COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADO E EMPURRADO: JOGO DE MONTAGEM DE CASAS COM BLOCOS LEGO[1]

VIANA, M. R., Universidade Federal de Sergipe, email: marirvv@gmail.com; TAVARES, J. M. A., Universidade Federal de Sergipe, email: jamilematavares@gmail.com; CARVALHO, K. S., Universidade Federal de Sergipe, email: kristiane.c@hotmail.com; CARVALHO, I. A., Universidade Federal de Sergipe, email: isadoracarvalho2@yahoo.com.br; SANTOS JÚNIOR, J. L. D. Universidade Federal de Sergipe, email: jorgejn43@gmail.com; SANTOS, P. R. R., Universidade Federal de Sergipe, email: paulo_ricardo.rs@hotmail.com; SANTOS, D. G., Universidade Federal de Sergipe, email: deboragois@yahoo.com.br

ABSTRACT

The realization of didactic games facilitates the understanding of concepts and makes learning more pleasurable. This article presents a game of House with Lego System®, that contributed to the teaching/learning, to compare the differences between production systems pulled and pushed. This paper also involves associated concepts as demand, storage of materials and construction layout. The game was divided into five steps and each were assembled six houses for group. Along the simulations, it was checked the quality and duration of each simulation of production system. As a result, the calculation of the productivity index allowed to diagnose the production according to the characteristics of each stage. With this, it has verified that the duration of the pushed production system was lower of that pulled system. Thus, the application of the didactic game possibility compares these main characteristics of the production systems researched.

***Keywords**: Production system. Didactic games. Simulations.*

1 INTRODUÇÃO

A obsolescência da educação tradicional acarretou em significativas mudanças no processo de ensino. Essas transformações visam tornar a sala de aula um espaço de maior integração entre alunos e docentes, bem como estimular maior participação dos estudantes. Assim, pode-se citar algumas metodologias aplicadas no ensino da engenharia, dentre elas: educação colaborativa, aprendizagem baseada em problemas e o uso de jogos e atividades lúdicas (SANTOS et al., 2013).

Os jogos apresentam um conjunto de características que possibilitam um processo de aprendizagem lúdico. Assim, jogos didáticos vêm sendo utilizados no ambiente de ensino como forma de estimular a participação ativa dos alunos e proporcionar um aprendizado eficiente, a medida em que permite relacionar o conhecimento e a prática, sem o risco de falhas de situações reais (DEPEXE et al., 2006; CRIZ et al., 2017). Na literatura, existem diversos artigos publicados sobre simulações para fins didáticos, como exemplo citam-se Saffaro et al. (2003), Dorneles et al. (2006), Santos et al.

[1] VIANA, M. R.; TAVARES, J. M. A.; CARVALHO, K. S.; CARVALHO, I. A.; SANTOS JÚNIOR, J. L. D.; SANTOS, P. R. R.; SANTOS, D. G. Comparação entre sistema de produção puxado e empurrado: jogo de montagem de casas com blocos Lego. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

(2013), Leite et al. (2017), Cruz et al (2017), que utilizaram simulações como recurso pedagógico para aplicações na área de gestão da produção.

Antes da aplicação dos jogos didáticos, faz-se necessário o aprofundamento dos conceitos relativos ao mesmo de forma a traçar as melhores estratégias para abordá-los em uma simulação (LEITE et al., 2017).

Tsao et al. (2013), avaliando metodologias para ensino de Construção Enxuta, obtiveram que a simulação é um recurso utilizado por todos os docentes entrevistados e ajuda os alunos a desenvolver uma compreensão mais sólida sobre os conceitos *Lean* e suas aplicações na indústria da construção.

A aplicação de jogos, com o objetivo de realizar um processo construtivo contínuo e eliminar atividades que não agregam valor ao produto final, leva os envolvidos a refletirem o processo de produção como se fossem gerentes da construção e não operários. Desse modo, há o aprendizado quanto à produtividade e qualidade para satisfazer o cliente (MESQUITA et al., 2014).

O presente trabalho deriva-se da aplicação de um jogo didático como ferramenta de ensino em disciplina de graduação. O objetivo deste é discutir as diferenças entre os sistemas puxado e empurrado, bem como investigar outros conceitos relativo à gestão de produção voltados ao setor da construção civil, a partir da simulação de construção de casas em Lego System®.

2 MATERIAIS E MÉTODO PARA O JOGO

A simulação consiste na montagem de seis casas de Lego System® a partir do encaixe das peças disponibilizadas (Figura 1). Para a fabricação destas, foram fornecidos: 6 bases; 6 cercas; 16 blocos de alvenaria; 7 janelas; 12 peças para o telhado; 6 peças para o acabamento do telhado.

Foram realizadas cinco diferentes formas de organização do processo produtivo, de modo a abordar os conceitos de sistema puxado e empurrado. As simulações buscaram alternar as condições de *layout* dos postos de trabalho, demanda de produção e estocagem de material. Foram formados quatro grupos e em cada um deles a equipe foi composta por sete integrantes, divididos entres atividades de montagem e apoio à produção (controle do tempo, supervisão do trabalho e administração do estoque).

Figura 1 - Casas construídas



Fonte: Os autores

Para o presente artigo, serão apresentadas as simulações para uma das equipes.

1ª Etapa: Produção sem controle, tem como objetivo produzir em menor tempo possível. A demanda era indeterminada e o sistema empurrado.

2ª Etapa: Produção dividida em postos de trabalho com estocagem no mesmo. A demanda era indeterminada e o sistema empurrado.

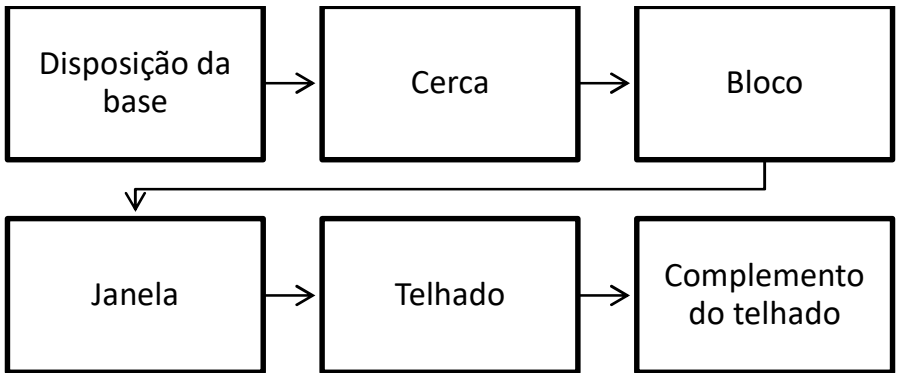
3ª Etapa: Produção dividida em postos de trabalho, com canteiro fixo e estocagem dentro do posto. A demanda era indeterminada e o sistema empurrado.

4ª Etapa: Produção dividida em postos de trabalho, com canteiro fixo e estocagem de materiais fora dos postos. A demanda era determinada, correspondendo a um produto por vez, e o sistema puxado.

5ª Etapa: Produção dividida em postos de trabalho, com canteiro fixo e estocagem fora dos postos de trabalho. A demanda era determinada, com quantidade aleatória de produtos, e o sistema puxado.

Nas quatro primeiras simulações, foi montado o modelo básico (uma base, uma cerca, dois blocos, uma janela, duas peças para o telhado e uma peça para o acabamento do telhado). Na quinta etapa, foram requisitados construções variadas na composição do lote. Entretanto, independente do modelo final a sequência de montagem (Figura 2) deveria ser seguida.

Figura 2 – Sequência de montagem



Fonte: Os autores

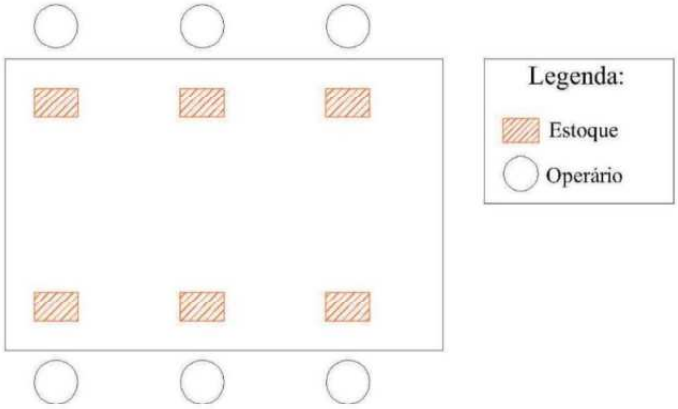
Durante as simulações foram coletados dados para medição de produtividade, como modo de comparar os desempenhos das simulações e a evolução da aprendizagem da equipe, a ser observada pela redução do tempo das simulações, foi analisado o *layout* dos postos de trabalho e a influência do estoque na produção.

3 RESULTADOS

1ª Simulação

Nessa simulação não havia nenhuma regra de montagem, apenas a exigência de execução do lote (seis casas do mesmo modelo) no menor tempo possível. Assim, o grupo adotou como estratégia para a produção, a construção de uma casa por cada membro da equipe de montagem sem distribuição de função (Figura 3). As peças necessárias para a fabricação de uma unidade foram separadas previamente em *kits* que ficaram próximo ao local de montagem. O produto manteve-se fixo e os montadores tinham o controle de todo o processo produtivo.

Figura 3 - *Layout* 1° Simulação



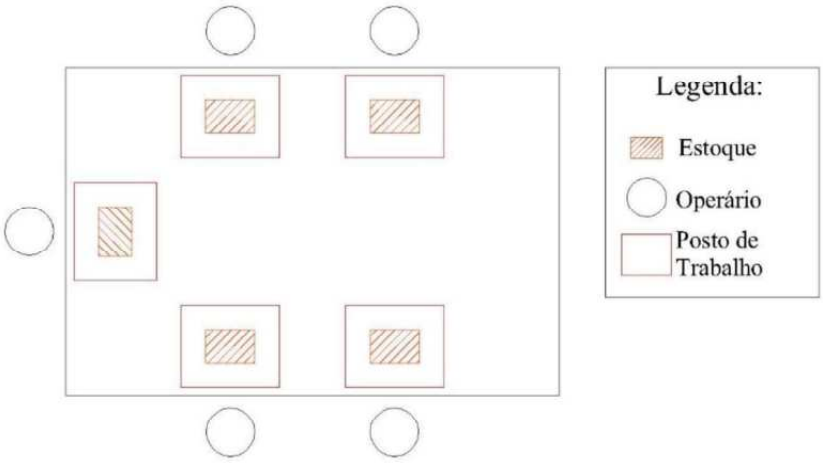
Fonte: Os autores

2ª Simulação

Nessa simulação, foram introduzidos os cinco postos de trabalho para simular uma linha de montagem. Cada posto de trabalho tinha o estoque de materiais específicos e correspondia à função do operário responsável por aquele setor de produção. Assim, a equipe de operação foi reduzida (Figura 4).

A adoção de estoque por tipo de material foi possível, pois nessa simulação, o produto era deslocado e a mão de obra, fixa. Assim, a equipe produziu em série, com o operário passando a casa semiacabada para o próximo na linha de montagem, seguindo a sequência de encaixe estabelecida anteriormente.

Figura 4 - *Layout* 2° Simulação



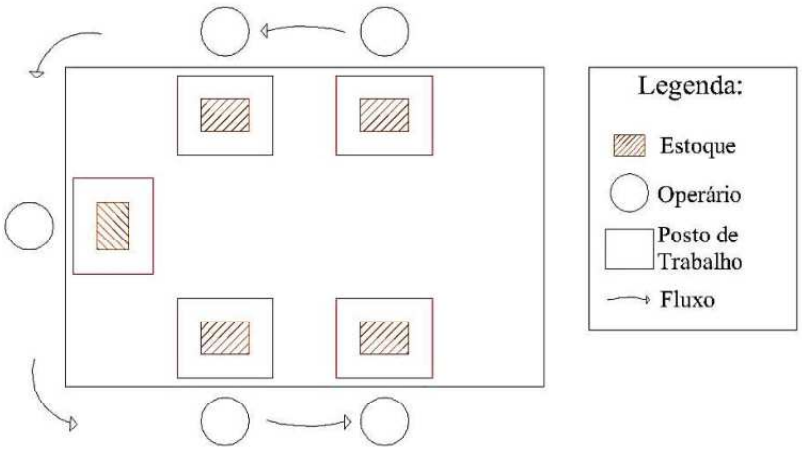
Fonte: Os autores

3ª Simulação

Na terceira simulação, o canteiro era fixo, semelhante ao que acontece na construção civil. A casa permaneceu no posto e os operários deslocaram-se para construí-la (Figura 5). Diferentemente da etapa anterior, em cada posto de trabalho, o estoque era formado por um *kit* com todas as peças necessárias para a execução da unidade residencial. Tal mudança de estatégia decorreu da alteração no canteiro e a condição de produto fixo demandou a estocagem de todos os compentes correpondentes da sequência de montagem.

Essa proposta de arranjo físico pode favorecer perdas com a movimentação dos funcionários, não agregando valor ao produto final. Essas perdas podem ser minimizadas ou eliminadas através de mudança de arranjo físico da produção ou ainda através da mecanização das operações (GHINATO, 2000).

Figura 5 - *Layout* 3° Simulação

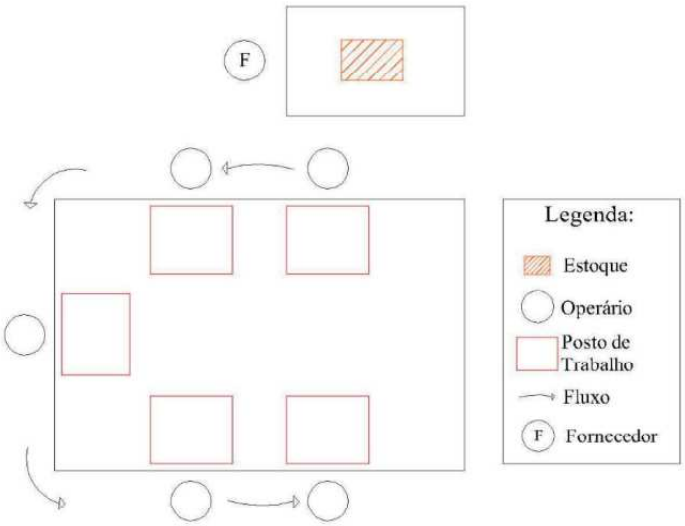


Fonte: Os autores

4ª Simulação

Semelhante à simulação anterior, a produção era realizada em postos de trabalho, com canteiro fixo. Todavia, dessa vez a estocagem não se encontrava nos postos. Por isso, foi necessário um transportador para conduzir as peças até os operários (Figura 6). Nessa simulação, os operários só podiam iniciar a tarefa mediante estabelecimento de demanda. Assim, quando atendia a demanda, a equipe passava para o posto seguinte, repetindo o processo.

Figura 6 - *Layout* das 4ª e 5ª Simulações



Fonte: Os autores

O novo elemento dessa simulação (estoque externo) exigiu da equipe de montagem um maior planejamento do processo produtivo para que a solicitação das peças ao fornecedor não afetasse o andamento das atividades. Durante a dinâmica, esse aspecto originou falhas na execução do lote.

5ª Simulação

O arranjo da linha de produção dessa etapa é semelhante ao da anterior (Figura 6), entretando novas condicionantes foram impostas ao processo. Nessa simulação, a demanda de montagem era determinada por um cliente fictício e novos pedidos surgiam a cada 20 segundos, independetemente da finalização do produto anterior. Ainda, foi adicionado o fator de variabilidade dos modelos de produção, o produto deixou de ser padronizado e passou a ter tipologia construtiva diferente, com a adição de peças nas unidades habitacionais. Essas ocorreram conforme a solicitação do cliente externo e eram encaminhadas diretamente para o fornecedor, responsável por prover cada posto de trabalho do estoque necessário para execução das tarefas.

Ao final das simulações, obtiveram-se os índices de produtividade relativos a cada situação (Tabela 1). Com isto, pôde-se perceber a variação nos tempos de ciclo devido às condicionantes impostas em cada etapa.

Tabela 1 – Tempos de ciclo

Simulação	Tempo (s)	N° de Operários	IP (H *s/casa)
1	17	6	17,00
2	25	5	20,83
3	23	5	19,17
4	68	5	56,67
5	109	5	90,83

Fonte: Os autores

As três primeiras simulações relacionam-se com o sistema empurrado de produção, que funciona com o ritmo da produção sendo dependente do estoque, ou seja, o estoque "empurra" a produção (PEINADO; GRAEML, 2007). Assim, as casas eram feitas de forma continuada até a utilização do total de peças disponíveis. Não houve solicitação de clientes e os materiais eram estocados no próprio centro de produção. Em geral, os índices de produtividade das simulações empurradas foram melhores, visto que o produto era padronizado e não houve tempo de espera para reposição de material. As interrupções na linha de montagem foram mínimas.

As duas últimas simulações trataram do sistema de produção puxada. Para iniciar as atividades de operação era necessária a solicitação de um cliente externo e interno (serviço precedente). Assim, os produtos eram fabricados no momento e na quantidade requerida. Essa característica também influenciou na administração do estoque, a medida em que no posto de produção só tinham as peças solicitadas para a atividade a ser realizada no momento, o estoque passou a ser mínimo. Portanto, deve-se buscar um equilibrio sobre a quantidade de material a ser estocado (SOUZA e SILVA et al., 2003).

Na produção puxada, o estoque é controlado pela administração das linhas de produção e a reposição é feita de acordo com a demanda (PEINADO; GRAEML, 2007). Esse sistema busca satisfazer as necessidades do cliente

eliminando o máximo de perdas possível durante a produção. Como exemplo, podem-se destacar as perdas decorrentes da produção excessiva. A mesma pode ocorrer pela falta de consideração da demanda, necessidades do cliente, gerando grande quantidade de produtos de forma antecipada ou não (GHINATO, 2000).

4 CONCLUSÕES

Com a simulação foi possível verificar conceitos relacionados à gestão de produção de maneira prática, ainda que experimental. A opção pela montagem de casa aproxima do objeto simulado de um produto da construção civil.

Assim, pôde-se observar a influência do sistema de produção nos tempos de ciclo e estocagem de materiais. Ainda, percebeu-se que embora a quantidade de produto final nas cinco simulações tenha sido a mesma, o modo como estes foram produzidos interferiu na ocorrência de falhas e no prazo de execução. Destarte, as simulações do sistema empurrado trouxeram índice de produtividade melhores e pouca variabilidade quando comparadas ao sistema puxado, porém não se procupavam em atender a demanda.

REFERÊNCIAS

CRUZ, H. M et al. Jogo didático "Construbusiness: a cadeia produtiva da construção civil": uma ferramenta de aprendizagem na engenharia civil. **Revista Docência Ensino Superior**, v. 07, n. 02, p. 113-129, 2017.

DEPEXE, M. D et al. Aprendizado da técnica de programação da linha de balanço por meio de jogos didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUIDO, XI, 2006, Florianópolis, **Anais**... Florianópolis – SC, 2006, 10 p.

DORNELES, J. B et al. Montagem de carrinhos – aprendizado de conceitos da construção enxuta por meio de jogos didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUIDO, XI, 2006, Florianópolis, **Anais**... Florianópolis – SC, 2006, 10 p.

GHINATO, P. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações.** Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

LEITE, M. O.; SANTOS, V. I. D.; HEINECK, L. F. M. O ensino dos conceitos da construção enxuta com uma dinâmica de jogos em sala de aula. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., 2017, Fortaleza. **Anais**... Fortaleza –CE, 2017, 8 p.

MESQUITA, V. F et al. Jogo didático para tornar prático o uso das atividades que contribuem para a melhoria de processo: Elevação da alvenaria estrutural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUIDO, XV, 2014, Maceió, **Anais**... Maceió – AL, 2014, 10 p.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção.** Operações industriais e de serviços. UnicenP, 2007.

SAFFARO et al. Discussão de princípios da lean production através de um jogo didático. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, 2003, São Carlos, **Anais**... São Carlos – SP, 2003, 10 p.

SANTOS, L. C. et al. Robocano: uma dinâmica alternativa para ensinar e aprender gestão da produção. **Revista Gestão Industrial**, v. 09, n. 01, p. 122-146, 2013.

SOUZA e SILVA, M. F.; BRESSIANI, L.; SAFFARO, F. A.; SANTOS, D. G.; HEINECK, L. F. M.; Sistema de produção puxado e sistema de produção empurrado: simulação através de jogo didático de montagem de canetas, associando idéias e conceitos ao ambiente da construção civil. . In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, 2003, São Carlos, **Anais**... São Carlos – SP, 2003, 11 p.

TSAO, C et al. Teaching Lean Construction – Perspectives On Theory and Practice. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21., 2013, Fortaleza. **Proceedings**… Fortaleza, 2013, 10p.