



## ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

### APRENDIZADO DA TÉCNICA DE PROGRAMAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO POR MEIO DE JOGOS DIDÁTICOS

**Marcelo D. Depexe (1); Juliana Bonacorso Dorneles (2); Sérgio L. Kemmer (3); João Paulo Silveira (4); Débora de Gois Santos (5); Luiz Fernando M. Heineck (6)**

(1) Mestrando do PPGEP – UFSC – e-mail: marcelodepexe@yahoo.com.br

(2) Mestranda do PPGEC – UFSC – e-mail: jubd@hotmail.com

(3) Mestrando do PPGEC – UFSC – e-mail: kemmer@ecv.ufsc.br

(4) Mestrando do PPGEC – UFSC – e-mail: joaopaulos@yahoo.com.br

(5) Dra, Professora na UFS – e-mail: deboragois@yahoo.com.br

(6) Ph.D., Professor do PPGEP – UFSC – e-mail: heineck@eps.ufsc.br

### RESUMO

**Proposta:** Simulações e jogos didáticos têm sido utilizados com o objetivo de facilitar a aquisição de conhecimento em sala de aula e incentivar a participação ativa dos alunos, de modo a melhorar a eficiência do aprendizado. **Método de pesquisa/Abordagens:** O presente trabalho utiliza jogos em equipe para a execução de um conjunto de 16 casas. Primeiramente, elaborou-se a programação da montagem segundo a técnica da linha de balanço. Para isso, determinou-se o tempo médio gasto para a montagem de cada peça e calculou-se o tempo para cada serviço da construção, por meio de medições experimentais. Em seguida, executou-se a montagem destas casas conforme a programação elaborada. **Resultados:** Como resultado, é importante salientar o aprendizado obtido com este tipo de jogo, pois fica evidenciada a importância de um planejamento prévio das atividades e das possibilidades de atuação do gerente da obra com base no plano gerado. **Contribuições/Originalidade:** Observa-se que o método de ensino por meio de simulações e jogos em equipe facilita a compreensão dos conceitos apresentados.

Palavras-chave: simulação; linha de balanço; aprendizado.

### ABSTRACT

**Propose:** Simulations and didactic games have been used with the objective to facilitate the knowledge acquisition in classroom and stimulate the active participation of the students, in order to improve the learning efficiency. **Methods:** The present paper uses team games for the execution of a group of 16 houses. Firstly, the assembly schedule was elaborated with the line of balance technique. For this, was determined the mean time spend to assembly each peace and was calculated the time for each stage of the construction, by means of the experimental measurements. In sequence, this houses was assembled conform the elaborated schedule. **Findings:** As results, is important to stand out the obtained learning with this type of game, because it becomes evident the importance of an activity lookahead planning and of the possibilities of a site manager performing based on the generated plan. **Originality/value:** It is observed that the method of education by means of simulation and games in team facilitates the understanding of the presented concepts.

Keywords: simulation; line of balance; learning.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de jogos e simulações é um método alternativo de ensino que pode tornar o aprendizado mais eficaz por meio da relação entre conhecimento e prática, sem os riscos de falha das situações reais. As simulações têm sido utilizadas para auxiliar a educação em diversas universidades e indústrias (SMEDS, 2003). Entretanto, como ressaltam Doyle e Brown (2000), os jogos não devem ser utilizados como única forma de ensino, mas sim como complemento e reforço das lições.

Rauch-Geelhaar, Jenke e Thurnes (2003) avaliam a utilização de jogos e simulações como instrumentos de auxílio no treinamento industrial, de modo a formar as competências necessárias onde o conhecimento atual não é suficiente. Assim, tais ferramentas de treinamento devem ser adaptadas de acordo com a demanda específica de conhecimento. Os autores salientam que apenas a combinação de diferentes formas de ensino, métodos e ferramentas é que possibilita a aquisição de competências.

O uso de jogos permite que os estudantes utilizem seus conhecimentos e teorias já aprendidas em situações que simulam a realidade, de modo a proporcionar um equilíbrio entre teoria e prática. A dinâmica dos jogos proporciona um maior envolvimento nos processos de ensino e treinamento, além de criar um aprendizado ativo e um ambiente educacional centrado no aluno (RUOHOMAAKI, 1995 *apud* SUN, 1998). Os jogos e simulações são considerados ferramentas pedagógicas eficientes para o ensino, pois permitem explorar estratégias alternativas e suas consequências, em um ambiente seguro e próximo do real, afirmam Walters, Coalter e Rasheed (1997), que avaliam o desempenho de 80 alunos em um jogo da área de administração de empresas.

Os jogos são amplamente utilizados com objetivos educacionais, nas mais diversas áreas do conhecimento. Existem muitas aplicações voltadas para o ambiente administrativo, com jogos que abordam questões relativas à gestão de negócios, conforme Faria (2001) e Faria e Wellington (2004). Já Zantow, Knowlton e Sharp (2005) abordam a utilização de simulações na área de gestão estratégica das empresas. De acordo com Fripp (1994), o uso de simulações é indicado para o treinamento de gerentes e executivos, que normalmente estão mais acostumados a agir de maneira passiva, como geralmente ocorre em aulas expositivas.

Burns e Mills (1997) relatam a utilização de simulações com Lego System® em sala de aula, com o objetivo de auxiliar o ensino de conceitos relativos à contabilidade. Para isso, é realizada a simulação de uma linha de montagem de um veículo espacial. Através das simulações, os alunos podem integrar a contabilidade com conceitos de marketing, engenharia, compras e produção. Além disso, os estudantes aprendem termos e conceitos relacionados a custos, orçamento, custos da qualidade, *just-in-time*, custeio baseado em processos e tomada de decisões.

Cano e Sáenz (2003) descrevem um laboratório de simulação de gestão de projetos, no qual procura-se estudar mecanismos de aquisição de conhecimento no ambiente de gestão de projetos. Os autores apresentam dois jogos computacionais, a partir dos quais analisam o impacto de fatores situacionais e motivação no aprendizado. Os jogos expõem os alunos a situações de planejamento do projeto e desenvolvimento do projeto.

O setor da construção civil também apresenta exemplos da utilização de jogos e simulações para ensino e treinamento. Vanhoucke, Vereecke e Gemmel (2005) apresentam um jogo desenvolvido na Bélgica, denominado *Project Scheduling Game*, que simula o planejamento, execução e controle de um projeto real, de modo a auxiliar no treinamento de gerentes de projeto. O jogo aborda as variáveis tempo e custo, de modo que o participante deve elaborar a programação da melhor maneira possível, ou seja, cumprir os prazos dentro do orçamento previsto, com o menor custo possível.

Nassar (2003) apresenta o jogo C<sup>3</sup>M - *Construction Contracts in a Competitive Market*, que simula uma situação de concorrência e permite ao usuário a utilização de diferentes estratégias. O jogo foi desenvolvido nos Estados Unidos para auxiliar no ensino de disciplinas relacionadas à gestão da construção, custos e orçamento. Entretanto, o jogo também pode ser utilizado para treinamento profissional. O ambiente competitivo é vivenciado no jogo, uma vez que permite que quatro equipes

participem da simulação, onde as equipes atuam como se fossem empresas em busca de contratos. Deste modo, são abordados diversos aspectos relativos ao mercado, licitações, elaboração de orçamentos e tomada de decisões.

No Brasil existem alguns trabalhos que relatam a utilização de jogos e simulações como instrumento de ensino em cursos de graduação e pós-graduação em engenharia civil. Como exemplo, pode-se citar Santos *et al.* (2002), que apresentam um jogo para ensino da linha de balanço e do conceito de variabilidade, mediante a montagem de um edifício de papel. Já Saffaro *et al.* (2003) apresentam uma discussão de princípios da construção enxuta a partir da realização da montagem de casas com o jogo Lego System®.

O presente trabalho se insere nesta linha de pesquisa, uma vez que apresenta um jogo de montar para auxiliar o processo de aprendizado de alunos a respeito da técnica de programação da linha de balanço, conforme é relatado a seguir.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de um jogo didático como instrumento de aprendizagem da técnica de programação da linha de balanço, a partir da construção de 16 casas e do controle do processo de produção ao longo do empreendimento.

## **3. MÉTODO DE ESTUDO**

Este trabalho procura oferecer aos alunos uma possibilidade de aprendizado diferente das tradicionais aulas expositivas, na qual o educador ensina aos seus alunos determinados conteúdos. A aprendizagem por meio de jogos permite um maior envolvimento, devido à busca da aprendizagem competitiva e ao mesmo tempo cooperativa. Deste modo, esta forma de ensino retira o foco do professor e direciona as atenções para o trabalho em equipe.

A atividade apresentada diz respeito ao ensino da técnica de programação da linha de balanço, intermédio do jogo desenvolvido ao longo das aulas de planejamento da produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Procurou-se facilitar a aprendizagem e assimilação de conceitos relacionados à utilização da técnica de linha de balanço a partir de um jogo com peças de montar Lego System®. Para isso, os alunos realizam todas as etapas necessárias à programação real, tais como a determinação valor dos índices de produtividade, o cálculo das durações das atividades, a programação da obra e o controle da execução conforme a programação realizada.

Os participantes do jogo puderam observar conceitos e variáveis ligadas à aplicação da linha de balanço, tais como o balanceamento dos ritmos de produção das diversas etapas da obra, fluxo contínuo de atividades, repetição de tarefas, reaproveitamento de equipes, polivalência de atuação dos operários, transparência na transmissão das informações, antecipação de decisões relacionadas ao desenvolvimento do empreendimento e visão sistêmica da produção. O próximo item descreve a experiência realizada com mais detalhes.

## **4. JOGO DE MONTAGEM DE CASAS**

O jogo aqui apresentado é composto pela montagem de 16 casas feitas com peças de Lego System® baseada em uma programação realizada segundo a técnica da linha de balanço. A figura 1 ilustra uma das casas montadas. A primeira etapa consiste do levantamento das durações de cada atividade e cálculo do tempo médio para a montagem de cada peça. A seguir, realiza-se a programação da execução das casas e, em seguida, procedem-se a montagem das mesmas e o controle do processo produtivo, de acordo com a programação realizada. Essas etapas são descritas mais detalhadamente a seguir.



**Figura 1 – Modelo da casa montada**

#### **4.1 Levantamento das durações das atividades**

Para traçar a linha de balanço necessita-se, inicialmente, do valor dos índices de produtividade de todas as etapas envolvidas na construção. Tais índices foram obtidos da seguinte forma:

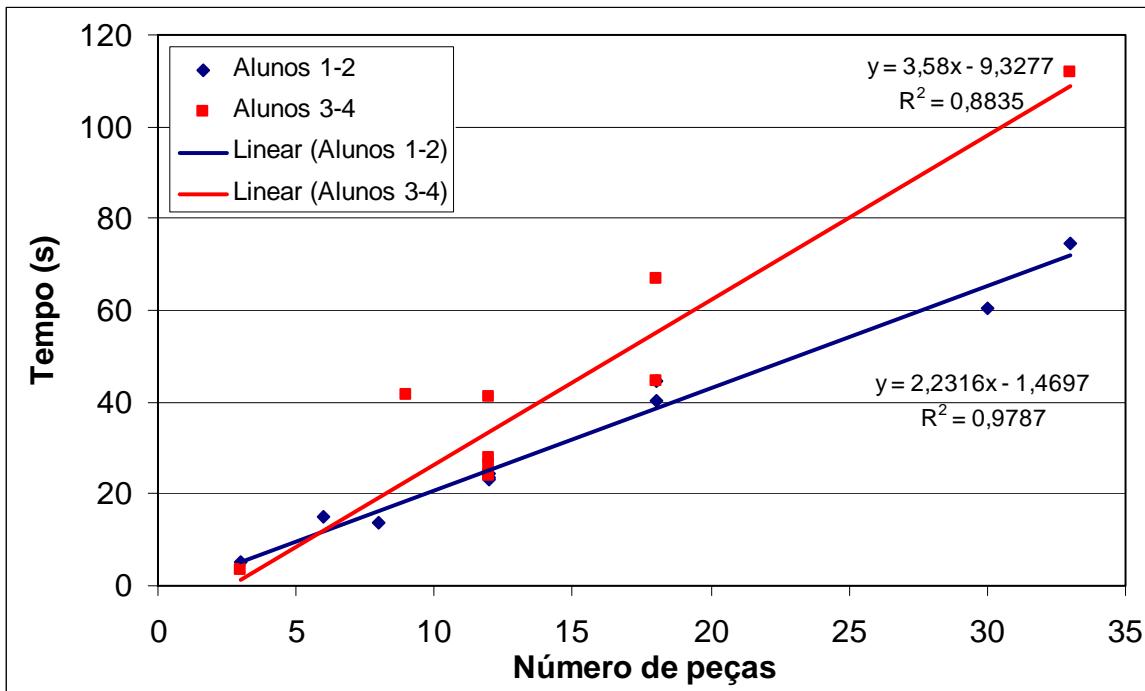
- Quantificação do número de peças por serviço a ser realizado de acordo com cada tipo de casa;
- Obtenção do tempo necessário para cada aluno montar as diversas etapas, em três casas;
- Cálculo das médias por dupla de alunos, já que cada dupla montou um tipo de casa, que por sua vez possuía número de peças ligeiramente diferente;
- A partir das médias das duplas, calculou-se o tempo médio de montagem por peça para cada dupla em separado;
- Finalmente, a partir do tempo médio de montagem das peças obtido por cada dupla, calculou-se o tempo médio por peça.

A tabela 1 mostra a seqüência dos cálculos realizados e as atividades componentes da simulação, para uma unidade de repetição. Já a figura 2 explicita as diferenças nas médias obtidas entre as equipes.

**Tabela 1 – Resultado do levantamento da duração das atividades**

Serviço	Nº de peças para 03 casas		Tempo (s)				Média do Tempo dos Alunos (s)		Tempo/Peça Alunos [s/un.]		Média Tempo/Piece [s/un.]
	Alunos 1 e 2 [un.]	Alunos 3 e 4 [un.]	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	1-2	3-4	Alunos 1-2	Alunos 3-4	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)=[(4)+(5)]/2	(9)=[(6)+(7)]/2	(10)=(8)/(2)	(11)=(9)/2	(12)=[(10)+(11)]/2
Base	3	3	4	6	3	4	5,00	3,50	1,67	1,17	1,42
Alicerce Principal	12	12	19	28	24	24	23,50	24,00	1,96	2,00	1,98
Alicerce Lateral	6	12	20	10	31	25	15,00	28,00	2,50	2,33	2,42
Alvenaria Principal	33	33	66	83	130	94	74,50	112,00	2,26	3,39	2,83
Alvenaria Lateral	30	9	50	71	48	35	60,50	41,50	2,02	4,61	3,31
Cinta Principal	12	12	25	24	31	21	24,50	26,00	2,04	2,17	2,10
Cinta Lateral	8	12	16	11	26	22	13,50	24,00	1,69	2,00	1,84
Laje de forro	12	12	23	23	44	38	23,00	41,00	1,92	3,42	2,67
Telhado	18	18	40	49	65	69	44,50	67,00	2,47	3,72	3,10
Cercas	18	18	40	41	43	46	40,50	44,50	2,25	2,47	2,36
										Média	2,40
										Desvio-padrão	0,59

Nota-se que a média encontrada nos cálculos foi de 2,4 segundos por peça. No entanto a média final por peça adotada foi de 3 segundos, pois se procurou arredondar o valor para um número inteiro. Este arredondamento majorou a média encontrada em 25 por cento. Deste modo, obtém-se certa folga necessária, pois como se observa na tabela 1, os valores apresentam grande variação. Uma vez que o desvio-padrão é de 0,59, é conveniente adotar o valor de 3 segundos por peça, de modo a cobrir a variabilidade dos tempos de produção para as diferentes etapas construtivas. Observa-se ainda na tabela 1, colunas (10) e (11), que os alunos 1 e 2 apresentam um desempenho mais uniforme em relação aos alunos 3 e 4, o que indica que há uma boa variação de produtividade entre diferentes indivíduos.



**Figura 2 – Número de peças x Tempo**

#### 4.2 Programação da obra

Com o valor médio por peça pode-se determinar o tempo de montagem de cada serviço. Com base nestes tempos, realizou-se a programação de execução das casas, com o auxílio da linha de balanço.

Para a execução do empreendimento, disponibilizaram-se cinco alunos, que foram alocados nos diversos serviços, segundo a representatividade destes em função de seu tempo de execução. Como a alvenaria necessitava de 33 segundos para ser executada, determinou-se que dois alunos trabalhariam neste serviço. Por outro lado, aqueles alunos que executavam serviços menos demorados eram, após finalizarem suas tarefas, deslocados para outras frentes de trabalho, uma vez que estavam treinados em mais de uma função.

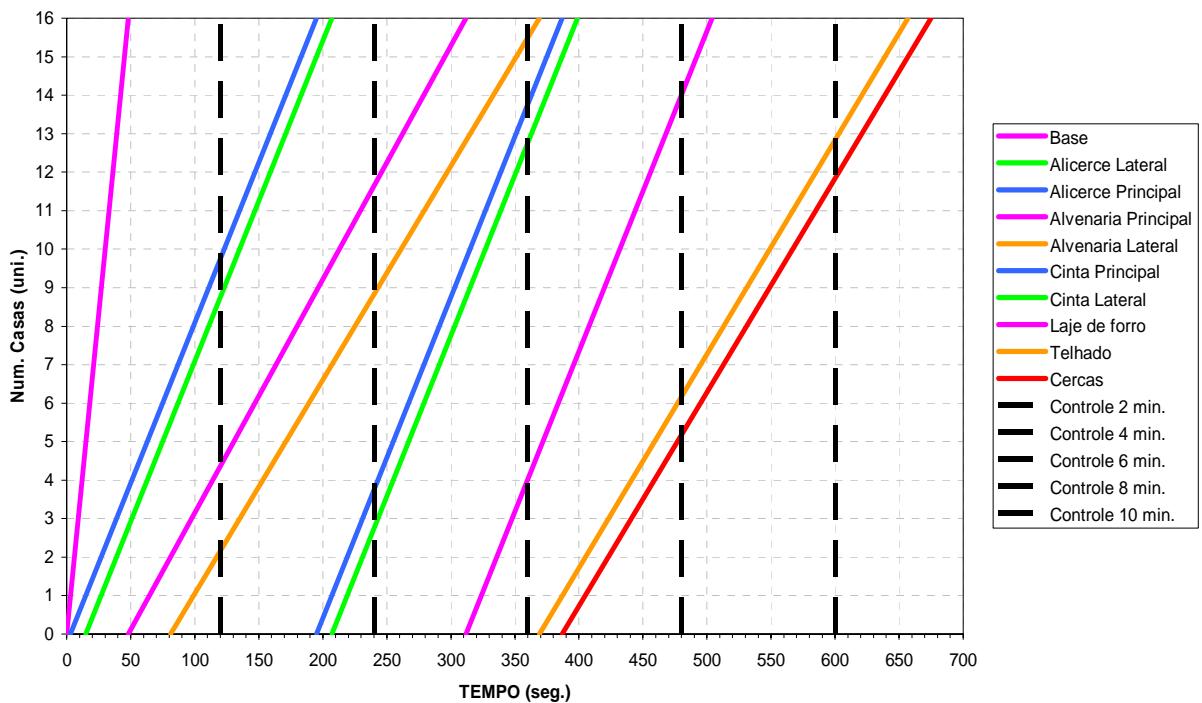
A tabela 2 apresenta a planilha com a divisão dos serviços e equipes responsáveis, bem como o tempo de início de cada atividade e o tempo acumulado das atividades. Na coluna (3) desta tabela, a equação  $(3) = 3 * (2)$  multiplica o número de peças de cada etapa por 3 segundos, que é o tempo médio adotado para cada peça. A figura 3, por sua vez, apresenta a programação da obra em linha de balanço e os marcos de controles, estipulados a cada dois minutos. Cada aluno foi representado pro uma cor, que está igualmente na figura 3, de acordo com o serviço que ele desempenha na montagem.

**Tabela 2 – Divisão dos serviços e equipes responsáveis**

Serviço	Nº de peças por casa	Tempo total [s]	Tamanho da equipe	Equipes	Tempo de início da atividade [s]	Tempo acumulado da atividade [s]
(1)	(2)	(3)=3s*(2)	(4)	(5)	(6)	(7)
Base	1	3	1	Aluno 1	0	48
Alicerce Principal	4	12	1	Aluno 2	3	195
Alicerce Lateral	4	12	1	Aluno 3	15	207
Alvenaria Principal	11	33	2	Alunos 1 e 4	48	312
Alvenaria Lateral	6	18	1	Aluno 5	81	369
Cinta Principal	4	12	1	Aluno 2	195	387
Cinta Lateral	4	12	1	Aluno 3	207	399
Laje de forro	4	12	1	Aluno 1	312	504
Telhado	6	18	1	Aluno 5	369	657
Cercas	6	18	1	Aluno 4	387	675

Algumas considerações se mostram importantes para a compreensão do planejamento efetuado. O item alvenaria que poderia, teoricamente, ser iniciado no tempo 27, haja vista que neste momento havia frente para início da primeira alvenaria, foi começado no tempo 48, pois se decidiu previamente que os dois responsáveis pela execução deste serviço iniciariam simultaneamente e um destes alunos estava finalizando a primeira etapa do processo (Aluno 1), ou seja, a base.

O serviço cinta principal também teve seu início atrasado, pois além desta atividade possuir um ritmo maior que sua predecessora (alvenaria lateral), o aluno responsável por sua execução estava envolvido em outra tarefa, ou seja, o alicerce principal. Para definir o quanto esta atividade seria atrasada, observou-se o tempo final da última alvenaria lateral. O mesmo procedimento foi adotado para o início do telhado que dependia do trabalho do Aluno 5, também responsável pela alvenaria lateral.



**Figura 3 – Linha de balanço da programação da obra**

Nota-se, através da planilha (tabela 2) e gráfico de linha de balanço (figura 3), que atrasos podem ser causados por duas razões: insuficiência de operários e ritmos conflitantes. Estas informações foram examinadas com antecedência pelos participantes do jogo, no intuito de dar maior confiabilidade ao planejamento realizado.

A utilização da linha de balanço na programação do jogo das casas possibilitou que a execução do empreendimento fosse controlada ao longo de sua duração. Foram adotados marcos de controle a cada dois minutos, com o qual se observava o desempenho real em relação ao estabelecido na linha de balanço. As informações possibilitaram às equipes redirecionar seus ritmos e atuar de forma pró-ativa na execução das casas, a fim de atingir a meta fixada.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o relato de uma experiência na qual se utiliza um jogo para complementar o processo de aprendizado em sala de aula. A partir do jogo realizado, os alunos puderam compreender melhor as características da técnica da linha de balanço, bem como os procedimentos para realizar a programação de maneira adequada. Deve-se ressaltar a transparéncia das informações conseguida por meio do emprego da linha de balanço, como também a possibilidade de balanceamento dos ritmos de produção das etapas da obra no intuito de se promover um fluxo contínuo das atividades.

É importante salientar também o aprendizado conseguido com este tipo de jogo, pois fica clara a importância de um planejamento prévio das atividades e das possibilidades de atuação do gerente, durante o processo, com base no plano gerado. Isso se deve ao fato de que os alunos realizaram a programação e posteriormente acompanharam a execução das casas conforme o planejado. Percebe-se que realizar o jogo baseado em uma programação prévia permite aos participantes controlar seu desempenho e mudar seus ritmos, caso seja necessário. A linha de balanço é importante neste controle, pois fornece informações relevantes ao gerente do processo produtivo. Tal experiência só pode ser realizada dentro de um pequeno espaço de tempo por meio de uma simulação.

Observa-se que a prática proporcionada pela simulação permite aos alunos uma melhor assimilação dos conceitos apresentados em aula. Além disso, a utilização da simulação como instrumento de apoio ao ensino gera um maior interesse e envolvimento por parte dos alunos em relação aos assuntos apresentados em sala de aula. A dinâmica envolvida neste tipo de jogo torna o aprendizado muito mais interessante para os alunos do que as aulas meramente expositivas. Isso ocorre porque o aluno tem total envolvimento com o assunto abordado, uma vez que as simulações permitem a prática da tomada de decisão, de análise de problemas e de controle de resultados.

Outros aspectos a serem ressaltados são a interatividade com o meio, no qual o participante faz parte do processo, bem como o fator da competitividade aliada a cooperatividade proporcionada pelo jogo, que tornam a experiência mais interessante do ponto de vista do aluno. Os jogos e simulações podem contribuir para fortalecer o trabalho em equipe, melhorar a comunicação entre os indivíduos e aprimorar a visão de conjunto. Deste modo, procura-se contribuir para as atividades de ensino de engenharia, de modo a proporcionar formas mais eficazes de aprendizado aos alunos de graduação e pós-graduação. Neste sentido, a simulação apresentada colabora para a desmistificação quanto ao uso de ferramentas gerenciais no ambiente da construção civil.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURNS, Cathleen S.; MILLS, Sherry K. Bringing the factory to the classroom. **Journal of Accountancy**, v. 183, n. 1, p. 56-60, 1997.
- CANO, Juan L.; SÁENZ, María J. Project management simulation laboratory: experimental learning and knowledge acquisition. **Production Planning & Control**, v. 14, n. 2, p. 166-173, 2003.
- DOYLE, Declan.; BROWN, F. William. Using a business simulation to teach applied skills - the benefits and the challenges of using student teams from multiple countries. **Journal of European Industrial Training**, v. 24, n. 6, p. 330-336, 2000.
- FARIA, A. J. The changing nature of business simulation/gaming research: a brief history. **Simulation & Gaming**, v. 32, n. 1, p. 97-110, 2001.
- FARIA, A. J.; WELLINGTON, W. J. A survey of simulation game users, former-users, and never-users. **Simulation & Gaming**, v. 35, n. 2, p. 178-207, 2004.
- FRIPP, John. Why use business simulations? **Executive Development**, v. 7, n. 1, p. 29-32, 1994.
- NASSAR, Khaled. Construction contracts in a competitive market: C<sup>3</sup>M, a simulation game. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 10, n. 3, p. 172-178, 2003.
- RAUCH-GEELHAAR, C.; JENKE, K.; THURNES, C. M. Gaming in industrial management – quality and competence in advanced training. **Production Planning & Control**, v. 14, n. 2, p. 155-165, 2003.
- SAFFARO, Fernanda Aranha; BRESSIANI, Lucia; SANTOS, Débora de Góis; HEINECK, Luiz Fernando. Discussão de princípios da lean production através de um jogo didático. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, 2003, São Carlos, **Anais...** São Carlos – SP, 2003, 10 p.
- SANTOS, Débora de Góis; BORGES, Valeska Prada; PRADO, Renato Lucio; HEINECK, Luiz Fernando M. O ensino de linha de balanço e variabilidade através de um jogo didático. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IX, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu – PR, 2002, p. 767-776.
- SMEDS, R. Simulation for accelerated learning and development in industrial management. **Production Planning & Control**, v. 14, n. 2, p. 107-110, 2003.
- SUN, Hongyi. A game for the education and training of production/operations management. **Education + Training**, v. 40, n. 9, p. 411-416, 1998.

VANHOUCKE, Mario; VEREECKE, Ann; GEMMEL, Paul. The Project Scheduling Game (PSG): simulating time/cost trade-offs in projects. **Project Management Journal**, v. 36, n. 1, p. 51-59, 2005.

WALTERS, Bruce A.; COALTER, Terry M.; RASHEED, Abdul M. A. Simulation games in business policy courses: is there value for students? **Journal of Education for Business**, v. 72, n. 3, p. 170-174, 1997.

ZANTOW, Kenneth; KNOWLTON, Dave S.; SHARP, David C. More than fun and games: reconsidering the virtues of strategic management simulations. **Academy of Management Learning & Education**, v. 4, n. 4, p. 451-458, 2005.

## 7. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil.