

PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DE ATIVIDADES REPETITIVAS NA EXECUÇÃO DE OBRAS COM MODELO REDUZIDO UTILIZANDO A TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO¹

Carlos Luciano Sant'Ana Vargas

Universidade Estadual de Ponta Grossa - Mestrando do PPGE/UFSC
Praça Barão do Rio Branco, 233 ap. 53 - 84010-710 Ponta Grossa - Pr
e-mail: lucianovargas@convoy.com.br

Ricardo Mendes Jr

Universidade Federal do Paraná - Doutorando do PPGE/UFSC
Rua Cap. Romualdo de Barros, 997 B2 ap. 302 - 88040-600 Florianópolis - SC
e-mail: mendesjr@cesec.ufpr.br

Luiz Fernando Mahlmann Heineck

Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476 - 88010-970 Florianópolis - SC
e-mail: gecon@eps.ufsc.br

José Adelino Krüger

Universidade Estadual de Ponta Grossa - Doutorando do PPGE/UFSC
Rua Castro Alves, 592 - 84020-230 Ponta Grossa - Pr
e-mail: jakruger@convoy.com.br

Abstract:

The paper describes a game for simulation of the execution of some activities in construction of multi-storey buildings using a reduced model and Line of Balance concepts. The reduced model presents in paper panels one bathroom from each floor of the a ten-floor building. The objectives of the simulation are presented and some details of a recent application for undergraduate students. The simulation aims to apply in classroom productivity and waste evaluation, and modern construction management techniques. The paper focus the simulation methodology and details for its application including all the roles for each simulation's actor. The Line of Balance technique was used to schedule the activities for the game application and to control their execution. The main concept involved in this scheduling is that any activity is executed by one skilled team. One or more teams may execute an activity on different floors in order to achieve the necessary production rhythm. The game kit is described including all the necessary material for the game co-ordination and the material for the construction simulation. Some results obtained from the practical of this game are presented, as the productivity measures and execution times.

Keywords: *construction games, line of balance, simulation, reduced models*

¹ Publicado no 18º Encontro Nacional de Engenharia de Produção e 4th International Congress of Industrial Engineering – ENEGEP 98 – Niterói/RJ – Resumo de Anais, p.21.

1 - INTRODUÇÃO

Este artigo descreve uma aplicação de jogos para simulação da construção de obras prediais e sua aplicação com alunos de graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Este jogo utiliza uma simulação da execução de todas as atividades necessárias para executar um conjunto de banheiros sociais num edifício de dez (10) pavimentos utilizando modelo físico reduzido. A simulação tem por objetivo aplicar técnicas de avaliação de produtividade da mão-de-obra e de medição de perdas e mostrar a validade de técnicas modernas de gerenciamento de obras, bem como os ganhos que podem vir com as inovações tecnológicas adotadas no canteiro. O enfoque adotado na simulação é o de trazer para a sala de aula de cursos de graduação, pós-graduação e treinamento de profissionais situações semelhantes às encontradas na prática, tais como: tempos improdutivo de mão-de-obra e equipamentos, desperdício de materiais, falta de seqüência de produção, estoques inadequados e as dificuldades enfrentadas no planejamento e controle das obras.

O exercício propõe utilizar duas técnicas para o levantamento da produtividade: a Técnica de Medição Instantânea e a Técnica de Amostragem do Trabalho (*Activities Sampling*), muito usadas em outros sistemas produtivos (indústria de manufatura). A avaliação das perdas é realizada de acordo com técnicas usuais de medição de consumo de materiais propostas nos trabalhos dos pesquisadores do NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) da UFRGS (SANTOS, 1996 e SCARDOELLI, 1994). A programação e o controle da execução das atividades é realizada através da técnica de Linha de Balanço, própria para atividades repetitivas.

2 - MODELO REDUZIDO E A TÉCNICA DE EXECUÇÃO

O modelo reduzido adotado procura simular todas as operações necessárias para a execução de um banheiro social, distribuídas em cinco (5) painéis. Estes representam duas das paredes (externa e interna) do referido banheiro e se repetem ao longo dos pavimentos do na simulação realizada o número de pavimentos ficou limitado a dez), conforme mostrado na Figura 1 - corte esquemático do edifício e detalhe dos cortes do banheiro social.

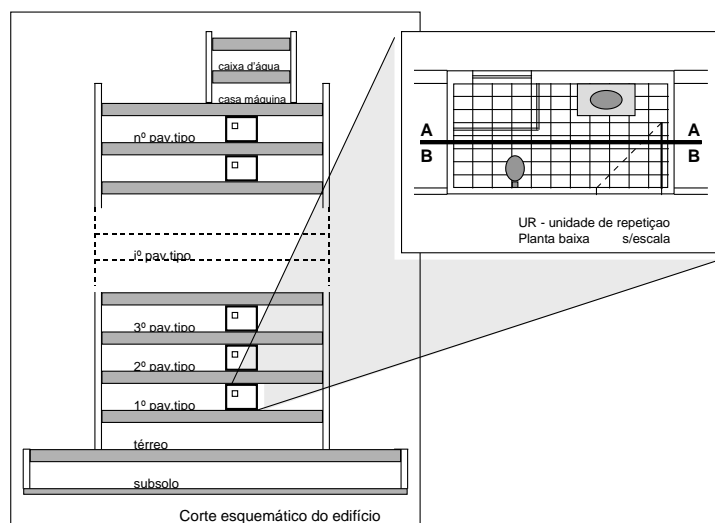


Fig. 1 - corte esquemático do edifício e detalhe dos cortes do banheiro social

A obra é executada com cartões coloridos recortados e colados sobre os cinco painéis. Os materiais de construção são fornecidos aos alunos impressos em papel cartão. O uso de cinco painéis, um para cada etapa da construção permite verificar a posterior a qualidade do serviço executado e as perdas dos materiais. Na Figura 2 está mostrado alguns dos cinco painéis utilizados.

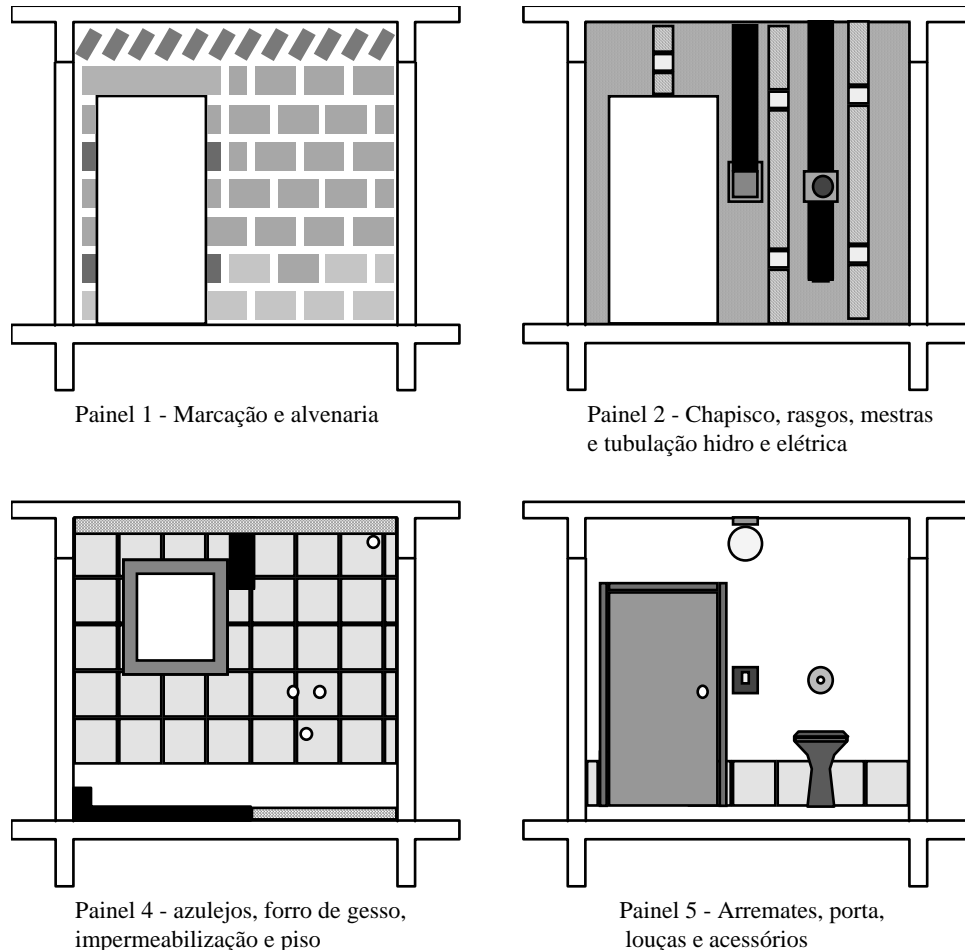


Fig. 2 - Painéis utilizados na simulação

3 - SEQUÊNCIA DOS SERVIÇOS

Os serviços são programados para serem executados segundo uma seqüência o mais linear possível atendendo à rede de precedências usual de obras executadas na região sul do Brasil. Entretanto por se tratarem de atividades reais existe a possibilidade de execução em paralelo de algumas atividades. A exemplo do que ocorre na prática real, na simulação realizada a rede transcorreu de forma linear devido ao pouco espaço de trabalho, pois se trata de um banheiro social usual com aproximadamente sete (7) metros quadrados, o que impossibilita a permanência de mais de uma equipe por vez.

4 - ARRANJO FÍSICO DO CANTEIRO

Na simulação realizada utilizou-se uma sala de aula comum (60 m²) com pelo menos 10 pequenas pranchetas ou 20 carteiras comuns, sobre as quais foi fixado um caderno com os 5 painéis. Os painéis ficam fixos para simular uma característica importante do setor da construção civil que é o arranjo posicional - obra fixa com material, mão-de-obra e equipamentos girando ao redor. Veja, na figura 3 o arranjo adotado nesta simulação. Para

simular a dificuldade natural de circulação dos materiais e pessoas em obras verticais, as pranchetas foram dispostas em espiral, obrigando com isso que os participantes a sempre utilizarem o mesmo caminho, a exemplo do que ocorre nos edifícios onde a circulação de materiais e trabalhadores se faz pela escada ou pelo elevador.

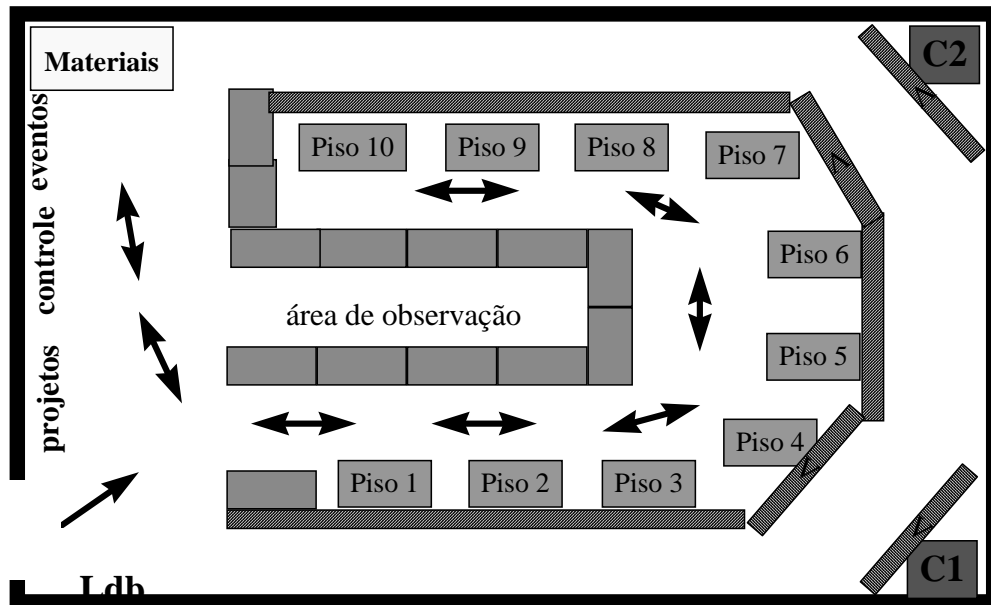


Fig. 3 - Arranjo físico adotado na simulação

5 - OBRIGAÇÕES E IDENTIFICAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Coordenação: identificados por capacetes cor laranja, responsáveis pela preparação e condução do jogo. Um dos coordenadores ficou responsável pela coordenação dos eventos aleatórios. Outro coordenador ficou responsável pela liberação das equipes para execução ou preparação das atividades seguindo a programação da Linha de Balanço. O último coordenador ficou responsável pelo gerenciamento da execução das atividades acompanhamento a execução da Linha de Balanço e propondo aos demais coordenadores eventuais decisões para modificação na distribuição das equipes. Os coordenadores também ficaram responsáveis pela verificação da qualidade dos serviços.

Fiscais : o levantamento dos tempos produtivos, auxiliares e improdutivos foram realizados por fiscais identificados com capacetes vermelhos, responsáveis pelo registro desses tempos em planilhas próprias. Além dos fiscais, foram utilizadas duas câmeras filmadoras, tendo uma delas recurso para filmagem em *time-lapse* para registrar os tempos de trabalho das equipes. Com isso foi possível comparar entre os resultados obtidos pelos fiscais e pela filmagem.

Equipes de execução: As equipes foram constituídas de um (1) oficial e um (1) ajudante:

Oficial: identificado pelo uso de capacete verde, foi responsável pelo ritmo de trabalho, pela obediência à seqüência das tarefas e pela qualidade do trabalho. Foi recomendado que as tarefas mais sofisticadas (recortar e colar) fossem executadas pelo oficial, para simular a realidade das obras onde o oficial fica responsável pela sua frente de trabalho.

Ajudante (capacete amarelo) ficou livre para apenas cumprir determinações do oficial ou para atuar produtivamente em tarefas de menos responsabilidade (como se fosse um aspirante a oficial) e no transporte dos materiais.

Apontador: (capacete azul) na simulação realizada foram destacados dois (2) apontadores responsáveis pelo registro das durações dos serviços por meio de planilhas próprias e transcrição no Quadro de Controle de Produção da Linha de Balanço.

Almoxarife: (capacete azul) um dos participantes ficou responsável pela fornecimento dos materiais aos ajudantes. Os materiais foram sendo liberados em quantidades limitadas para obrigar os ajudantes a fazer várias viagens para manter o abastecimento de materiais nas frentes de trabalho.

6 - A TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO

Foi desenvolvida a programação da obra com a técnica da Linha de Balanço (VARGAS e HEINECK, 1997; MENDES JR e HEINECK, 1997). 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 o prazo estabelecido para o projeto a técnica da Linha de Balanço propõe que se desenvolvam as atividades num determinado ritmo de trabalho. Este ritmo de trabalho indica quanto tempo (minutos) deve ser utilizado para concluir cada unidade repetitiva (banheiros). Para esta programação o projeto foi dividido em duas fases: a primeira fase até a conclusão dos Azulejos, e a segunda fase de acabamentos. O ritmo de trabalho da primeira fase foi determinado em 5 minutos por banheiro, e na segunda fase 1 minuto por banheiro. Assim pode-se determinar quantas equipes serão necessárias em cada atividade para atender ao ritmo desejado. A Figura 4 apresenta o Gráfico da Linha de Balanço com a programação utilizada na simulação e as atividades que foram realizadas (1ª fase). O controle da execução das atividades é realizado com o Quadro de Controle da Linha de Balanço, onde são indicados os pontos de controle - a cada 45 minutos na simulação - para verificação do número de unidades concluídas, comparando-se com a programação, conforme mostrado na Figura 5. Eventuais desvios nos tempos de conclusão podem ser corrigidos deslocando-se mais equipes para uma determinada atividade em função do pessoal disponível, o que foi feito várias vezes no início do projeto nesta simulação.

Nesta simulação o apontador recebe dos oficiais os tempos obtidos (registrados em cada painel), confere e faz a transcrição para o Quadro de Controle e na medida em que vão sendo colocados no quadro oferecem uma visualização do andamento da obra, podendo-se verificar de imediato se a obra está ou não atrasada. O quadro de controle utilizado foi adaptado de gráficos de controle de produção conhecidos em outros meios produtivos (scheduling matrix - BARRIE, 1992). Esse tipo de quadro é indicado para controlar a produção de atividades repetitivas, o que faz com que seja também indicado para uso em conjunto com a técnica da Linha de Balanço. Neste tipo de controle, o oficial faz o registro da hora de início e de término da atividade em cada unidade de repetição e vai repassando essas informações para o apontador na medida em que vai mudando de uma unidade para outra. O apontador, por sua vez, verifica os tempos assinalados, calcula e registra o tempo de duração da atividade em cada unidade e o tempo acumulado da atividade.

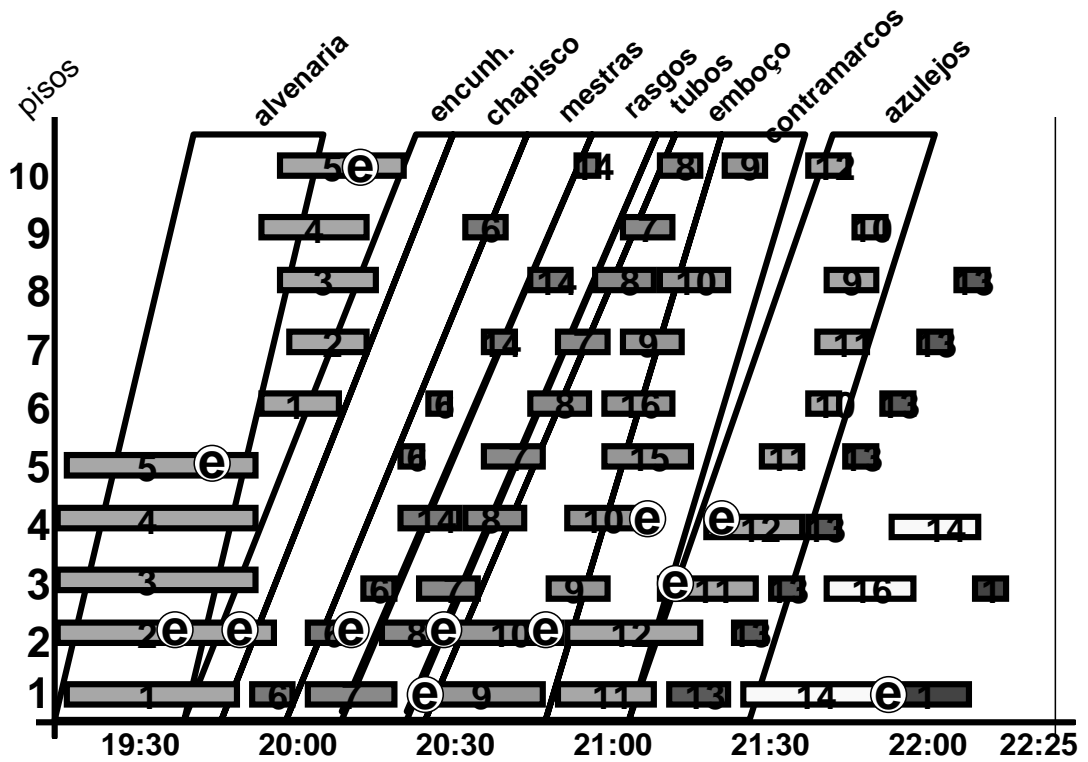


Fig. 4 - Linha de Balanço programada e atividades realizadas

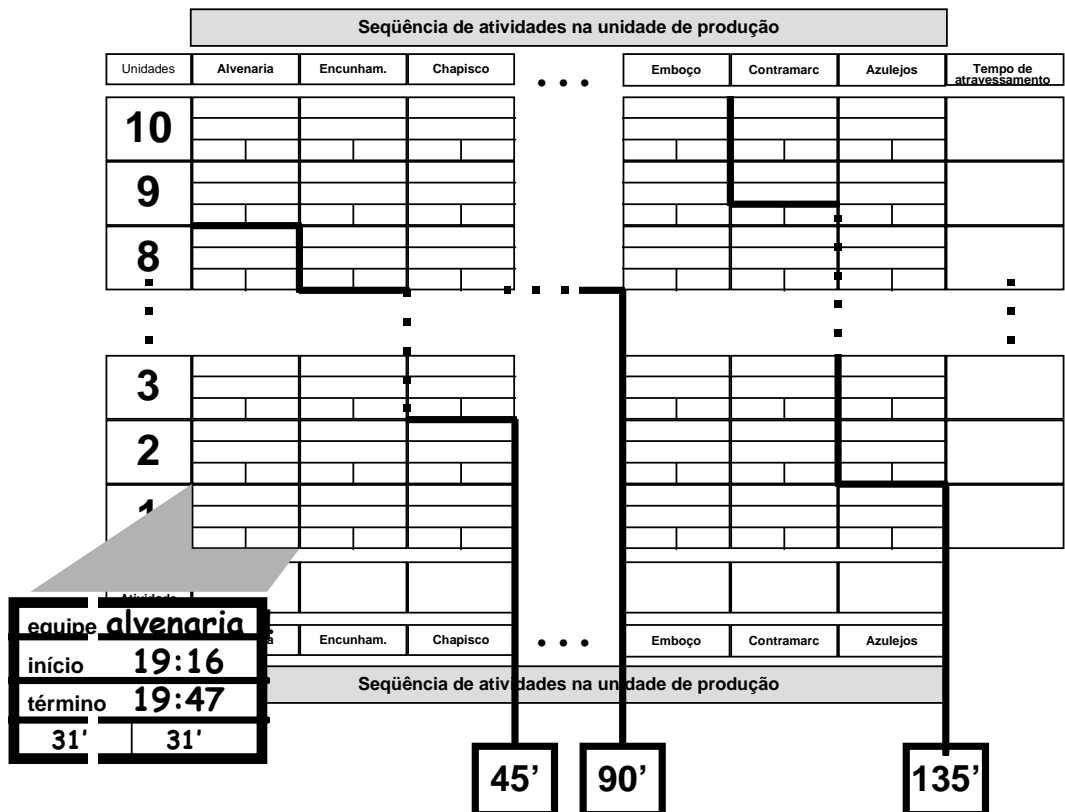


Fig. 5 - Quadro de controle de produção e cartão de produção

Para definir as funções de cada participante foi utilizado um sistema de **cartões**, semelhantes a ordens de serviços, para distribuir aleatoriamente as atividades para as equipes, apontadores e fiscais, de modo a evitar que alguma tarefa fique sem alguém para executá-la.

Para atribuir ao exercício de simulação as características de um jogo (*scheduling game*) foi introduzido o sorteio de eventos chamados aleatórios, tais como: redução da produtividade devido a acidentes e absenteísmo, chuva, elaboração de produtos defeituosos, flexibilidade de projeto, erros de projeto, atraso na entrega de material e outros. Para simular baixa produtividade da mão-de-obra o oficial escolhido por sorteio fica obrigado a trabalhar usando luvas de algodão e óculos de proteção com a lente embaçada. As equipes que receberam os cartões também foram escolhidas por sorteio. Para tanto, foi utilizado uma roleta onde era escolhido o pavimento penalizado com eventos aleatórios. Coube a um dos participantes exercer o papel de animador, ou seja, responsabilizar-se pelo sorteio, distribuição dos cartões e registro na ficha de controle dos eventos aleatórios das informações relativas aos eventos para permitir a comparação posterior com os resultados obtidos com as observações de produtividade a fim de verificar o efeito que os eventos aleatórios provocaram na produtividade da mão-de-obra. Na Figura 4, os eventos aleatórios ocorridos na simulação realizada aparecem destacados pela letra **e** circunscrita, onde pode-se observar o atraso provocado por sua ocorrência.

7 - MATERIAIS NECESSÁRIOS

Além do Gráfico de Programação da obra, da rede de precedências dos serviços e do Quadro de Controle da Linha de Balanço, projeto da edificação (modelo reduzido), quadro de controle e planilhas, foram utilizados os seguintes materiais: capacetes (16 verdes, 16 amarelos, 3 azuis, 3 vermelhos e 3 laranjas), etiquetas para identificação dos participantes, 1 tesoura, 1 roleta com prancheta, 1 prancheta para animador cartões com eventos aleatórios (vários), cartões de distribuição de tarefas (vários), 3 pranchetas para os fiscais, 20 régua (centímetros), cartões coloridos (várias cores), tubos de cola, 20 tampas de refrigerante (para colocar porções de cola), palitos de sorvete, fita delimitadora de acesso, 2 luvas de algodão, 2 óculos de proteção, 1 relógio de parede, 2 filmadora VHS (1 com Time-lapse), câmera fotográfica.

8 - RESULTADOS OBTIDOS E RELATÓRIOS DA SIMULAÇÃO REALIZADA

Os resultados da medição de produtividade realizada pelos fiscais os medidos pela câmera mostram tempos que se assemelham aos tempos medidos em exercícios realizados anteriormente com outros modelos (VARGAS et al., 1998). Pode-se perceber o efeito-aprendizagem, as esperas e os atrasos provocados pelos eventos aleatórios sobre a produção. Veja no endereço eletrônico do **GECON - Laboratório de Gerenciamento de Construções** do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, o relatório da simulação realizada com os alunos do curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Esse relatório mostra os resultados dos tempos de execução, das medições de produtividade, os elementos utilizados, a programação com a Linha de Balanço e flagrantes da simulação.
<http://www.eps.ufsc.br/~gecon/cursos/UEPG98>

12 - BIBLIOGRAFIA

BARRIE, Donald S.; PAULSON, Boyd C. **Professional construction management: including C.M. design - construct and general contracting**. McGraw-Hill series in construction engineering and project management, 1992, 577 p.ilust.

- MENDES JR, Ricardo e HEINECK, Luiz F. M. **Roteiro para programação da produção com Linha de Balanço em edifícios altos.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP97, Gramado, RS, Resumos... Porto Alegre: UFRGS, PPGE, 1997, CD-ROM: il.
- SANTOS, Aguinaldo...[et al]. **Método de intervenção para redução de perdas na construção civil: Manual de utilização.** Porto Alegre, 1996.
- SCARDOELLI, Lisiane Salerno...[et al]. **Melhorias de qualidade e produtividade: iniciativas das empresas de construção civil.** Porto Alegre, 1994.
- VARGAS, Carlos Luciano S. e HEINECK, Luiz F. M.. **Cálculo do balanço entre atividades repetitivas para uso em programas de gerenciamento de projetos.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP97, Gramado, RS, Resumos... Porto Alegre: UFRGS, PPGE, 1997, CD-ROM: il.
- VARGAS, Carlos Luciano 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 de obras e de inovações tecnológicas no canteiro.** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (7.:1998: Florianópolis) Qualidade no processo construtivo: anais/ editores Denise A. da Silva e outros - Florianópolis,,: NPC/ECV/CTC/UFSC, 1998, 2 v. p. 159-168.