

JOGO DE PROGRAMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS NA INTERNET

Ricardo Mendes Jr – mendesjr@cesec.ufpr.br

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil
Centro de Estudos de Engenharia Civil “Prof. Inaldo Ayres Vieira”
Centro Politécnico, C. P. 19011, Jd. das Américas, Curitiba, PR

***Resumo.** - O artigo descreve um jogo de gerenciamento da construção de edifícios de múltiplos pavimentos. O jogo é orientado para o ensino de programação de operações com o uso da técnica de linha de balanço. O ambiente simulado do jogo procura confrontar o jogador com situações similares às encontradas no canteiro de obras. Suas decisões envolvem a definição das equipes de trabalho, a contratação ou demissão de pessoal na obra, quais operações devem ser iniciadas, e as solicitações de materiais. A simulação da execução do edifício é descrita em termos de parâmetros de produção e financeiros. O jogo possui um simulador discreto que aplica aleatoriamente variações nestes parâmetros e também introduz eventos não programados. O objetivo do jogo é concluir a obra com o menor custo e a maior eficiência na utilização dos recursos humanos. O jogo é jogado pela Internet com intervenção de um animador ou não. O ambiente simulado pode ser utilizado também no ensino continuado pois a experiência prática do engenheiro pode ser aplicada no jogo facilitando o seu entendimento do conteúdo didático em desenvolvimento.*

***Palavras-chave:** Planejamento, Internet, Jogo, Simulação, Linha de Balanço*

1. INTRODUÇÃO

A idéia de jogos e realizar jogos como ferramenta de treinamento é tão antiga quanto a idéia de competição. Jogos de gerenciamento são bastante úteis no ensino de engenheiros construtores. A construção pela sua natureza é altamente complexa requerendo a regência de um grande número de elementos. A natureza única das obras de construção faz com que a cada novo projeto os problemas presentes sejam novos e diferentes. Além disso, o contexto da construção está constantemente em mudança devido a fatores externos. Por causa desta natureza de “fabricar sob encomenda” da indústria da construção e o papel das variações estocásticas dos fatores de influência no desenvolvimento do projeto, o maior ativo da empresa é a “experiência”. Assim o uso de jogos no campo da construção é particularmente relevante.

O uso de jogos e simuladores implementado nas atividades de ensino de construção pode trazer para a sala de aula situações somente encontradas nas obras. Por meio da análise dos

resultados das decisões tomadas nos jogos pode-se perceber a tentativa do aluno em associar o conhecimento adquirido nas aulas com a prática de campo (Saldanha, 1991). O desenvolvimento de jogos baseados em simuladores que reproduzam em sala de aula o ambiente de variações da construção propicia o treinamento em situações encontradas na prática, tais como: problemas com as atividades de fluxo de produção (Tommelein, 1997), tempos improdutivos, incertezas nos suprimentos, falta de seqüência de produção, falta de informações, estoques inadequados, e as dificuldades enfrentadas no planejamento e controle das obras (Koskela, 1992). Esses simuladores e/ou jogos para o treinamento de alunos de construção civil tiveram seu desenvolvimento acelerado na década de 70, com simuladores como o Constructo (Halpin, 1976) e Scheduling game (Scott, 1973).

Atualmente com o desenvolvimento da tecnologia da informação para a Internet os benefícios deste tipo de treinamento podem se estender além das salas de aula através do uso da rede World Wide Web (WWW ou simplesmente Web).

2. JOGO ORIENTADO PARA A PROGRAMAÇÃO

Um jogo de gerenciamento da construção orientado para a programação foi desenvolvido para trazer aos participantes a oportunidade de desenvolver os conceitos de seu próprio modelo de ação frente ao problema de programação de operações ao longo da construção de edifícios de múltiplos pavimentos. Isto é realizado confrontando-o com situações no ambiente simulado similares às encontradas no canteiro de obras. Com certeza há um grau de artificialidade separando o mundo real do ambiente simulado. Entretanto as dificuldades básicas enfrentadas pelo engenheiro na realidade e o jogador são as mesmas. A dificuldade está em prever em qual direção a situação irá caminhar e então decisões corretas. As decisões corretas devem ser baseadas na avaliação da possível resposta do “simulador” às decisões possíveis de serem tomadas. Um sentimento para esta dinâmica pode ser desenvolvido no ambiente proporcionado por um jogo orientado para a programação. O conhecimento prático do participante - proveniente da experiência no mundo real - pode ser utilizado com algum sucesso também no ambiente simulado pois as condições são as mais próximas possíveis da realidade. Desta forma tanto o engenheiro sem experiência pode iniciar-se no conhecimento prático do gerenciamento de uma obra deste tipo, quanto o engenheiro experiente pode aprender novos conceitos de gerenciamento de operações.

O objetivo do treinamento realizado por meio do jogo é o desenvolvimento por parte do participante de uma técnica de programação das operações para aplicação prática em obras de construção de edifícios de múltiplos pavimentos. Este objetivo é atingido com atividades didáticas convencionais - conteúdo teórico e exercícios de aplicação - e a aplicação dos conceitos adquiridos para a realização do jogo. Visto que o ambiente de desenvolvimento do jogo é a Web, as atividades convencionais também estão sendo transferidas para a rede, com as necessárias mudanças conceituais e operacionais dos meios de aprendizado.

O jogo confronta o participante com uma simulação da execução do edifício descrita em termos de parâmetros de produção e financeiros e o coloca na posição de encarregado pela construção. Suas decisões envolvem a definição das equipes de trabalho, a contratação ou demissão de pessoal na obra, e quais operações devem ser iniciadas. Uma vez iniciada uma operação esta irá ser executada ao longo de todos os pavimentos. As jogadas correspondem a períodos de dois ou três meses, dependendo do prazo de entrega da obra. Durante a execução de uma operação o jogador pode interrompê-la, designando temporariamente suas equipes para outra operação ou modificar a composição da equipe (incluindo ou retirando empregados). O objetivo do jogo é concluir a obra com o menor custo e a maior eficiência. O jogador que não concluir a obra no prazo já está desclassificado. Nesta primeira versão é

simulado apenas o custo de pessoal e de uma forma simplificada os custos indiretos do canteiro.

A eficiência é medida em termos de utilização dos recursos humanos. Restrições técnicas são impostas aos jogadores não permitindo que em determinado pavimento uma operação seja iniciada sem que todas as outras necessárias estejam concluídas. Uma rede de precedências é adotada para o projeto para verificação destas restrições num pavimento ou em outros locais da obra. Outra restrição diz respeito ao espaço ocupado pelas equipes num mesmo pavimento. Há uma limitação imposta no simulador em termos de número máximo de empregados trabalhando ao mesmo tempo num pavimento. Se estas condições não forem satisfeitas as equipes permanecem paradas, gerando a ociosidade, ou seja desperdício. A produtividade das equipes nas diversas operações sofre variações aleatórias dentro de certas margens. Situações específicas como produtividade reduzida de empregados recém-contratados ou cumprindo aviso prévio, feriados prolongados, férias, época de chuvas são introduzidas pelo simulador. Algumas destas situações são conhecidas do jogador podendo ele se prevenir. Outras são introduzidas como eventos não programados. Um exemplo deste tipo de evento é a necessidade de redução de pessoal num determinado período em função de necessidades de fluxo de caixa e de transferência de parte do pessoal do contratante para cumprir compromissos em outros empreendimentos. As entregas de materiais que na realidade podem ser previstas mas acabam se tornando gargalos no andamento da obra também é introduzida no jogo. A solicitação de alguns materiais é requisito para o início das operações que deles necessitam, tendo o jogador que fazer a solicitação previamente e o prazo de entrega estar sujeito à situação de momento do fornecedor.

Para fazer frente a atrasos nas obras o jogador pode lançar mão de horas extras ou contratação de empregados por tarefa - com produtividade usualmente maior. O jogo impõe restrição quanto ao número máximo de empregados em cada operação, com o objetivo de evitar uma situação irreal. Alguns serviços devem ser subcontratados com seus prazos e preços sujeitos a flutuações em função do mercado e disponibilidade dos prestadores de serviços. Estes serviços são de conhecimento prévio pelo jogador.

A formação das equipes é realizada utilizando profissionais especializados para realizar cada operação. Somente é permitido o aproveitamento deste pessoal para outras operações da mesma especialidade. Uma flexibilização desta restrição deve ser investigada no ambiente simulado para aproveitar-se de semi-profissionais em mais de uma especialidade e equipes polivalentes. Os ajudantes são contratados automaticamente pelo simulador numa proporção pré-estabelecida para o projeto.

3. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

O jogo é jogado pela Internet. O jogador ou grupo de jogadores cria uma empresa virtual para participar do jogo. Na sua forma atual um único projeto é simulado e vários jogadores participam ao mesmo tempo. Os jogadores consultam o *site* do jogo na Web obtendo o Manual do Jogador, o formulário de decisões, e as informações para o próximo período. Ele ou ela faz sua jogada colocando suas decisões na página do formulário. Estas decisões são enviadas ao servidor Web e com estes dados os instrutores do jogo executam a simulação do período. As decisões incluem o pessoal admitido e demitido no período, as equipes para cada atividade e o seu tamanho em cada quinzena do período, o pavimento de início e o sentido de execução da atividade. O jogador pode ainda indicar se uma atividade será executada por equipes de uma outra atividade, utilizando a opção Agrupar. Neste caso a cada pavimento que esta atividade for executada a equipe é deslocada interrompendo provisoriamente a outra atividade. Um exemplo das decisões de uma empresa é mostrado na Figura 1.

DECISÕES DA EMPRESA

Período: 5
 Jornada de trabalho: Opção 1
 Férias: Opção 2

Função	Admitidos	Demitidos
Carpinteiro	3	0
Eletricista	4	0

Atividade	No.equipes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Pavimento	Sentido	Agrupar
1.01	3	3	3	3	3	3	3			0
1.02	2	3	3	3	3	3	3			0
1.03										1.01
1.06										1.01
2.01	1	1	1	1	1	1	1			0
2.02	1	3	3	3	3	3	3			0
2.03	2	2	2	2	2	2	2			0
2.04	1	1	1	1	1	1	1			0
2.05	1	1	1	1	1	1	1			0
3.01	1	1	1	1	1	1	1			0
3.02	2				2	2	2	térreo	sobe	0
3.03										3.01
3.04										3.01
3.05										3.01
3.06										3.02

Figura 1 - Exemplo das decisões da empresa para um período

Após cada jogada o jogador recebe um relatório sigiloso via e-mail informando o progresso das operações ao final do período, os custos incorridos e a eficiência no uso dos recursos humanos. A Figura 2 apresenta um relatório típico do período.

Uma página é disponibilizada aos participantes com informações sobre o desempenho das “empresas” em termos de custos, eficiência e andamento das operações.

O Manual do Jogador contém todas as regras para participar do jogo e a relação de operações a serem simuladas com informações de produtividade usual da equipe, volume de serviço a ser executado, custos de pessoal, relação das atividades a serem subcontratadas, e a tabela de precedências técnicas. As informações para o período seguinte são divulgadas nas páginas Web na forma de um jornal - o Jornal da Construção, que traz instruções para a próxima jogada e dados referentes a eventos não programados.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
DISCIPLINA: PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS
JOGO DE PROGRAMAÇÃO DE CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS
JUNHO DE 1999

RELATÓRIO CONFIDENCIAL

Empresa: Carvalho
Período: 5
Férias: 2

EMPREGADOS NA OBRA

Função	Início do período	Contratados	Demitidos	Final do período
Ajudante	10	4	0	14
Armador	6	0	0	6
Carpinteiro	6	3	0	9
Pedreiro	10	0	0	10
Encanador	1	0	0	1
Eletricista	0	4	0	4
Total	33	11	0	44

CUSTOS DO PERÍODO

Custos Direto do Período:	140.760,00
Custos Indiretos Variáveis:	28.152,00
Férias:	9.792,00
Custos Indiretos Fixos:	15.000,00
Custo Total do período:	193.704,00
Custo Direto Anterior:	355.612,80
Custo Total Anterior:	471.735,36
Custo Direto Atual:	496.372,80
Custo Total Atual:	665.439,36

Figura 2 - Relatório do período para a empresa

ATIVIDADES EM EXECUÇÃO

Atividade	Descrição Atual	Quantidade /pisos	Produtividade	Função	R\$/hora	Precedente	Equipes	Anterior	Contra	Contra
1.01	Formas	888,6	9,6	Ca	8,00	3	6	3	9	3
1.02	Armadura	6180	68,0	Ar	8,00	1.01	2	6	0	6
1.03	Concreto	68	3,0	Ca	8,00	1.02	1	6	0	6
1.06	Desforma	398	37,6	Ca	8,00	1.03	1	5	0	5
2.01	Marcação	425,9	48,3	Pe	8,00	1.06	1	1	0	1
2.02	Alvenaria Ext	135,4	3,8	Pe	8,00	2.01	1	3	0	3
2.03	Alvenaria Int	290,5	5,4	Pe	8,00	2.02	2	4	0	4
2.04	Encunhamento	425,9	30,8	Pe	8,00	2.03	1	1	0	1
2.05	Chapisco parede interna	790	73,5	Pe	8,00	2.04	1	1	0	1
3.01	Rasgos tubulação hidráulica	23,4	25,5	En	8,00	2.05	1	1	0	
3.02	Rasgos tubulação elétrica	238,7	59,9	El	8,00	2.05	2	0	4	
3.03	Instalação tub. hidráulica	23,4	20,4	En	8,00	3.01	1	0	1	
3.04	Instalação tub. esgoto	143,2	21,0	En	8,00	3.03	1	0	1	1
3.05	Instalação tub. gás	98,7	57,0	En	8,00	3.04	1	0	1	1
3.06	Instalação tub. elétrica/telef.	463,1	17,1	El	8,00	3.02	2	0	4	
				Aj	4,00					

Jornada de trabalho diária: 8,5
Índice de produtividade do período: 1,00
Índice médio de produtividade: 0,881

Atividade	Início			Pavimento	Término			Dias trabalhados	%executado	
	Quinzena	Data	%executado		Quinzena	Data	%executado			
	Pavimento									
1.01	27	267	58,9%	10	30	300	60	84,7%	15	
1.02	29	286	52,6%	5	30	300	50	71,3%	12	
1.03	26	251	33,3%	10	29	288	12	57,9%	9	
1.06	30	291	32,5%	15	30	300	8	57,1%	9	
2.01	30	291	27,8%	0	30	294	36	52,4%	8	
2.02	24	236	21,9%	6	30	300	51	47,9%	8	
2.03	27	269	15,5%	8	30	300	55	40,1%	7	
2.04	28	271	4,1%	8	30	300	60	30,7%	5	
2.05	29	281	1,8%	10	30	300	42	25,4%	4	
3.01	25	249	1,8%	12	30	291	3	20,2%	3	
3.02	29	281	0,0%	12	30	291	7	20,2%	3	
3.03	30	291	0,0%	12	30	293	8	20,2%	3	
3.04	0	0	0,0%	0	30	300	27	20,2%	3	
3.05	30	291	0,0%	12	29	289	8	14,1%	2	
3.06	0	0	0,0%	0	30	300	26	13,8%	3	

EMPREGADOS NA OBRA E CUSTOS POR QUINZENA

Quinzena	Empregados Demissões	Custo	Ajudantes	Custo	Custo Direto	Apropriado	Eficiência	
25	26	17.680,00	12	4.080,00	21.760,00	18.156,00	83%	0,00
26	26	17.680,00	12	4.080,00	21.760,00	17.918,00	82%	0,00
27	26	17.680,00	12	4.080,00	21.760,00	18.394,00	85%	0,00
28	30	20.400,00	14	4.760,00	25.160,00	24.344,00	97%	0,00
29	30	20.400,00	14	4.760,00	25.160,00	24.684,00	98%	0,00
30	30	20.400,00	14	4.760,00	25.160,00	21.896,00	87%	0,00
Total		114.240,00		26.520,00	140.760,00	125.392,00		0,00

Figura 2 - Relatório do período para a empresa (continuação)

CUSTOS DAS ATIVIDADES

Atividade	Custo Anterior	% Executado	Custo do Período	Custo Atual	Férias
anteriores	105.570,00	100,0%	0,00	105.570,00	
1.01	57.836,38	84,7%	33.320,00	91.156,38	4.896,00
1.02	49.420,70	71,3%	22.134,00	71.554,70	4.896,00
1.03	9.503,34	57,9%	8.568,00	18.071,34	0,00
1.06	5.759,60	57,1%	3.264,00	9.023,60	0,00
2.01	6.746,96	52,4%	3.672,00	10.418,96	0,00
2.02	11.807,18	47,9%	12.138,00	23.945,18	0,00
2.03	12.959,10	40,1%	18.360,00	31.319,10	0,00
2.04	1.604,46	30,7%	6.120,00	7.724,46	0,00
2.05	617,10	25,4%	4.284,00	4.901,10	0,00
3.01	246,84	20,2%	306,00	552,84	0,00
3.02	0,00	20,2%	1.870,00	1.870,00	0,00
3.03	0,00	20,2%	816,00	816,00	0,00
3.04	0,00	20,2%	2.754,00	2.754,00	0,00
3.05	0,00	14,1%	816,00	816,00	0,00
3.06	0,00	13,8%	6.970,00	6.970,00	0,00
Total=	262.071,66		125.392,00	387.463,66	9.792,00
Eficiência=	73,7%		89,1%	78,1%	
Atividades executadas=			6		
Atividades em execução=			15		
Atividades em execução: % executado=			52,8%		

Figura 2 - Relatório do período para a empresa (continuação)

A cada período do jogo o programa simulador gera uma estimativa do progresso de cada operação baseado na produtividade na operação determinada para o período e na equipe designada. Esta produtividade é informada no relatório do período. O período pode corresponder a dois ou três meses de execução e é simulado por quinzena. O progresso da operação é apresentado em termos de percentual completado para as atividades não repetitivas e do percentual completado no pavimento atual em que se encontra a equipe de uma atividade repetitiva. Os custos são apropriados quinzenalmente para cada operação executada. Os custos diretos são calculados para cada empregado contratado. A relação entre os custos apropriados e os custos diretos resulta na eficiência do uso dos recursos. Os custos indiretos são simulados em duas partes: (1) custos variáveis como um percentual dos custos diretos; (2) custos fixos para todo o período. Há ainda a incidência de custos indiretos relativos às demissões e férias.

O objetivo do jogador para ganhar o jogo é concluir a obra no prazo e com o menor custo. Supõe-se que a eficiência esteja diretamente relacionada ao custo, não havendo necessidade de ser utilizada como critério para determinar o vencedor, mas apenas como indicativo da probabilidade de um jogador vir a ganhar, pois durante o andamento do jogo o menor custo incorrido não indica necessariamente o jogador que melhor esteja gerenciando seu pessoal. O jogador que não cumprir o prazo é desclassificado. Um critério de desclassificação baseado num limite máximo - 10% por exemplo - de excesso do custo orçado para a obra também pode ser aplicado.

4. MODELO DE PROGRAMAÇÃO DAS OPERAÇÕES

O modelo utilizado para organizar a programação de obra é a técnica da linha de balanço (Mendes Jr, 1999). A proposta desta técnica de programação é a manutenção da continuidade das tarefas que propicia melhor gerenciamento, efeito aprendizado, redução de perdas e facilidade para a busca da qualidade. Cada equipe é responsável por apenas um serviço, executando essa atividade repetidamente em todos ou alguns pavimentos. A programação da linha de balanço geralmente é desenvolvida graficamente, sendo fácil de ser visualizada e entendida por todos os envolvidos. Para atender ao prazo estabelecido para o projeto a técnica

da linha de balanço propõe que se desenvolva as atividades num determinado ritmo de trabalho. Este ritmo de trabalho indica quanto tempo (dias) será utilizado para concluir cada unidade (pavimento).

O desenvolvimento adequado de uma ferramenta de programação e controle para uso pelo jogador é um dos principais conteúdos trabalhados no treinamento utilizando o jogo de programação. A preparação prévia do participante para o jogo deve introduzir a técnica da linha de balanço. Exemplos simples de conjuntos de operações no ambiente da construção de edifícios são elaborados em sala de aula ou através de textos didáticos ou tutoriais.

5. EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA

O jogo desenvolvido tem sido aplicado como apoio ao aprendizado em disciplinas de Planejamento e Controle de Obras em cursos de pós-graduação de engenharia desde 1998. O endereço na Internet é <http://www.cesec.ufpe.br/~mendesjr/jogo/>. Os participantes jogam em grupos de dois facilitando o processo de discussão e interação para a tomada de decisões. Nestes tipos de cursos não intensivos sugere-se que as jogadas se realizem com uma semana de intervalo e o participante recebendo a cada jogada o relatório para tomar as decisões da semana seguinte. Sugere-se que a preparação dos participantes para o jogo envolva a introdução dos conceitos básicos da técnica de linha de balanço. Material didático neste tema estará futuramente disponível como parte do jogo.

O projeto simulado nestas primeiras aplicação é de um empreendimento, consistindo num edifício residencial com 16 pavimentos tipo de 397,90 m² de área e um pavimento térreo e mezanino. O prazo de execução pode variar de 24 a 30 meses simulados em até 13 jogadas. São simuladas a execução de 51 atividades repetitivas na torre do edifício e 12 atividades nas fundações, cobertura e serviços finais. As atividades repetitivas envolvem todas as fases da obra. Foram determinadas como subcontratadas mais 3 atividades repetitivas e 3 atividades complementares. Esta simulação envolveu também a solicitação de entrega de 7 materiais e dos elevadores. Todos essas configurações do jogo podem ser modificadas para cada turma adequando-se ao tipo de empreendimento e prazo do jogo.

6. CONCLUSÃO

A experiência demonstrou que o presente jogo é um excelente veículo para introduzir os estudantes de engenharia no dinâmico processo de planejamento, programação e controle de operações. O ambiente simulado do jogo propicia uma variabilidade nas condições de operação e a introdução de eventos não programados comuns na prática das obras, o que amplia o potencial de discussão e aprendizado em relação aos métodos expositivos e de exercícios de fixação convencionais.

Este jogo foi desenvolvido como um primeiro passo na direção de investigar o potencial da simulação e de jogos como ferramenta no ensino de gerenciamento da construção. Os conceitos gerais e a estrutura do jogo, bem como um exemplo do seu desenvolvimento, foram apresentados. O jogo coloca o participante na posição de gerente da obra com decisões a tomar em relação ao andamento das operações e a contratação de pessoal que irão influenciar o progresso da obra. A duração do jogo abrange todo o desenvolvimento da obra, o que aumenta o potencial de diferentes situações em que o participante deve tomar decisões. O jogo também tem potencial para ser utilizado no ensino continuado de profissionais no gerenciamento de obras pois permite o uso da sua experiência prática, facilitando o seu entendimento do conteúdo didático em desenvolvimento.

Uma extensão dos conceitos básicos da simulação do jogo está sendo investigada para modelar uma variedade maior de decisões no canteiro de obras e na gerência de obras,

incluindo as questões de desperdício, atividades de fluxo, e o perfil de receitas do empreendimento. O grupo de desenvolvimento do jogo procura a cooperação de outras instituições e profissionais de ensino no intuito de experimentar o seu uso em suas atividades de modo a aprimorar e disseminar o projeto.

REFERÊNCIAS

- HALPIN, D. W. “Constructo - An interactive gaming environment”, **Journal of the Construction Division**, ASCE, Vol. 102 (1), 1976, pp. 145-156.
- KOSKELA, L., BALLARD, G., TANHUANPÄÄ, V. “Towards lean design management”, **Fifth Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, proceedings, ed. S. N. Tucker, Gold Coast, Queensland, Austrália, 1997, pp. 1-12.
- MENDES JR, R. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**, Florianópolis, 1999. Tese de doutorado em Engenharia de Produção, Programa de P. G. em Engenharia de Produção, UFSC.
- SALDANHA, B. L. F. **Análise da atuação do engenheiro civil no gerenciamento do processo produtivo: disciplinas envolvidas e o desenvolvimento de jogos de treinamento**, Porto Alegre, 1991, Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil, Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UFRGS.
- SCOTT, D. e CULLINGFORD, G. “Scheduling game for construction industry training”, **Journal of the Construction Division**, ASCE, Vol. 99 (3), 1973, pp. 81-92.
- TOMMELEIN, I. D. “Discrete-event simulation of lean construction processes”, **Fifth Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, proceedings, ed. S. N. Tucker, Gold Coast, Queensland, Austrália, 1997, pp. 121-135.