

# O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social

*The production system design in the management of low-income housing projects*

Fábio Kellermann Schramm  
Dayana Bastos Costa  
Carlos Torres Formoso

## Resumo

O projeto do sistema de produção cumpre um importante papel no início de qualquer esforço produtivo. Tem por objetivo discutir e traduzir a estratégia de produção desejada em um conjunto de decisões sobre o sistema de produção, formando uma estrutura que irá gerenciar as diferentes atividades. Em que pese a sua importância em diversas indústrias, na construção civil este processo é normalmente negligenciado. No segmento de habitação de interesse social, existem oportunidades de melhorar o desempenho dos empreendimentos através do projeto de sistema de produção, na medida que estes empreendimentos com frequência apresentam muitas dificuldades de controle da produção. Este artigo propõe-se um modelo para a elaboração do projeto de sistema de produção neste tipo de empreendimento, visando a contribuir para a melhoria do seu desempenho, principalmente na consecução de metas relativas a prazo e custo. Os principais resultados do estudo referem-se ao escopo de decisões envolvido no projeto de sistema de produção e à implementação deste processo no contexto de pequenas empresas de construção civil.

Palavras-chave: projeto do sistema de produção; empreendimentos habitacionais de interesse social; gestão da produção.

## Abstract

*Production system design plays an important role at the beginning of any manufacturing effort. Its main objective is to discuss and translate the production strategy in to a set of decisions concerned the production system, forming a structure that will manage different activities. Despite its importance in several industries, this process often neglected in the construction industry. In the segment of social interest housing, there are opportunities for improving the performance of construction projects through the production system design, since they often present many production control difficulties. This paper proposes a model for carrying out production system design in this type of project, aiming to contribute for the improvement of project performance, mainly in relation to cost and time. The main results of the study are concerned with the scope of decisions involved in production system design and the implementation of this process in the context of small sized construction companies.*

*Keywords: production system design; social interest housing projects; production management.*

Fábio Kellermann  
Schramm  
Núcleo Orientado para Inovação  
da Edificação  
Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
Av. Osvaldo Aranha, 99, 3º  
andar, Centro  
Porto Alegre - RS - Brasil  
CEP 90035-190  
Tel.: (51) 3316-3321  
E-mail: fabioks@ufpel.edu.br

Dayana Bastos Costa  
Núcleo Orientado para Inovação  
da Edificação  
Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
E-mail: dayana@cpgec.ufrgs.br

Carlos Torres Formoso  
Núcleo Orientado para Inovação  
da Edificação  
Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
E-mail: formoso@ufrgs.br

Recebido em 20/11/05  
Aceito em 26/05/06

## Introdução

Nos últimos anos, vários programas orientados ao financiamento da produção de habitações de interesse social vêm sendo implementados, a partir de iniciativas e parcerias entre os governos federal, estaduais e municipais, dentre os quais se pode citar o Programa de Arrendamento Residencial – PAR, o Programa Morar Melhor; e o Programa de Subsídio a Habitação de Interesse Social – PSH.

Diferente das características encontradas na maioria dos empreendimentos da construção civil, que se caracterizam basicamente pela natureza nova e única do produto, esses empreendimentos têm características peculiares. Nos empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS), em que pese o caráter único de um empreendimento de forma isolada, os processos que formam seus sistemas de produção apresentam semelhanças àqueles encontrados em ambientes de manufatura repetitiva, nos quais um tipo de produto é produzido repetidamente e relativamente em grande escala (BASHFORD et al., 2003).

Há, dessa forma, a necessidade de se enfatizar a programação da produção visando, principalmente, garantir um fluxo ininterrupto dos recursos (equipes e equipamentos) de uma unidade habitacional para a próxima. Desta maneira, neste tipo de empreendimento, a utilização ininterrupta de recursos torna-se um aspecto extremamente importante (HARRIS; IOANNOU, 1998).

Além da repetitividade, algumas outras características são também peculiares: (a) padrões construtivos e de qualidade mínimos ficados pelo contratante, no caso a Caixa Econômica Federal (CEF); (b) prazos de execução relativamente curtos (10 a 12 meses); (c) número de unidades por empreendimento relativamente grande (os empreendimentos estudados possuíam entre 100 e 200 unidades); e (d) valor pago pelas unidades fixado antecipadamente.

Em face dessas características, as margens de lucro proporcionadas por esses empreendimentos às empresas são bastante reduzidas, forçando-as a perseguirem menores custos de produção e a compressão de seus prazos de execução, como forma de minimizar a incidência de custos fixos. Desta forma, pode-se apontar três objetivos primários de desempenho competitivo: custo, velocidade e qualidade.

Conforme salienta Barros Neto (1999), as várias mudanças no contexto do mercado da construção habitacional brasileira justificam a valorização cada vez maior da função produção e, conseqüentemente, a necessidade de entender e valorizar o importante papel estratégico que esta

função desempenha no que diz respeito à competitividade da empresa.

A partir destas dificuldades, o setor da construção civil tem procurado adaptar conceitos, métodos e técnicas desenvolvidos pra ambientes de produção industrial (KOSKELA, 1992). Contudo, nem sempre os sistemas desenvolvidos em ambientes de manufatura conseguem adequar-se plenamente às situações de produção encontradas na construção civil (ASSUMPÇÃO, 1996).

Sob o contexto de análise e adaptação de práticas de gestão da produção utilizadas na manufatura ao ambiente da construção civil, a atividade de Projeto do Sistema de Produção (PSP) representa a primeira tarefa gerencial a ser realizada no início de qualquer esforço produtivo (BALLARD et al., 2001), representando a forma mais básica para tentar mitigar a variabilidade inerente aos sistemas de produção (KOSKELA, 2000).

Segundo Krajewski e Ritzman (1992), as definições feitas durante o PSP são estrategicamente importantes, já que escolhas erradas podem afetar a habilidade da organização em competir a longo prazo. Assim, o PSP afeta diretamente a eficiência da função produção, pois a maioria dos recursos empregados é definida durante essa etapa.

No caso específico dos empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS), em função das características peculiares de seus sistemas de produção, torna-se oportuno propor a elaboração do PSP, antecedendo ao início da sua execução e avaliar seus potenciais benefícios.

Essa oportunidade tornou-se evidente a partir de uma série de estudos de caso realizados com o objetivo de adaptar o modelo de planejamento e controle da produção (PCP) desenvolvido no Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação – NORIE da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS (FORMOSO et. al., 1999) à realidade dos EHIS. Estes estudos apontaram para a necessidade de antecipação das decisões relacionadas à organização e estruturação do sistema de produção, como forma de buscar um melhor desempenho da produção durante a fase de execução.

Assim, o objetivo deste artigo é apresentar e descrever um modelo proposta para a elaboração do Projeto do Sistema de Produção para EHIS, buscando: (a) definir as decisões que devem compor o escopo de elaboração do PSP; (b) identificar técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas no seu desenvolvimento; (c) delimitar as

interfaces entre o PSP e os processos de projeto do produto e planejamento e controle da produção; e (d) apontar os principais entraves relativos à elaboração e operacionalização do PSP nesses empreendimentos.

## O projeto do sistema de produção

Sempre que um novo sistema de produção estiver sendo desenvolvido, três atividades gerenciais (projeto, planejamento e controle e melhoria) são desempenhadas geralmente de maneira seqüencial. Estas atividades têm como objetivo principal contribuir para o alcance dos objetivos estratégicos da produção, operacionalizados e aperfeiçoados através da estratégia de produção. Dessa forma, a estratégia de produção influencia diretamente a atividade de projeto e de forma secundária as demais atividades, de planejamento e controle e de melhoria da produção (SLACK et al., 1997), de acordo com a Figura 1.

Pode-se perceber que as atividades de projeto (compreendidas tanto pelo projeto do produto como do sistema de produção) representam a forma mais básica de obtenção de vantagem

competitiva na busca do alcance dos objetivos estratégicos da produção (SLACK et al., 1997).

Segundo Hermann (2003), muitos esforços para melhorar o desempenho de sistemas de produção têm sido despendidos através da melhoria dos sistemas de planejamento e controle e do desenvolvimento de procedimentos de programação sofisticados. Entretanto, deve-se perceber o evidente impacto que o projeto do produto (que requer um conjunto específico de operações de produção) tem sobre o desempenho do sistema de produção.

Nesse sentido, o projeto do produto e o projeto do sistema de produção deveriam ser considerados como atividades que se sobrepõem por dois motivos. Primeiro, o projeto do produto tem um efeito importante no custo de produção. Os custos do processo de projeto crescem muito lentamente, especialmente no início da atividade de projeto, enquanto que os custos de produção que o projeto está comprometendo crescem muito rapidamente (Figura 2). Segundo, o modo como esta sobreposição é gerenciada pode ter um efeito significativo sobre o tempo entre a concepção inicial do produto e o seu lançamento no mercado (SLACK et al., 1997).

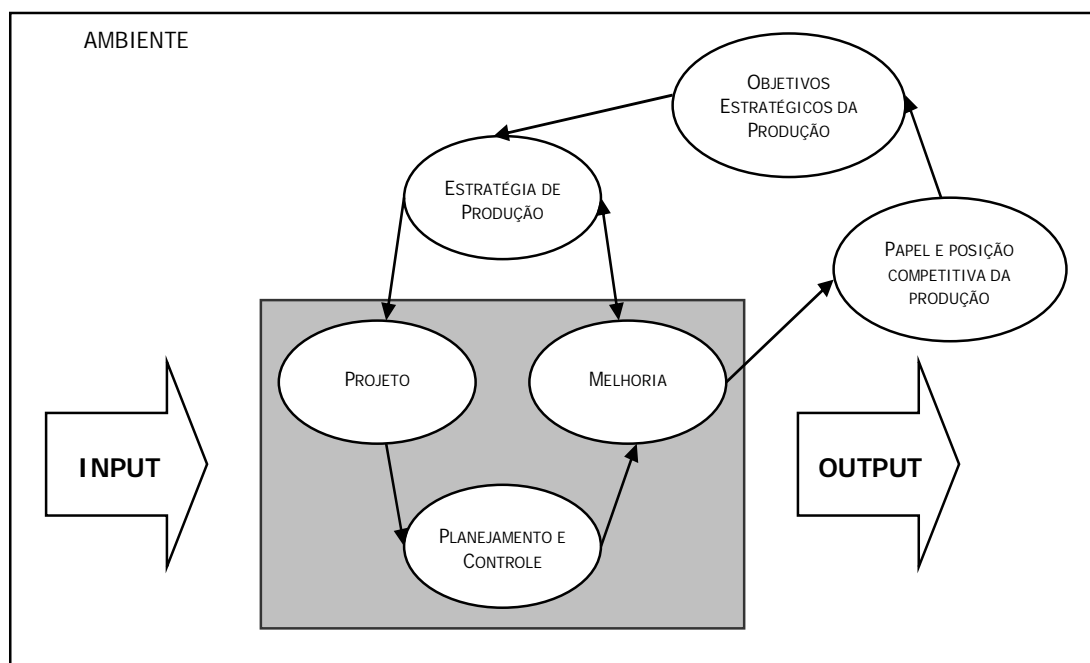


Figura 1 - Modelo geral de administração da produção (baseado em SLACK et al., 1997)

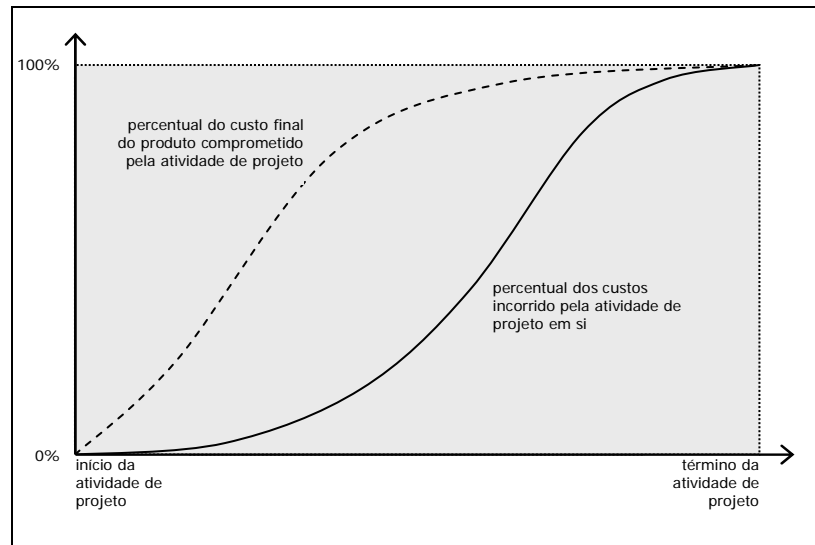


Figura 2 - Relação entre a atividade de projeto e os custos de produção (baseado em SLACK et al., 1997)

Dessa forma, o Projeto do Sistema de Produção (PSP) representa uma importante atividade gerencial que deve ser realizada antecipando as atividades de produção. Quanto maior a sobreposição temporal entre as atividades de projeto do produto e de projeto do sistema de produção, maiores serão as oportunidades para a efetiva redução da parcela de atividades que não agregam valor ao sistema de produção.

Segundo Koskela (1999; 2000), por representar uma atividade realizada em avanço ao início da produção, o PSP representa a solução mais básica para a redução das características negativas inerentes aos sistemas produtivos (como a variabilidade, por exemplo). Sua função é criar as condições básicas para o controle e a melhoria do sistema de produção (BALLARD et. al., 2001).

Conforme Slack et al. (1997), o projeto do sistema de produção pode ser encarado a partir de duas perspectivas. Na perspectiva estratégica, considera-se a organização como parte integrante de uma rede de clientes e fornecedores, estabelecendo a necessidade de três decisões de projeto: (a) decisões de integração vertical (fazer ou comprar); (b) decisões de gestão da capacidade produtiva de longo prazo; e (c) decisões de localização das operações produtivas. Já na perspectiva operacional, o PSP preocupa-se com o arranjo físico das instalações (e conseqüentemente com o fluxo do produto através do sistema), com a seleção da tecnologia a ser empregada e com gestão do pessoal de produção.

Halpin e Woodhead (1976) caracterizam o projeto do sistema de produção como um procedimento consistindo das seguintes atividades principais:

o desenvolvimento de um plano que consiste na seleção da tecnologia de construção adequada e das atividades a serem desenvolvidas de acordo com a lógica tecnológica;

a seleção de equipamentos e mão-de-obra, estabelecendo o conjunto de recursos que devem estar disponíveis para a execução de cada processo (cuja natureza é definida em função das necessidades da tecnologia de construção) e da sua capacidade, em função da demanda de trabalho envolvida e da produtividade desses recursos;

o desenvolvimento de políticas gerenciais, que consistem em um conjunto de ações pré-definidas para operar em resposta a um conjunto de condições antecipadas. Políticas gerenciais são freqüentemente desenvolvidas para processos considerados críticos.

De forma resumida, o Projeto do Sistema de Produção (PSP) na construção civil consiste no processo de análise e discussão de alternativas de organização do sistema de produção do empreendimento, e na seleção da alternativa mais adequada à consecução de um desempenho adequado deste sistema durante a etapa de execução considerando suas especificidades (SCHRAMM, 2004).

A partir da elaboração do PSP, propõe-se a antecipação das decisões relacionadas ao sistema de produção do empreendimento tentando garantir que estas possam ser efetivamente operacionalizadas antes do início da sua execução. Assim, busca-se reduzir os níveis de incerteza e variabilidade, cujo efeito é amplificado em função das características dos empreendimentos, como velocidade, repetitividade e pequena margem de lucro.

## Método de pesquisa

Os estudos realizados nesta pesquisa incluíram-se em um projeto de pesquisa intitulado “Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social: modelo integrado de desenvolvimento de produto e gestão da produção para a redução de perdas – GEHIS<sup>1</sup>”, financiado com recursos da Financiadora de Estudos e Pesquisas – FINEP, Programa de Tecnologia da Habitação – HABITARE.

Foram realizados quatro estudos de caso em empreendimentos habitacionais de interesse social, sendo um localizado na cidade de Pelotas, dois em Rio Grande e um em Santa Maria no Rio Grande do Sul. Estes empreendimentos eram financiados com recursos dos programas Morar Melhor, PSH (Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social) e PAR (Programa de Arrendamento Residencial). As três empresas que participaram dos estudos eram empresas construtoras de pequeno porte, sediadas na cidade de Pelotas/RS e vinham intensificando a atuação no mercado habitacional de interesse social. O Quadro 1, abaixo, apresenta a caracterização dos empreendimentos estudados.

A pesquisa foi dividida em quatro etapas: revisão bibliográfica, etapa exploratória, etapa de compreensão e etapa de consolidação. A Figura 3 ilustra o delineamento da pesquisa, apresentando as etapas e o seu desencadeamento.

A etapa exploratória consistiu no desenvolvimento de um estudo de caso, que ocorreu paralelamente a um estudo de implementação e refinamento do Modelo de PCP do NORIE, em um empreendimento habitacional de interesse social localizado na cidade de Rio Grande/RS (designado Empreendimento A), executado pela empresa designada Empresa 1.

A partir da implementação e avaliação do processo de planejamento e controle da produção, percebeu-se a necessidade de uma investigação mais apurada quanto às causas de uma série de dificuldades na estabilização da produção no Empreendimento A. Assim, procedeu-se a um estudo de diagnóstico do sistema de produção do empreendimento, a partir

do qual foram estabelecidas questões e proposições da pesquisa.

A etapa de compreensão foi dividida em duas subetapas. A primeira consistiu em um estudo de caso realizado em um empreendimento localizado na cidade de Rio Grande/RS (designado Empreendimento B), executado pela empresa designada Empresa 2. A segunda subetapa consistiu em um estudo realizado em um empreendimento localizado na cidade de Pelotas/RS (designado Empreendimento C), executado pela Empresa 3.

As evidências provenientes dos dois estudos permitiram considerações preliminares com relação ao escopo de decisões do projeto do sistema de produção em EHIS, às ferramentas e técnicas que poderiam ser empregadas na sua elaboração, bem como aos benefícios e dificuldades da sua operacionalização.

Já a etapa final, de consolidação, consistiu no desenvolvimento de um estudo de caso realizado em um empreendimento localizado na cidade de Santa Maria/RS (designado Empreendimento D), executado em conjunto pelas Empresas 2 e 3.

Neste estudo foi conduzida a elaboração do PSP do empreendimento, através da realização de reuniões no período que antecedeu ao início da sua execução. Não houve o acompanhamento da fase de execução, optando-se pela realização de um estudo *ex-post facto*, através da análise de dados disponibilizados pela empresa, relativos à etapa de execução.

Como forma de compor os dados necessários à consecução dos objetivos da pesquisa, utilizou-se um conjunto de ferramentas para a coleta de múltiplas fontes de evidências, de maneira convergente, que pudessem corroborar um mesmo fato ou fenômeno, permitindo testar as hipóteses do trabalho em um processo de triangulação (YIN, 2002).

## Discussão dos resultados

Com base no referencial teórico e nas evidências coletadas durante a realização dos estudos que compuseram a pesquisa, pôde-se tecer uma série de considerações com relação ao escopo e a seqüência de decisões que vêm a formar o Projeto do Sistema de Produção em EHIS, bem como fazer algumas considerações sobre as interfaces desse com os processos de projeto do produto e planejamento e controle da produção.

<sup>1</sup> O objetivo geral do Projeto GEHIS consistiu no desenvolvimento de um modelo para a gestão integrada das funções de desenvolvimento de produto e de gestão da produção na construção de empreendimentos habitacionais de interesse social. Este projeto foi desenvolvido, entre os anos de 2001 e 2004, com a participação de pesquisadores de cinco universidades brasileiras (Universidade Estadual de Londrina, Universidade Federal do Ceará, Universidade Estadual de Feira de Santana, Universidade Estadual do Oeste do Paraná e Universidade Federal de Pelotas), sob a coordenação do NORIE/UFRGS.

Empreendimento	Características Principais	Prazo de Execução	Sistema Construtivo Adotado
A	356 casas com área de 23,00 m <sup>2</sup> (compostas de sala, cozinha, banheiro e 01 dormitório), dispostas em 12 quarteirões,	10 meses	Painéis pré-fabricados de concreto celular Cobertura em fibro-cimento
B	136 sobrados, com área de 45,5 m <sup>2</sup> (compostos por cozinha e área de serviço, sala, banheiro e 02 dormitórios)	10 meses	Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos Lajes pré-fabricadas Telhas cerâmicas
C	132 unidades, com área de 38,17m <sup>2</sup> (compostas por cozinha e área de serviço, sala, banheiro e 02 dormitórios), dispostas em 03 blocos de edifícios	12 meses	Alvenaria auto-portante de tijolos maciços Lajes pré-fabricadas Telhas cerâmicas
D	400 unidades com área de 38,00 m <sup>2</sup> (compostas por cozinha, área de serviço, sala, banheiro e dois dormitórios) dispostos em 20 blocos de edifícios em dois empreendimentos conjuntos	10 meses	Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos Lajes pré-fabricadas Telhas de fibro-cimento

Quadro 1 - Descrição dos empreendimentos estudados

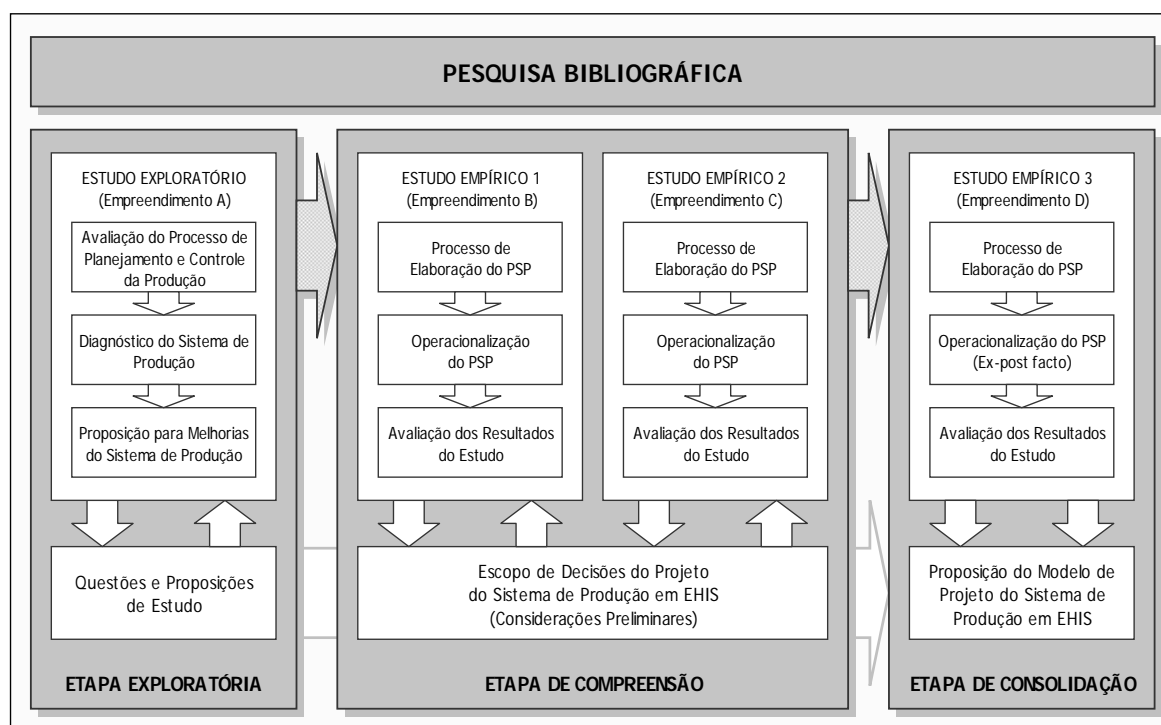


Figura 3 - Delineamento da pesquisa

## Escopo e seqüência de decisões

O escopo de decisões que compõem o Projeto do Sistema de Produção em EHS foi definido com base em uma série de seis etapas. Estas etapas foram agrupadas de acordo com a unidade de análise a qual dizem respeito: a unidade-base<sup>2</sup> ou o empreendimento. Embora as etapas sejam representadas de forma seqüencial, as decisões que contemplam não são tomadas de forma isolada. Pelo contrário, por se tratar de decisões relativas a um sistema de produção, devem ser vistas de forma integrada, ou seja, a modificação em uma das condições repercutirá em maior ou menor grau nas demais à montante ou à jusante. Assim, essas etapas são representadas conectadas por setas em dois sentidos, um correspondendo ao fluxo de decisão, caracterizado pela definição da etapa, e outro relativo ao fluxo de revisão, necessário em função do aspecto iterativo do processo de tomada de decisão.

Em princípio, estas etapas devem ser realizadas em consonância com a estratégia de produção da empresa. Portanto, considera-se que a estratégia de produção representa uma informação de entrada inicial para a elaboração do PSP, embora não seja explicitado no modelo proposto, já que não foi formalmente considerado durante a realização dos estudos. A Figura 4 representa as etapas propostas para a elaboração do PSP, detalhadas a seguir.

### Definição da seqüência de execução e pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção

A primeira etapa para a elaboração do PSP tem como produtos finais duas decisões. A definição da seqüência de execução da unidade-base, de acordo com os estudos, esta se baseou na experiência da equipe de produção na execução de outros empreendimentos semelhantes no passado.

Deve-se considerar que boa parte das especificações de materiais e técnicas construtivas empregadas na execução do empreendimento era definida anteriormente, com base nas restrições impostas pelo contratante. Contudo, pôde-se perceber que algumas definições podem ser ainda alteradas durante a elaboração do PSP, principalmente em função de restrições de capacidade ou de fornecedores ou da necessidade de reduzir o tempo de ciclo de alguns processos (através da substituição de um processo de execução de lajes moldadas *in loco* por um sistema pré-fabricado, por exemplo).

<sup>2</sup> A unidade-base de produção é uma unidade repetitiva que, conforme as características do empreendimento sob estudo, pode ser representada por um pavimento, um apartamento, uma casa ou um sobrado.

Ainda, durante a definição da seqüência de execução, uma série de outras definições importantes vem à tona:

- (a) o nível de integração vertical: quais materiais ou processos serão executados pela empresa ou adquiridos de fornecedores externos;
- (b) a seleção das tecnologias a serem empregadas, em termos de materiais, sistemas construtivos e equipamentos.

No pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção, a experiência da equipe de produção também é importante. As taxas de produtividade estabelecidas para as equipes, de acordo com a sua composição, refletem diretamente nos ritmos de produção que podem ser atingidos.

Nesta etapa, nos estudos realizados, as durações das atividades foram definidas de forma determinística, de tal maneira que não seriam excedidas comumente. Assim, *buffers* eram adicionados às durações das atividades. Embora essa prática possa criar níveis mais altos de trabalho em progresso, ela foi utilizada já que permitia previsibilidade ao início das atividades, tornando o controle mais simples. Entretanto, se uma equipe de trabalho viesse a terminar suas atividades mais cedo do que a data programada, em função da disponibilidade de recursos, esta poderia iniciar o trabalho no próximo local designado a ela.

Com base nas informações geradas nessa etapa, pôde-se elaborar a planilha de pré-dimensionamento de recursos de produção (em termos de mão-de-obra e equipamentos), na qual são registradas as seguintes informações básicas: (a) identificação de cada atividade; (b) recursos necessários, em termos de mão-de-obra e equipamentos; (c) tempo de ciclo, ou seja, o tempo de conclusão de uma unidade repetitiva; (d) tamanho do lote de transferência, relacionado ao lote que será executado pela equipe de cada vez, antes desta mover-se para a execução do próximo lote; e (d) atividades precedentes à execução da atividade em questão.

Outra ferramenta que pode ser utilizada nesta etapa é o diagrama de precedência, cujo objetivo é representar graficamente a seqüência de execução da unidade-base, permitindo uma melhor visualização dos diversos processos que compõem o sistema de produção do empreendimento, sua seqüência e inter-relacionamentos. A Figura 5 exemplifica um diagrama de precedência elaborado em um dos estudos de caso realizados.

### Estudo dos fluxos de trabalho na unidade-base

A partir das definições da seqüência de execução e do pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção têm-se as informações básicas necessárias à elaboração do estudo dos fluxos de trabalho na unidade-base do empreendimento.

Nesta etapa, as decisões são tomadas basicamente em consonância à visão de fluxo (KOSKELA, 2000). Busca-se estabelecer os fluxos de trabalho na unidade-base de produção, que se referem ao conjunto de operações realizadas por cada equipe de trabalho com relação às dimensões espaço e tempo, identificando possíveis interferências entre as equipes. A operação, neste contexto, refere-se ao trabalho realizado por equipes e máquinas, como, por exemplo, a elevação de alvenaria ou execução de chapisco das alvenarias.

Em todos os estudos realizados, foi utilizada a técnica da Linha de Balanço, dada sua característica de fornecer, de forma gráfica e de

fácil compreensão, as trajetórias e os ritmos de produção das equipes de trabalho, bem como informações das durações das atividades.

A linha de balanço permite visualizar ainda possíveis interferências entre as equipes, como também, de forma contrária, as possíveis reduções no tempo de ciclo de produção, a partir da consideração de atividades que podem ser executadas em paralelo. Fornece, ainda, informações sobre as datas de início e de conclusão de cada processo, bem como o tempo de ciclo da unidade-base. A partir da avaliação dessas informações, pode ser necessário aumentar a capacidade dos recursos de produção como forma de possibilitar o aumento do ritmo de alguns processos, encurtando o prazo de execução da unidade habitacional.

A Figura 6 apresenta a linha de balanço utilizada na elaboração do estudo dos fluxos de trabalho na unidade-base de um dos empreendimentos, que consistia em um edifício multifamiliar com cinco pavimentos e quatro apartamentos por andar.

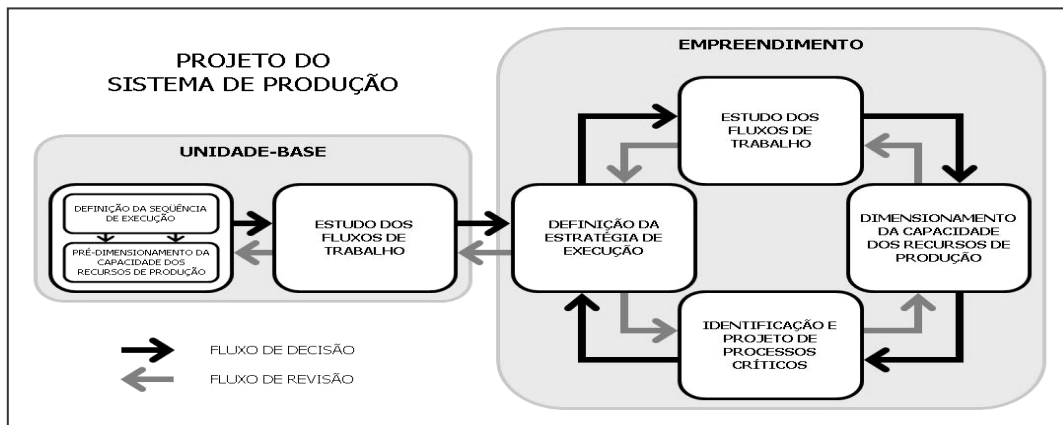


Figura 4 - Etapas da elaboração do PSP para empreendimentos habitacionais de interesse social

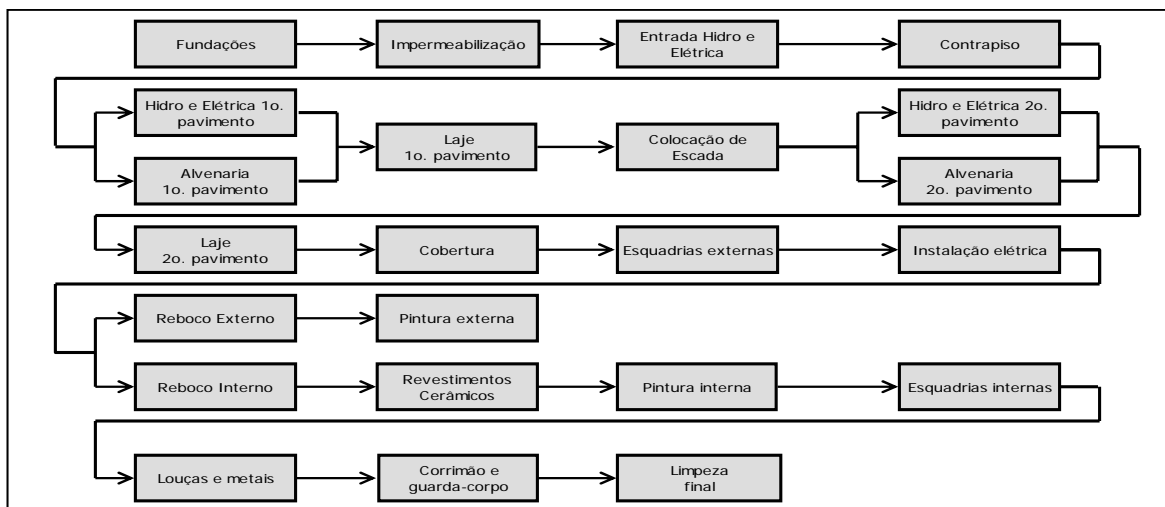


Figura 5 - Diagrama de precedência da execução de uma unidade-base



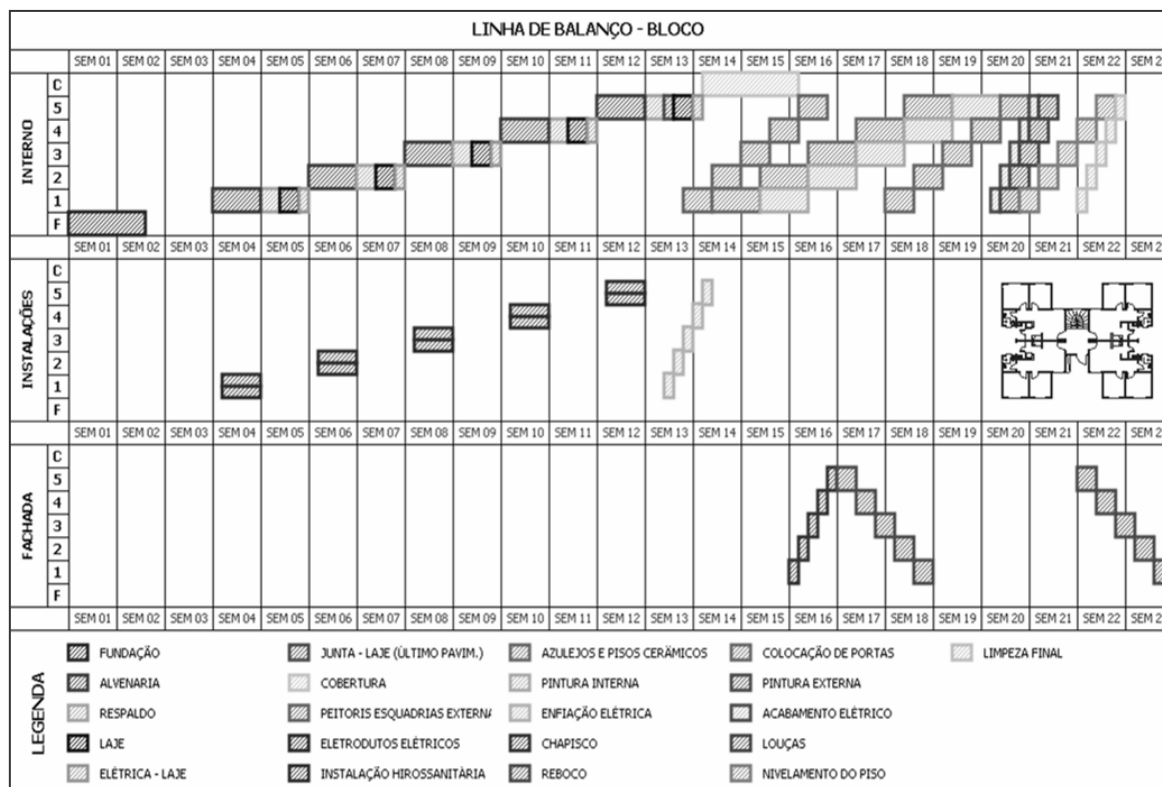


Figura 6 - Linha de balanço utilizada para o estudo dos fluxos de trabalho na unidade-base

### Definição da estratégia de execução do empreendimento

A definição da estratégia de execução do empreendimento é uma das etapas mais importantes na elaboração do PSP, já que sua definição determina, em grande parte, o desempenho do sistema de produção em termos de custo e prazo de execução.

Conforme Assumpção (1996), a estratégia de execução (ou de ataque) do empreendimento é composta por ligações de seqüência e ligações de trajetória. Assim, como as ligações de seqüência entre as atividades foram estabelecidas na primeira etapa do PSP, nesta etapa são definidas as ligações de trajetória, ou seja, os percursos a serem desenvolvidos pelas equipes de trabalho na execução dos diferentes processos.

Para a definição da estratégia de execução buscase a divisão do empreendimento em zonas de trabalho, criando assim “pequenos empreendimentos” dentro do empreendimento maior (BIRREL, 1980) que, por sua vez, podem ser executados de maneira seqüencial ou em paralelo. Essas zonas de trabalho agregam certo número de unidades habitacionais para as quais são alocadas equipes que, em uma situação ideal, deveriam desenvolver suas atividades em um fluxo contínuo de trabalho, seguindo o ritmo preestabelecido.

Na realização dessa etapa são geralmente simuladas e analisadas diversas alternativas de estratégia de execução, dentre as quais uma é escolhida. Essa escolha ocorre em função de diferentes aspectos, entre os quais se destacam: (a) impacto no prazo final de execução do empreendimento; (b) capacidade dos fornecedores de suprimentos; (c) limites na capacidade de produção dos processos críticos (gargalos) para atender a demanda gerada pela alternativa; e (d) viabilidade financeira da alternativa, em função do volume de recursos de produção necessários para a sua consecução.

Embora seja selecionada a alternativa mais adequada dentre várias geradas, as demais alternativas não devem ser totalmente descartadas, na medida em que podem ser úteis no caso da impossibilidade de execução da estratégia originalmente definida. Além disso, é importante proporcionar flexibilidade à estratégia de execução, de modo que ao longo da execução seja possível aumentar ou diminuir a capacidade de produção sem afetar o atendimento à estratégia e ao prazo de execução preestabelecidos.

Esse estudo é formalizado no plano de ataque do empreendimento, cujo objetivo é, através de uma representação gráfica, permitir a visualização das trajetórias das equipes de produção na execução tanto das unidades-base como do empreendimento.

A Figura 7 apresenta o plano de ataque definido para um dos empreendimentos estudados, que consistia de dez blocos de edifícios com cinco pavimentos. Neste exemplo, a estratégia de ataque é representada de duas formas. A primeira mostra a trajetória horizontal de execução do empreendimento (parte inferior da figura). Já a segunda, diz respeito à trajetória vertical das equipes, representado esquematicamente pelas vistas laterais dos blocos de edifícios com seus respectivos pavimentos. Neste exemplo, foi enfatizada a trajetória de execução das atividades de elevação de alvenaria e colocação de lajes, cujas semanas de execução são assinaladas nos respectivos pavimentos. Neste caso, o empreendimento foi dividido em três zonas de trabalho demarcadas através do uso de cores (cinza claro, cinza escuro e branco), cujo momento de início da execução segue uma seqüência previamente definida.

### **Estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento**

O estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento compreende a análise dos fluxos de trabalho a partir da estratégia de execução, a qual define o número de frentes de trabalho serão abertas, e do estudo dos fluxos de trabalho na unidade-base, que determina os ritmos de execução dos vários processos.

Este estudo permite visualizar os fluxos de trabalho em todo o empreendimento, estabelecendo o início da execução de cada segmento, considerando a necessidade de sincronização dos fluxos de trabalho dos diversos processos, principalmente com relação à disponibilidade de capacidade daqueles recursos de produção que são compartilhados pelos diferentes segmentos (como guindastes para montagem de lajes, por exemplo).

Além da utilização da linha de balanço, na qual são representados, em conjunto, todos os processos que compõem a execução das várias unidades-base do empreendimento, podem ser necessários estudos específicos com relação à sincronização entre alguns processos. Estes, geralmente, representam processos críticos do sistema de produção, cuja sincronia é importante para a manutenção do prazo final de execução. Para tanto, pode-se utilizar a ferramenta denominada Diagrama de Sincronia, que consiste em um gráfico de Gantt no qual as linhas relacionam-se ao local em que uma atividade é desenvolvida e as colunas ao momento em que estas serão executadas.

Com isso, pode-se proceder a um estudo de sincronização de processos específicos, geralmente dois ou três, com vistas ao estabelecimento de um fluxo contínuo de trabalho, como, por exemplo, entre os processos de elevação de alvenaria e montagem de lajes. A Figura 9 exemplifica o uso dessa ferramenta na elaboração do PSP. O exemplo mostra o estudo de sincronização entre os processos de elevação de alvenaria (em cinza claro) e montagem de lajes (em cinza escuro) em um empreendimento formado por oito conjuntos de sobrados, num total de 160 unidades habitacionais.

### **Dimensionamento da capacidade dos recursos de produção**

A partir do estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento e dos dados do pré-dimensionamento da capacidade dos recursos realizado na primeira etapa, é possível dimensionar a necessidade de capacidade dos recursos de produção para a consecução do empreendimento como um todo.

Com base na linha de balanço do empreendimento, gera-se um diagrama de seqüenciamento das atividades das equipes de produção, a partir do qual é possível determinar o número de equipes necessárias para a execução de cada processo. Para tanto, considera-se que na ocorrência de execução de uma mesma atividade simultaneamente em mais de um local, torna-se necessário alocar outra equipe de produção. Assim, a partir do número de equipes e da sua composição, estabelece-se o volume de recursos necessários. Essas informações (necessidade de mão-de-obra e equipamentos) são representadas através de planilhas e histogramas de recursos. A partir destas informações, são realizadas análises que podem resultar na reprogramação de atividades devido à necessidade de nivelamento dos recursos em função da sua disponibilidade limitada.

### **Identificação e projeto de processos críticos**

Embora seja necessária atenção a todos os processos de produção, alguns merecem uma maior dedicação quanto a sua preparação e execução, buscando-se, através do seu projeto, minimizar os efeitos negativos que estes possam vir a acarretar ao sistema de produção. Esses processos, chamados processos críticos, são aqueles que representam os gargalos do sistema de produção, ou seja, cuja capacidade individual limitam (gargalos) ou podem vir a limitar (processos com restrição de capacidade) a capacidade de produção do sistema como um todo (UMBLE; SRIKANTH, 1995; COX; SPENCER, 2002).

Assim, ainda na etapa de PSP, deve-se buscar minimizar os efeitos negativos que eventuais interrupções nesse processo poderiam ter sobre o sistema de produção, através do seu projeto adequado que, de forma geral, compreende o estabelecimento das etapas que o constituem, sua seqüência de execução e a alocação dos recursos necessários, visando a consecução do produto com a qualidade, quantidade e custo desejados (GAITHER; FRAZIER, 2001).

Nos estudos realizados o processo de elevação de alvenaria representou o gargalo de produção, já que, após a sua execução, a maioria dos processos poderia ser executada em paralelo e passavam a sofrer pouca interferência das condições climáticas (chuva). Já o processo de pré-fabricação de lajes foi considerado um processo com restrição de capacidade, ou seja, se não fosse corretamente gerenciado viria a tornar-se um gargalo de produção. Assim, com base no ritmo de produção de alvenaria, foram geradas as demandas que deveriam ser atendidas pelo processo de pré-fabricação de lajes, de forma a garantir que aquele processo não fosse interrompido.

Dessa forma, os ritmos de produção dos demais processos foram estabelecidos de forma que o ritmo do processo de elevação de alvenaria puxava a produção dos processos à montante (fundações, pré-fabricação e montagem de lajes), os quais

deveriam ser dimensionados com folga de capacidade, e empurrava a produção dos demais processos à jusante.

Nessa etapa pode-se fazer uso de uma série de ferramentas, dentre as quais destacam-se:

- (a) estudo de layout e de capacidade do processo;
- (b) planilha de definição da seqüência de execução do processo e
- (c) planilha de avaliação de capacidade *versus* demanda.

A Figura 8 apresenta uma planilha de avaliação de capacidade *versus* demanda utilizada em um dos estudos. Esta planilha é elaborada a partir da comparação da capacidade acumulada de produção do processo e da demanda acumulada do empreendimento. Com base nessa comparação pode-se estabelecer a existência de estoques ou a escassez de produção que poderá ocasionar o atraso ou a paralisação na execução do empreendimento.

Outra utilidade desta planilha é seu uso no controle da execução, já que é possível avaliar, em tempo real, as conseqüências que eventuais atrasos ou acelerações nos ritmos de produção de processos podem acarretar na capacidade do processo em questão em responder à demanda gerada.

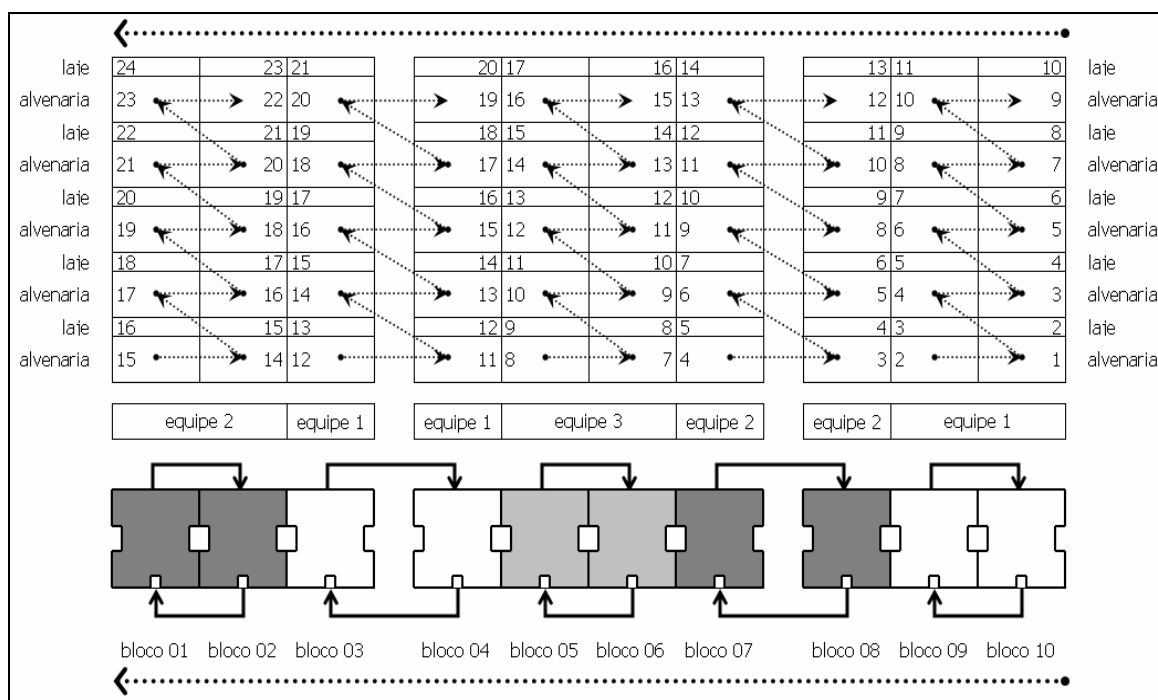


Figura 7 - Plano de ataque de um dos empreendimentos estudados

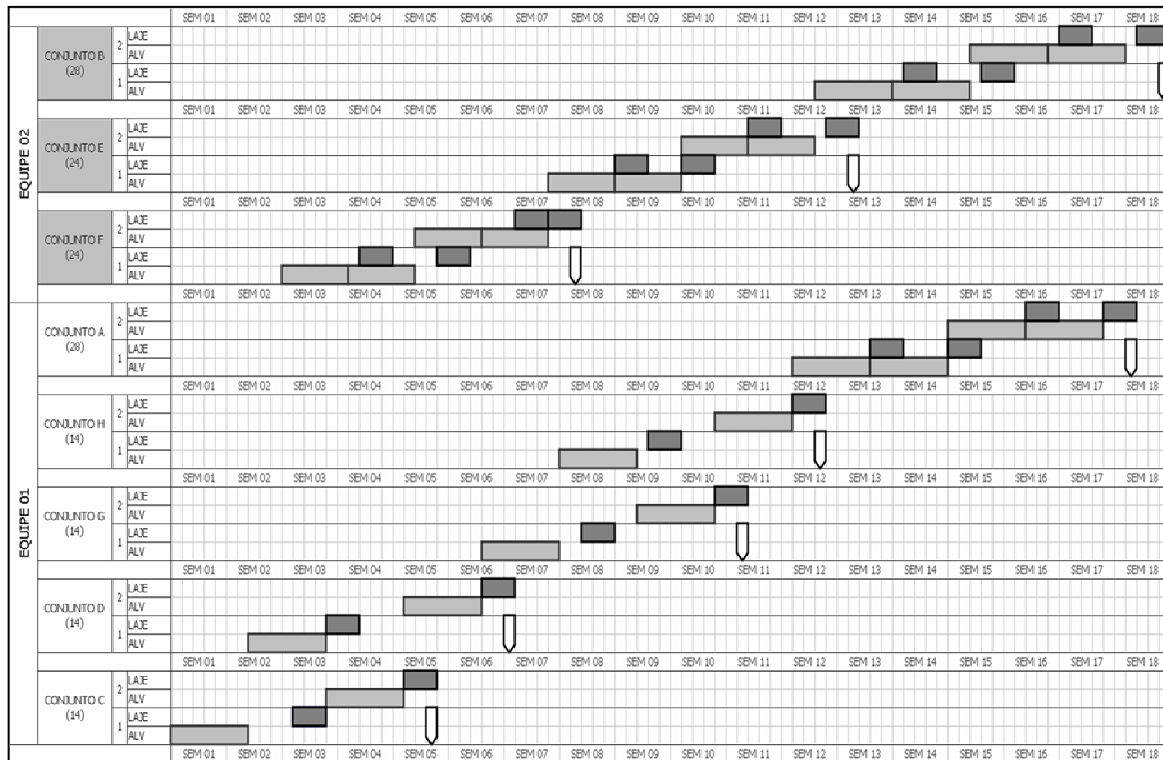


Figura 8 - Diagrama de sincronia elaborado em um dos estudos

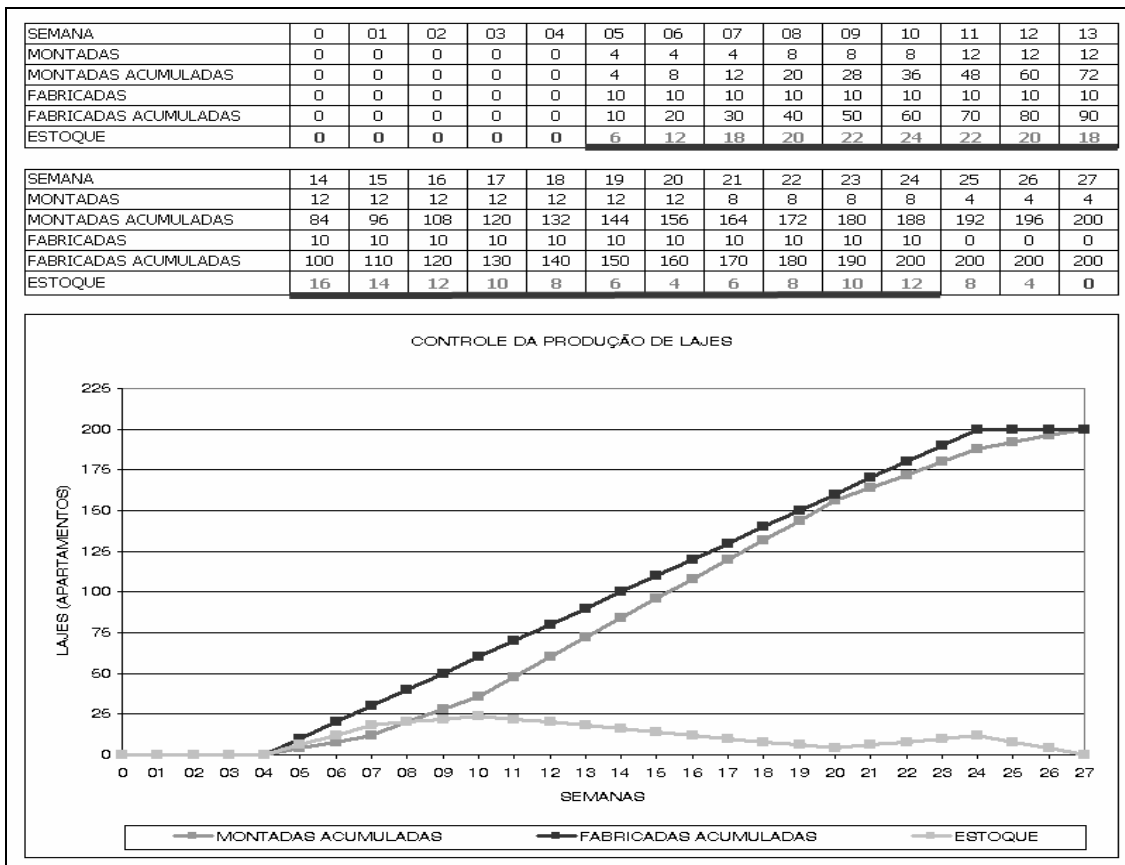


Figura 9 - Planilha de avaliação de capacidade versus demanda

## Oportunidade, validade e incerteza

Pode-se afirmar que o período de tempo despendido à elaboração do PSP é pequeno frente aos potenciais benefícios da sua elaboração. Um período de quatro semanas antes do início do empreendimento, aproximadamente de oito a dez horas de reuniões e de quatro a seis horas de preparação das planilhas e ferramentas utilizadas, totalizando de doze a dezesseis horas, mostraram-se suficientes para a elaboração do PSP. Deve-se ressaltar, entretanto, a necessidade de algumas condições para tanto: (a) dedicação da equipe; (b) autonomia para a tomada de decisões; e (c) conhecimento técnico dos participantes.

Entretanto, a incerteza quanto à efetivação da assinatura do referido contrato, fez com que, em alguns casos, a empresa negligenciasse algumas decisões do PSP. Dessa forma, a inclusão do período necessário à elaboração do PSP no prazo de execução do empreendimento, após a assinatura do contrato, poderia contribuir para reduzir o nível de incerteza do processo e, conseqüentemente, para um melhor desempenho na execução do empreendimento.

## Interfaces do PSP com o processo de projeto do produto

Sob a ótica dos potenciais benefícios da consideração simultânea entre projeto do produto e dos processos de produção individuais, a elaboração do PSP deveria ocorrer de forma sobreposta à elaboração do projeto do produto. Nesse sentido, Melhado e Fabrício (1994) referem-se à elaboração de um Projeto para Produção com o objetivo de atender à exigência de inclusão no projeto de informações adequadas às necessidades das atividades a serem realizadas no canteiro, já que estas não são caracterizações de produto, que existem no projeto executivo, mas sim informações vinculadas aos processos produtivos. Nos estudos empíricos puderam ser identificadas algumas decisões de projeto que vieram a influenciar decisões relativas à execução do empreendimento.

## Interfaces do PSP com o processo de planejamento e controle da produção

Com relação às interfaces entre PSP e PCP, torna-se oportuno considerar que este trabalho restringiu-se a analisar empreendimentos habitacionais de interesse social e, desta forma, as interfaces entre PSP e PCP

aqui discutidas têm relação a este tipo de empreendimento.

Os limites entre as atividades que compõem os escopos do PSP e do PCP, especialmente o planejamento de longo prazo, são bastante tênues. Entretanto, é oportuno delimitá-los. Em primeiro lugar, o PSP é um processo de discussão e tomada de decisão que procura estabelecer a estrutura estática do sistema de produção, criando padrões a serem utilizados como regras de implementação, devendo assim preceder a etapa de execução em um tempo suficiente para que cumpra sua função que é de facilitar e simplificar o processo de controle.

Em segundo lugar, o PSP fornece informações de entrada à elaboração do plano de longo prazo e, em especial no caso dos EHIS, à elaboração do cronograma físico-financeiro que deve ser aprovado junto ao contratante (CEF). Nos estudos empíricos, a elaboração do PSP acarretou a renegociação dos cronogramas dos empreendimentos elaborados previamente (sob força do processo de aprovação), como forma de adequá-los aos aspectos considerados na elaboração do PSP (estratégia de ataque, ritmo de produção, capacidade da cadeia de suprimentos, capacidade dos recursos de produção, etc.).

Dessa forma, a partir da demanda agregada e do prazo de execução, são estabelecidas as demandas mensais de execução, com base não só na visão de transformação, mas também na visão de fluxo, viabilizadas a partir da consideração sistêmica de decisões. Estas decisões geram informações que são consolidadas no plano de longo prazo do empreendimento.

A partir das informações do PSP e do plano de longo prazo puderam-se estabelecer contratos de longo prazo com os fornecedores dos principais materiais e serviços, em função das demandas mensais geradas com base no estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento.

Propõe-se, assim, que o PSP represente uma etapa anterior à elaboração do planejamento de longo prazo, gerando informações de entrada para este. Entretanto, o PSP não deve ser confundido com a etapa de preparação do processo de planejamento. Conforme discutido, o PSP deveria ser iniciado ainda na fase de elaboração do projeto do empreendimento. Ao processo de preparação do processo de planejamento caberiam as definições originalmente propostas por Laufer e Tucker (1987): definição do esforço e tempo a ser despendido a cada etapa do planejamento, frequência de atualização dos planos,

horizontes e níveis de detalhe do planejamento e grau de centralização do planejamento e controle.

Poder-se-ia considerar a etapa de preparação do processo de planejamento como uma atividade do conjunto de decisões que compõem o PSP, já que, de acordo com Skinner (1985), ao se projetar um sistema de produção o que está sendo feito essencialmente é o estabelecimento de um conjunto de políticas de manufatura, nas quais se inclui a organização do sistema de controle.

Outro aspecto importante, diz respeito à necessidade demonstrada pelas empresas em traduzir decisões do PSP (de nível estratégico do empreendimento) em decisões e ferramentas de operacionalização e controle dos processos produtivos. De certa forma, decisões de caráter operacional eram consideradas mais úteis pelos gerentes de produção, embora estas decisões tivessem sido fruto de uma importante discussão de caráter estratégico. Esta necessidade, em parte, relacionava-se ao porte das empresas que participaram dos estudos, no caso pequenas empresas de construção que, na maioria das vezes, relegavam a um segundo plano decisões de longo prazo, em detrimento de decisões que pudessem auxiliar na resolução de problemas correntes.

Com relação ao planejamento nos horizontes de médio e curto prazo, o acompanhamento da execução dos empreendimentos demonstrou que dois aspectos são relevantes: o atendimento ao plano de ataque e a manutenção dos ritmos de produção dos processos. Assim, os estudos gerados durante a elaboração do PSP foram utilizados como parâmetro de controle para as atividades de execução. Conforme observado, os diagramas gerados naquela etapa foram efetivamente utilizados no acompanhamento da execução, ou novas ferramentas foram propostas com base nas informações oriundas daquelas.

## Conclusões e recomendações

Propôs-se um modelo para elaboração do Projeto do Sistema de Produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social. Este modelo foi definido a partir da consideração do referencial teórico e das evidências oriundas de quatro estudos de caso desenvolvidos.

Procurou-se estabelecer as decisões que devem compor o escopo de elaboração do PSP. Para tanto, foi necessário conhecer e compreender as peculiaridades dos sistemas de produção dos EHIS.

Foi possível estabelecer, também, as decisões que devem compor o PSP, bem como um roteiro para sua elaboração, em função da seqüência e da interdependência destas decisões nos estudos empíricos.

A abordagem sistêmica utilizada possibilitou o desencadeamento lógico das decisões tomadas em função da melhoria do sistema de produção como um todo e não em relação aos processos de forma isolada, como é freqüentemente adotada de acordo com uma visão tradicional de gestão de empreendimentos.

No acompanhamento da execução dos empreendimentos perceberam-se algumas dificuldades de operacionalização de decisões provenientes da elaboração do PSP. Em todos os estudos empíricos, em maior ou menor grau, houve modificações nas estratégias de ataque originalmente propostas em função, principalmente, de falhas no gerenciamento dos processos considerados críticos. A partir dos dados coletados durante o processo de execução, foi possível perceber os reflexos que estas dificuldades vieram a acarretar, sobretudo em termos de prazos e custos dos empreendimentos.

Entretanto, essas dificuldades de operacionalização não podem ser atribuídas a um detalhamento excessivo dos planos frente ao horizonte de tempo a que o PSP se refere. Os estudos indicaram que, em função das características destes empreendimentos, sobretudo repetitividade, interdependência e velocidade dos processos, torna-se fundamental que as decisões relativas à organização do sistema de produção sejam antecipadas.

Pode-se pensar no PSP como o principal elo que conecta as atividades de projeto do produto e a sua execução, através do processo de planejamento e controle da produção. O PSP representa a atividade de organizar ou estruturar (SLACK et al., 1997; KOSKELA, 2000) o sistema de produção do empreendimento para que esse possa ser adequadamente planejado e controlado com vistas à melhoria contínua.

Assim, considerando que o principal objetivo do projeto do sistema de produção é a criação de condições para o seu controle e melhoria, a sua elaboração permite a estruturação do conjunto de recursos de produção de uma forma organizada e gerenciável, tornando-se referência aos processos de planejamento e controle e à melhoria da produção.

## Referências

- ASSUMPCÃO, J.F.P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios.** 1996. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- BALLARD, G. et al. Production System Design in Construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 9., Singapore, 2001. **Proceedings...** Singapore: IGLC, 2001.
- BARROS NETO, J.P. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional.** 1999. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BASHFORD, H. H.; SAWHNEY, A.; WALSH, K. D.; KOT, K. Implications of Even Flow Production Methodology for U.S. Housing Industry. **Journal of Constructions Engineering and Management.** v. 129, n. 3, p. 330-337, May-June, 2003.
- BERNARDES, M. M. e S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** 2001. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BIRREL, G. S. Construction Planning - Beyond the Critical Path. **Journal of the Construction Division.** v. 106, n. CO3. [S.l.]: ASCE, 1980.
- COX, J. F.; SPENCER, M. S. **Manual de teoria das restrições.** Porto Alegre: Bookman, 2002.
- FORMOSO, C. T. et al. **Termo de referência para planejamento e controle da produção na construção civil.** São Paulo: SINDUSCON-SP, 1999. (Relatório Técnico).
- GAITHER, N. **Production and operations management: a problem-solving and decision-making approach.** Hinsdale: Dryden, 1980.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações.** 8 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- HAPIN, D. H.; WODHEAD, R. W. **Design of construction and process operations.** [S.l.]: John Wiley & Sons, 1976.
- HARRIS, R.B.; IOANNOU, P.G. **Repetitive scheduling method.** Michigan: Civil and Environmental Engineering Department. University of Michigan, 1998.
- HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. **Restoring our competitive edge.** New York: John Wiley & Sons, 1984.
- HERRMANN, J. W. Design for Production: Concepts and Applications. In: Society of Manufacturing Engineers Annual Members Conference. **Proceedings...** Bethlehem: Society of Manufacturing Engineers, 2003. Disponível em : <<http://www.isr.umd.edu/Labs/CIM/projects/>>. Acesso em: 20 abr. 2004.
- KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** 2000. PhD Tesis – Technical Research Centre of Finland, Espoo.
- KOSKELA, L. Management of Production in Construction: a theoretical view. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7. Berkeley, 1999. **Proceedings...** Berkeley: IGLC, 1999.
- KOSKELA, L.. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford: Center for Facility Engineering, 1992. (Technical Report, 72).
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Operations management: strategy and analysis.** 3rd ed. [s.l.]: Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is the construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics.** London, n. 5, p.243-266, 1987.
- MELHADO, S. B.; FABRICIO, M. M. Projeto da produção e projeto para produção: discussão e síntese de conceitos. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1998.

SCHRAMM, F. K. **O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social.** 2004.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SKINNER, W. **Manufacturing, the formidable competitive weapon.** New York: John Wiley & Sons, 1985.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1997.

UMBLE, M.M.; SRIKANTH, M.L. **Synchronous manufacturing:** principles for world-class excellence. Wallingford: The Spectrum Publishing Company, 1995.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.