



## **O ENSINO DE LINHA DE BALANÇO E VARIABILIDADE ATRAVÉS DE UM JOGO DIDÁTICO**

**Débora de Gois Santos**

Eng. Civil, MSc, Doutoranda do PPGEP. E-mail: [deborags@eps.ufsc.br](mailto:deborags@eps.ufsc.br)

**Valeska Prada Borges**

Eng. Civil, Mestranda do PPGEC. E-mail: [valeska\\_borges@hotmail.com](mailto:valeska_borges@hotmail.com)

**Renato Lucio Prado**

Eng. Civil, Mestrando do PPGEC. E-mail: [ecvrlp@ecv.ufsc.br](mailto:ecvrlp@ecv.ufsc.br)

**Luiz Fernando M. Heineck**

Eng. Civil, Professor do PPGEP, Ph.D.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Caixa Postal 476, Campus Trindade, Florianópolis, Santa Catarina– CEP 88040-900.

### **RESUMO**

A partir de um jogo didático concebido originalmente para o ensino de medição de produtividade em obra desenvolveu-se um instrumento para o ensino da técnica de programação da Linha de Balanço dentro de um ambiente de variabilidade na produção. O jogo inicial para ensino de medição de produtividade consistia na construção de uma só casa térrea. Agora o grupo de profissionais parte para a construção de um grupo de 10 casas iguais ou então de um prédio com dez andares, subsolo, casa de máquinas e cobertura. O exercício consiste na colagem de peças de cartolina que simbolizam as várias etapas da obra, como estrutura, alvenaria, revestimentos, instalações, portas e janelas, colocação de bandejas salva-vidas, pisos e acabamentos finais. O ambiente de variabilidade na produção é obtido por meio do sorteio de dados que indicam o número de peças que podem ser coladas em cada rodada.

Os profissionais inicialmente jogam sem nenhum planejamento prévio. A Linha de Balanço funciona como modelo gráfico reproduzindo a produção do grupo. Posteriormente os dados e observações obtidas no primeiro exercício são utilizados para fazer o planejamento de uma nova obra. Um exemplo é apresentado onde grupos de profissionais do setor da construção civil realizaram simulação da construção de um edifício de 10 andares, em cerca de 4 horas de trabalho, sendo que cada grupo tinha variabilidade diferente nos dados.

Palavras-chave: jogo didático, Linha de Balanço, planejamento.

### **ABSTRACT**

Based on an educational game created for the teaching of productivity measurements in a construction site, was developed a tool for teaching the Line of Balance within a production variability

environment. The game initially was consisted of one ground floor building, now it is composed of ten ground floor buildings or one ten store building with basement, house machine and roof covering.

The exercise consists in a collage of card pieces that symbolizes the several work stages like: structure, masonry, roof coverings, plumbing and electrical installations, doors and windows, putting lifeguard trays, floors and final finishes. The production variability environment is obtained throughout dices drawing that will indicate the number of pieces that can be glued in each round.

First, the professionals play without any previous planning. The Line of Balance works as graphic model reproducing the group production. After, the dices and observations obtained in first exercise are used to do the planning of a new building. An example is showed where groups of construction professional's carry out a simulation of the ten store building in about four hours and where each group had different variability in their dices.

Keyword: educational game, Balance Line, planning.

## 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho descreve-se um jogo de programação aplicado nas disciplinas de gerenciamento da construção civil para o ensino de medição de produtividade em obra, e posteriormente de construtibilidade e variabilidade, utilizando como instrumento a técnica de programação da Linha de Balanço.

Inicialmente a técnica de Linha de Balanço foi estudada pelo GECON – Laboratório de Gerenciamento da Construção – sob a orientação do prof. Luiz Fernando M. Heineck, no Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), como forma de auxiliar os engenheiros do setor na programação de obras com atividades repetitivas.

A simulação computacional foi um dos recursos utilizados, conforme consta de Coelho *et al.* (1996), para o traçado da Linha de Balanço em trabalhos de grupo, por meio de programas computacionais de uso comum no setor como o *Microsoft Project*, por exemplo, que não foi projetada para este fim. Como também a simulação foi utilizada em programa computacional elaborado por Choo e Tommelein (1999).

Em seguida a este estudo computacional, realizou-se a simulação, em forma de projeto, da Linha de Balanço por intermédio de jogo didático direcionado a execução de obras repetitivas, sejam elas casas ou edifícios. Desta forma, o primeiro jogo didático formulado foi aplicado por Vargas *et al.* (1998b), que simulava a construção de pequenas casas. Participaram desta simulação profissionais da UFSC e da Universidade Estadual de Ponta Grosso (UEPG).

O objetivo do jogo é compor um ambiente real, com barreiras naturais inerentes a este sem, no entanto, resultar em custos elevados para as empresas participantes. Deste modo, as empresas ou grupos de trabalho podem solucionar problemas gerenciais ligados a precedências, nível de estoque ótimo, tempo de preparação (*set up*), tamanho de equipe e vantagens competitivas.

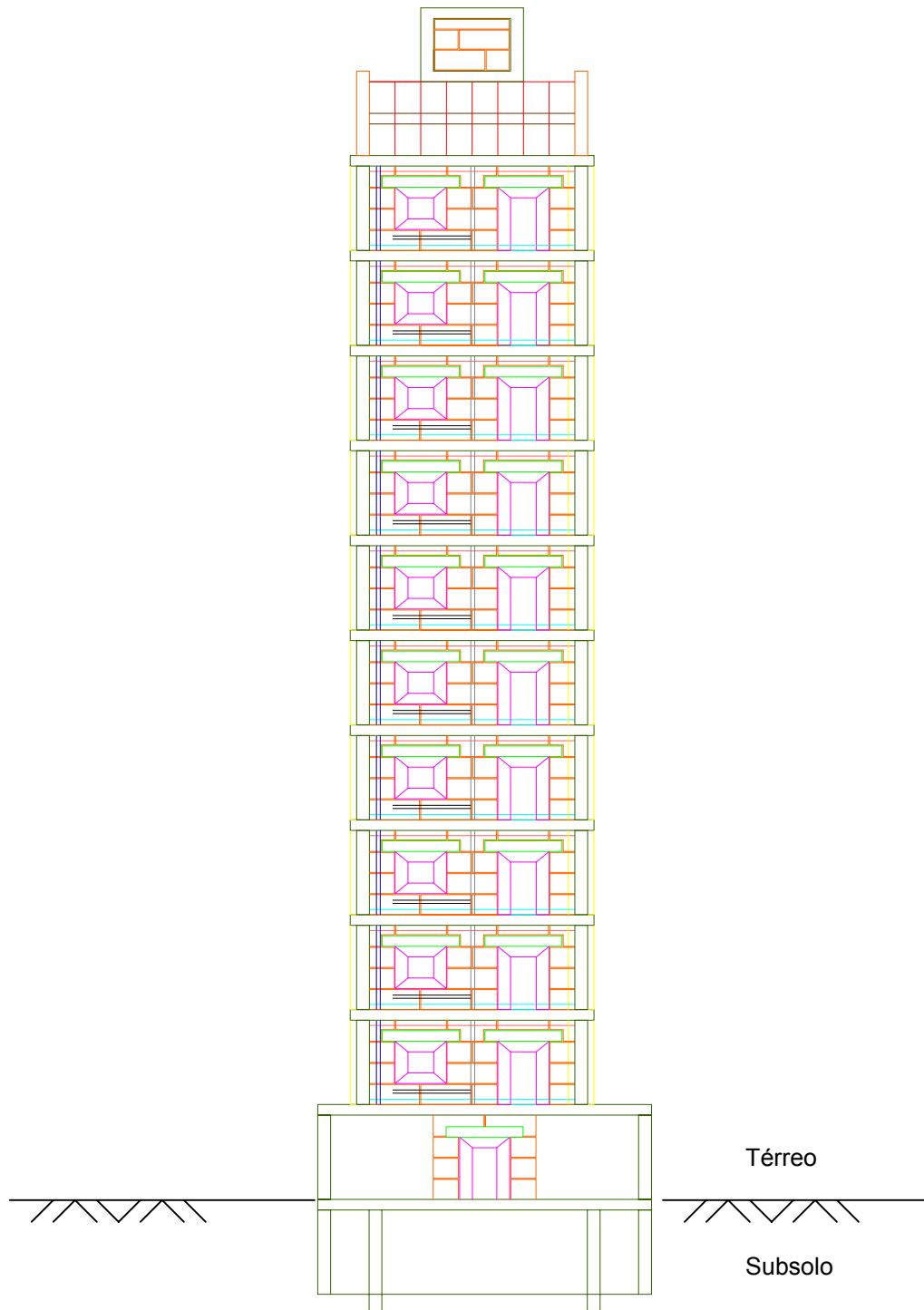
Após o sucesso da simulação inicial com as casinhas Vargas *et al.* (1998a) desenvolveram um modelo de um prédio para aplicação desta técnica, introduzindo novamente todas as variabilidades pertinentes ao ambiente de construção.

Esta simulação foi ainda realizada via internet (Mendes Junior e Vargas, 1998), como forma de difundir a técnica entre os profissionais situados em outros locais do país.

Desta forma, este artigo dá prosseguimento ao desenvolvimento desta técnica, contribuindo para tornar a simulação cada vez mais próxima do ambiente real. Os resultados

apresentados aqui provem da aplicação do jogo em cidades como Florianópolis e Maringá.

A aplicação do jogo didático da programação e execução de um edifício de dez pavimentos (figura 1) permitiu que fosse criado um ambiente de canteiro de obra, simulando situações reais desde a aquisição de materiais até a elaboração da estratégia de produção para se tornar competitivo, onde os concorrentes são os outros grupos que participam do jogo.



**Figura 1: Esboço do edifício simulado.**

O quadro 1 apresenta a legenda do esboço, onde cada cor traçada corresponde a uma parte da estrutura do edifício com uma cor de cartolina diferente.

| Parte                       | Cor no prédio |
|-----------------------------|---------------|
| Estrutura                   | Verde escuro  |
| Verga                       | Verde claro   |
| Alvenaria                   | Tijolo        |
| Forro                       | Salmão        |
| Piso                        | Azul claro    |
| Revestimento externo        | Amarelo       |
| Revestimento interno        | Amarelo       |
| Instalação hidráulica       | Azul escuro   |
| Instalação elétrica 1ª fase | Cinza         |
| Instalação elétrica 2ª fase | Preto         |
| Telhas                      | Vermelho      |
| Madeiramento                | Marrom        |
| Portas e janelas            | Rosa          |
| Vidro                       | Transparente  |
| Pintura                     | Transparente  |

**Quadro 1: Legenda do edifício simulado.**

Como em um ambiente competitivo real as estratégias foram traçadas pelos profissionais para vencer o jogo, deixando de lado muitas vezes a garantia da qualidade e a redução das perdas na elaboração do produto.

No tópico referente a comentários descrevem-se as experiências dos pesquisadores durante a observação da simulação referente à assimilação dos conceitos e elaboração de uma estratégia de produção competitiva. Neste é levado em consideração além da velocidade de produção, a tecnologia utilizada, a qualidade e a variabilidade da produção e a redução de desperdícios ao longo do processo.

## 2. METODOLOGIA

Com o objetivo de sedimentar o conhecimento em Linha de Balanço, seqüência de construção e variabilidade foi simulada a execução de um edifício de 10 pavimentos por meio da colagem de suas partes constituintes em cartolinas coloridas.

Para cada dia programado a equipe jogava dados viciados em três números que funcionavam como valores para a análise de variabilidade na execução da obra. Os dados pretendiam contemplar a variabilidade de trabalho, como os dias de baixa produção, chuvas, intempéries, vésperas de feriado, final ou começo de semana e valores de alta produção.

As ferramentas utilizadas por cada grupo foram: recipiente plástico, dois pincéis, três estiletes, tábua, três régua de acrílico, três tesouras sem ponta, cronômetro, lápis, borracha, papel milimetrado, canetas porosas coloridas e vidro para espalhar a cola. Como material construtivo utilizaram-se cartolinas dupla face de diversas cores.

Neste trabalho são descritas as respostas ao jogo de 33 profissionais participantes da simulação. Os questionamentos são relatados nos itens lições que o jogo permite aprender e sugestões para aperfeiçoar o jogo. Deste modo, foram listadas as principais questões apontadas pelos profissionais que podem contribuir para a aprendizagem dos conceitos gerenciais.

No tópico seguinte são descritas as reações dos profissionais participantes do jogo, para desta forma, contribuir para o aperfeiçoamento do mesmo e disseminar seu uso.

### **3. COMENTÁRIOS**

Após a elaboração da Linha de Balanço, cujo modelo apresenta-se em anexo, e conclusão da colagem do edifício procedeu-se à criação de material escrito, mediante observação da conduta dos profissionais participantes da simulação. Neste se descrevem as lições que o jogo permite aprender e as sugestões para o aperfeiçoamento do mesmo, buscando-se simulá-lo cada vez mais próximo da situação existente em um canteiro de obras real.

#### **3.1. Lições que o jogo permite aprender**

Neste item descrevem-se os pontos observados nas simulações realizadas. São descritos os comportamentos de cada grupo, bem como é apresentada a estratégia adotada por estes. Os pontos encontram-se distribuídos nos itens de compatibilização de projetos, construtibilidade, técnica de Linha de Balanço, estratégia de mercado, trabalho em equipe e estratégia de produção.

##### **Compatibilização**

- A compatibilização de projetos, de instalações e de execução da alvenaria, reduz o desperdício de materiais. Na simulação a ausência desta atitude deve causar penalidades devido à sobreposição de projetos e quebra na interdependência entre processos.

##### **Construtibilidade**

- Este conceito é introduzido no jogo por meio das operações de recorte de peças com formas não convencionais e pela dificuldade de encaixe perfeito no projeto, devido a variações dimensionais na planta e nas peças, pois o xerox muda de tamanho;
- A pré-fabricação das peças introduz no processo velocidade de montagem e eleva a qualidade do mesmo. Deve-se observar, porém, os recursos necessários como elevação de custo e equipamento especial para deslocamentos;
- Outro princípio da construtibilidade é reduzir o número de peças ou partes, isto pode ser conseguido no jogo com a introdução de gabarito ou de protótipo das peças a serem utilizadas para acelerar o processo de produção em série destas, reduzindo o número de operações de ajuste durante a colagem das mesmas.

##### **Técnica da Linha de Balanço**

- A aplicação desta técnica permitiu aos participantes identificar os trabalhos repetitivos em vários ciclos, reforçando sua importância;
- O uso de cronômetro possibilitou o registro do tempo para aplicação das peças, onde se pôde calcular o tempo gasto para a realização de cada atividade e obter, após a conclusão, as informações para formular os próprios índices de execução;
- A variabilidade no ambiente foi introduzida no jogo pelo uso de dados viciados, que determinavam a quantidade de serviço a ser executado.

##### **Estratégia de mercado**

- A competitividade criada entre as equipes concorrentes demonstrou que na realidade todos ganham quando há troca de experiência;

- Na comparação entre as equipes observou-se que o ritmo de trabalho foi acelerado, pois os grupos estabeleceram concorrência para vencer o jogo por tempo de conclusão da obra. Desta forma, os resultados foram o aumento da velocidade de execução das atividades, dados jogados mais rapidamente, como também aumento de velocidade das atividades de cortar e colar as peças.

## **Trabalho em equipe**

- Observa-se que todas as equipes necessitaram de agente gerenciador para orientar nos trabalhos do grupo e, desta forma, aumentar a produtividade, qualidade e economia durante a execução do protótipo. Cabia ao gerente conhecer as necessidades da obra, controlar a execução e antever a falta de material e a má utilização de recursos. A definição de quem vai ser este gerente é importante para evitar erros já no início da programação do edifício;
- Observou-se ainda que a alocação dos operários de acordo com suas habilidades é uma estratégia importante, uma vez respeitada esta habilidade aumentou-se o rendimento do grupo. Isto está relacionado a habilidades inerentes a pessoa. Numa situação real isto pode ser traduzido com o fato do profissional ser um líder nato ou trabalhar melhor sendo comandado;
- Verificou-se a necessidade para a interrupção periódica do trabalho para realizar reuniões de grupo, onde se corrigiam imperfeições no agir e decorrentes de decisões gerenciais equivocadas;
- Deve-se determinar a seqüência em que as atividades serão executadas, bem como identificar a precedência de cada atividade, evitando assim retrabalhos;
- Verificou-se ainda que para a aplicação do jogo deve-se ter inicialmente os objetivos e os critérios bem definidos, ou seja, a concepção do empreendimento traçada, para evitar erros que incidam durante toda a fase de execução da obra;
- Deve-se evitar o afastamento das pessoas da tarefa, ou seja, deslocá-las para um outro posto de trabalho, pois isto leva a quebra de produção, uma vez que o operário, e demais integrantes do novo grupo, necessita de tempo para se adaptar ao ambiente de trabalho.

## **Estratégia de produção**

- Esta é influenciada pelas atitudes dos concorrentes, em que cada grupo procura atingir vantagem competitiva para conquistar ou manter clientes em potencial. Os objetivos centrais da estratégia dos grupos foram a priorização da qualidade final e a redução do desperdício;
- Outra estratégia de produção importante é a organização do trabalho, que age diretamente no ritmo, na qualidade e na harmonia de uma obra;
- O uso de inovações tecnológicas é fator estratégico, onde se deve proceder a análise crítica do processo para determinar sua viabilidade ou não. Como exemplo, pode-se citar o uso de cola de bastão em substituição a cola em tubo que era a fornecida igualmente para os grupos. O uso desta nova ferramenta pode evitar o desperdício de material e acelerar a atividade de colagem, porém é manipulado apenas por um operário por vez, desta forma deve-se avaliar as vantagens e desvantagens de cada inovação que se quer introduzir na obra;
- O armazenamento dos recursos também constitui uma estratégia de produção. Verificou-se que seu aperfeiçoamento pode ser conseguido com separação das peças por local e momento da execução, armazenadas em locais de fácil acesso e que não fiquem distantes de onde serão utilizadas;
- A estratégia de nível de estoque ótimo foi realizada, uma vez que comparando o jogo com uma obra real é preciso manter um nível médio de estoque que atenda ao desembolso de recursos e a necessidade da obra, para evitar que haja um investimento inicial de recursos improdutivo ao processo global.

O item seguinte corresponde a formas de tornar o jogo didático ainda mais próximo da situação real. São sugestões que procuram reproduzir as peculiaridades da construção não como uma desvantagem do setor, mas como uma forma de vencer as barreiras impostas pelo mesmo.

### **3.2. Como aperfeiçoar o jogo**

O jogo pode ser aperfeiçoado mediante observação da atuação dos profissionais durante sua simulação, detectando caminhos de possíveis melhorias listados nos grupos de estratégia para aplicação do jogo, grupos de trabalho, material construtivo e ambiente de trabalho.

#### **Estratégias para aplicação do jogo**

- Aumentar o tempo de preparação, que inicialmente foi de 20 minutos, para que o grupo tenha mais tempo na familiarização com o jogo e na distribuição das funções para cada membro do grupo;
- Determinar como vencedor do jogo, variável que simula a concorrência no setor, o grupo que concluir a obra em menor tempo, mas com garantia da qualidade e com baixo índice de desperdício;
- Registrar as etapas passo a passo, como uma ata ou relatório (diário de obra), a fim de se aproximar da realidade. Este poderia ser feito por um novo integrante da equipe designado para tal fim;
- Levar em consideração o fator de cura do concreto nas estruturas. Esta seria mais uma variável para tornar a simulação mais próxima de uma obra real;
- Estipular previamente o tempo de execução como forma de se manter a mesma pressão de término de uma obra real, sendo que cada equipe deve receber uma penalização por atraso na entrega da obra;
- Estipular ainda um tempo de planejamento de obra e outro para a execução da mesma. Estes tempos seriam distintos para fornecer coerência entre o planejamento (Linha de Balanço) e a execução;
- Incentivar a competição com premiações variáveis para não incorrer em erros de premiar apenas um grupo. Possuir prêmios para construtibilidade, produtividade, qualidade e redução de desperdício de material;
- Utilizar além do edifício para a realização do jogo um condomínio horizontal com 10 unidades ou um conjunto habitacional popular com 100 casas, por exemplo, neste caso a Linha de Balanço teria uma visualização mais contínua;
- Classificar o material desperdiçado de acordo com a sua importância para a obra;
- Introduzir no jogo um item de avaliação chamado tecnologia, entendendo-se como tal tema o uso de equipamentos e processos construtivos inovadores e criativos diferentes do convencional. Os pesos seriam: velocidade 3,5; qualidade 3,0; desperdício 2,0 e tecnologia 1,5;
- Planejar com antecedência a Linha de Balanço;
- Analisar o nível de acabamento do trabalho, com penalizações definidas para trabalhos incompletos (falta de pisos, portas, instalações elétricas), pois uma obra pode ser custosa ou morosa, mas, na sua conclusão, tem que ter condições de uso;
- Realizar análise da produtividade x tempo x desperdício entre as equipes, de forma os dados projetados em gráficos permitam a comparação e avaliação das curvas destas medidas;
- Iniciar debate entre as equipes sobre a aprendizagem no processo de simulação como, por exemplo, como lidar com o fator tempo, com o julgamento final, com o inter-relacionamento do grupo e com a avaliação do grupo por outro.

## **Grupos de trabalho**

- Estipular uma multa (perda de pontos) para a equipe que necessitar de empréstimo de material além da multa existente para o desperdício, pois na obra real quem erra no quantitativo de material, no orçamento, deve pagar do próprio bolso na execução;
- Melhorar a fiscalização das execuções das atividades, pois muitas equipes executaram a obra sem respeitar a seqüência das atividades críticas, como por exemplo: a alvenaria só pode começar a ser executada no primeiro pavimento quando a laje do terceiro pavimento estiver pronta, devido à presença das escoras;
- Realizar duas montagens, uma no início sem qualquer conhecimento de Linha de Balanço por parte do grupo e outra conhecendo a técnica de planejamento. Assim, pode-se proceder a um comparativo de tempo de montagem e verificação do planejamento sem e com técnica adequada. Os tempos de montagem da primeira seriam tomados como parâmetros para a programação e execução da segunda.

## **Material construtivo**

- As equipes devem adquirir os materiais até 1 hora após o início do jogo com uma parcela de desconto pré-definida, sendo permitida no período a devolução dos materiais;
- Os moldes podem ser dimensionados na escala de milímetros para que as peças estejam na mesma escala das juntas. Por exemplo, se o molde fosse de 6mm, 11mm ou 21mm o material teria dimensões de 5mm, 10mm ou 20mm. Esta diferença proporcionaria a compatibilidade entre o projeto e os materiais disponíveis para elaborá-lo, evitando, desta forma, a necessidade de pequenos ajustes no momento de colagem;
- Os grupos devem solicitar os materiais a serem empregados de acordo com o desenrolar das etapas, mediante requisições expedidas pelo gerente. Para cada etapa poderia ser expedida até duas requisições; a terceira seria falta grave com perda de pontos previamente estabelecidos.

## **Ambiente de trabalho**

- Aumentar o número de equipamentos de apoio à produção na sala de aula, como por exemplo: mesas em quantidade e formato adequados para o trabalho, fornecendo melhores condições de produção.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A produtividade do pessoal e a qualidade dos serviços são metas perseguidas com insistência no dia a dia do profissional. O jogo didático procurou treinar os profissionais por meio de um jogo de simulação, reproduzindo o tripé da construção civil utilizado pelas empresas como vantagem competitiva - velocidade, qualidade e desperdício.

De forma geral o jogo permitiu a compreensão dos conceitos transportando-os para uma situação real. Destaca-se inclusive a competitividade como fator estimulante para a conclusão e compreensão dos conceitos, pois as equipes se comportaram como se fossem empresas reais, mudando suas estratégias em função das praticadas pelos concorrentes em posição mais vantajosa. Os grupos procuraram elevar a qualidade e a velocidade de produção e reduzir o desperdício para se tornarem mais competitivos.

Observou-se que os profissionais não apenas assimilaram os conceitos como também colaboraram para as futuras aplicações do jogo.



## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA

CHOO, H. J., TOMMELEIN, I. D. **Parade of trades:** a game for understanding variability and dependence. Construction Engineering and Management Program, Civil and Environmental Engineering Department, University of California, Berkeley, CA, September, 1999. 4p.

COELHO, R. Q., VARGAS, C. L. S., HEINECK, L. F. M. Simulando a técnica da Linha de Balanço com os recursos de programa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., 1996. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 1996, 8p.

MENDES JUNIOR, R., VARGAS, C. L. S. Jogo de Programação da Construção na Internet. Manual do jogador: Linha de Balanço. Jogo de programação da construção de edifícios. **[online] Disponível na Internet via www. URL:<http://www.eps.ufsc.br/~gecon/cursos/PCO98/jogo/>.** Arquivo capturado em 07/05/1998 11:54AM.

VARGAS, C. L. S., *et al.* Avaliação de produtividade e de perdas na construção civil – simulação utilizando modelo reduzido para demonstrar as vantagens do uso da Linha de Balanço na programação da obra e de inovações tecnológicas no canteiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VII, 1998a. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998a, v. 2, p.159-168.

VARGAS, C. L. S., *et al.* Programação e controle de atividades repetitivas na execução de obras com modelo reduzido utilizando a técnica da Linha de Balanço. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998b. Niterói. **Anais...** Niterói, 1998b, 8p.

