montaram os carrinhos seguindo um fluxo previamente definido. A análise dos resultados evidenciou desafios como o balanceamento da linha, ociosidade, variabilidade no tempo de ciclo e impactos ergonômicos, aspectos que ressaltam a importância do planejamento eficiente e da aplicação dos princípios da produção enxuta. A experiência reforça a eficácia de simulações e jogos didáticos no ensino de engenharia, promovendo uma aprendizagem mais dinâmica, interativa e envolvente em comparação aos métodos tradicionais.

Palavras-chave: Dinâmica, Simulação, Ensino em engenharia

SISTEMAS DE PRODUÇÃO - DINÂMICA DE SIMULAÇÃO DE LINHA DE MONTAGEM DE CARRINHOS

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Biazzzi et al. (2011), a utilização de simulações no ensino de engenharia tem se mostrado uma ferramenta eficaz para a compreensão de processos produtivos, permitindo a experimentação de diferentes estratégias sem os custos e riscos inerentes à produção real. A vantagem da simulação é a possibilidade de analisar o fluxo produtivo em um ambiente controlado, possibilitando a identificação de gargalos, o balanceamento de linha e a aplicação de melhorias, além de atuar como um recurso pedagógico eficiente para o ensino de conceitos técnicos e gerenciais (Biazzzi et al., 2011; Womack; Jones, 2003).

Sob essa abordagem, Prince (2004) destaca que a aprendizagem ativa, quando aliada a metodologias práticas como jogos e simulações, melhora significativamente a compreensão dos alunos sobre conceitos complexos. O autor ressalta que atividades práticas estimulam o pensamento crítico e propõem uma experiência imersiva, favorecendo a fixação do conhecimento e a aplicação dos conceitos em situações reais.

As diferenças entre os sistemas de produção puxados e empurrados, bem como os conceitos de Lean Manufacturing, foram abordadas por Womack e Jones (2003) em sua análise sobre a produção enxuta. Os autores destacam a importância da eliminação de desperdícios e da eficiência no fluxo produtivo, princípios que podem ser observados em simulações de processos de montagem. A adoção dessas metodologias em atividades acadêmicas é mostrada como uma abordagem promissora para o ensino da engenharia, preparando os alunos para os desafios do mercado de trabalho.

Sendo assim, este trabalho apresenta a operacionalização de uma dinâmica que utilizou a simulação de uma linha de montagem de carrinhos de brinquedo como ferramenta de apoio ao ensino de processos produtivos. Para tanto, descreve-se a aplicação da atividade em sala de aula, demonstrando a percepção dos alunos quanto às diferenças entre os sistemas produtivos e os benefícios dessa abordagem em comparação com os métodos tradicionais de ensino

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O artigo "Aplicação de Jogos de Empresas em Cursos de Engenharia" escrito por Sanchez e Hu (2007), explora a implementação de jogos empresariais como metodologia de ensino em cursos de engenharia, especialmente na Engenharia de Produção. Os autores propõem o desenvolvimento de um simulador de situações empresariais, acessível via internet, que visa reproduzir processos estratégicos de decisão comuns em ambientes gerenciais. Essa abordagem busca proporcionar aos alunos uma experiência prática em áreas como gestão empresarial, planejamento estratégico, contabilidade, custos, orçamento e marketing. A utilização de jogos de empresas é destacada como uma ferramenta eficaz para motivar os estudantes e facilitar a compreensão de conceitos complexos, promovendo uma aprendizagem ativa e participativa.

Com foco na filosofia da manufatura enxuta, os autores do estudo "Dinâmica da Montadora de Canetas", apresentam uma atividade prática que simula a transição de uma fábrica do sistema de produção convencional para o enxuto. Através dessa dinâmica, estudantes de engenharia de produção participam ativamente de uma linha de montagem simulada, permitindo-lhes vivenciar os benefícios da manufatura enxuta em comparação com

a produção em massa. Os resultados indicam que essa abordagem prática facilita a compreensão dos princípios da produção enxuta e destaca as vantagens da metodologia baseada em jogos empresariais em relação ao ensino tradicional (Althoff; Colzani; Seibel, 2009).

O artigo elaborado por Albuquerque *et al* (2017), aborda a utilização de jogos e simulações como ferramentas pedagógicas para o ensino de processos produtivos e produtividade de equipe. A pesquisa apresentada por eles foi uma dinâmica baseada na produção de doces manufaturados do tipo "casadinho", destacando as diferenças entre a produção em massa e o sistema de produção enxuta. O experimento foi conduzido em sala de aula, estruturando cinco postos de trabalho específicos, além de um posto rotativo para controle. Os resultados evidenciaram que a simulação possibilitou um fluxo eficiente, sem sobrecarga nos postos, e demonstrou a importância do planejamento da linha de produção. O estudo destaca conceitos como variabilidade, redução do tempo de ciclo, padronização, flexibilidade e balanceamento das atividades. Além disso, enfatiza que a aplicação de jogos didáticos proporciona uma aprendizagem mais eficaz, reduzindo desperdícios e otimizando a compreensão dos processos produtivos sem altos custos materiais e temporais.

Complementando a discussão sobre a aplicação de jogos e simulações no ensino de sistemas de produção, Santos *et al.* (2002) desenvolveram um jogo didático para o ensino da técnica de programação da Linha de Balanço. Nesse jogo, os participantes simulam a execução de um edifício de dez pavimentos através da colagem de partes constituintes em cartolinas coloridas. A introdução de dados viciados, que representam a variabilidade na execução da obra, permite aos participantes vivenciar os desafios do planejamento e controle da produção em um ambiente dinâmico. O estudo destaca a importância da compatibilização de projetos, da construtibilidade e do trabalho em equipe para o sucesso do empreendimento, além de enfatizar a necessidade de uma estratégia de produção que priorize a qualidade e a redução de desperdícios.

Costa *et al.* (2006) corroboram com estas ideias em um estudo sobre a aplicação dos conceitos da mentalidade enxuta em uma fábrica simulada de montagem de canetas, com foco na redução do lote de produção e do takt time. A simulação foi realizada em duas formas: produção empurrada e produção puxada. Os resultados demonstraram que a produção puxada resultou em fluxos de informação mais objetivos, redução do estoque em processo e do lead time. O estudo conclui que a simulação é uma ferramenta eficaz para o aprendizado dos conceitos da mentalidade enxuta e para a visualização dos benefícios da produção puxada.

De maneira semelhante, Araújo e Rentes (2006) abordam o tema dos sistemas de produção com enfoque na metodologia Kaizen como ferramenta para a condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. Os autores descrevem a aplicação da metodologia em uma empresa do setor médico-odontológico, destacando a importância do envolvimento da equipe, da organização da área de trabalho, da padronização de atividades e processos, e da implementação de sistemas de programação puxada. O estudo enfatiza que a metodologia Kaizen, quando conduzida de forma estruturada e vinculada a uma visão estratégica de longo prazo, torna-se uma ferramenta dinâmica e sustentável para a melhoria contínua dos processos produtivos.

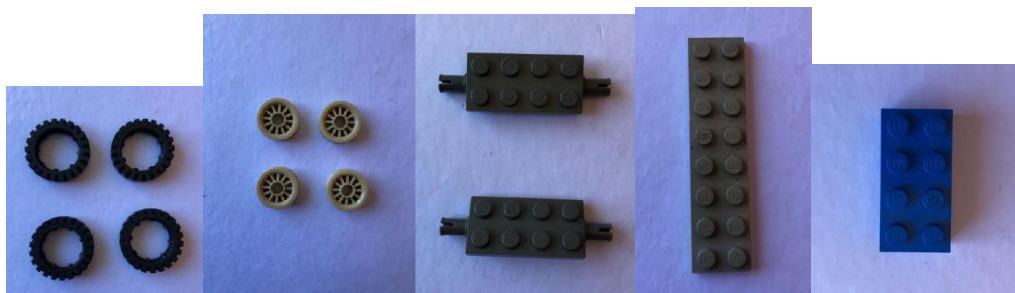
3 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

Para a execução do presente trabalho, foram utilizados diversos modelos de peças de montar de brinquedo, incluindo blocos padrão (*brick*), chapas (*plates*), componentes de encaixe de rodas, rodas e pneus. As peças foram escolhidas para representar de forma simplificada os diferentes componentes do processo de montagem de um carro, como chassi,

eixos, rodas e carenagem. A versatilidade do sistema permitiu a montagem de modelos modulares, facilitando a adaptação do processo de montagem à simulação de uma linha de produção.

Ao todo foram replicadas 7 unidades de carrinhos de montar, cada exemplar é composto por 4 pneus, 4 rodas, 2 componentes de encaixe de rodas, 1 chapa e 1 bloco tipo “brick”, conforme a Figura 2. Portanto para a execução de toda a linha de produção foram necessários 28 pneus, 28 rodas, 14 componentes de encaixe de rodas, 7 chapas e 7 blocos tipo “brick”.

Figura 2 – Peças componentes dos carrinhos



Fonte: autores.

3.1 A simulação

A simulação seguiu um fluxo de trabalho típico de uma linha de produção, com a sequência de etapas definida para cada estação de trabalho. Cada estação foi equipada com peças que representavam os componentes do carro. Para cada etapa, foi determinado o número de peças, a ordem de montagem e a interação entre as diferentes partes.

Para representar cada estação de trabalho, foram utilizadas mesas retangulares dispostas de forma linear, simulando a configuração de uma linha de produção. A disposição das mesas foi projetada para permitir a fluidez do processo de montagem e facilitar a organização das peças em cada etapa.

Na primeira estação ficaram alocados dois integrantes do grupo, responsáveis pela colocação dos pneus nas rodas (Figura 3). À medida que os componentes ficavam prontos eles eram passados para a próxima etapa.

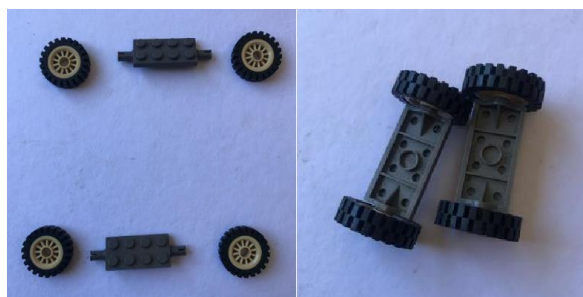
Figura 3 – Pneus dos carrinhos.



Fonte: autores.

A segunda estação também era composta por dois integrantes, responsáveis pelo encaixe das rodas, já equipadas com os pneus, nos eixos. Nessa etapa, cada um dos integrantes precisava de duas rodas com pneus e um eixo para a montagem de um componente completo (Figura 4).

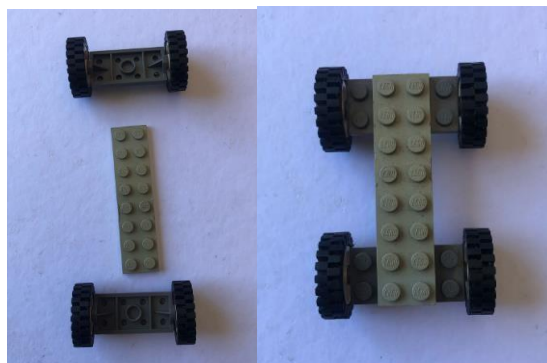
Figura 4 – Pneus e eixos dos carrinhos.



Fonte: autores.

Na terceira estação, um integrante do grupo realizava o encaixe de dois componentes obtidos na segunda etapa à uma chapa (2x8), de modo a representar o chassi do carro, conforme a Figura 5.

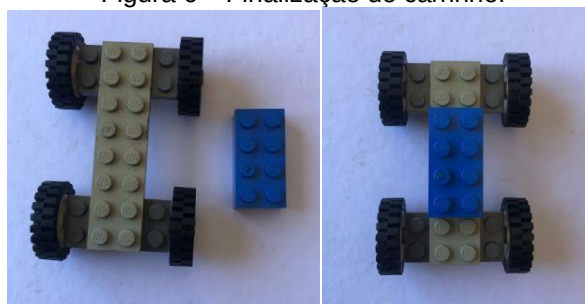
Figura 5 – Montagem dos eixos.



Fonte: autores.

A quarta estação representava a última etapa da linha de produção, conforme a Figura 6, onde um integrante da equipe realizava o encaixe de um bloco tipo “brick” no chassi que havia sido previamente montado, finalizando a produção do carrinho de montar com a carenagem.

Figura 6 – Finalização do carrinho.



Fonte: autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A dinâmica da linha de montagem simulada com carrinhos de montar proporcionou uma experiência prática e reveladora sobre os desafios e princípios associados à manufatura enxuta e à gestão da produção. A observação inicial da ociosidade das posições de montagem, especialmente nas etapas finais do processo, evidencia a relevância do balanceamento das atividades na linha de produção. Este fenômeno é um reflexo direto da

dinâmica do fluxo de materiais, que, ao se deslocarem progressivamente pelas posições, geram tempos de espera desiguais. Essa situação é análoga aos desafios relatados por Althoff, Colzani e Seibel (2009) e Costa et al. (2006) em seus estudos sobre a transição para sistemas de produção enxuta, onde a eliminação de desperdícios, como esperas, é central para a eficiência do sistema.

Ademais, o comportamento inverso foi notado ao fim do processo, com as primeiras posições ficando ociosas à medida que os montadores completavam suas tarefas. Essa dinâmica reflete a variabilidade no tempo de ciclo entre as diferentes posições e destaca a necessidade de padronização e sincronização das atividades, como enfatizado por Albuquerque et al. (2017). O planejamento inadequado do fluxo de trabalho resultou em desequilíbrio operacional, causando gargalos temporários e subutilização da mão de obra em outros momentos.

Outro aspecto relevante observado na simulação foi o impacto do esforço repetitivo sobre os montadores. Os carrinhos, medindo cerca de 5 cm entre os eixos dianteiro e traseiro e compostos por pequenas peças, exigem um nível elevado de destreza manual. O esforço repetitivo, aliado à necessidade de precisão na montagem, gerou desconforto físico progressivo nos participantes, especialmente nas articulações dos dedos. Este fato destaca a importância de considerações ergonômicas em qualquer processo produtivo, como também sugerido por Santos et al. (2002) em sua exploração de dinâmicas educacionais.

Com base na observação direta e no acompanhamento do desempenho dos participantes durante as atividades manuais, foi estimado que o tempo máximo de produção contínua, sem perda significativa de rendimento, seria de aproximadamente duas a três horas. Essa estimativa considerou sinais evidentes de fadiga física, como redução no ritmo de montagem, aumento de erros e necessidade crescente de pausas informais. Esses indícios indicam que, após esse período, a produtividade tende a diminuir de forma perceptível. Tal constatação reforça a importância de adotar ciclos de trabalho mais curtos, com intervalos programados e rotação de tarefas, de modo a mitigar os efeitos do esforço repetitivo. Essa abordagem está alinhada aos princípios de melhoria contínua defendidos pela metodologia Kaizen (Araújo e Rentes, 2006).

Ao relacionar os resultados da simulação ao referencial teórico, percebe-se que a experiência prática não apenas reforça a compreensão dos conceitos de manufatura enxuta, mas também destaca a importância da aprendizagem ativa por meio de jogos empresariais, conforme apontado por Sanchez e Hu (2007). O caráter lúdico e imersivo da atividade promoveu a participação e o engajamento dos alunos, permitindo-lhes internalizar conceitos complexos de forma mais eficaz do que em abordagens tradicionais.

Em síntese, a dinâmica da linha de montagem com carrinhos de montar ofereceu observações valiosas sobre o planejamento, execução e melhoria de processos produtivos. Além de abordar questões técnicas como balanceamento e fluxo de trabalho, a atividade destacou desafios humanos relacionados ao esforço repetitivo e à ergonomia. Assim, a utilização de simulações no ensino de engenharia se mostra uma ferramenta essencial para a formação de profissionais mais capacitados para enfrentar os desafios do mercado.

5 Considerações FINAIS

A realização da dinâmica de simulação da linha de montagem automotiva permitiu avaliar, na prática, os princípios da manufatura enxuta e sua aplicabilidade em processos produtivos. A experiência proporcionou aos participantes uma visão detalhada sobre o funcionamento de uma linha de montagem, evidenciando a importância do balanceamento de tarefas, da redução de desperdícios e da otimização do fluxo de trabalho.

A análise dos resultados revelou desafios comuns enfrentados em sistemas produtivos reais, como a ociosidade em determinadas etapas, a variabilidade no tempo de ciclo e os impactos ergonômicos do esforço repetitivo. Esses aspectos reforçam conceitos teóricos amplamente discutidos na literatura, como a necessidade de padronização das atividades, sincronização das operações e implementação de melhorias contínuas para garantir eficiência e qualidade.

Diante das observações realizadas, conclui-se que a dinâmica foi executada com sucesso, permitindo identificar os desafios e benefícios da manufatura enxuta em um ambiente controlado. Os participantes puderam compreender, de forma prática, a influência do planejamento e da organização na eficiência do sistema produtivo, bem como a importância da adaptação das estratégias para minimizar gargalos e melhorar a produtividade. Os resultados obtidos confirmam que a simulação cumpriu seus objetivos, proporcionando uma experiência relevante para o entendimento das etapas e dificuldades envolvidas na gestão de processos industriais.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. G. *et al.* **Simulação de um sistema de produção a partir de uma dinâmica em grupo de produção de doces manufaturados como apoio na aprendizagem de processos produtivos**. Florianópolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2017.

ALTHOFF, T.; COLZANI, T. A.; SEIBEL, S. **A Dinâmica da Montadora de Canetas: Uma Simulação Baseada em Jogos de Empresas no Ensino da Engenharia de Produção**. In: **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, BA, Brasil, 6 a 9 de outubro de 2009. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_100_669_14250.pdf. Acesso em: 24 Fev 2025.

ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F. **A METODOLOGIA KAIZEN NA CONDUÇÃO DE PROCESSOS DE MUDANÇA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENXUTA**. Revista Gestão Industrial, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 126-135, abr. 2006.

BIAZZI, L. *et al.* **Uso de simulação como ferramenta de apoio à aprendizagem de administração da produção**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011.

COSTA, A. C. F.; BOGADO, J. G. M.; JUNGLES, A. E.; HEINECK, L. F. M. **APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE UMA FÁBRICA DE MONTAGEM DE CANETAS A LUZ DOS CONCEITOS DA MENTALIDADE ENXUTA**. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2006.

PRINCE, M. **A aprendizagem ativa funciona? Uma revisão da pesquisa**. *Journal of Engineering Education*, v. 93, n. 3, p. 223-231, 2004.

SANCHEZ, R. R.; HU, O. R. T. **Aplicação de Jogos de Empresas em Cursos de Engenharia**. In: **XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2007)**, 2007, Curitiba. Anais... Curitiba: ABENGE, 2007. Disponível em:

<https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/12/artigos/318-Robson%20Rodrigue%20Sanchez.pdf>. Acesso em: 24 Fev 2025.

SANTOS, D. de G.; BORGES, V. P.; PRADO, R. L.; HEINECK, L. F. M. **O ENSINO DE LINHA DE BALANÇO E VARIABILIDADE ATRAVÉS DE UM JOGO DIDÁTICO**. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2002.

WOMACK, JP; JONES, DT **A máquina que mudou o mundo**. 3.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

PRODUCTION SYSTEMS - TOY CAR ASSEMBLY LINE SIMULATION DYNAMIC

Abstract: This article presents the application of a dynamic activity based on the simulation of a toy car assembly line, used as a teaching tool in the education of production processes. The activity aimed to provide students with a practical experience by simulating a real production and assembly line. To achieve this, workstations were organized sequentially, where participants assembled the cars following a predefined workflow. The analysis of the results highlighted challenges such as line balancing, idle time, variability in cycle time, and ergonomic impacts factors that emphasize the importance of efficient planning and the application of lean production principles. The experience reinforces the effectiveness of simulations and educational games in engineering education, promoting a more dynamic, interactive, and engaging learning experience compared to traditional methods.

Keywords: *Dynamic, simulation, Engineering education.*

