



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.  
ISBN 85-7515-371-4

## **A PRODUÇÃO PUXADA COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA O APERFEIÇOAMENTO DO "PENSAMENTO SUSTENTÁVEL" NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Fábio Almeida Có** – falmco@uol.com.br

UNIVIX – Coordenadoria de Engenharia de Produção Civil

Rua José Alves-301 – Goiabeiras

29075-080 – Vitória – Espírito Santo

**Resumo:** *A proposta deste artigo é a reprodução do jogo apresentado na obra “A Meta” de Goldratt & Cox junto aos formandos dos cursos relacionados à indústria da Construção Civil, objetivando a criação de uma estratégia pedagógica que seja capaz de capturar a tendência de compra e abastecimento por partes dos futuros profissionais, bem como interferir nesta tendência, rompendo os paradigmas da produção em massa, com seus altos estoques de segurança, para uma produção puxada, com seus estoques apenas suficientes para uma produção ininterrupta. Inicialmente, faz-se uma estratificação nos últimos períodos dos cursos de Arquitetura, Engenharia Civil, Engenharia de Produção Civil e Cursos Técnicos de Edificações no Estado do Espírito Santo para se trabalhar com uma amostra que seja suficientemente grande para fornecer um grau de confiança de 95%. Em seguida, procede-se ao jogo em que a tendência de compra e abastecimento da população é contabilizada por ferramentas de inferência estatística. Finalmente, interfere-se pedagogicamente no resultado dos jogos por meio de simulação, revelando aos futuros profissionais da Construção Civil a superioridade de um sistema puxado sobre o empurrado nos canteiros de obras. Esta estratégia pedagógica serve para aperfeiçoar o pensamento sustentável na Construção Civil, uma vez que inclina o profissional da área a buscar sempre a compra e o abastecimento suficiente apenas para a condução de suas obras, eliminando os desperdícios relacionados à má gestão da cadeia de suprimentos.*

**Palavras-chave:** *Produção puxada, kanban, simulação.*

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Unindo o pensamento enxuto ao sustentável na minimização dos impactos ambientais

Sabe-se que a Construção Civil é responsável pelo consumo de aproximadamente 30% de todos os recursos naturais extraídos do planeta. Esses recursos ainda são transportados, manufaturados e aplicados às obras, gerando ainda mais impactos. Considerando que durante seus 50 anos de vida útil média os edifícios consomem, segundo Adam (2001), 50% da energia produzida no planeta, além de gerarem uma enorme quantidade de lixo e entulho durante seu uso, manutenção e demolição, pode-se dizer que a Construção Civil representa a atividade humana de maior impacto sobre o meio ambiente.

Além dos altos impactos ambientais, a indústria da Construção Civil desenvolve sua manufatura, em geral, resistindo às mudanças de paradigmas da produção, devido às suas características contextuais. Segundo Tubino (1999), qualquer indústria caracterizada por sistemas produtivos que operam sob medida e que processam seus produtos por projetos, como é o caso da Construção Civil, sofrem problemas comuns, como geração de grande capacidade ociosa; dificuldades para padronizar os métodos de trabalho e seus recursos produtivos; dificuldades para aplicação de processos automatizados e problemas na concepção dos produtos, sempre feitos em estreita ligação com os clientes.

Yazigi (2000) é mais explícito, resumindo as características aplicadas à Construção Civil da seguinte forma:

- a Construção Civil, em geral, conserva o seu caráter nômade, trabalhando com produtos únicos (característica dos projetos) e de forma centralizada (operários móveis em torno de um produto fixo);
- a Construção Civil, em geral, trabalha com mão de obra intensiva, pouco qualificada e desmotivada;
- a Construção Civil, em geral, trabalha sob especificações complicadas, às vezes conflitantes e confusas, com responsabilidades dispersas e pouco definidas.

Não se deseja neste estudo fazer uma simples crítica à Construção Civil, pois mesmo que as características contextuais já citadas projetem sobre ela grandes impactos econômicos, sociais e ambientais, admite-se que essa indústria tem evoluído na utilização isolada de ferramentas Lean, assim como na utilização isolada de ecotecnologias.

O problema é que a utilização isolada de ferramentas, mesmo que pensadas e aplicadas com muito bom senso, não representa a apropriação ou o real entendimento das filosofias originais que as geraram, fazendo com que a Construção Civil não usufrua todos os seus benefícios, dificultando, portanto, a eliminação contínua e global dos desperdícios ao longo de toda a sua cadeia de valor.

Os autores Huger & Anderson (1993) chamam esta forma de pensar de modo de pensar esclarecido, porém sem a compreensão do JIT (just-in-time). Coriat (1994, p. 12), por sua vez, afirma que o que se vê na prática “[...] é uma tentativa de aclimatar localmente certas técnicas do Ohnismo, introduzidas em geral de maneira isolada e limitada: um pouco de CCQ aqui, uma pitada de JIT ali [...]”.

Para finalizar, pode-se concluir que a sustentabilidade na Construção Civil depende do total entendimento das filosofias enxutas de gestão, que uma vez incorporadas a outras técnicas sustentáveis (como a Logística Reversa, a Análise de Ciclo de vida e etc), formam o pensamento enxuto e sustentável na Construção Civil para fazer frente aos altos impactos ambientais gerados por essa indústria.

## 1.2 A sustentabilidade apoiada pelo pensamento enxuto na Construção Civil

Womack & Jones (2004) ampliam o conceito de valor agregado, como o valor indicado pelo cliente, elevando a produção enxuta da condição de produção eficiente para a produção eficiente e eficaz. Este pensamento de uma produção, tanto eficiente quanto eficaz, é definido pelos autores como Lean Thinking ou Pensamento Enxuto e possui a sua lógica orientada por cinco princípios, explicados por meio das seguintes etapas:

1. o ponto de partida para o pensamento enxuto é a especificação do valor na ótica do cliente final, em que um produto específico deve atender às necessidades de um determinado cliente a um preço específico em um determinado momento;
2. após esmiuçar o que realmente representa valor para o cliente, deve-se mapear o fluxo de valor na melhor seqüência possível, procurando sempre eliminar o que não agrega valor. Segundo Rother & Shook (2003) o mapeamento do fluxo de valor auxilia o entendimento do fluxo de informações e materiais durante o fluxo de produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor;
3. o terceiro princípio do Pensamento Enxuto, ou fazer o valor fluir, representa uma etapa de grande mudança organizacional, pois é a etapa que combate o paradigma contra-intuitivo do fluxo. Esta etapa necessita do uso integrado de ferramentas do JIT / TQC, necessitando de um redesenho das indústrias, no que tange os layouts, as funções convencionais, as carreiras, os relacionamentos com clientes, com fornecedores e etc.
4. conforme o fluxo é iniciado, deve-se permitir que o cliente final puxe a produção, transformando a produção empurrada, em produção puxada, conforme conveniência do cliente final;
5. após a especificação dos valores a partir dos clientes, permitindo o mapeamento dos fluxos desses valores (inclusive eliminando desperdícios), que por sua vez são puxados pelos clientes, os operários dotados de Pensamento Enxuto, perceberão que podem retornar à primeira etapa, aperfeiçoando ainda mais o processo de produção. Este constante refinamento aproxima cada vez mais o produto, daquilo que o cliente realmente deseja. Os autores chamam esta etapa de perfeição.

O maior representante do Pensamento Enxuto na Construção Civil mundial é Lauri Koskela, que pelo seu artigo intitulado “Application of the new production philosophy in the construction industry” em 1992, lança as bases para a Construção enxuta, demarcando um modelo de organização e gestão do trabalho capaz de promover a redução global dos desperdícios através de uma série de operações e fluxos para a conversão dos insumos em produto acabado de forma contínua, otimizando toda a cadeia de suprimentos da Construção Civil.

Segundo Koskela (1992), citado por Moreira e Bernardes (2003), a Construção Enxuta considera o ambiente produtivo composto por atividades de conversão (processamento de insumos para se atingir o produto final) e de fluxo (logística de insumos durante o empreendimento).

O déficit do pensamento enxuto na Construção Civil dificulta a visualização de todo o processo e promove o aparecimento de vários desperdícios em locais e funções inesperados, comprovando que a sustentabilidade nesta indústria, deve partir da sua gestão. Por exemplo, o repórter André Trigueiro da “Globo News”, informa pelo programa “Mundo Sustentável” da rádio CBN, apresentada no dia 20/09/2003, que a partir de pesquisas realizadas pelo Departamento de Engenharia de Construções da USP, em cem canteiros de obra, descobriram-se grande perdas de materiais de construção, devido a compras em excesso ou compras de forma equivocada, que acabam em estoques ou mesmo estragados por

deterioração ou mau uso. Os números divulgados são: 56% do cimento, 44% da areia lavada, 30% do gesso, 27% dos condutores, 15% dos tubos de PVC e eletrodutos.

O grande mérito dessa reportagem é dividir a importância dos entulhos gerados pelas falhas internas com as perdas geradas por excessos de estoques, colocando os alunos e professores no centro da discussão sobre a Construção Enxuta que procura puxar somente a produção necessária, podendo utilizar para isso o Kanban como ferramenta.

Então, indaga-se: como formar profissionais, na área da Construção Civil com competências para o pensamento enxuto e sustentável? Como transpor a lógica desses profissionais da construção convencional para a enxuta? Como formar profissionais para o complexo, com disciplinas tão compartimentadas e currículos tão estáticos? Como oferecer aos futuros profissionais a autonomia de pensamento, tão necessária aos tomadores de decisões em qualquer nível?

O que parece uma abordagem pessimista, encontra alento na obra de Macedo et al (2000) em que os autores afirmam não existir fórmulas precisas para se transformar o processo de ensino aprendizagem e condenam projetos com mudanças muito radicais. Eles propõem uma ruptura com o discurso queixoso e paralisado, sugerindo atuações mais criativas e responsáveis, capazes de descobrir formas mais interessantes de lidar com a realidade. Os autores ainda citam que, se o currículo é predeterminado, devem-se buscar meios que estimulem os alunos a vivenciarem situações que tratem de conteúdos essenciais à aprendizagem.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é criar e avaliar técnicas pedagógicas baseadas em jogos de empresas, na tentativa de mudar a percepção da realidade dos formandos envolvidos com a construção civil, passando de uma realidade de produção em massa em que as altas velocidades, acompanhadas das grandes compras de matérias-primas dão lugar a um fluxo de valor contínuo, sincronizado e puxado.

## 3. JUSTIFICATIVA

Có (2004) apresenta uma simulação baseada na obra “A meta” de Goldratt & Cox (1993), utilizando palitos de fósforo e um pequeno dado. Nessa simulação, três alunos ficam enfileirados em suas mesas, representando três estágios dependentes de produção, conforme “Figura 1”.



Figura 1 – Jogo do livro “A meta”, turmas de Eng. Civil, Arquitetura e cursos técnicos.

Cada estágio é operado por um jogador, que joga o dado para definir a quantidade de palitos que pode ser passado para a mesa seguinte (de 1 a 6, a partir da primeira mesa). O jogador da primeira mesa é quem decide, a cada rodada, a compra da “matéria-prima” para iniciar o jogo. Caso o número obtido no dado seja maior que o número de palitos do jogador, ele passa a seu sucessor os palitos que ele tiver disponível. O professor, então, informa que a meta do jogo é produzir o máximo de palitos, e o processo é iniciado. É exatamente nesse momento que se pode observar a forte tendência à produção em massa por parte dos alunos, ou seja, surge uma queixa geral dos jogadores que alcançam números altos contra os que não os alcançam, independentemente dos estoques em processo que estão sendo gerados. É como se cada aluno que conseguisse bons resultados no dado tivesse a sensação de dever cumprido, ao transferir seus estoques sem se importar com o excesso de palitos na mesa (estoque em processo). O mais incrível é a percepção do comprador da “matéria-prima”, que sempre empurra para a mesa uma grande quantidade de palitos para atender aos seus companheiros. Às vezes, ele chega a ignorar a capacidade máxima do dado e acaba comprando mais do que seis palitos.

Após vários anos aplicando essa experiência semestralmente, o docente envolvido concluiu por inferência estatística (Teorema Central do Limite), por meio de uma ampla estratificação em todas as instituições de ensino técnico e superior do Estado do Espírito Santo ligadas à área da construção Civil, que o primeiro jogador, aquele que alimenta o processo (referente ao pedido de compras), sempre alimenta a sua máquina com o número máximo de matérias-primas, ou seja, ele sempre compra uma média de 6 palitos (índice de confiança de 95%), ignorando toda a matéria-prima distribuída ao longo do processo. A captura desta mentalidade nada enxuta, que permeia o pensamento dos Engenheiros, Arquitetos e Técnicos (pesquisa realizada junto aos formandos), justifica a utilização de jogos e simulações, apresentados nos próximos itens, com o objetivo já revelado, de mudar a lógica da produção dos futuros Engenheiros, Arquitetos e Técnicos em Construção Civil.

O resultado desse jogo parece não ser novidade para Hay (1992, p.28), que cita que o grande problema ocidental em conviver com os recursos absolutamente mínimos são os paradigmas vigentes da eficiência e da segurança da produção. O paradigma da eficiência impõe a idéia de que o preço de um bem é tão mais baixo quanto mais veloz for a produção, colocando os ocidentais em busca da velocidade e não dos recursos mínimos. Já o paradigma da segurança impõe a idéia de que é necessário manter as pessoas trabalhando e os equipamentos ocupados, mesmo quando não há demanda. Em função desses paradigmas, as empresas ocidentais sempre precisam de “[...] estoques extras, capacidades e recursos humanos adicionais. Isto as deixa o mais longe possível dos recursos mínimos”.

#### **4. ENTENDENDO A “PRODUÇÃO PUXADA COM SUPERMERCADO”**

Pode-se dizer que o fornecedor que mais rapidamente atender às demandas terá a preferência dos clientes, o que se precisa analisar é o “preço” desta prontidão no atendimento, ou seja, precisa-se analisar se esta aparente eficácia se deve à presença de estoques excessivos, ou a uma produção realmente eficiente e bem nivelada com a demanda. A importância dessa análise está no fato de que se o fornecedor só consegue atender às demandas, por meio do acúmulo de grandes estoques, ele acaba imobilizando capital desnecessariamente, distorcendo os custos dos produtos, gerando impactos ambientais por desperdícios de superprodução, além é claro, de ocultar durante muito tempo os vários problemas de produção.

Marchwinski & Shook (2003, p.64) explicam que para operacionalizar a produção puxada é necessário que os centros produtivos acionem seus centros predecessores a partir da primeira solicitação do produto, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a

demanda dos produtos finais. Este acionamento é feito por um sistema de comunicação denominado de sistema Kanban. Os autores citam que “na produção puxada, uma operação fluxo abaixo, seja interna ou externa, fornece informações à operação fluxo acima, geralmente por cartões Kanban, a respeito de quais partes e materiais são necessários, a quantidade necessária, e quando e onde é necessário”.

Lubben (1989) define a palavra Kanban como um “registro visual”, que é utilizado como um mecanismo pelo qual um posto de trabalho informa a sua necessidade de mais peças para a seção precedente. Ainda segundo o autor, cartões, bolas coloridas, luzes e sistemas eletrônicos têm sido usados como sinais Kanban.

É interessante que se adote para a Construção Civil a produção puxada com supermercado, conforme “Figura 2”, em que o excesso de estoques em processo (WIP), geralmente espalhados ou perdidos pelos canteiros de obras, sejam organizados em supermercados, contendo apenas o material suficiente para manter as atividades de conversão e fluxo de forma contínua e sincronizada. A este respeito, Marchwinski & Shook (2003, p.64) citam que cada processo produz somente o necessário para restituir o que é retirado do seu supermercado. “[...] Normalmente, quando o material é retirado do supermercado pelo processo fluxo abaixo, um Kanban ou outro tipo de informação é enviado fluxo acima ao processo fornecedor, que, então, irá repor o que foi retirado”.

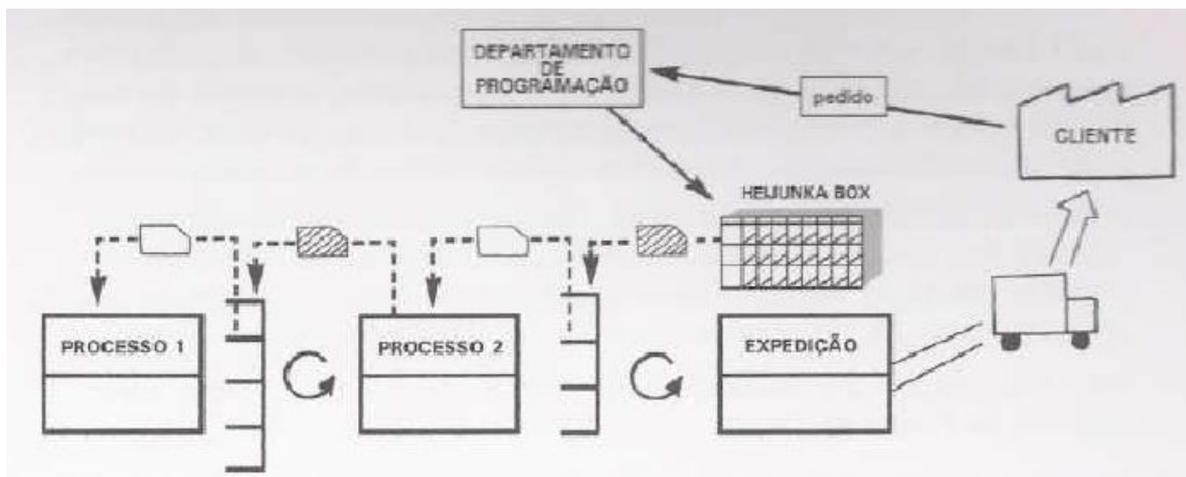


Figura 2 – Sistema puxado com supermercado, extraído do *Léxico Lean: Glossário ilustrado para praticante do pensamento Lean*.

## 5. JOGOS DE SIMULAÇÕES E APLICAÇÕES

### 5.1 Simulando a produção empurrada

Capturada a tendência de máxima compra do alunado, aplica-se o mesmo jogo em sala de aula, sob forma de jogo de simulação (desenvolvido no Excel da Microsoft), em que o alunado poderá jogar quantas vezes julgar necessário, para perceber de forma lúdica que a grande aquisição sucessiva de palitos pelo comprador só faz aumentar o tamanho dos estoques em processo, atingindo apenas a produção média de 3,5 palitos por rodada, após 5000 rodadas aproximadamente (de acordo com a lei dos grandes números). Nesse jogo, o alunado convive de forma flagrante com os problemas do desbalanceamento da produção, traduzidas em geral nas seguintes situações: com baixos estoques em processo, não importa o alto desempenho

dos jogadores, ou seja, mesmo que a simulação gere sucessivos 6 nos dados, pode-se gerar uma produção reduzida por falta de estoque em processo; mesmo com altos estoques em processo, o desempenho do grupo pode ser afetado pelo baixo desempenho do último jogador, que além de diminuir a produção por “rodada”, mantém os estoques em processo em nível elevado.

O que se pretende, portanto, é desenvolver o entendimento de que em sistemas desbalanceados a falta de controle na compra das matérias-primas desencadeia um super crescimento dos estoques em processo (WIP), inviabilizando a produção e gerando um enorme desperdício por superprodução, ou seja, é preciso fazer o aluno entender que produzir para estoque, além de não agregar qualquer tipo de valor, esgota os recursos naturais sem qualquer necessidade.

Para facilitar a coleta de dados dos alunos, otimizar o jogo e aproveitar a idéia geral para produzir múltiplas situações de aprendizagem, apresenta-se uma versão do jogo desenvolvido em Excel, em que se faz a análise de duas situações de fabricação: a fabricação que mantém os estoques iniciais da primeira máquina iguais a 6 (percepção do alunado), conforme “Figura 3”, e a fabricação com os estoques iniciais da primeira máquina, iguais a 3,5, ou seja, a média entre 1 e 6, conforme “Figura 4”.

A planilha de produção da “Figura 3” traduz uma fábrica com três máquinas seqüenciais, representadas pelas cores vermelha, verde e amarela. Cada máquina tem capacidade de produzir e transferir de 1 a 6 unidades para a sua sucessora. Cada coluna de máquina possui as iniciais “ei” para estoque inicial; “p” para a produção (simula o lançamento do dado) e “ef” para estoque final. O aluno estipula a demanda e o abastecimento da máquina 1, digitando seus valores respectivamente nos espaços laterais das células “produção” e “Estoque inicial” (conforme setas pretas sobre as figuras). Após este procedimento, a planilha é preenchida automaticamente até que a coluna “acumulado” (que registra o total acumulado de produtos acabados por “rodada”) finalize a simulação indicando o atendimento à demanda, que por sua vez, acionará o preenchimento automático da coluna de desempenho da simulação (“produção média”, “WIP”, “WIP médio” e “número de jogadas”).

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
		produção			5000	←	Estoque inicial			6,0	←		
		produção média			3,5								
		WIP			188,0								
		WIP médio			116,8								
		nº de jogadas			1449								
		Máquina 1			Máquina 2			Máquina 3			PA	WIP	
jogada		Ei	P	Ef	Ei	P	Ef	Ei	P	Ef		acumulado	
1		6	3	3	3	5	0	3	1	2	1,0	5,0	1,0
2		6	4	2	4	4	0	6	6	0	6,0	2,0	7,0
1448		6	5	1	93	2	91	100	3	97	3,0	189,0	4999,0
1449		6	3	3	94	1	93	98	6	92	6,0	188,0	5005,0

Figura 3 – Tela do Excel (truncada) demonstrando a performance na produção de 5000 itens, com Ei na máquina 1 sempre igual a 6.

Repetindo-se a mesma simulação para a produção de 5000 produtos acabados com o estoque inicial da máquina 1 sempre abastecido com 3,5 unidades, conforme “Figura 4”, consegue-se uma redução abissal do WIP médio (nesse exemplo, de 116,8 para 4,1) mas em contra partida, a produção média cai de 3,5 para 2,7 fazendo com que, neste exemplo, a meta de produção de 5000 produtos acabados só seja atingido após 1824 jogadas, ou seja, 375 jogadas mais tarde.

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
		produção			5000		Estoque inicial			3,5			
		produção média			2,7								
		WIP			2,5								
		WIP médio			4,1								
		nº de jogadas			1824								
		Máquina 1			Máquina 2			Máquina 3			PA	WIP	
jogada		Ei	P	Ef	Ei	P	Ef	Ei	P	Ef		acumulado	
1		3,5	4	0	3,5	5	0	3,5	5	0	3,5	0,0	3,5
2		3,5	4	0	3,5	3	0,5	3	4	0	3,0	0,5	6,5
1823		3,5	5	0	7	5	2	5	2	3	2,0	5,0	4996,0
1824		3,5	5	0	5,5	5	0,5	8	6	2	6,0	2,5	5002,0

Figura 4 – Tela do Excel (truncada) demonstrando a performance na produção de 5000 itens, com Ei na máquina 1 sempre igual a 3,5.

Com essa simulação, o docente coloca o alunado no paradoxo de uma trade off ou curva de troca, em que para se melhorar o desempenho dos custos por meio de um WIP baixo, piora-se o critério de desempenho de entrega, deteriorando sensivelmente a confiabilidade e o cumprimento do prazo de entrega.

Para Tubino (2000), a associação dos modernos conceitos de produtividade à filosofia JIT/TQC permite incrementar um critério competitivo sem deteriorar os outros. É justamente esta percepção que se pretende trabalhar na próxima simulação.

## 5.2 Simulando a produção puxada

Observa-se pela “Figura 5” que as três máquinas continuam alinhadas e que a grande instabilidade do sistema permanece pela grande flutuação de produção de cada máquina (de 1 a 6 com a mesma probabilidade). A grande diferença é a incorporação dos conceitos do sistema Kanban fazendo com que a produção seja concebida de forma puxada, em vez de empurrada como nas simulações apresentadas pelas figuras 3 e 4.

A sigla Cl na máquina 3 representa o “cliente”, e significa que aquele que consome os produtos aciona a produção. As siglas M3 e M2 (“máquina 3” e “máquina 2”) estão alocadas respectivamente nas máquinas 2 e 1, significando agora a interação puxada entre processos, em que cada máquina se serve a partir dos supermercados de produtos acabados de suas predecessoras. Observa-se, ainda, que agora a máquina 1 se relaciona com os fornecedores simplesmente para a restituição de seus estoques (sempre igual a 6) e não mais para acumular estoques desnecessários ao longo da linha de produção.

O alunado deve proceder à simulação preenchendo os campos “Supermercado” e “Produção” (“Figura 5”). O campo “Supermercado” determina a quantidade máxima de

estoque que cada uma das máquinas 2 e 3 pode acumular (neste exemplo, igual a 40), enquanto o campo produção determina a demanda a ser alcançada.

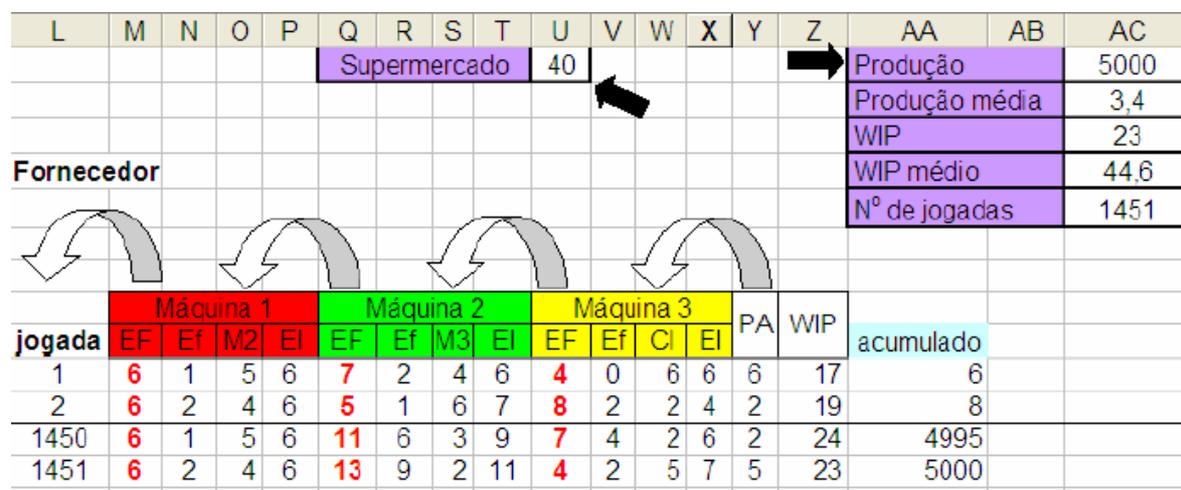


Figura 5 – Tela do Excel (truncada) demonstrando a performance na produção de 5000 itens, por meio da produção puxada.

Pode-se observar pelo exemplo da figura acima, que a produção de 5000 produtos acabados sob concepção puxada e com supermercados que suportam no máximo 40 unidades, parece ter sido alcançada na mesma velocidade que a concepção empurrada da “Figura 3”. Ou seja, na nova lógica de produção o número de jogadas aumenta apenas 2 unidades, de “1449 jogadas” (na “Figura 3”) para “1451 jogadas” (na “Figura 5”), enquanto o WIP médio foi reduzido mais de 2 vezes, passando de 116,8 (na “Figura 3”) para 44,6 (na “Figura 5”).

Como estratégia pedagógica, o alunado deve perceber a possibilidade de equilíbrio entre os critérios de desempenho de uma produção, pela análise numérica da simulação apresentada.

Solicita-se, finalmente, que o alunado produza 5000 produtos acabados, tendo a liberdade para variar a quantidade de estoques nos supermercados das máquinas 2 e 3. Essa análise é feita até que o alunado se sinta seguro para repetir a simulação 35 vezes, coletando dados suficientes para iniciar o Teste-Z: duas amostras para médias, e constatar que realmente a utilização da lógica Kanban pode salvaguardar o prazo de entrega de um grande pedido, além de promover ao mesmo tempo uma redução substancial do WIP médio.

A simulação deve ser rodada 35 vezes (amostra de tamanho  $n = 35$ ) com base no teorema central do limite, segundo o qual, para amostras com tamanhos maiores que 30 (amostras grandes) a distribuição das médias amostrais já pode ser aproximada de uma distribuição normal.

Além de se definir o tamanho da amostra, define-se também o grau de confiança que demarca o intervalo dentro do qual, se encontra o verdadeiro valor da população de estudo. O grau de confiança a ser solicitado aos alunos para todas as inferências estatísticas é de 95%.

A este respeito, Triola (1999) informa que comumente, utiliza-se o grau de confiança de 95%, por proporcionar bom equilíbrio entre a precisão (refletida na amplitude do intervalo de confiança) e a confiabilidade (expressa pelo grau de confiança).

## 6. CONTRIBUIÇÕES E CONCLUSÕES

Certamente a grande contribuição deste trabalho é a captura da tendência da produção em massa e empurrada por parte dos formandos envolvidos com a Construção Civil. É justamente o entendimento dessa tendência, a força geradora de uma estratégia pedagógica capaz de criar um elo interdisciplinar, para promover a transferência de métodos entre as áreas de Engenharia Ambiental e a de Produção, por meio de jogos, simulações e inferências estatísticas.

Essa estratégia de ensino com visão holística e utilizando jogos e simulações facilita o aprendizado por meio da organização de dados com relação ao seu contexto. Para Morin (2002), o conhecimento das informações ou dos dados isolados não é suficiente, é preciso situar as informações e os dados em seu contexto para que adquiram sentido.

Outra importante contribuição deste trabalho diz respeito ao estigma do “estoque zero”, tão difundido como a marca do Pensamento Lean, acredita-se que esta interpretação metafórica da eliminação dos estoques tem servido de entrave no real entendimento da filosofia enxuta. É muito comum que os alunos ao reduzirem os estoque da ordem de 100 para 40, durante as simulações de empurrada para puxada, questionem os resultados: E o estoque zero? A este respeito, Smalley (2004, p.14) em uma própria publicação do Lean Enterprise Institute cita que “[...] não ter um estoque suficiente de materiais pode causar ainda mais perdas em todo o fluxo de valor na forma de esperas, transporte em excesso (urgência) e horas extras e, ainda, de estoques de produtos intermediários”.

Pode-se concluir este trabalho, revelando a extrema importância em mostrar aos Técnicos, Engenheiros e Arquitetos, que a Mentalidade Enxuta é uma excelente arma em prol da sustentabilidade, visto que ela promove as reduções globais dos desperdícios, fazendo com que os empreendimentos utilizem muito menos recurso em suas gestões. Um exemplo vivo, contemporâneo e digno de nota, desse problema, pode ser traduzido pela entrevista do ministro do meio-ambiente da China, Sr. Pan Yue, publicado no Boletim WWI/UMA Digital em 20 de Março de 2005, em que o ministro se diz preocupado com o milagre Chinês, revelando que a China utiliza excesso de matériaprima para sustentar o seu crescimento, ou seja, para produzir bens no valor de US\$ 10 mil, por exemplo, a China necessita de sete vezes mais recursos que o Japão, seis mais do que os Estados Unidos, e quase três vezes mais do que a Índia. Certamente o problema é a falta da Mentalidade Enxuta subsidiando a sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, R. S. - **Princípios do Ecoedifício: Interação entre Ecologia, Consciência e Edifício**. São Paulo: Aquariana, 2001.

CÓ F.A. - **O valor da situação-problema na aprendizagem da produção: criação de um jogo de empresa a partir da obra “A meta” de Goldratt & Cox**. anais do XXIV ENEGEP, 03-05 novembro, Florianópolis 2004.

CORIAT, B. - **Pensar pelo avesso: o modelo japonês de trabalho e organização**. Rio de Janeiro: Revan: UFRJ, 1994.

GOLDRATT, E.; COX, J. - **A Meta: um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: ed. Ampliada, 1993.

HAY, E. - **JUST-IN-TIME: um exame dos novos conceitos de produção**. São Paulo: Maltese - Norma, 1992.

HUGE, E.; ANDERSON, A. - **Guia para excelência de produção: novas estratégias para empresas de classe mundial**. São Paulo: Atlas, 1993.

KOSKELA, L. - **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report n.72, Center for Facility Engineering, Stanford University, 1992.

LORENZ, A. - **“O milagre Chinês terminará em breve”, diz ministro do meio-ambiente do país**. Disponível em: < <http://www.wwiuma.org.br>>. Acesso em: 20 de março de 2005.

LUBBEN, R. - **Just in time: uma estratégia avançada de produção**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1989.

MACEDO, L.; PETTY, A. L.; PASSOS, N. C. - **Aprender com jogos e situações problema**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. - **Léxico Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

MOREIRA M.; BERNARDES S. - **Planejamento e Controle da Produção para empresas de Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MORIN, Edgar. Os sete saberes necessários à educação do futuro. Brasília: UNESCO, 2002.

SMALLEY, A. - **Criando o Sistema Puxado Nivelado**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

TRIGUEIRO, A. - **“Green building ou construção sustentável [...]”**. Mundo Sustentável / rádio CBN. Disponível em [www.cbn.com.br](http://www.cbn.com.br). 20/09/2003.

TRIOLA, M. F. - **Introdução à Estatística**, Rio de Janeiro: LTC, 1999.

TUBINO, D. F. - **Manual de Planejamento e Controle de Produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

TUBINO, D. F. - **Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

## **PULL PRODUCTION AS A PEDAGOGICAL STRATEGY TO IMPROVE THE "SUSTAINABLE THINKING" IN A CIVIL PRODUCTION ENGINEERING**

**Abstract:** *The proposal of this article is to reproduce the game showed in the reference book "The Goal", from "Goldratt & Cox" for the graduating students of the courses related to the Civil Construction industry, intending to create a pedagogical strategy able to capture the purchase and supply tendency from the future professionals, as well as to interfere in this tendency, breaking up the paradigms of the mass production, with its high security stocks, for a pull production, with its minimal stocks enough only for a continuous production. At first, a stratify on the last sessions of the Architecture, Civil Engineering, Civil Production Engineering and Technical Edification Courses is made, to obtain a sample bigger enough to provide a degree of reliance of 95%. Afterwards, a game that accounts the purchase an supply tendency utilizing inference statistic tools is performed. At last, a pedagogical interference on the result of the games is made through the use of simulation, revealing to the future professionals of the Civil Construction the superiority of a pull system over the push system on the site offices. This pedagogical strategy is useful to improve the sustainable thinking on the Civil Construction, since it predispose this professionals to perform the purchase and supply enough only for the work, eliminating the waste related to a bad management of the supply chain.*

**Key-words:** *Pull production, kanban, simulation*