

## Modelo conceitual do sistema de emissão de ordens GKCS com uso da técnica IDEF-SIM

Jarbas Ancelmo da Silva Júnior<sup>1</sup>

Stella Jacyszyn Bachega<sup>2</sup>

**Resumo:** Com o crescente uso da simulação computacional, torna-se cada vez mais importante a aplicação de técnicas que facilitem o entendimento do sistema real para elaboração do modelo computacional. Neste contexto, é apresentado o IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*), que é uma técnica de modelagem conceitual que possui a vantagem de permitir a elaboração de modelos conceituais com foco na simulação. Essa técnica agrupa informações úteis para a representação computacional e para o entendimento do projeto. O presente artigo tem como objetivo elaborar o modelo conceitual IDEF-SIM de uma linha de montagem automotiva, retratando o seu funcionamento por meio do sistema *Generalized Kanban Control System* (GKCS). Para tanto, foram empregados os procedimentos de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Notou-se que, por meio do emprego dessa técnica de modelagem conceitual, houve a simplificação no entendimento e na visualização da realidade representada.

**Palavras-chave:** IDEF-SIM. Modelagem conceitual. GKCS.

### Introdução

Cada vez mais as empresas estão em um ambiente altamente competitivo. Com base neste contexto, as ferramentas/técnicas de apoio a decisões ganham

- 
- 1 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Engenharia. Contato: j\_jr.95@hotmail.com. Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica (PIVIC).
  - 2 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Engenharia. Contato: stella@ufg.br.

importância. Dentre as técnicas com este foco está a simulação. Segundo Montevechi et al. (2010), a simulação consiste no ato de importar a realidade para um ambiente que se pode controlar, em que seu comportamento possa ser analisando sob variadas condições, sem riscos materiais e sem custos elevados envolvidos.

Para uma melhor compreensão do ambiente real a ser simulado, é importante a elaboração do modelo conceitual. O modelo conceitual é a definição do modelo ao qual se deseja fazer a representação computacional, independentemente do software a ser utilizado (BROOKS; ROBINSON, 2001). Perera e Liyanage (2000) destacam, ainda, que o modelo conceitual pode proporcionar um aumento na qualidade dos modelos simulados e, também, reduzir o tempo exigido para a construção da modelagem computacional.

Leal, Almeida e Montevechi (2008) propuseram uma técnica que auxilia na elaboração do modelo conceitual e que já possui foco na simulação: o IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*). Sua principal característica deve-se a sua aplicabilidade, por ter uma identidade lógica. De acordo com Mendonca, Montevechi e Miranda (2013), dentre os principais benefícios do IDEF-SIM pode-se citar: reduz o tempo utilizado no modelo computacional; auxilia na validação do modelo conceitual juntamente com os especialistas; contribui para documentar os projetos de simulação, registrando as lógicas usadas; permite uma compreensão mais consistente por parte dos leitores futuros do projeto.

Esse trabalho tem como objetivo elaborar o modelo conceitual IDEF-SIM de uma linha de montagem automotiva, retratando o seu funcionamento por meio do sistema *Generalized Kanban Control System* (GKCS). O sistema de emissão de ordens GKCS, foi idealizado por Buzacott (1989) e Zipkin (1989).

Cabe observar que este artigo faz parte dos resultados do projeto de pesquisa intitulado “Método para escolha de sistemas de coordenação de ordens com uso de simulação: aplicação em ambientes de produção *flow shop*”. Este projeto está vinculado ao Grupo de Estudos em Modelagem e Simulação (GEMS).

O presente artigo possui a seguinte estrutura: na primeira seção é abordado o referencial teórico; na segunda seção, a metodologia usada na condução da pesquisa é exposta; na terceira seção estão as discussões e resultados; e, por fim, há as considerações finais.

## 1. Referencial Teórico

Nessa seção, são abordados aspectos teóricos sobre o sistema de emissão de ordens GKCS e sobre o IDEF-SIM.

## 1.1 O sistema de emissão de ordens GKCS

O planejamento e controle da produção (PCP) tem com tarefa primordial o gerenciamento de forma eficiente do fluxo de material, o uso de pessoas e equipamentos, respondendo as demandas dos clientes (VOLLMANN et al., 2006). De acordo com Chiavenato (2008), a parte que se refere ao planejamento tem como função determinar, de forma antecipada, os objetivos a serem alcançados, quando fazer e quanto fazer de forma que estes sejam plenamente atingidos. Já o controle consiste na medição e correção do desempenho, fazendo com que os planos sejam melhores executados. Dentre as atividades de controle da produção está a definição de qual sistema de emissão de ordens (SEO's) implantar.

Segundo Burbidge (1983), o sistema de emissão de ordens considera o ordenamento mais adequado das ordens de produção e objetiva o cumprimento dos prazos de entrega, sendo determinados de forma mais eficiente e eficaz possível. Russomano (1979) salienta que a movimentação e a liberação das ordens de produção, em sistemas mais complexos, tem como atribuição tomar providências de produção, retirada de matéria-prima dos estoques, transporte e entrega de peças finalizadas, assim, como contagem de peças.

Os SEO's podem ser classificados, conforme com Burbidge (1983), como: sistemas em que a produção está em conformidade com o solicitado, sistemas em que os estoques são controlados, e sistemas no qual os fluxos são controlados. Dentre os SEO's estão o *kanban*, o CONWIP (*Constant Work in Process*) e o GKCS.

A operação do GKCS é similar à do sistema *kanban*. O que os diferencia é o número de cartões necessários para a produção. No GKCS há cartões *kanban* adicionais livres, tornando possível que a demanda requerida possa ser transferida para o estágio produtivo seguinte, mesmo quando não há itens acabados em um determinado estágio da produção (KARAESMEM; DALLERY, 2000).

A principal vantagem deste SEO é quanto a sua flexibilidade e aderência apresentada em relação às variações da demanda, o que é indicado em distintos estudos onde o funcionamento do GKCS é simulado (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2008).

Bayanat, Buzacott e Dallery (2002) apontam como vantagens do GKCS, em comparação ao *kanban*, a maior versatilidade e o melhor desempenho. Outras vantagens a se considerar neste SEO estão no fato deste mecanismo diminuir a dependência entre a demanda e o cartão *kanban*, e também, à forma de liberação de peças.

Porém, estudos apontam que uma das desvantagens do GKCS é relativo à sua alta complexidade, se comparado ao sistema *kanban*. Pode-se atribuir parte desta complexidade à necessidade de definir dois parâmetros de controle entre os estágios produtivos (FREIN; DI MASCOLO; DALLERY, 1995). Lage Junior e

Godinho Filho (2008) expõem também a necessidade de delimitar o estoque de segurança e o número de sinalizadores de ordem de produção.

## 1.2 IDEF-SIM

O IDEF-SIM tem como idealizadores Leal, Almeida e Montevechi (2008). Conforme Sargent (2011), o modelo conceitual foi constituído com o intuito de simplificar a interpretação e a visualização do sistema estudado. Neste sentido, o IDEF-SIM foi proposto com foco no desenvolvimento da modelagem conceitual voltada para a simulação computacional. Esta técnica surgiu a partir do IDEF0 e do IDEF3.

O IDEF0 possui como características o uso de elementos textuais e gráficos utilizados de forma combinada. Tem como composição uma série hierárquica de diagramas, exibindo de forma gradativa os níveis de detalhes na descrição das funções. Já no IDEF3, os eventos são dispostos nas ordens reais de acontecimentos, considerando as precedências temporais (LEAL; ALMEIDA; MONTEVECHI, 2008).

Os elementos e símbolos do IDEF-SIM são apresentados no Quadro 17.1, e explicados a seguir, conforme Montevechi et al. (2010, p. 1628):

- a) Entidade: refere-se a itens que serão processados pelo sistema, simbolizando matérias-primas, pessoas, documentos, produtos, dentre outros. Podem ser agrupadas ou divididas ao longo do processo de produção;
- b) Funções: têm como papel representar locais onde as entidades sofrerão alguma ação. Dentre estes locais, estão: esteiras de movimentação, postos de trabalho, estoques e filas;
- c) Fluxo da entidade: direciona a entidade no decorrer do modelo, mostrando momentos de entrada e de saída da entidade nas funções;
- d) Recursos: representam elementos usados na movimentação de entidades e execução de funções. E pode representar equipamentos ou pessoas;
- e) Controles: são as regras usadas nas funções, as quais podem ser: regras de filas, sequenciamento, programação etc.;
- f) Regras para fluxos alternativos e/ou paralelos: são chamadas de junções, podendo ser executadas de forma conjunta (junção E), de forma alternativa (junção OU), ou ambas as regras (junção E/OU);
- g) Movimentação: é o deslocamento da entidade, em que o modelador acredita ser necessária a representação no modelo;
- h) Informação explicativa: utiliza-se para inserir uma explicação, objetivando facilitar o entendimento acerca do modelo;
- i) Fluxo de entrada no sistema modelado: é a criação ou a entrada das entidades no modelo;

- j) Encerramento do sistema: indica o encerramento de um caminho no fluxo modelado;
- k) Conexão com outra imagem: é usada para fazer a divisão do modelo em figuras distintas.

**Quadro 17.1** Elementos e símbolos usados na técnica IDEF-SIM

Elementos	Símbolos
Funções	
Entidades	
Recursos	
Controles	
Regras para fluxos alternativos e/ou paralelos	Regra E/OU Regra E Regra OU
Fluxo de entidade	
Movimentação	
Informação explicativa	
Encerramento do sistema	
Conexão com outra imagem	
Fluxo de entrada no sistema modelado	

Fonte: Adaptado de Montevechi et al. (2010).

## 2 Metodologia

A pesquisa pode ser abordada de forma quantitativa ou qualitativa (BRYMAN, 1989). Porém, segundo Freitas et al. (2000), muitas vezes há a possibilidade de se utilizar as duas abordagens de forma combinada. Nesta pesquisa houve o uso da abordagem mista, devido ao modo como foram tratados os dados coletados e as informações geradas.

Os procedimentos de pesquisa empregados foram a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. A revisão bibliográfica consiste na utilização de documentos já elaborados como fonte de dados (GIL, 2002). Nesta pesquisa, o referido procedimento foi utilizado para pré-orientação teórica sobre o tema abordado. Quanto

ao estudo de caso, Yin (1990) advoga que este procedimento propicia uma visão holística acerca dos acontecimentos da vida real. Este procedimento foi utilizado com intuito de favorecer o entendimento da realidade da empresa estudada.

A coleta de dados foi feita *in loco* (no próprio local) realizada em uma empresa do ramo automotivo. Os dados coletados possuem caráter secundário. De acordo com Malhotra (2001), os dados secundários consistem em dados colhidos para um propósito distinto ao problema em pauta. Hair Jr. et al. (2005) conceitua, ainda, que os dados secundários são uma estrutura de informações e dados já coletados anteriormente para uma problemática distinta da pesquisa atual. Salienta-se que a parte que foi estudada na empresa refere-se a linha de montagem de eixos traseiros.

O modelo conceitual foi elaborado por meio da técnica IDEF-SIM, conforme proposta por Leal, Almeida e Montevechi (2008), e construído com uso do software DIA®.

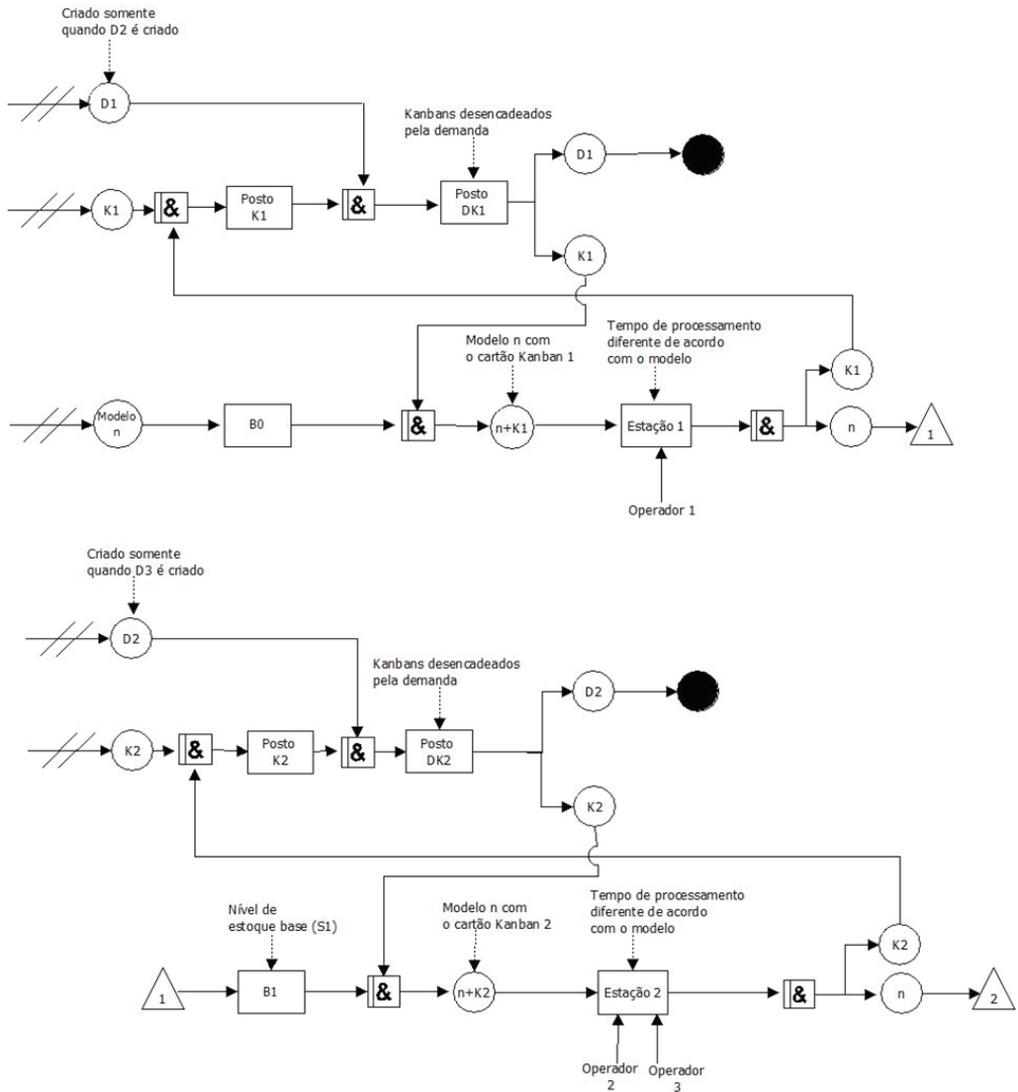
### 3 Discussão e Resultados

O cenário representado possui cinco estações de trabalho (estação 1 até estação 5) e seis operadores, sendo que dois destes estão alocados na estação de trabalho 2 e realizam atividades em paralelo. Ainda, há quatro estoques intermediários (B1 até B4), um estoque inicial (B0) e um estoque final (B5). Foram representados, também, cinco postos de cartões *kanban* (postos K1 até K5), cinco postos de cartões *kanban* desencadeados pela demanda (postos DK1 até DK5) e um posto para a demanda efetuada (Posto D). Há sete modelos de eixos traseiros diferentes (modelo  $n$ , sendo  $n = 1, 2, \dots, 7$ ). Destaca-se que os tempos de processamento são diferentes de acordo com o modelo de eixo que está sendo montado.

Os dados coletados na empresa automobilística foram adequados para a devida representação do funcionamento do GKCS. No GKCS, a necessidade de produção tem seu início determinado pela demanda D, localizada ao final do processo, onde será verificado no estoque final se há eixos acabados. Sendo obtida a resposta afirmativa, o eixo é encaminhado ao cliente, mas se não houver eixos finalizados, é emitido um cartão de demanda (D4), referente a estação de trabalho 4.

O modelo conceitual desenvolvido, por meio da análise do referido sistema, encontra-se nas Figuras 17.1, 17.2 e 17.3. Como pode ser observado na Figura 17.1, o modelo de eixo (modelo  $n$ ) entra no estoque inicial e há a junção de um cartão *kanban* (K1) para ser conduzido até a primeira estação. Este cartão K1 que está no posto K1, posteriormente, se une com D1 (demanda 1), o qual é liberado por D2 (demanda 2). Há o posto DK1, onde os cartões *kanban* e a demanda aguardam no posto DK1. Havendo disponibilidade de capacidade na Estação 1, o cartão *kanban* se une ao modelo  $n$  para ser processado nesta estação. Passado

pela primeira estação de trabalho, o cartão K1 retornará ao seu posto e o modelo n seguirá para o primeiro estoque intermediário (B1).



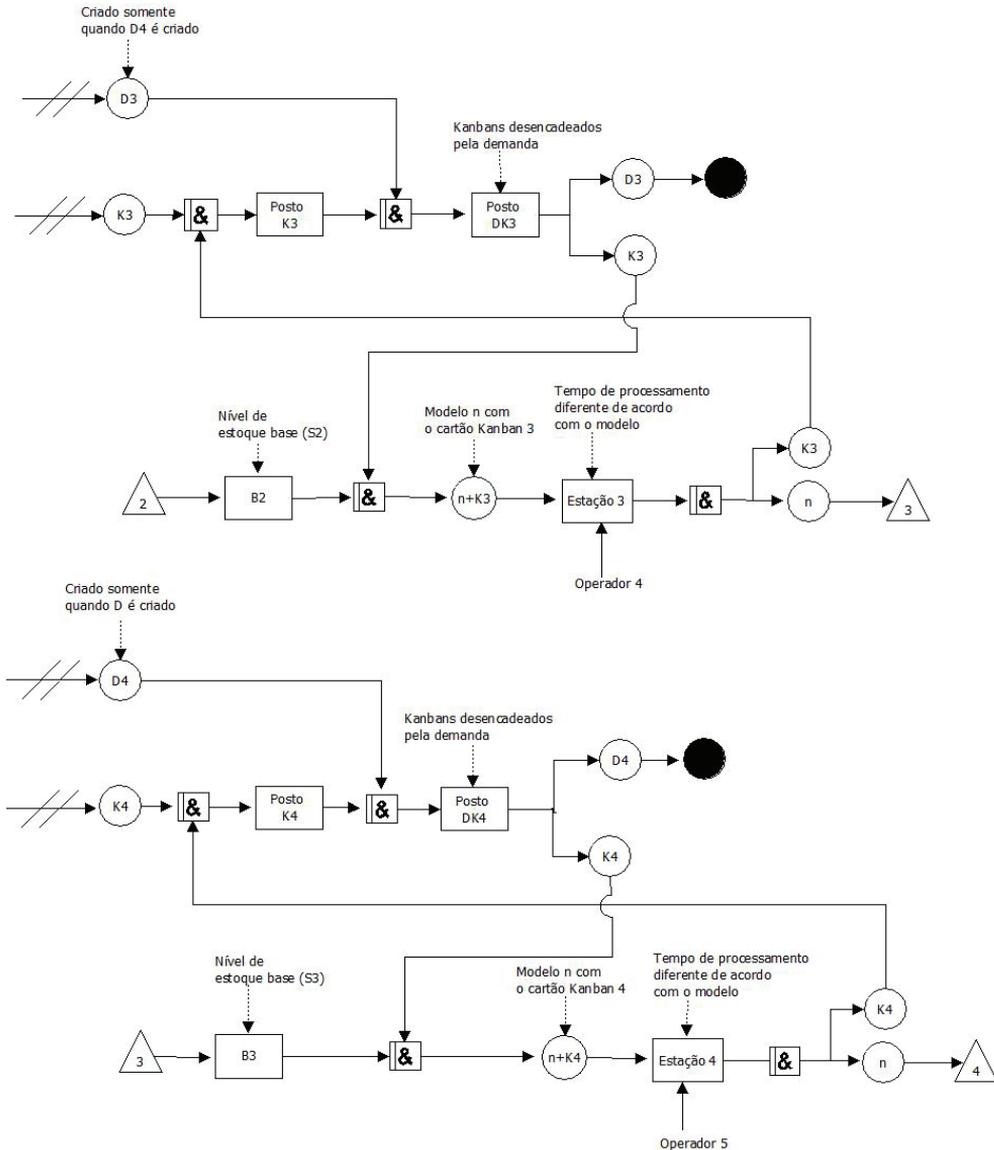
**Figura 17.1** Modelo conceitual desenvolvido (Parte 1)

Fonte: Dados da pesquisa.

Da mesma forma, a demanda D2 é criada quando D3 é criado, sendo dirigido ao posto DK2 onde será feita a sua união com K2. Assim que houver disponibilidade de capacidade na estação de trabalho 2, K2 e D2 são desunidos. O cartão *kanban* K2 será encaminhado à união com a peça (resultando em “n+k2”) e D2

será finalizado. Após isso, a entidade é dirigida a estação de trabalho 2, onde será feita a operação por dois operadores. Posteriormente, a peça é separada do cartão, seguindo o estágio produtivo subsequente e o cartão K2 retornará ao seu respectivo posto.

Como pode ser observado na Figura 17.2, o mesmo procedimento se repete para as estações de trabalho 3 e 4. Destaca-se que há a adequação das referidas demandas (D3 e D4) e dos cartões *kanban* (K3 e K4).



**Figura 17.2** Modelo conceitual desenvolvido (Parte 2)



### Figura 17.3 Modelo conceitual desenvolvido (Parte 3)

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim que a demanda D5 chega ao seu posto (posto D5), se o cartão *kanban* 5 estiver disponível, ele é encaminhado ao seu posto (posto K5) para ser feita a união com o D5 (sendo formado o cartão DK5, no posto DK5). Em seguida, é realizado o desmembramento, onde o cartão K5 segue rumo ao eixo (será feita a união na peça, resultando em “n+k5”) dirigindo-o a estação de trabalho 5 para ser feita a produção. Assim que a produção termina, o cartão será descolado da peça, retornando ao seu posto, o eixo é encaminhado ao estoque final (B5) e o cartão D5 é finalizado.

## Considerações finais

O objetivo proposto nesse artigo foi alcançado. Realizou-se a modelagem conceitual do sistema de emissão de ordens GKCS por meio da técnica IDEF-SIM, considerando a realidade de uma empresa montadora de automóveis. Foi possível notar que o IDEF-SIM proporcionou um resultado satisfatório, simplificando a visualização e o entendimento do sistema real para posterior representação computacional. No entanto, cabe ressaltar que é necessário ter conhecimento sobre a técnica e sobre modelagem conceitual.

Dentre as contribuições desta pesquisa está a cooperação para uma maior discussão sobre a importância de se realizar a modelagem conceitual, mais especificamente com o uso da técnica IDEF-SIM, que já possui foco na simulação. Ainda, expõe o modelo conceitual do sistema de emissão de ordens GKCS, que é considerado um sistema complexo para sua representação e implantação, se comparado a outros SEO's como o CONWIP.

Como sugestão de pesquisas futuras, indica-se a aplicação da técnica IDEF-SIM para a representação de outros sistemas de emissão de ordens. Ainda, após a representação, sugere-se elaborar os modelos computacionais para comparação de medidas de desempenho dos sistemas, verificando qual se enquadra melhor a realidade estudada.

## Referências

- BAYNAT, B.; BUZACOTT, J. A.; DALLERY, Y. Multi-product kanban like control systems. **International Journal of Production Research**, v. 40, n. 16, pp. 4225-4255, 2002.
- BROOKS, R. J.; ROBINSON, S. **Simulation and inventory control: Operational research series**. Basingstoke: Palgrave, 2001.

- BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. 1. ed. London: Uniwin Hyman, 1989.
- BURBIDGE, J. L. **Planejamento e controle da produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1983.
- BUZACOTT, J. A. Queueing models of kanban and MRP controlled production systems. **Engineering Cost and Production Economics**, v. 17, pp. 03-20, 1989.
- CHIAVENATO, I. **Planejamento e controle da produção**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2008. FREIN, Y.; DI MASCOLO, M.; DALLERY, Y. On the design of generalized kanban control systems. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 9, pp. 158 – 184, 1995.
- FREITAS, H. et al. O método de pesquisa survey. *Revista de administração*, v. 35, n. 3, p. 105-112, 2000.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- KARAESMEN, F.; DALLERY, Y. A performance comparison of pull type control mechanisms for multi-stage manufacturing. **International Journal of production economics**, v. 68, n. 1, pp. 59-71, 2000.
- LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. Adaptações do sistema kanban: revisão, classificação, análise e avaliação. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v.15, n.1, 2008.
- LEAL, F.; ALMEIDA, D. A.; MONTEVECHI, J. A. B. Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 40, 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBPO, 2008, p. 2503-2514.
- MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- MENDONCA, M. M.; MONTEVECHI, J. A. B.; MIRANDA, R. C. Aplicação da modelagem conceitual IDEF-SIM ao software de modelagem computacional

SIMUL8: Um caso prático. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 33, 2013, Salvador. **Anais...Salvador: ABEPRO, 2013, p. 1-20.**

MONTEVECHI, B. A. J.; LEAL, F.; PINHO, F. A.; COSTA, S. F. R.; OLIVEIRA, M. L.M.; SILVA, F. L. A. Conceptual Modelling In Simulation Projects By Mean Adapted Idef: An Application In A Brazilian Tech Company. In: 2010 Winter Simulation Conference, 2010, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore: IEEE, 2010. p. 1624-1635.

PERERA, T.; LIYANAGE, K. Methodology for rapid identification and collection of input data in the simulation of the manufacturing systems. **Simulation Practice and Theory**, v.7, p. 645–656, 2000.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e Acompanhamento da Produção**. São Paulo: Ed. Pioneira, 1979.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: 2011 Winter Simulation Conference, 2011, Phoenix. **Proceedings...** Phoenix: IEEE, 2011. p. 183-198.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L. F.; WHYBARK, D. C.; JACOBS, R. **Sistemas de planejamento e controle da produção para gerenciamento da cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. Newbury Park, California: Sage Publications, 1990.

ZIPKIN, P. **A kanban-like production control system: analysis of simple models**. Research Working Paper No. 89-91, Graduate School of Business, Columbia University, New York, NY 10027, 1989.