

Modelagem conceitual IDEF-SIM do base stock control system aplicado em uma empresa automobilística

Sara Aparecida da Silva Vaz¹

Stella Jacyszyn Bachega²

Resumo: Uma das etapas primordiais do processo de simulação é a elaboração do modelo conceitual. Dentre os métodos utilizados para tal, encontra-se o IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*). Com esta técnica, é possível representar todo o sistema produtivo, tornando muitas vezes um mapeamento complexo em um perfil de fácil entendimento para a modelagem computacional. O presente artigo tem como objetivo representar, via IDEF-SIM, o funcionamento do *Base Stock Control System* (BSCS) em uma linha de produção automobilística. Foram utilizados os procedimentos de pesquisa teórico-conceitual e estudo de caso. Após o desenvolvimento da modelagem conceitual, notou-se que a técnica facilitou a compreensão do sistema real antes da aplicação da simulação. Todos os seus símbolos são característicos e de fácil compreensão para representar ambientes e que, como disposto na literatura, isoladamente o IDEF-SIM não consegue fornecer toda informação desejada. Para tanto, é necessário um alto nível de conhecimento sobre o sistema modelado.

Palavras chave: Modelo conceitual. IDEF-SIM. BSCS.

1 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Engenharia. Contato: saraavaz@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.

Introdução

O ambiente atual empresarial é de ampla disseminação de informações e de constante aparecimento de novidades no mundo. Dessa forma, as empresas se sentem forçadas a remanejar seus recursos e a focarem suas estratégias em métodos que visem uma produção mais enxuta e eficiente, de modo a driblar as dificuldades do mercado e propiciar uma real competitividade perante a concorrência.

Neste contexto, em meio as diversas alternativas empreendidas pelas empresas, a modelagem dos processos produtivos tem sido utilizada. Dentre as técnicas que auxiliam nesse processo se encontra a simulação. Sua popularidade deve-se ao fato de que ao se conhecer todo o funcionamento das etapas de produção, a empresa passa a contar com fundamentos mais embasados para a tomada de decisão, tendo a possibilidade de analisar suas reações quanto as variações no mercado, tais como atrasos em algum setor, oscilação em demanda, automatização dos processos, entre outros.

Um dos primeiros passos utilizados na simulação é a concepção do modelo conceitual, ou seja, a coleta de dados e o mapeamento de todos os processos da empresa, realizando a descrição de todos os elementos e levantando os pontos de decisão para a posterior execução do modelo computacional. Entretanto, apesar das vantagens do modelo conceitual, ainda há pouco enfoque deste voltado a simulação, e é neste sentido que diversos autores como Perera e Liyanage (2000), Chwif e Medina (2007), e Leal (2009) tem focado seus trabalhos na obtenção de uma interligação entre as ferramentas de modelagem e processos de simulação visando assim obter uma relação entre as ferramentas de modelagem e a simulação (ROBINSON 2013). A literatura apresenta também Montevechi et al. (2010), responsáveis pelo desenvolvimento do IDEF-SIM como técnica de modelagem conceitual aplicada a simulação.

O IDEF-SIM realiza uma satisfatória representação de todo o sistema produtivo, tornando muitas vezes um mapeamento complexo em um perfil de fácil leitura (MONTEVECHI, 2010). Este quesito é de suma relevância pois, o agente responsável pela coleta e tratamento dos dados por vezes não é o mesmo que irá realizar a simulação do sistema. Outro aspecto de vantagem apresentado por esta técnica é o ganho considerável de tempo, pois ao se realizar um modelo conceitual com enfoque na simulação, a coleta e aproveitamento dos dados tornam-se mais efetivas.

Posto isso, o objetivo deste artigo é representar o funcionamento do *Base Stock Control System* (BSCS) em uma linha de produção automobilística, mediante o uso da técnica IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*). Ressalta-se que esta pesquisa é vinculada ao Grupo de Estudos em Modelagem e Simulação (GEMS) no contexto 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*”.

O presente artigo é estruturado da seguinte forma: na seção 1 há o referencial teórico; na seção 2 há a metodologia; na seção 3 está a discussão e resultados da pesquisa; e, por fim, há as considerações finais.

1 Referencial Teórico

Nesta seção há a exposição de conteúdo teórico sobre o BCSC, sobre modelagem conceitual e sobre a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM.

1.1 Base stock control system

Ao estudar um sistema de racionamento de estoque, Cheng, Gao e Shen (2011) expuseram que um dos maiores desafios para o gerenciamento de sistemas de produção é o de enfrentar a falta de confiabilidade da máquina. Segundo os autores, as instalações industriais estão passíveis a falhas inesperadas devido ao tempo de utilização e ao mau uso propriamente dito. Tais falhas tornam os processos produtivos mutáveis, reduzindo a capacidade e aumentando o custo de produção. Os autores defendem ainda que para sistemas como esses a melhor política de produção é a política utilizada pelo princípio BSCS (também denominado política de estoque-base).

Com uso desta política, no caso de ocorrer problemas em alguma das máquinas, a demanda prossegue com a remoção do material presente no estoque de produtos finais. As máquinas a jusante da máquina falha também continuam no processo, até que se tornem carentes de peças para processamento. Entretanto, as máquinas que se localizam a montante da máquina com defeito receberão as informações advindas do processo de demanda, operando como de costume. Existirá, por conseguinte, um acúmulo de estoque de produtos (esperando para serem processados) frente a máquina falha. Caso a lista de pedidos em carteira for aprovada, não existe um limite máximo relativo ao acúmulo desse estoque (BONVIK; COUCH; GERSHWIN, 1997).

Para aplicação do BSCS, Chang e Lu (2011) consideram um ambiente de produção seriada, que possui espaço de armazenamento finito, onde apenas a estação de trabalho final adota a produção *make-to-stock* (MTS), sendo esta controlada pela política de estoque-base e todas as demais seguem produção *make-to-order* (MTO). De início existem alguns produtos acabados estocados. Desta maneira, quando uma demanda entra, a procura será satisfeita imediatamente. Caso não existirem produtos acabados em estoque, tal pedido será perdido. Sob a perspectiva do BSCS, uma ordem de produção será, então, depositada sempre que

um produto acabado for retirado do estoque ou, de forma análoga, uma demanda for atendida para impedir a carência de produtos.

Para se trabalhar com o procedimento proposto pelo BSCS, faz-se imprescindível que as emissões das informações de demanda sejam direcionadas a cada posto de trabalho no instante em que o produto é demandado. Para tal, utiliza-se um controle baseado em cartões, comparável ao sistema *kanban*. Coloca-se um dado número de cartões em cada item de produtos finais, usando tantos cartões quanto se tem postos de trabalho. Se o produto é então levado para suprir a demanda, extrai-se os cartões presentes no produto, enviando em seguida outro cartão para cada etapa de produção. Cada cartão autoriza a produção da mesma forma que os cartões *kanban*. Assim que uma operação é finalizada, o cartão é outra vez alocado ao produto e o acompanhará até que deixe o *buffer* de produtos acabados. Quando se tem apenas um processo produtivo, o controle se torna análogo ao sistema *kanban*, distinguindo-se em linhas mais compridas de acordo com fluxo de informações. O controle BSCS distribui, ao mesmo tempo, as solicitações de demanda para todas as etapas do processo (LEE; ZIPKIN, 1992; KIMBALL, 1988 apud BONVIK; COUCH; GERSHWIN, 1997).

Segundo Anbazhagan, Wang e Gomathi (2013), a política apresentada pelo BSCS por vezes tem sido adotada no controle de estoques de itens lentos e caros, em situações de demanda pouco frequente. Como normalmente são produtos de alto valor de mercado, o custo da encomenda torna-se imperceptível se confrontado com os custos relativos a exploração e escassez. Os autores argumentam que itens reparáveis de maneira geral são mais caros e possuem taxas individuais de demanda consideravelmente baixas. Desta forma, o BSCS revela-se adequado para esses sistemas e vem sendo vastamente empregado em tal circunstância.

1.2 Modelagem conceitual

Atualmente um considerável avanço na utilização da simulação computacional vem sendo notado, motivado pela sua flexibilidade em avaliar ambientes que ofereçam elevada complexidade na compreensão e concepção de dados. Dentre as etapas da simulação encontra-se a modelagem conceitual de processos, que mostra por benefício a melhoria do grau de qualidade do modelo simulado e a diminuição do tempo gasto para realização do mesmo (PERERA; LIYANAGE, 2000). Estas são algumas das razões que levam Law (2009) a considerar a etapa de elaboração do modelo conceitual uma das mais importantes dentro do estudo da simulação.

De acordo com Sargent (2011), o modelo de simulação é obtido por meio da aplicação do sistema a ser estudado no computador, ou seja, realizando a programação das especificações do modelo conceitual. O autor explica, ainda,

que as inferências sobre o sistema são atingidas com a base de dados obtidas por meio da realização de experimentos computacionais (experimental) no modelo de simulação. Para Robinson (2013), escolher o que modelar e o que não modelar é comumente exposto como sendo a tarefa mais complexa, menos compreendida e mais importante num dado estudo de simulação.

Mesmo com a praticidade disposta pelo modelo conceitual durante a estruturação da simulação computacional, uma parte relevante dos métodos utilizados com este intuito não apresentam embasamentos relacionados diretamente à simulação. Isto se dá especialmente ao fato de que a lógica utilizada por tais técnicas é diferente da usada pelo modelo de simulação, dificultando sua implementação (RYAN; HEAVEY, 2006).

Robinson (2013) relata que a intenção inicial se dá pela construção de um modelo que contenha o máximo de detalhes possíveis para que se alcance o nível mais próximo do sistema real e, conseqüentemente, um modelo mais preciso. No entanto, isso só ocorreria se tivéssemos conhecimento total do sistema real, além de uma elevada disponibilidade de tempo para desenvolver e executar o modelo. Na prática, essa situação torna-se quase que impossível. Logo, deve-se desenvolver um modelo menos detalhado, determinando o nível ideal de abstração necessário para a modelagem. Este processo de abstrair um modelo do mundo real é conhecido como modelagem conceitual.

A validação do modelo conceitual, conforme Sargent (2011), é caracterizada como a determinação de que as teorias e pressupostos subjacentes ao estudo do sistema estejam corretas. Isto é, quanto a representação do modelo, sua estrutura, lógicas utilizadas, bem como as relações matemáticas e causais são admissíveis para o que foi determinado. Para tal, cada submodelo e, também, o modelo completo precisam passar por avaliações a fim de definir se são aceitáveis e adequados para a finalidade desejada. Isto deve incluir a determinação do nível de detalhe apropriado. Geralmente, examina-se o fluxograma ou modelo gráfico (SARGENT, 1986), ou até mesmo o conjunto de equações presentes no modelo. Se forem encontrados erros, todo o modelo conceitual precisa ser revisto e validado novamente.

1.3 A técnica IDEF-SIM














Visto a carência de técnicas que ofereçam apoio particular à simulação computacional, Montevechi et al. (2010) sugerem o uso do IDEF – SIM, uma ferramenta de modelagem conceitual que tem como proposta principal apresentar o sistema a ser simulado previamente de um modo mais claro e de fácil leitura. Conforme os autores, por ser focada em simulação e representar a lógica utilizada em eventos discretos, a técnica provê os dados essenciais à sua execução, ainda que

ela não garanta a transcrição de todas as informações solicitadas para o modelo computacional. Logo, o IDEF-SIM cria um modelo conceitual no qual a lógica empregada durante a coleta dos dados esteja conforme a utilizada na simulação, facilitando a compreensão dos componentes presentes no ambiente de estudo.

Por mais que a técnica IDEF-SIM ofereça a lógica e os elementos para projetos característicos de simulação, dentro de ambientes complexos (assim como no IDEF0 e no IDEF3), apenas a rotulagem dos elementos e a utilização de um quadro descritivo não garantem que o modelo conduza toda informação desejada. Ou seja, mesmo entendendo o método IDEF-SIM profundamente, faz-se imprescindível o conhecimento sobre o sistema modelado, para que se possa entender as definições de dados e elementos apresentados no diagrama. Desta forma, o IDEF-SIM maximizará sua eficiência quando combinado com alguma técnica de documentação normalizada, que busca coletar e registrar todas as especificações necessárias do sistema (RANGEL; NUNES, 2011).

O Quadro 13.1 apresenta os elementos e símbolos usados para modelagem conceitual da técnica IDEF-SIM, bem como, de onde cada elemento se originou. A seguir encontram-se as explicações expostas por Montevechi et al. (2010) para cada item presente neste quadro, a saber:

Quadro 13.1 Simbologia IDEF-SIM.

	ELEMENTO	SÍMBOLO	TÉCNICA DE ORIGEM
1	Entidade		IDEF3
2	Funções		IDEFO
3	Fluxo da Entidade		IDEFO e IDEF3
4	Recursos		IDEFO
5	Controles		IDEFO
6	Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 Regra E	IDEF3
		 Regra OU	
		 Regra E/OU	
7	Movimentação		FLUXOGRAMA
8	Informação Explicativa		IDEFO e IDEF3
9	Fluxo de entrada no sistema		
10	Ponto final do sistema		
11	Conexão com outra figura		

Fonte: Adaptado de Montevechi et al. (2010)

- 1) Entidade: itens a serem processados pelo sistema, podem ser designados como matérias-primas, produtos, pessoas, documentos etc. Podem ser agrupados ou divididas durante o processo de produção e são movidas por si só ou om uso de um recurso;
- 2) Funções: descrevem os lugares onde a entidade vai sofrer uma ação. Funções podem ser postos de trabalho, postos de atendimento, correias transportadoras, linhas e ações;
- 3) Fluxo de Entidade: representam a direção da entidade no modelo, caracterizando o momento de entrada e de saída das entidades nas funções;
- 4) Recursos: são os elementos utilizados para mover as entidades e executar funções. Os recursos podem representar equipamentos ou pessoas;
- 5) Controles: representam as regras utilizadas nas funções, como sequenciamento, regras de fila, programação, entre outras;
- 6) Regras para fluxo paralelo e/ou alternativo: dois ou mais caminhos, depois de uma função, podem ser executados em conjunto (regra E), ou de um modo alternativo (regra OU), ou permitindo ambas as regras (regra E/OU);
- 7) Movimento: retrata um deslocamento da entidade no qual o modelador acredita possuir um efeito importante sobre o modelo;
- 8) Informações explicativa: usada para inserir uma explicação objetivando facilitar a compreensão do modelo;
- 9) Fluxo de entrada no sistema modelado: determina a entrada ou a criação de entidades no modelo;
- 10) Ponto final do sistema: define o fim de um percurso no interior do fluxo modelado. Tudo o que, na prática, é encontrado para além deste ponto está fora dos limites do modelo;
- 11) Conexão com outra figura: usada para dividir o modelo em partes diferentes de figuras.

2 Metodologia

Conforme Berto e Nakano (1998; 2000), os procedimentos de pesquisa frequentemente aplicados em engenharia de produção são: teórico-conceitual, experimental, *survey* (pesquisa de avaliação), pesquisa-ação e estudo de caso. Os procedimentos de pesquisa empregados nesta pesquisa foram o teórico-conceitual (BERTO; NAKANO, 1998) e o estudo de caso (YIN, 1990).

A pesquisa teórico-conceitual foi empregada com a finalidade de garantir a orientação teórica sobre os temas abordados. Quanto ao estudo de caso, este foi usado para o entendimento da realidade da montadora de automóveis estudada e para obter os dados e informações necessários. A parte da linha estudada trata-se da produção de eixos traseiros.

As etapas propostas por Law e Kelton (2000) foram seguidas durante a modelagem conceitual, sendo que a técnica utilizada para a modelagem conceitual foi o IDEF-SIM, proposta por Leal (2003), Leal, Almeida e Montevechi (2008), Leal et al. (2009) e Montevechi et al. (2010). Conforme Leal et al. (2009), o IDEF-SIM propicia desenvolver modelos conceituais com informações que facilitam a elaboração dos modelos computacionais em estudos de simulação. A validação do modelo conceitual foi realizada por meio da validação face-a-face (SARGENT, 2011).

3 Discussão e Resultados

O estudo realizado voltou-se à uma parte da linha de produção de uma montadora de automóveis. Esta parte da linha monta eixos traseiros. Todos os dados coletados foram apropriados para a modelagem conceitual do funcionamento do local analisado. O ambiente estudado é responsável pela produção de sete diferentes tipos de eixos, designados no modelo como eixo n (onde $n = 1, 2, \dots, 7$). Cada modelo possui um tempo de processamento distinto em todas as estações de trabalho, com exceção da estação 5 em que os tempos de processamento são iguais para todos os tipos de modelo.

O local de estudo é dividido em cinco estações de trabalho, nas quais cada uma é encarregada de realizar um dado conjunto de atividades, visando a montagem completa dos eixos. Seis operadores são utilizados como recursos do sistema. Na estação de trabalho 2, dois operadores trabalham de maneira simultânea, nas demais apenas um operador em cada.

Para que o sistema BSCS fosse aplicado com base na realidade da empresa, fez-se uso de postos de cartões (no modelo denominados como posto de cartão 1, 2, 3, 4 e 5) sendo o primeiro colocado no início do sistema e os outros dispostos entre as estações, tais cartões são os responsáveis pela emissão da ordem de produção no instante em que um eixo é demandado.

Dada a sistemática posta para aplicação do BSCS, foi ainda necessário o uso de estoques intermediários que se localizam, também, entre as estações de trabalho. Além deles, o modelo contou com um estoque inicial responsável pela alocação da matéria-prima que chega e um estoque final no qual os eixos acabados esperam para sair da linha.

Os sete eixos passam obrigatoriamente em todas as estações de trabalho. Como os tempos de movimentação são valores muito pequenos, estes são somados no tempo de operação de cada operador, portanto, não apresentam movi-

mentações significativas no modelo. Todos os estoques presentes são regidos pela regra de sequenciamento FIFO.

A modelagem conceitual do sistema estudado é representada nas Figuras 1 e 2, que foram desenvolvidas de acordo com a método proposto pela técnica de modelagem IDEF-SIM. O modelo mostra as informações necessárias para a compreensão do ambiente estudado, assim como todos elementos que o compõe, facilitando, como já exposto, o desenvolvimento e aplicação da simulação.

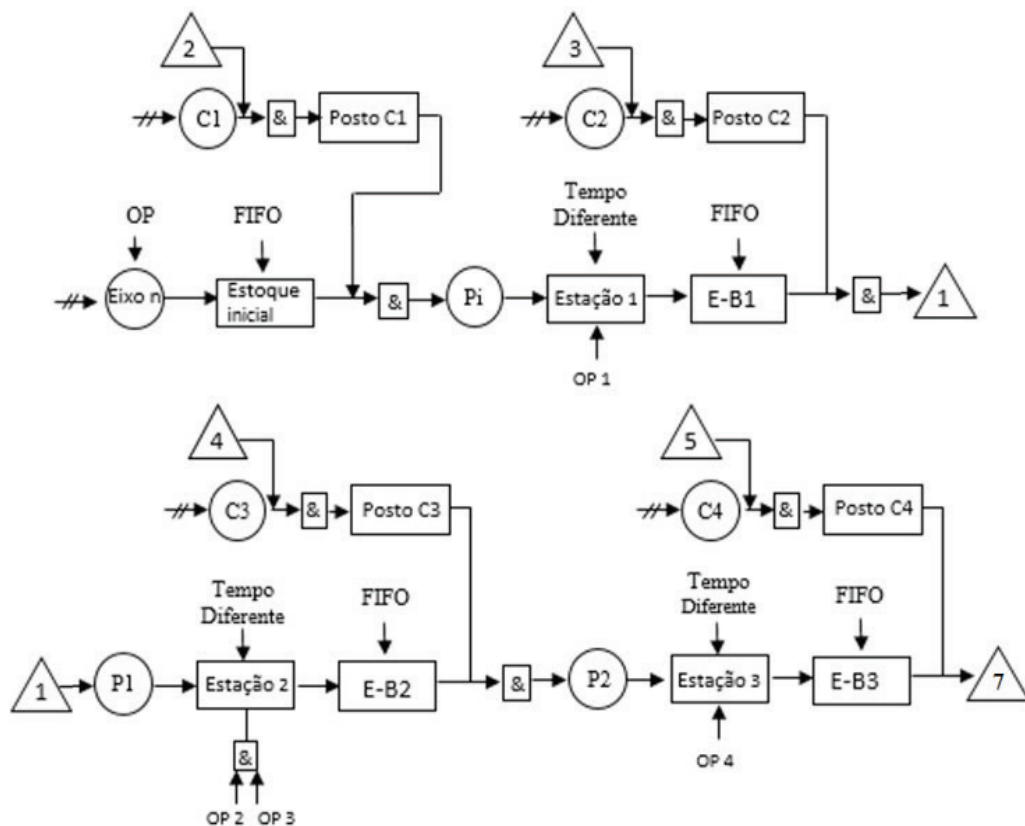


Figura 13.1 Modelo conceitual elaborado (Parte 1).

Fonte: Próprias autoras.

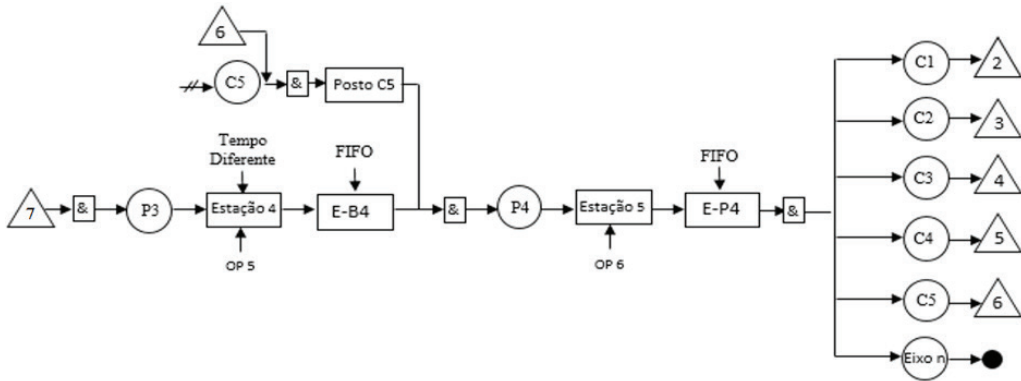


Figura 13.2 Modelo conceitual elaborado (Parte 2).

Fonte: Próprias autoras.

O Quadro 13.2 refere-se à definição das notações apresentadas no modelo conceitual realizado. Para simplificação da notação exposta na tabela, foi escolhida a representação de maneira geral, utilizando a letra “n” para identificação das variáveis presentes no sistema.

Quadro 13.2 Notações utilizadas no IDEF-SIM.

NOTAÇÃO	DEFINIÇÃO
Eixo n:	Modelo de eixo n
Posto Cn:	Posto Cartão n
OP	Ordem de Produção
OPn	Operador n
Cn:	Cartão de produção n
Pn:	Produto n
Pi:	Eixo n + C1
P1:	Pi + C2
P2:	P1 + C3
P3:	P2 + C
P4:	Eixo n + \sum Cn
E-Bn:	Estoque-Base n
E-P4:	Estoque de P4

Fonte: Próprias autoras.

O eixo (Eixo n inicial) que entra no sistema respeitando o estabelecido na Ordem de Produção (OP) é colocado no estoque inicial e aguarda até que seja retirado para processamento. Assim que uma ordem de produção advinda da solicitação de demanda chega ao posto de cartão 1 (Posto C1), um cartão C1 é alocado em uma das peças presentes no estoque inicial e uma nova entidade é criada, designada no modelo como com P_i . Posteriormente, o eixo com o primeiro cartão é levado e processado na estação de trabalho 1, pelo operador P1. Após processamento, a peça segue para o estoque-base 1 (EB-1) que é regido pela regra FIFO.

Quando se tem uma nova ordem de produção, o cartão de produção 2 é anexado à uma das peças P_i , transformando-a em uma nova entidade, agora denominada como P1 (junção do $P_i + C2$), e então a entidade é levada para processamento na estação de trabalho 2, que por sua vez emprega 2 operadores simultaneamente. Quando a peça é processada, a mesma é transportada ao EB-2, também regido pela regra FIFO.

Da mesma maneira, quando uma ordem de produção chega ao Posto de cartão 3, o cartão C3 é **alocado em uma** entidade P1 criando-se uma outra entidade (P2) que posteriormente é processada na estação de trabalho em questão por um operador (OP4) e colocada no próximo estoque-base (EB-3). Esse processo se repete até a estação de trabalho 5 (**única com tempos de processamentos iguais para todos os eixos**), onde a peça processada por ela é levada diretamente a um estoque de produtos acabados (E-P4) sem que se faça a adição de um novo cartão.

Quando uma nova peça é demandada, retira-se uma das peças prontas do E-P4, removendo-se todos os seus cartões (uma nova entidade surge, o Eixo n referente ao produto final) enviando-os novamente para seu respectivo posto de cartão. Dessa maneira, cada estação de trabalho entende a chegada de tais cartões como uma ordem de produção e inicia-se um novo ciclo do processo. A peça pronta é **então levada para fora do sistema** com o intuito de atender a demanda. Cada posto de cartão é abastecido por suas respectivas entidades de cartão, sendo que, como já exposto, ao fim do processo todos os cartões presentes no produto acabado retornam ao sistema emitindo uma ordem de produção quando um item é demandado.

Considerações Finais

Neste artigo foi feita a modelagem conceitual IDEF-SIM de uma linha de produção automobilística sob o funcionamento da política *base stock control system*. Durante o estudo, foram verificados fatores importantes para a programação do sistema no simulador, como os relacionamentos lógicos, as características do

BSCS aplicado em um ambiente real e os componentes do sistema. Portanto, o objetivo almejado foi atingido.

O IDEF-SIM mostrou-se como uma técnica de modelagem que, assim como apresentado na literatura, facilitou a compreensão do sistema real antes da aplicação da simulação computacional. Os símbolos utilizados durante a modelagem conceitual foram considerados característicos e de fácil compreensão para a representação do ambiente estudado. Vale salientar que, sozinha, a técnica não fornece todas as informações desejadas para o modelador. Logo, mesmo entendendo o IDEF-SIM profundamente, faz-se indispensável um bom conhecimento sobre o sistema modelado, para que se possa entender as definições de dados e elementos apresentados no modelo conceitual.

O presente artigo contribui para maior integração do que é disposto na teoria com a prática empresarial, facilitando o entendimento e a divulgação da técnica utilizada. Para pesquisas futuras, sugere-se realizar a modelagem conceitual de outros sistemas de emissão de ordens, como o *kanban* e o CONWIP (*Constant Work in Process*). Ainda, sugere-se a simulação dos modelos conceituais para verificar o desempenho do ambiente produtivo estudado.

Referências

- ANBAZHAGAN N.; WANG, J.; GOMATHI D. Base stock policy with retrieval demands. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, p. 4464-4473, 2013).
- BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento dos métodos e tipos de pesquisa. **Produção**, v. 9, n° 2, p. 65-75, jul. 2000.
- BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENE-GEP) e IV International Congress of Industrial Engineering (ICIE), 1998, Niterói, RJ. **Anais...** Niterói: UFF/ABEPRO, out. 1998. 1 CD-ROM.
- BONVIK, A. M.; COUCH, C.; GERSHWIN, S. B. A. Comparison of Production-Line Control Mechanisms. **International Journal of Production Research**. v. 35, n. 3, p. 789-804, 1997.
- CHANG, Kuo-Hwa; LU, Yang-Shu. Inventory management in a base-stock controlled serial production system with finite storage space. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 54, n. 11-12, p. 2750-2759, 2011.

- CHENG, T. C. E.; GAO, C.; SHEN, H. Production and Inventory Rationing in a Make-to-Stock System With a Failure-Prone Machine and Lost Sales. **IEEE, Transactions On Automatic Control**, v. 56, n. 5, p. 1176-1180, 2011.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. São Paulo: Bravarte. 2ª ed. 2007.
- LAW, A. M. How to build valid and credible simulation models. In: 2009 Winter Simulation Conference, 2009, Austin. **Proceedings...** Austin: IEEE, 2009, p. 24-33.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling & Analysis**. 3rd edition, New York: McGraw- Hill, 2000.
- LEAL, F. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional**. Itajubá: UNIFEI, 2003. 223 P. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá).
- 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.
- LEAL, F.; OLIVEIRA, M. L. M.; ALMEIDA, D. A.; MONTEVECHI, J. A. B. Desenvolvimento e aplicação de uma técnica de modelagem conceitual de processos em projetos de simulação: O IDEF-SIM. In: Encontro de Engenharia de Produção, 29, 2009, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2009. 14 p.
- 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.

- RANGEL, J. A. J.; NUNES, F.A. Use Of Idef-Sim To Document Simulation Models. In: 2011 Winter Simulation Conference, 2011, Phoenix. **Proceedings...** Phoenix: IEEE, 2011. p. 1542-1553.
- ROBINSON, S. Conceptual Modeling For Simulation. In: 2013 Winter Simulation Conference, 2013, Whashington. **Proceedings...** Whashington: IEEE, 2013. p. 377-388.
- RYAN, J.; HEAVEY, C. Process modeling for simulation. **Computers in industry**, v. 57, n. 5, p. 437-450, 2006.
- SARGENT, R. G. The use of graphical models in model validation. In: 1986 Winter Simulation Conference, Piscataway. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 1986. p. 237-241.
- SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: 2011 Winter Simulation Conference, 2011, Phoenix. **Proceedings...** Phoenix: IEEE, 2011. p. 183-198.
- YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. Newbury Park, California: Sage Publications, 1990.