



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

A SIMULAÇÃO DO *LAST PLANNER* COMO SISTEMA DINÂMICO

Bruno Pontes Mota (1); Daniela Dietz Viana (2); Eduardo Luis Isatto (3)

(1) Engenheiro Civil, mestrando em Engenharia Civil, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil – e-mail: brunopmota@yahoo.com.br

(2) Arquiteta, mestranda em Engenharia Civil, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil – e-mail: danidietz@gmail.com

(3) Professor, Dr. Em Engenharia Civil, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil – e-mail: isatto@ufrgs.br

RESUMO

O Last Planner é uma das ferramentas de planejamento e produção mais usadas na Construção Enxuta e normalmente é o ponto de partida para a implementação deste tipo de filosofia nas empresas construtoras e em muitos eventos, nacionais e internacionais, tem-se discutido diversos aspectos de sua aplicação. Porém, apesar de muitos estudos neste assunto, permanecem desconhecidas as razões para a existência de padrões recorrentes nos resultados do sistema, bem como as relações entre os seus fatores causais. Um desses padrões consiste na natureza cíclica do PPC, o qual aparece na maioria dos exemplos de implementações. Este artigo tem como objetivo a compreensão de tal comportamento por meio do desenvolvimento de um modelo de sistema dinâmico através do qual é investigada a influência da variabilidade, dos atrasos, e desempenhos prévios do projeto sobre todo o sistema. Como resultado, o modelo oferece explicações de como as flutuações do PPC no presente podem ser explicadas por eventos no passado e, particularmente, como evitar resultados indesejáveis no comportamento futuro deste indicador.

Palavras-chave: sistemas dinâmicos; last planner; PPC

1 INTRODUÇÃO

As práticas tradicionais de planejamento e gerenciamento são geralmente inadequadas para lidar com as incertezas que afetam os sistemas de produção (ALARCÓN, 1999). Além da necessidade de lidar adequadamente com tais incertezas, a gestão dos projetos de construção é altamente dependente da coordenação de um grande número de *stakeholders*. Para auxiliar nessa coordenação, sistemas de produção devem ser capazes de criar condições apropriadas para o controle e para melhorias (BALLARD *et al.*, 2001).

Nas conferências anuais do IGLC (*International Group of Lean Construction*), por exemplo, diversos artigos mostraram o uso do *Last Planner* (BALLARD, 2000) em projetos de construção, indicando o sucesso na implementação desse sistema em vários projetos e em diversos países, como Estados Unidos, Brasil, Chile, Equador, Inglaterra, Finlândia, Dinamarca, entre outros (IGLC, 2007).

Esse sistema é capaz de aumentar a confiabilidade do planejamento de curto prazo protegendo o trabalho planejado da variabilidade e procurando o comprometimento da mão de obra através do líder das equipes de trabalho (BALLARD; HOWELL, 1997). No planejamento de médio prazo, restrições são identificadas e removidas, assegurando que os materiais, as informações e os equipamentos necessários estejam disponíveis (BALLARD, 1997).

Para controlar o sistema, um dos principais indicadores do *Last Planner* é o Percentual de Pacotes Concluídos (PPC), que é uma taxa para o gerenciamento da produção das equipes (BALLARD, 2000). O PPC consiste no quociente entre o número de tarefas executadas e o número total de tarefas planejadas em uma determinada semana, expresso em porcentagem.

Apesar do *Last Planner* ser extensamente descrito na literatura (BALLARD; HOWELL, 1997; BALLARD, 1997; BALLARD, 2000), faz-se necessário a discussão de muitas idéias centrais que constituem o sistema. Assim, há um esforço contínuo para a melhoria do sistema, como o desenvolvimento de softwares e ferramentas que dão suporte a sua implementação.

Assim, o objetivo principal deste artigo é estabelecer a relação entre os indicadores associados ao *Last Planner*. A idéia é desenvolver uma ferramenta baseada em sistemas dinâmicos capaz de capturar a influência da variação e/ou da modificação destes indicadores em todo o sistema.

As hipóteses deste artigo consistem em que as (a) flutuações do PPC possam ser explicadas por eventos ocorridos anteriormente e (b) que a taxa do comprometimento da produção possa ser influenciada pelo atraso da produção da obra. Entretanto, deve ser observado que um modelo é uma simplificação da realidade e não a representa fielmente, assim o modelo proposto representa uma visão simplificada da proposta pelo *Last Planner*, levando em consideração variáveis e situações conhecidas.

1.1 Ciclo de PPC e padrões

O presente estudo analisou o comportamento do PPC durante um período de tempo determinado em estudos anteriores realizados em diferentes regiões e em diferentes tipos de empreendimentos com vistas a identificar padrões de semelhança entre eles.

Ballard *et al.* (2009) cita o caso da implantação do *Last Planner* no processo de design de uma empresa de projetos. Nas primeiras 13 semanas, apresentou uma grande variação no PPC semanal, com uma média de 80%, mas com uma variação por toda a escala (de 0 a 100%). Nas 13 semanas seguintes, a variação diminuiu e o objetivo da empresa passou a ser um PPC de 85% e, mesmo com o resultado positivo das reduções de horas extras, o PPC ainda tinha uma variação entre 50 e 100%.

Kalsaas, Skaar e Thorstensen (2009) fizeram um estudo em um edifício na Noruega compreendendo a execução de concreto e de trabalhos em madeira usando o sistema *Last Planner*. Os resultados indicaram que eles tiveram resultados baixos nas primeiras semanas, mas na semana 3 o PPC atingiu 85%. Com o início dos serviços de concreto, na semana 5, o PPC baixou novamente e estava abaixo dos 25% até a semana 7, porém, com a melhoria na confiabilidade do sistema, a média do PPC subiu para 65% na semana seguinte. Depois disso, não houve PPC abaixo desta média.

No estudo de Alsehaimi et al. (2009), os autores descreveram o processo de implementação do *Last Planner* em dois projetos na Arábia Saudita, sendo que o estudo durou de 18 semanas. Nos dois projetos, o PPC nas primeiras semanas foi baixo e teve grande variabilidade e estabilizou depois da semana 8 mantendo uma média de 86%.

Olano et al. (2009) fizeram um estudo em dois empreendimentos de construção coletando dados referentes a 44 semanas em cada projeto. Os resultados do PPC mostraram uma grande variabilidade desta taxa. Em um dos projetos, a variação do PPC foi entre 10 e 90% nas primeiras 20 semanas de 30 a 80% na segunda metade. Porém, nos dois casos, os dados não mostraram estabilização após certo período de tempo, tendo apenas uma pequena redução da variabilidade. De encontro com essa variabilidade, em Jang (2007), o uso de controles, engenheiros capacitados, kanbans e do Last Planner ajudaram a aumentar o PPC e torná-lo mais constante. Jang (2008) também sugere que a taxa de PPC possa ser relacionada com outros processos e mostra a existência de uma relação positiva entre a remoção das restrições e o PPC.

Em síntese, pode-se observar através da análise de bibliografia que os planejamentos semanais apresentam um padrão recorrente, que basicamente consiste em flutuações cíclicas e uma gradual estabilização após algum tempo. Ou seja, este artigo é uma tentativa de entender as causas desta flutuação do PPC bem como o mecanismo responsável pela sua estabilização, o que pode influenciar essa variação e quando essa influencia ocorre.

1.2 Sistemas dinâmicos

Segundo Sterman (2001), um sistema dinâmico é um método para aumentar o aprendizado de sistemas complexos. De acordo com esse autor, a complexidade de um sistema não é relativa ao número de componentes que o mesmo possui ou ao número de possibilidades que devem ser consideradas para tomar uma decisão, e sim a achar a melhor solução em meio a um número astronômico de possibilidades. Para Kelly (1994), complexidade e sistemas dinâmicos são regulados pela dependência das ações dos tomadores de decisão.

Sterman (2001) argumenta ainda sobre a importância de pensamentos sobre um determinado sistema quando há a necessidade de intervenção no mesmo, evitando assim resistências quanto a decisões não antes previstas. Além disso, enfatiza que uma perspectiva sistêmica habilita decisões consistentes para o sistema como um todo.

Modelos de sistemas dinâmicos permitem aos tomadores de decisões a análise das consequências de uma intervenção que venha a alterar o comportamento do sistema (KATOK; HASSELBLATT, 1995). Em virtude disto, modelos de sistemas dinâmicos privilegiam o foco no entendimento e na previsão qualitativa do comportamento do sistema (GRÖßLER; STOTZ; SCHIERITZ, 2003), para detectar vazios e falhas entre as novas ações e objetivos com os objetivos estratégicos do projeto ou da empresa.

De acordo com Sterman (2001), em um mundo dinâmico, envolvente e conectado, os elementos mais problemáticos são os *feedbacks*, as demoras no tempo, os fluxos e a não linearidade:

- a) **Feedback (retroalimentação)** – Os resultados de ações feitas no passado alteram as condições do problema e das decisões do futuro (**Figura 1**). O entendimento do processo de feedback evita a visão comum de que o mundo é imprevisível e incontrolável.
- b) **Demoras no tempo** – A demora no tempo entre tomar uma decisão e seu efeito no estado do sistema pode levar a interpretações erradas sobre o sistema, já que esses atrasos reduzem a possibilidade dos tomadores de decisão de acumular experiência, de testar hipóteses e de aprender.
- c) **Fluxos** – A acumulação e a dispersão de recursos é decisiva para a dinâmica de sistemas complexos. Desde as estratégias de gerenciamento dos anos 90 há a tentativa de tornar explícito o papel dos estoques e dos fluxos. Koskela (1992) foi o primeiro a aplicar o fluxo em um sistema de produção da construção. Uma visão baseada em recursos foi usada para incluir outros fluxos menos óbvios, mas igualmente importantes como a capacidade dos operários, a lealdade dos consumidores.

- d) **Não linearidade** – Segundo Sterman (2001) é errado crer que a experiência e o Mercado permitem que bons gerentes aprendam rápido sobre feedbacks e sobre os efeitos de suas decisões. Na verdade os mapas cognitivos usados para verificar relações sistemáticas ignoram feedbacks, não linearidades, demoras no tempo e outros elementos de dinâmicas complexas.

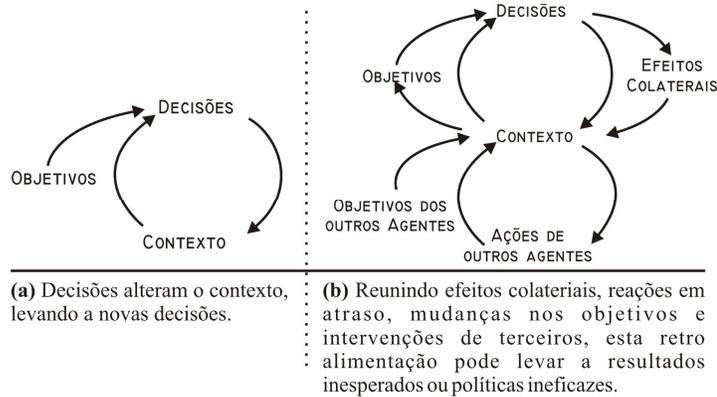


Figura 1 – O *feedback* para tomada de decisão (STERMAN, 2001)

2 MÉTODO

De acordo com Ballard (1994), PPC é o principal instrumento de controle da produção no nível operacional, sendo que um maior PPC corresponde a executar o serviço de maneira correta usando os recursos fornecidos.

Para a elaboração do modelo do *Last Planner* utilizado neste estudo foram necessárias algumas simplificações das variáveis vistas na literatura. Na Tabela 1 são apresentadas as principais simplificações e o porquê delas ocorrerem.

A estrutura principal do modelo foi feita baseada na descrição do *Last Planner* em Ballard (2000). Porém, como o processo de modelagem de sistemas dinâmicos é suportado pela descoberta e pela representação dos processos de feedback (STERMAN, 2001), outros elementos foram acrescentados buscando representar a influência entre as taxas, com base na hipótese do artigo, como descrito na tabela 1.

O modelo estudado foi gerado no programa Vensim, versão PLE. Vensim® (Ventana Simulation Environment), um software interativo que permite o desenvolvimento, a exploração, a análise e a otimização na simulação de modelos. O programa foi desenvolvido com o objetivo de aumentar a velocidade do desenvolvimento e da qualidade dos resultados do modelo (MORECROFT; STERMAN, 2000).

De acordo com Reppening (1998), o programa funciona com estoques, fluxos, entradas e saídas, como mostra a **Figura 2**. Cada caixa da representação significa um estoque de algo que irá fluir para o próximo estoque, de acordo com uma taxa de fluxo, representada pela flecha de linha dupla. Flechas de linhas simples representam taxas que podem ser entradas ou saídas, de acordo com a direção da flecha. A representação de uma nuvem significa um limite do modelo, ou seja, que não interessa de onde a taxa vem.

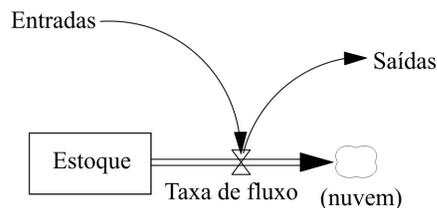


Figura 2 – Representação do modelo

Tabela 1 - Adaptações das variáveis

Variável	Tipos de adaptações
Planejamento de longo e médio prazo em pacotes	Os pacotes de trabalho são definidos somente no planejamento de curto prazo. Porém, para manter a compatibilidade de unidades pelo modelo foi decidido representar os planejamentos de longo e médio prazo em pacotes.
Média de restrições por pacote	Restrições podem ser relacionadas a uma quantidade de pacotes e um pacote pode ser relacionado a inúmeras restrições. Porém, incluir as restrições tinha a intenção de verificar a relação entre a taxa de remoção de restrições e o estoque de pacotes no curto prazo.
Taxa de comprometimento da produção	Esta taxa define os comprometimentos da semana. No modelo foi considerado uma influência do desvio de prazo de modo em que o atraso na produção forçaria a mão de obra a se comprometer com mais pacotes do que sua capacidade estimada.
Taxa de pacotes produzidos	A taxa de pacotes produzidos esta condicionada à relação entre a taxa de comprometimento e a capacidade de produção. Portanto, se houver mais capacidade que comprometimento, serão produzidos os pacotes comprometidos. Porém, se há mais comprometimento que capacidade serão produzidos somente até o limite da capacidade.
Taxa de produtividade real	Produtividade é o número de pacotes que uma equipe é capaz de fazer. É a única taxa de variação randômica, de 0,8 a 1,2.
Taxa de pacotes não produzidos	Esta é apenas uma taxa auxiliar que é o oposto da taxa de pacotes produzidos, o que evita a criação de estoques de pacotes comprometidos, já que os pacotes não produzidos precisam ser comprometidos novamente na semana seguinte.
Desvio de prazo	Normalmente é calculada na conclusão do projeto, através da comparação entre o estimado e o real. No modelo, a taxa é medida semanalmente, para influenciar a taxa de comprometimento.

De acordo com Kiyuzato (1999) existem alguns passos, como mostra a **Figura 3**, para iniciar a modelagem e a simulação de processos.

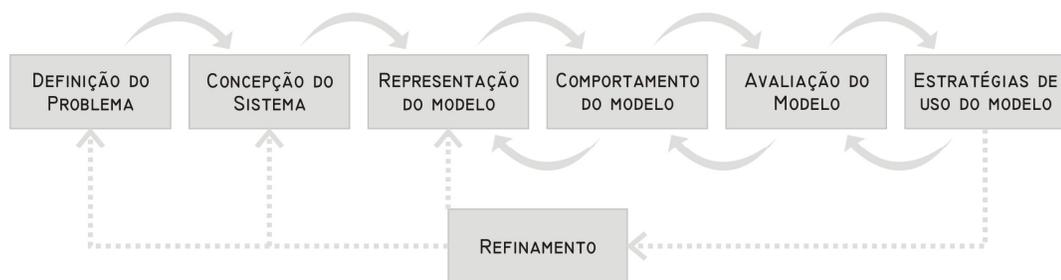


Figura 3- Processo do modelo

- **Definição do problema:** o primeiro passo consiste no reconhecimento do problema e na definição do que deve ser estudado. É importante observar que problemas dinâmicos tem peculiaridades já que envolvem valores que variam com o tempo.
- **Concepção do sistema:** o segundo passo consiste na identificação e na relação das variáveis que podem influenciar ou agir no sistema. Essas relações podem ser representadas através de uma lista de causas ou gráficos.
- **Representação do modelo:** o modelo precisa ser expresso em uma linguagem computacional através de um programa específico ou de equações matemáticas.
- **Comportamento do modelo:** a simulação computacional é usada para validar o modelo e determinar como o sistema varia de acordo com o tempo, a partir dos valores das entradas.

- **Teste do modelo:** quando a simulação está pronta é necessário analisar a consistência lógica dos resultados, de acordo com os resultados dos gráficos gerados pelo sistema. Estes dados podem ser comparados com dados reais ou a testes estatísticos. Se o comportamento do sistema não for similar ao real, serão necessárias adaptações nos passos anteriores para tornar o modelo mais confiável.
- **Estratégias para o modelo:** o modelo é utilizado para testar diferentes possibilidades de comportamento e analisar como seriam os resultados de cada um. Segundo Sterman (2001), simulações são ferramentas para criar um mundo virtual ou um micro mundo onde experimentos podem ser conduzidos o que permite o desenvolvimento da capacidade para a tomada de decisão.

É importante enfatizar que todos esses passos são dinâmicos, por isso se faz necessária a melhoria contínua através do refinamento de cada passo de acordo com o *feedback*. Já que a proposta do modelo é explicar o comportamento do sistema antes dele se tornar estável, foi definido que o horizonte de planejamento do médio prazo é de cinco semanas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseando-se nas proposições dos modelos dinâmicos e com a ajuda de um programa de computador especializado, o Vensim, foi gerado o modelo de simulação do *Last Planner*. Para uma explicação mais detalhada e para um melhor entendimento, o modelo foi separado em três partes. A primeira parte do modelo é mostrada na **Figura 4**:

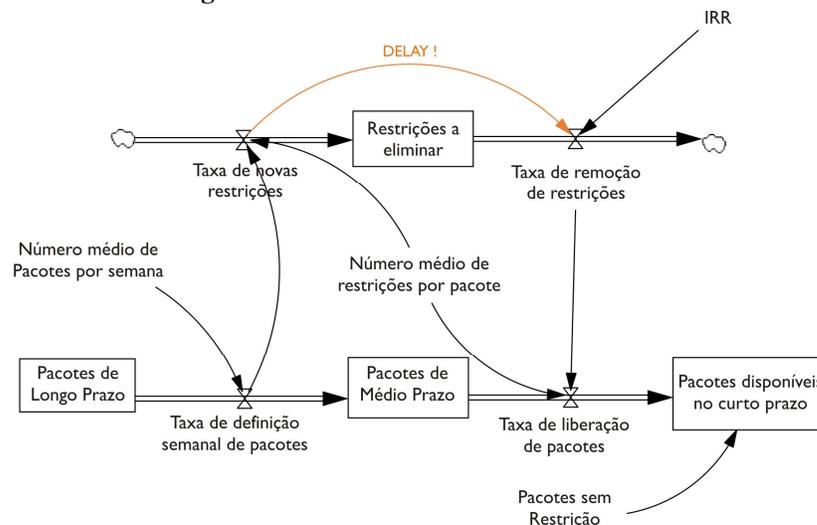


Figura 4 – Planejamento de longo e médio prazo

O modelo começa com o planejamento dos pacotes de longo prazo. Para garantir a coesão do modelo, todos os estoques da linha iniciada com os pacotes de longo prazo apresentam pacotes de trabalho como unidade, embora um pacote de trabalho seja configurado apenas na etapa de curto prazo. A linha superior da **Figura 4** apresenta restrições como unidade, por isso houve a necessidade de separar as duas linhas.

O próximo passo do modelo é o planejamento dos pacotes do médio prazo. A passagem dos pacotes entre o longo e o médio prazo é controlada pela taxa de definição semanal dos pacotes. Essa taxa é influenciada pelo número médio de pacotes pro semana. Essa mesma taxa será usada, em um momento futuro neste artigo, para o cálculo do desvio de prazo.

No próximo estágio está compreendida a formação do estoque dos pacotes disponíveis no planejamento de curto prazo, que é um nível mais próximo à produção. A passagem dos pacotes do planejamento de médio para o estoque de pacotes disponíveis para o de curto prazo é controlada pela

taxa de liberação de pacotes, que é dependente da remoção eficiente das restrições associadas àqueles pacotes. Assim, a taxa de liberação de pacotes depende diretamente da taxa de remoção de restrições que pode ser medida através do índice de remoção de restrições (IRR). A taxa de remoção de restrições é influenciada pela taxa de novas restrições ocorridas na semana anterior, isto é, a taxa de novas restrições afeta a primeira com um “atraso” (*delay*) que foi representado no modelo com uma linha de cor diferenciada e com o rótulo de “*Delay*”.

O planejamento de curto prazo (**Figura 5**) compreende a transferência dos pacotes de curto prazo disponíveis para a sua efetiva execução na semana (ou seja, a autorização de produção). Pela natureza do sistema *Last Planner*, essa transferência é influenciada pela taxa de comprometimento da produção, já que a autorização para a produção somente ocorre se houver aquiescência da equipe responsável. Por esta razão, esta última é influenciada por estimativas de produtividade e recursos disponíveis por parte das equipes. Uma vez autorizados para a produção, os pacotes passam a ser considerados como pacotes comprometidos, ou seja, são os pacotes aceitos pelos responsáveis de cada atividade e que deverão ser feitos na semana seguinte.

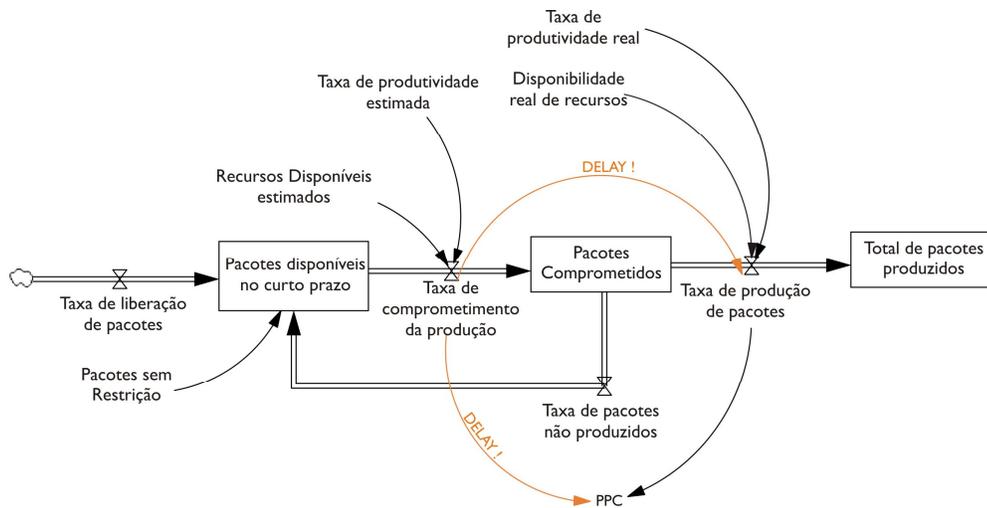


Figura 5 – Modelo simplificado de curto prazo

É importante observar que o estoque de pacotes comprometidos não acumula pacotes de uma semana para outra, o que significa que pacotes comprometidos que eventualmente não seja executados não são automaticamente considerados comprometidos para a próxima semana. No caso de a taxa de produção de pacotes for menor que o total de pacotes comprometidos, estes necessitam sofrer um novo comprometimento na semana seguinte. Por isso, há duas taxas saindo desta etapa: a taxa de produção e a taxa de pacotes não produzidos que é simplesmente a diferença entre a taxa de comprometimento da semana anterior e a taxa de produção de pacotes. Esta diferença se deve a divergências entre as estimativas de recursos e produtividade e as taxas reais. Na **Figura 6** esta relação é explicitada, mas foi representada com uma cor diferenciada por ser considerada um artifício do modelo.

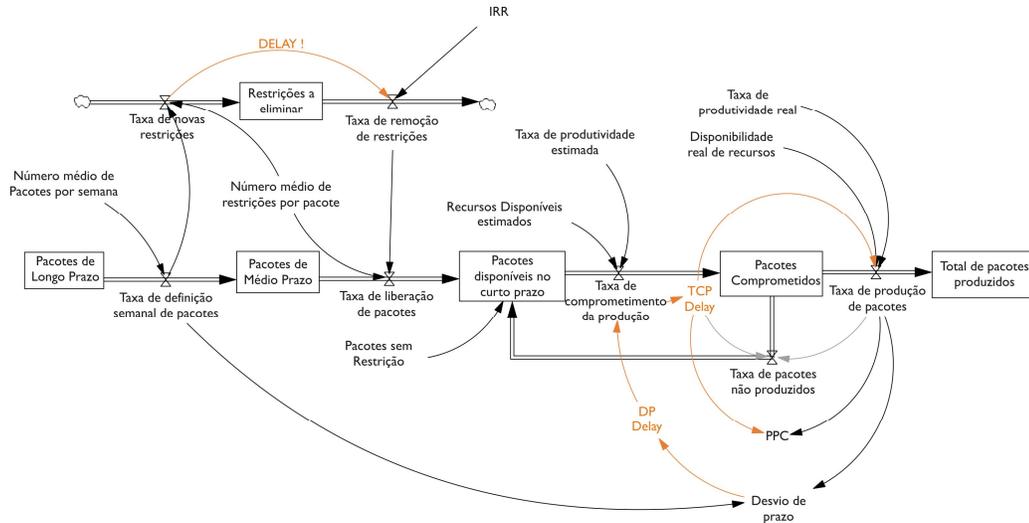


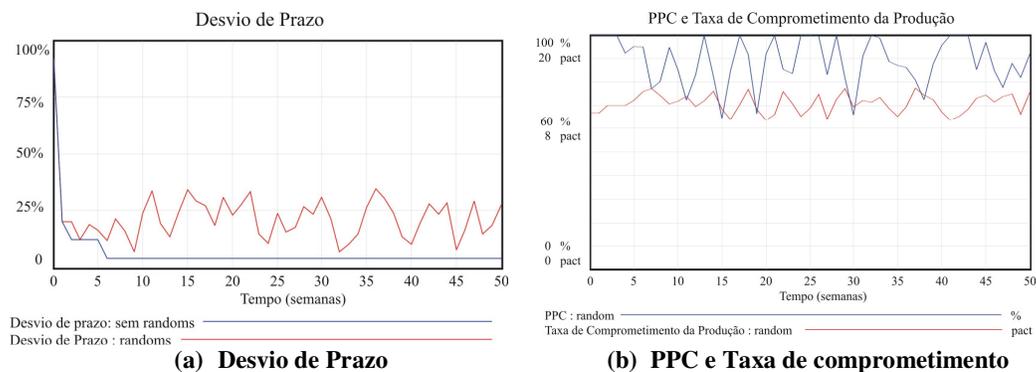
Figura 6 – Modelo final com artificiais

O PPC é formado pela relação entre a taxa de comprometimento da semana anterior (em atraso) e a taxa de produção de pacotes. Para finalizar, a **Figura 6** representa o modelo final com alguns artificiais. Os artificiais são variáveis inseridas no modelo, cuja fórmula é igual a sua variável de origem com um atraso. Este artifício foi necessário para reunir em uma mesma fórmula, uma variável em atraso com uma semana.

3.1 Resultados do modelo

A simulação do modelo gerou gráficos de cada variável do sistema. A **Figura 7** mostra dois exemplos de resultados: o desvio de prazo e o PPC relacionado à taxa de comprometimento da produção.

A **Figura 7a** apresenta o gráfico do desvio de prazo. Como mencionado no método, o desvio de prazo é dependente da relação entre a taxa prevista de produção e a taxa de pacotes produzidos ao fim do modelo. Estas taxas variam semanalmente, portanto a variação do desvio de prazo também ocorre em uma base semanal. A primeira simulação do modelo foi realizada sem variabilidade, isto é, a produtividade, recursos e índices de remoção de restrições não variavam e a segunda simulação foi realizada levando em consideração certo grau de variabilidade. Os resultados das duas simulações podem ser observados na **Figura 7a**.



(a) Desvio de Prazo

(b) PPC e Taxa de comprometimento

Figura 7 – Resultados do modelo

O gráfico do PPC, mostrado na **Figura 7b** mostra o real comportamento desta taxa a partir do modelo, o qual reproduz o que comportamento observado nos estudos analisados a partir da bibliografia (OLANO *et al.*, 2009; ALSEHAIMI *et al.*, 2009; KALSAAS; SKAAR; THORSTENSEN, 2009; BALLARD *et al.*, 2009), e que consiste numa tendência do PPC de apresentar uma maior variação de natureza cíclica no início da implementação do sistema, e de estabilizar em torno uma média após algum período de tempo.

3.2 Discussões

A primeira hipótese investigada neste artigo é que as flutuações do PPC possam ser explicadas por eventos ocorridos anteriormente.

O modelo desenvolvido mostra a relação entre a taxa de remoção de restrições e a taxa de liberação de pacotes, de forma que uma baixa remoção das restrições reduziria a liberação de pacotes, o que causaria menos pacotes disponíveis no curto prazo do que a capacidade estimada. Ou seja, a mão de obra disponível ficaria ociosa.

Como consequência desta situação, há uma tendência de gerar perda por *making-do*, discutido por Koskela (2004), visto que há restrições para a execução das tarefas mais críticas, entretanto o prazo da obra pressiona a produção para que as tarefas se iniciem de qualquer maneira, o que pode causar improvisação.

A outra hipótese investigada é que a taxa do comprometimento da produção possa ser influenciada pelo atraso da produção da obra. De fato, outro aspecto tornado explícito pelo modelo e que permite uma discussão consiste na influência do desvio de prazo sobre a taxa de comprometimento da produção. Por um lado, as equipes tenderão a se comprometer com uma quantidade de trabalho relativamente menor que a sua capacidade, como forma de garantir um PPC alto no período. Porém, sabe-se que um alto valor do PPC não significa que a obra está no prazo, mas mede tão somente o quanto do trabalho comprometido pelos chefes das equipes foi realizado (BALLARD, 1994). Por consequência, um menor número de pacotes produzidos eventualmente resultarão em um atraso na obra em relação ao previsto (expresso através de um aumento do desvio de prazo), assim como um excessivo estoque de pacotes disponíveis para o curto prazo. O resultado esperado é que, para se assegurar que a construção terminará no prazo, ocorrerá uma maior pressão sobre os trabalhadores para que eles se comprometam com um maior número de tarefas. Porém, essa situação pode levar os trabalhadores se comprometerem com mais pacotes do que sua real capacidade, fazendo com que o PPC decresça nos períodos seguintes, causando assim o efeito cíclico que é observado em vários diagramas de PPC (OLANO *et al.*, 2009; ALSEHAIMI *et al.*, 2009; KALSAAS, SKAAR, THORSTENSEN, 2009; BALLARD *et al.*, 2009).

4 CONCLUSÕES

A análise dos elementos que influenciam o *Last Planner* é bastante complexa, uma vez que o *Last Planner* possui diversos elementos característicos que o distingue dos sistemas puramente estáticos. Neste caso particular, o foco deixa de ser o processo e passar a consistir nas relações e nas interações dinâmicas que ocorrem entre diversos fatores.

De acordo com dados, taxas e análises de comportamentos de experiências reais em obras de construção e de referenciais teóricos, este artigo mostrou como o desenvolvimento de um modelo de sistema dinâmico, usando a simulação, pode auxiliar na exploração de possíveis estratégias de produção, além de ilustrar o impacto de algumas taxas no desempenho de um empreendimento. Os resultados destas estratégias em um ambiente real podem servir de revisão e melhoria, tanto para o modelo, como para os modelos mentais dos tomadores de decisão, além de acelerar o processo de aprendizado.

Este artigo consiste em um estudo preliminar quanto ao tema e, portanto, generalizações das conclusões aqui apresentadas devem ser consideradas com cautela. Porém, os autores acreditam que o modelo aqui apresentado poderá ser usado para explorar outros conceitos e outras relações,

contribuindo assim para uma compreensão mais ampla sobre os aspectos comportamentais e sistêmicos envolvidos no sistema *Last Planner*. Assim, os principais benefícios que podem ser esperados são um maior controle em relação aos requerimentos estabelecidos (prazo, entregas e custos), redução de incertezas, maior controle gerencial, redução do tempo para o desenvolvimento de soluções e o estoque de soluções para projetos futuros (*lessons learned* – lições aprendidas).

5 REFERÊNCIAS

ALARCÓN, Luis F.; ASHLEY, David B. **Playing games: evaluating the impact of lean production strategies on project cost and schedule.** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7., 1999, CA, USA. P. 263 - 274.

ALSEHAIMI, Abdullah; TZORTZOPPOULOS, Patricia; KOSKELA, Lauri. **Last Planner System: experiences from pilot implementation in Middle East.** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 17., 2009, Taiwan. P. 489 - 500.

BALLARD, Glen; HAMMOND, Jamie; NICHERSON, Romano. **Production Control Principles.** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 17., 2009, Taiwan. P. 489 - 500.

BALLARD, Glenn. **The Last Planner.** Spring Conference of the Northern California Construction Institute, Monterey, CA, April 22-24, 1994.

GRÖßLER, Andreas; STOTZ, Myrjam; SCHIERITZ, Nadine. **A software interface between system dynamics and agent-based simulations - linking vensim and repast.** Mannheim: Mannheim University, 2003. 8 p.

JANG, Jim Woo; KIM, Yong Woo. **Using the kanban for construction production and safety control.** In: Annual Conference of the International Group of Lean Construction, 15., 2007, Michigan, USA. P. 519-528.

JANG, Jim Woo; KIM, Yong Woo. **The relationship between the make-ready process and the project schedule performance.** In: Annual Conference of the International Group of Lean Construction, 16., 2008, Manchester, UK. P. 647-656.

KALSAAS, Terje Bo; SKAAR, John; THORSTENSEN, Rein Terje. **Implementation of Last Planner in a medium-sized construction site.** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 17., 2009, Taiwan. P. 15-30.

KATOK, Anatole; HASSELBLATT, Boris. **Introduction to the modern theory of dynamical systems.** Cambridge: Cambridge, 1995.

KELLY, Kevin. **Out of Control: The New Biology of Machines, Social Systems, & the Economic World.** Addison-Wesley Reading, 1994.

OLANO, Ricardo M.; ALARCÓN, Luís F.; RÁZURI, Carlos. **Understanding the relationship between planning reliability and schedule performance: a case study.** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 17., 2009, Taiwan. P. 139-152.

REPENNING, Nelson. **Formulating Models of Simple Systems using Vensim PLE version 3.0B.** Cambridge, Ma: Massachusetts Institute Of Technology, 1998.

STERMAN, John D.. **System Dynamics Modeling: Tools for learning in a complex world.** California Management Review, California, v. 43, n. 4, p.7-25, summer 2001.