

Simulação de uma linha de produção em U com deslocamento de operadores

RESUMO

Ruan Rithelle de Faria Franco Chagas
ruan@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

Ricardo Lüders
luders@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

Leandro Magatão
magatao@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

OBJETIVO: Simular uma linha de produção onde os operadores podem se deslocar entre as estações de trabalho e avaliar hipóteses simplificadoras de um modelo matemático de otimização em relação ao funcionamento real da linha. **MÉTODOS:** Simulação de eventos discretos (no *software* Simio) da solução de movimentação dos operadores obtida por um modelo matemático de otimização que usa programação linear inteira mista. **RESULTADOS:** Os tempos de ciclo individuais da simulação foram consistentes com os do modelo matemático. O tempo de ciclo do gargalo foi de aproximadamente 1345 UT. **CONCLUSÕES:** A obtenção na simulação de tempos compatíveis com o modelo matemático mostra que as hipóteses simplificadoras deste modelo não impactam significativamente no comportamento mais próximo do real da linha. Além disso, permite que o modelo de simulação possa ser verificado e utilizado em outros experimentos futuros alterando as condições de movimentação dos operadores.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação de eventos discretos. Manufatura. Automação industrial.

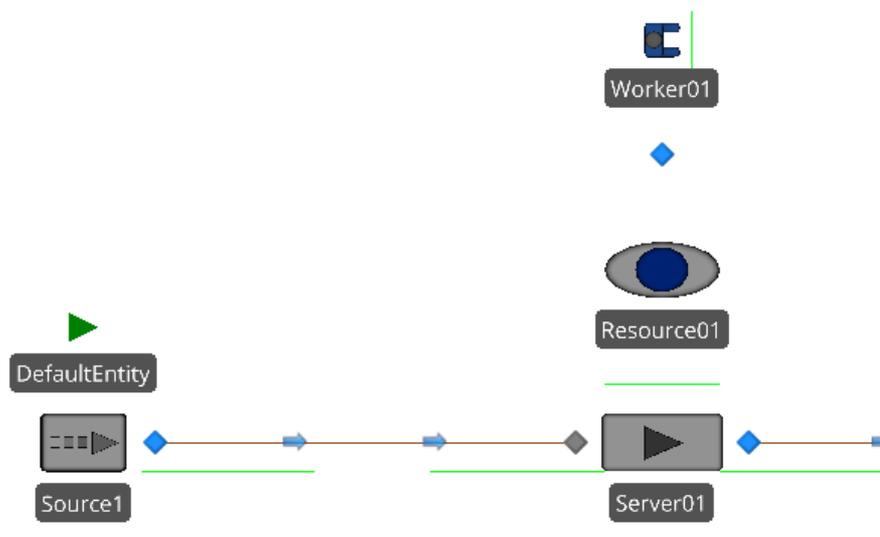
1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo de simulação de uma linha de produção cujos postos de trabalho são dispostos em forma de U. Considera-se que existem mais postos de trabalho do que operadores, os quais devem se deslocar entre os postos. A forma em U da linha permite o deslocamento em menores distâncias. O objetivo é avaliar o tempo de ciclo da linha simulada e compará-lo com a solução ótima reportada na literatura. Esta solução ótima é obtida através de programação linear inteira mista e considera simplificações no funcionamento da linha que podem ser melhor avaliadas por simulação. A linha considerada possui particularidades como operadores que realizam atividades em mais de uma estação e também estações robóticas que não precisam de operadores para funcionar. Os resultados da simulação implementada no pacote de *software* Simio foram avaliados segundo indicadores da literatura, tais como o tempo de ciclo e o balanceamento do tempo das operações entre as estações. Diferenças entre os indicadores obtidos por simulação e pela solução ótima foram identificados e algumas causas apontadas.

2 MÉTODOS

Foi realizada uma simulação de eventos discretos a partir de um modelo matemático de otimização que usa Programação Linear Inteira Mista (SIKORA; LOPES; MAGATÃO, 2017). Cada posto realiza um certo número de atividades, com a finalidade de transformar a matéria prima em um produto manufaturado. A somatória do tempo de todas as atividades de um posto, representa o tempo de ciclo individual desta estação. Para desenvolver a simulação no pacote Simio, foram utilizados os tempos de ciclo individuais de cada posto. Na Figura 1 são apresentados alguns elementos utilizados para realizar a simulação no Simio.

Figura 1 - Modelo simulado no Simio.



Fonte: Simio (2017).

Como pode ser visto na Figura 1, encontramos um elemento chamado *Source1*, essa unidade é quem produz as entidades que irão passar pela linha. Ele pode ser considerado equivalente ao estoque da matéria prima que irá percorrer os 23 postos de trabalho. O elemento *DefaultEntity* representa a matéria prima que vai passar na linha e se tornar um produto. O *Server1* representa um dos postos, no qual a peça passara por uma série de trabalhos. O *Worker1* representa um dos operadores, também foi utilizado um *worker* para representar o trabalho dos robôs. Por motivos de simplificação o robô pode ser comparado a um trabalhador que realiza tarefas apenas em uma estação. O elemento *Resource1* foi utilizado para colocar os dados de entrada no Simio. Finalmente temos um elemento que não aparece na imagem chamado *Sink1*, que é por onde acontece o escoamento das peças geradas durante o processo de fabricação. Ele é equivalente ao fim da linha, onde o produto pode ir para uma distribuidora, cliente, estoque ou para outra seção da fábrica.

3 RESULTADOS

Primeiramente, como resultados, foram obtidos os tempos de ciclo individuais dos trabalhadores como pode ser visto na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Tempo de ciclo dos trabalhadores no modelo matemático e na simulação.

Trabalhador	Modelo Matemático (UT)	Simulado (UT)
1	1340,80	1340,76
2	1340,00	1339,94
3	1340,60	1340,56
4	1294,80	1294,79
5	1118,00	1117,94
6	1341,00	1340,94
7	1225,00	1224,94
8	1337,00	1336,94
9	1247,00	1246,94
10	1197,00	1196,94
11	1234,00	1233,99
12	1043,00	1043,00
13	1344,00	1343,94
14	1337,56	1337,53
15	1312,00	1311,94
16	1338,00	1337,94
17	1345,00	1344,94

Fonte: Simio (2017) e Sikora *et al.* (2016).

E por fim foi medido o tempo de ciclo no final da linha que foi de aproximadamente 1345 UT.

4 DISCUSSÃO

Durante a construção do modelo foi considerado que, se as simplificações do modelo matemático fossem boas aproximações do comportamento real da linha, os tempos de ciclo individuais de cada estação e os tempos de movimentação dos trabalhadores forem colocados corretamente, a simulação deveria obter tempos de ciclo individuais dos trabalhadores próximos aos obtidos pelo modelo matemático. Isso pode ser observado na Tabela 1, verificando o modelo de simulação. No final da linha de produção foi colocado um medidor para identificar o tempo de ciclo da linha. Este tempo de ciclo da linha é igual ao tempo de ciclo da estação gargalo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um modelo de simulação de uma linha de produção em U, onde alguns operadores compartilham atividades em diferentes estações. A solução de quais estações são compartilhadas por quais operadores é fornecida por um modelo de otimização da literatura. Neste caso, a simulação captura comportamentos não modelados pela otimização. Entretanto, pelos resultados da simulação, observou-se que comportamentos não modelados não tiveram impacto significativo nos cenários simulados. Foi possível verificar que o balanceamento de atividades dos operadores foi muito próximo ao fornecido pela otimização, sendo que o tempo de ciclo da linha está limitado pela estação gargalo. Para trabalhos futuros seria interessante simular outros cenários de produção, tais como cenários que possuem um *mix* de produtos a serem produzidos e outros padrões de movimentação dos operadores. Por fim, deixar os operadores livres para trabalhar nos postos de trabalhos onde é necessário à realização de alguma atividade, de forma que todos os operadores possam trabalhar em mais de uma estação.

Simulation of a traveling worker U-shaped assembly line

ABSTRACT

OBJECTIVE: Simulate a production line where operators can move between workstations and evaluate simplifying hypotheses of a mathematical optimization model regarding to the actual operation. **METHODS:** Discrete event simulation (using the software Simio) of the solution for traveling workers obtained by a mixed-integer linear programming model. **RESULTS:** The cycle times of the simulation were consistent with those of the mathematical model. The bottleneck cycle time was approximately 1345 UT. **CONCLUSIONS:** The simulation results were compatible with those of the mathematical model. This shows that no relevant simplification was made in the optimization model that could affect significantly the real-world production line behavior. Moreover, the simulation model was verified. Further experiments should be made with different worker's travelling patterns.

KEYWORDS: Discrete event simulation. Manufacturing. Industrial automation.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UTFPR pela bolsa que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho, ao Laboratório Companat onde foi desenvolvido o projeto e por fim a Thiago C. Lopes e Celso G. S. Sikora que ajudaram na construção do modelo de simulação.

REFERÊNCIAS

SIKORA, S.G.S.; LOPES, T.C., MAGATÃO, L. Traveling Worker assembly line (re)balancing problem: Model, reduction techniques, and real case studies. **European Journal of Operational Research**, v. 259, n. 3, p. 949-971, 2017.

SIMIO. The Simio Product Family. Disponível em:
<<http://www.simio.com/products/>>. Acesso em: 26/08/2017.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-Event System Simulation**, 5th ed. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 2009.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

CHAGAS, R. R. F. F. et al. Simulação de uma linha de produção em U com deslocamento de operadores. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Ruan Rithelle de Faria Franco Chagas
Rua Dr Pedrosa, número 401, Bairro Centro, Curitiba, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

