



O JOGO DA PRODUÇÃO – UMA FERRAMENTA COMPLEMENTAR AO ENSINO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Phd¹, Eng. Adrián Guillermo Lucero², Acad. João Carlos de C. M. Borges³

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica

(1) abelardo@emc.ufsc.br, (2) aglucero@grucon.ufsc.br, (3) monnier55@hotmail.com - Florianópolis, SC, Brasil

Resumo. *O desafio do ensino dos aspectos organizacionais (gerenciais) da fabricação mecânica é colocar os alunos face-a-face com problemas do cotidiano (Planejamento da Produção, Programação da Produção e Controle) num modelo realístico e abrangente. Normalmente, “estudos de caso”, relatos da experiência pessoal dos professores e ferramentas de simulação têm provado ser de grande utilidade nesta tarefa. A presente proposta é o uso de jogos computacionais como uma ajuda para consolidar conceitos que envolvem aspectos dinâmicos da produção. A idéia não é nova; jogos têm sido usados largamente em várias disciplinas e os chamados “Jogo da Empresa” são amplamente utilizados como ferramentas que tratam com Empreendedorismo. Aqui, o jogador se envolve com demandas, clientes, fornecedores, capacidades de produção, meios de produção, prazos de entrega... Em ambientes que incluem TQC/JIT, CAD/CAM, Produção Celular, MRP, Planejamento de Processos... Para se jogar necessita-se de conhecimentos básicos de alguns tópicos envolvidos em temas como Usinagem, Máquinas Ferramentas, Administração da Produção e Planejamento de Processos. O Sistema tem sido aplicado nos Cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina desde Março de 1999. Uma nova versão será em breve implementada na Internet.*

Palavras-chave: *Jogos, Planejamento e controle da produção, Simulação, Administração da Produção.*

1. INTRODUÇÃO

O uso de jogos como ferramentas de aprendizado é uma prática tão antiga quanto o ensino. Ele tem sido usado com uma considerável variedade de formatos tentando alcançar objetivos muito diversos. Contudo, no ensino regular, dos níveis fundamentais e superiores, dificuldades de ordem operacional e econômica têm impedido a disseminação mais intensa deste recurso excepcional para o desenvolvimento do aprendizado. Por outro lado, hoje em dia, é comum ver que muitos projetistas de jogos estão mais preocupados em demonstrar toda pirotecnia tecnológica oferecida pelo computador, com seus recursos gráficos, sem o devido

cuidado com o conteúdo pedagógico de seus produtos. Esta é sem dúvida a grande dificuldade: fazer com que a máquina (computador, software) seja colocada em função da atividade fim e explorar os recursos computacionais de maneira interessante para tornar dinâmico e atrativo o conteúdo científico/tecnológico e desta maneira motivá-lo para descer mais fundo no conhecimento sem dispersar a atenção do jogador tratando o jogo como um simples e vazio entretenimento. Se o esforço desta área for nesta direção, o jogo irá sobreviver ao modismo. Caso contrário, vai ser mais uma experiência que não tem sucesso, dando mais força ao “cuspe e giz” que está muito mais presente do que deveria, por culpa não só de quem financia a Educação, mas também daqueles que preferem sempre a lei do menor esforço.

No ensino da engenharia, principalmente no lado organizacional (Planejamento e Controle), ela tem tido um grande apelo devido a necessidade de se emular ambientes internos, tais como: projeto, produção e transporte ou os externos: mercado, fornecedores e vendas. Ações muito complexas para serem reproduzidas em laboratórios. As técnicas de jogo, agora com o uso intensivo de ferramentas computacionais, de rede e do ambiente de Internet, têm experimentado grande progresso, de modo que pode-se constatar ao redor do mundo grande surto de iniciativas, principalmente para as áreas de Produção [1], [2] e [3] e Empreendedorismo dos chamados Jogos de Empresa [4].

2. OS ELEMENTOS DO JOGO

Este desenvolvimento foi originalmente concebido para atender as necessidades de disciplinas organizacionais nas áreas de fabricação e produção dos cursos de Engenharia Mecânica e Controle e Automação (Mecatrônica). É uma ferramenta complementar ao esforço pedagógico e visa emular o ambiente dinâmico da manufatura levando a tona uma vasta gama de problemas e soluções típicas das atividades de planejamento e programação da produção (Vide “Fig.1”).

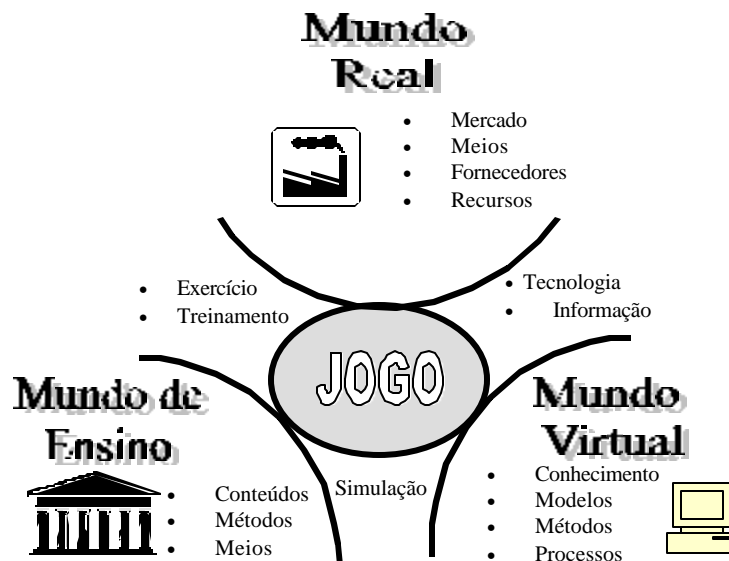


Figura 1. Modelo de Jogo num ambiente de Gerência

2.1 Ambiente

Em sua versão atual, ele tem sido freqüentemente testado para a produção em lotes por ser mais rica e diversificada em opções organizacionais que a produção contínua (seriada) ou por “jobbing” (sob encomenda). Contudo, a estrutura do jogo é suficientemente aberta para permitir estes outros tipos de produção. O jogo emula situações reais de produção com vários produtos de fluxo longo (processos encadeados) e configurações de produto complexas. O jogador é inserido num Departamento de Planejamento da Produção para assumir todo o planejamento e programação de uma unidade fabril que está em plena atividade. Se evitou, nos níveis mais básicos do jogo, colocar o aluno diante de estados transientes na fabricação, já que o nível de decisão deste estado é bem mais complexo na manufatura de lotes. Quando inserido na produção em regime permanente, há uma vantagem flagrante para o aprendizado, que é a oportunidade de examinar as programações anteriores, os níveis de estoque, as interrupções e atrasos de produção, os índices de refugo e as flutuações de pedidos.

A eficiência do jogador se fundamenta no conhecimento teórico prévio dos conteúdos e da análise detalhada da produção prévia. Contudo, a aleatoriedade está presente nos eventos de produção e, sobretudo, do mercado. O jogo balanceia cuidadosamente a previsibilidade e a aleatoriedade.

Nas avaliações periódicas do desempenho do jogador, o jogo produz relatórios que incluem: erros de programação, níveis de estoque, custos operacionais, valor agregado obtido (lucro), desempenho de cada estação de trabalho e células de fabricação, interrupções e atrasos. Igualmente, o jogador recebe informações atualizadas da Carteira de Pedidos e eventual alteração da Previsão da Demanda, para a próxima jogada.

O Sistema de Manufatura é constituído dos meios de produção que, junto com o pessoal, operacionalizam a produção conforme planejado. Algumas intempéries ocorrem gerando refugos e atrasos. A variedade de processos e da configuração das estações de trabalho enriquecem em muito a tarefa de planejamento para tornar a programação razoavelmente fluida.

2.2 Configuração dos produtos e planos de processo

A configuração dos produtos (bill of materials), onde se define todas as peças constituintes de um produto distribuído pelos vários níveis de manufatura e compra, chega ao Planejamento da Produção pelo Departamento de Métodos e Processos, oriundos de sua integração com o Departamento de Desenvolvimento de Produto num ambiente de Engenharia Concorrente (ou Engenharia Simultânea). As informações recebidas pelo Planejamento da Produção constituem as relações entre materiais, peças, componentes e produtos na Configuração do Produto, incluindo níveis, quantidades e relações de dependência (pai, filho...).

O Planejamento do Processo é desenvolvido no Departamento de Métodos e Processo em consonância com o Desenvolvimento de Produto, Planejamento e Programação da Produção. O jogador não é envolvido no processo de informações e discussão dos Planos de Processo. De fato, ele é sempre um “novato” no sistema. Os dados dos Planos de Processo incluem: os tempos de operação e setup, e todos os custos envolvidos no processo.

2.3 Compras e fornecedores

A interação dos fornecedores com a empresa é feita pelo Departamento de Compras. Este credencia fornecedores, assina contratos de fornecimento e os pedidos de compra. As demandas de materiais e componentes geradas pela programação da produção são operadas pelas compras. Quando os fornecedores não entregam seus produtos no prazo, criam problemas para a produção, contudo os atrasos são mínimos e aqueles que costumam atrasar podem ser reconhecidos pelos seus registros anteriores. A grande maioria dos produtos têm fornecedores únicos como é a filosofia preferencial do Just-in-Time. Os prazos mínimos para se fazer pedidos e os lotes mínimos são apresentados ao jogador em tabelas oriundas dos contratos de fornecimento firmados. Os custos de aquisição (preço) e os custos operacionais da atividade de compra são estabelecidos para cada item da pauta de compras.

2.4 Vendas e clientes

Os clientes se relacionam com o Departamento de Marketing e Vendas, cujo resultado é expresso em pedidos dos clientes, denominações para os pedidos contratados com antecedência que entram na Carteira de Pedidos, e são integrados na Programação da Produção e os pedidos do mercado que chegam a qualquer tempo com indicação para a pronta entrega. Ambos perfis de clientes são tratados com a máxima atenção pela empresa, contudo o método de programação da produção difere bastante de um para outro. No primeiro, caso a programação da produção precisa ser rígida para atender os prazos. No segundo, se faz previsão de demanda para que não falem produtos, mas que os estoques não comprometam a planilha de custos.

A incerteza associada a naturezas do “marketing” é um grande tema a ser explorado pelo lado aleatório do jogo. Portanto, o jogador deve se munir de todas as informações disponíveis e contar com um pouco de sorte. Jogadores mais ousados correm naturalmente mais riscos, mas podem se destacar dos concorrentes se a sorte lhe soprar. É assim no jogo, é assim nos negócios.

Ao transferir para outros as tarefas de desenvolver a Configuração dos Produtos e os Planos de Processo, Compras e Vendas, o jogo concentra a atenção do jogador na dinâmica do Planejamento e Programação da Produção.

2.5 Os meios de produção

Os Meios de Produção do Sistema de Manufatura são representados pelas máquinas e equipamentos de processo, movimentação e estocagem. Na fabricação, existe uma extensa variedade de tipos de processos, que combinados com as várias escalas de produção (quantidade), precisão dimensional e materiais, implicam numa grande variedade de máquinas e equipamentos. O arranjo (leiaute) destas máquinas depende do projeto de processo que, além de considerar os fatores acima citados, depende de fatores econômicos. A estrutura do jogo permite se configurar ambientes considerando grande variabilidade de leiautes. Pode-se prever estruturas constituídas de: máquinas universais convencionais em leiaute funcional tratadas individualmente, linhas de produção constituídas de máquinas automáticas, células de fabricação com máquinas CNC ou estruturas mistas, muito comum em nossas indústrias.

De todas estas estruturas, a que permite o uso mais intenso de recursos modernos de planejamento e programação de produção é a estrutura celular, já que ela reúne a flexibilidade com a padronização, numa mistura muito conveniente para o jogo.

2.6 Os colaboradores

A filosofia do JIT coloca enorme ênfase no homem como a parte inteligente e proativa do Sistema. No jogo, o homem tem a função de garantir maior flexibilidade. Na qualidade de colaborador multifuncional, ele pode se integrar a uma célula para aumentar a produção ou sair para reduzir os custos unitários. Este recurso de programação é ainda mais efetivo quando se trata de estações de trabalho em processos de mão de obra intensiva como a maioria das montagens. O custo operacional da mão de obra é parte substancial nos custos de fabricação, portanto o jogador tem que dispensar grande atenção a um bom aproveitamento dos colaboradores.

3. A ESTRUTURA DO JOGO

A estrutura do Jogo em sua versão atual $\beta 2.0$ (ainda considerada como protótipo) foi implementada usando-se o Microsoft Access e o Visual Basic. Os jogadores recebem e submetem os dados de suas jogadas via e-mail ou disquetes. Mesmo quando o sistema estiver completamente instalado na Internet o processamento será tipo batch (em lotes), pois emula mais de perto o trabalho real do planejador / programador de produção.

Uma característica especial do modelo é a disseminação de cálculo de custos em todas as fases de produção até o ponto em que compromete a dinâmica do jogo. Esta decisão custou um enorme esforço computacional e tornou o cálculo bastante complexo, mas tem a vantagem de estabelecer uma variável ampla e abrangente, facilitando a contagem de pontos que define o ranqueamento do jogador, toda extensão do rastreamento dos custos industriais e de permitir uma avaliação mais objetiva das jogadas, reduzindo o efeito de “gamble” (aleatoriedade) a níveis absolutamente funcionais.

3.1 O treinamento

O treinamento de Estudantes e Técnicos na área de produção/fabricação é um misto de: levantar o problema, mostrando a realidade e a dinâmica das estruturas fabris, apresentar modelos teóricos de organização e gerenciamento, descrever ferramentas de apoio ao gerenciamento e a operação destes sistemas, já que não é possível, nas universidades e centros de treinamento, se montar laboratórios para reproduzir as atividades de produção como se faz em outras disciplinas, uma vez que os custos são inviáveis. O complemento para os recursos convencionais de aulas e textos mais eficiente é emular situações reais por simuladores convencionais ou com simuladores de tipo jogo. Estas duas formas de simuladores são igualmente interessantes, embora que cada uma tem suas especificidades e até abordam problemas iguais de maneira diversas.

3.2 O perfil do jogador

Para jogar, o aluno tem que ter conhecimentos básicos de Gerência de Produção e o mínimo de familiaridade com produção industrial, noções de MRP (Manufacturing Resource Planning) e JIT, já que se lança mão de um extenso vocabulário próprio destas tecnologias. De fato a solução mais econômica que faz o jogo ter sucesso decorre dele usar uma boa estratégia JIT de planejamento da produção. O jogador precisa ter conhecimentos básicos de

computadores e saber navegar no Windows. Um aluno que não tiver estes conhecimentos básicos poderá rodar o jogo, mas teria pouca chance de ter sucesso.

3.3 Como jogar

O aluno recebe a documentação e as instruções do jogo para que ele possa operá-lo no computador com desembaraço. Depois, ele recebe uma carta da empresa (fictícia) revelando o tipo de seu trabalho e que se juntará a uma equipe que terá como tarefa assumir o planejamento da produção da unidade x da fábrica e que receberá em breve os dados dos produtos manufaturados pela unidade e o endereço computacional e uma senha de acesso onde ele poderá estudar as programações da produção dos meses anteriores, junto com os relatórios da produção que incluem resultados dos vários processamentos, acompanhado dos custos, das entregas dos fornecedores e das expedições dos clientes.

O jogador terá um tempo para estudar os dados e um prazo bem definido para entregar o resultado de cada período de programação. Todos concorrentes recebem problemas semelhantes com dados que flutuam aleatoriamente em torno de uma média comum. Os formulários, para suportarem o planejamento e a programação, fazem todos os cálculos e disponibilizam todas as informações necessárias para as tarefas (Vide “Fig. 2”). Como é um trabalho para ser desenvolvido por muitos concorrentes, desenvolveu-se uma estratégia em que se algum jogador tomar decisões erradas ou mesmo absurdas, isto não inviabiliza a rodada. Elas aparecem no relatório e são transformadas em penalidades de custo operacional e o jogador terá condição de continuar jogando, programando novos períodos.

Programa de Componentes Nivel 2

Turnos- 8 às 12 e 13 às 18, 2 horas extra dia no máximo

CÉLULA: Tudo Visualizar Tudo

PlanoProc	Cel	Qua	TOper	S	TSetUp	Dia	Hora	Horas Max	Dia	Hora	
Estrutura 3/2	2	3	55	1	55	31	18:00	0	0	31	14:20
Flange/2	2	28	7,5	1	8,5	29	13:42	0	0	29	09:03
Tampa 2/2	2	9	25	1	32,5	29	18:00	0	0	29	13:42
Eixo 2-2/3	3	8	33,5	1	43,5	29	11:13	1	2	28	17:01
Eixo 2-1/3	3	8	38	1	42,5	29	18:00				
Estrutura 2/2	2	8	50	1	50	29	09:00				
Eixo 3-3/3	3	5	43	1	46	28	11:20				
Eixo 3-2/3	3	3	30	1	40	28	14:30				
Estrutura 3/2	2	3	55	1	55	28	10:30				
Eixo 3-1/3	3	3	32,5	1	46,5	28	17:00				
Estrutura 2/2	2	7	50	1	50	27	16:00				
Tampa 2/2	2	7	25	1	32,5	27	08:20				
Eixo 2-1/3	3	6	38	1	42,5	27	17:00				

Planos de Processo Estoque

Demanda de Componente

Visualizar com origem
Visualizar sem origem

Componente	Quant	DataEntr	Origem
Tampa 2	1	31	Carteira
Estrutura 3	3	31	Carteira
Eixo 3-3	3	30	Redutor 3
Eixo 3-2	3	30	Redutor 3
Eixo 3-1	3	30	Redutor 3
Tampa 2	8	30	Redutor 2
Flange	16	30	Redutor 2

Registro: 1 de 96

Figura 2 – Formulários da interface do Jogo da Produção

3.4 Avaliação

O processo de avaliação do jogador, desenvolvido online ou offline, acontece quando uma tarefa é completamente terminada. A programação da produção é analisada quanto a erros formais de dados, consistência lógica de sequenciamento, carga de máquinas, etc.

Posteriormente, emula-se a produção propriamente dita quando se calculam os eventos de compras, produção e expedição, introduzindo-se os vetores de aleatoriedade nas variáveis do processo. Finalmente, calculam-se os custos, os níveis finais de estoque e os lucros operacionais com as expedições.

Os relatórios são preparados com todos estes dados e discriminados por materiais, peças componentes e produtos nos vários níveis de produção, compra e expedição, para mostrar ao jogador os erros cometidos e orientá-lo para otimizar a produção.

4. CONCLUSÃO

O uso de ferramentas de simulação convencionais ou na forma de jogo é extremamente útil para complementar conteúdos teóricos das disciplinas que tratam de aspectos organizacionais da Engenharia.

A experiência que se originou do projeto e implementação do Jogo da Produção no âmbito do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC foi muito bem aceito pelos alunos que, entusiasticamente, participam e se envolvem na tarefa de planejar e programar a produção de uma fábrica.

Este incentivo tem motivado o grupo de expandir o sistema para outras tarefas afins dentro da gerência da Engenharia, principalmente considerando-se aspectos integrativos.

REFERÊNCIAS

- [1] Riis, J., Johansen, J. e Mikkelsen, H., 1993, Games in production management, IFIP Transactions B: Computer Applications in Technology, n B-13 pp. 209-216.
- [2] Heineke, J. e Meile L., 1996, Workshop on enhancing learning in the classroom using interactive games and exercises, Proceedings – Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, vol. 1
- [3] Heineke, J. e Meile L., Games and exercises for operations management; Hands-on learning activities for basics concepts and tools, Prentice-Hall.
- [4] Cotter, R. V., Fritzsche, D. J., 1995, The business Policy Game; An international Simulation (Player-s Manual). 4º Ed., New Jersey: Prentice Hall.

THE PRODUCTION GAME - A COMPLEMENTARY TOOL FOR TEACHING PRODUCTION SYSTEM ENGINEERING

Abstract. *The use games as teaching tool has been increased with the computer and internet resource, this paper shows a experience for a game, called Production Game, devoted to supplement activities in the managerial side of manufacturing at engineering courses. The design of the game is described and discussed and is reported the implementation at the Course of Mechanical Engineering UFSC – SC Brazil. The great acceptance joint students push the designers to further expansion for the game*

Keywords: *Games, Production Planning and Control, Simulation, Operations Management.*