

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Ramon Künzel**

**O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE  
CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS DE MÉDIO PORTE**

Porto Alegre  
julho 2011

**RAMON KÜNZEL**

**O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE  
CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS DE MÉDIO PORTE**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Eduardo Luis Isatto**

Porto Alegre  
julho 2011

**RAMON KÜNZEL**

**O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE  
CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS DE MÉDIO PORTE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 18 de julho 2011

Prof. Eduardo Luis Isatto  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Arq. Daniela Dietz Viana (UFRGS)**  
M. Sc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Eng. Gustavo Pedroso Navarro (Goldsztein Cyrela)**  
M. Sc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Reni e Elisete que, mesmo estando longe sempre estiveram ao meu lado e me deram toda força necessária para alcançar mais este objetivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Eduardo Isatto pela sua orientação precisa e, sobretudo, pela sua paciência e amizade. Que todo seu conhecimento sirva de exemplo e estímulo para que eu busque cada vez mais conhecimento.

Aos meus amigos do trabalho pelo apoio à realização ao longo deste curso de graduação, pela amizade de todos e pelo conhecimento compartilhado.

Ao Eng. Vilson pela confiança, paciência e pelo conhecimento compartilhado. Que toda sua competência e dedicação sirvam de exemplo para minha vida profissional.

À professora Carin pela atenção, pela sua paciência e principalmente à sua dedicação para o sucesso deste trabalho.

À Lia pelo apoio incondicional, principalmente na conclusão deste trabalho.

Ao Enio pelo apoio, sem o qual eu não teria conseguido.

À empresa pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento.

Há muitas maneiras de avançar, mas só uma maneira de  
ficar parado.

*Franklin D. Roosevelt*

## RESUMO

KÜNZEL, R. **O projeto do sistema de produção de condomínios horizontais de médio porte**. 2011. 67 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A atividade de projeto do sistema de produção (PSP) representa a primeira tarefa gerencial a ser realizada no início de qualquer esforço produtivo, a maneira mais básica de tentar mitigar a variabilidade inerente aos sistemas de produção. Com base em outros trabalhos sobre PSP no setor da Construção Civil, o objetivo deste trabalho é verificar e propor diretrizes básicas à elaboração do PSP em obras de condomínios horizontais de médio porte. Frente às características deste tipo de obra, existe a oportunidade, além de definir o escopo de decisões à serem tomadas, de propor a elaboração do PSP, antecipadamente e conjuntamente com a sua execução, avaliando suas influências na produção. Para tanto o método de pesquisa deste trabalho foi dividido em quatro etapas. Na primeira etapa deste trabalho foram definidos seus objetivos e as metodologias de trabalho. A segunda etapa compreende a pesquisa bibliográfica à respeito do tema, consistindo na abordagem dos conceitos de gestão de sistemas de produção, da complexidade de empreendimento e do próprio PSP. Ainda dentro desta etapa, o passo seguinte corresponde à definição das características sobre as quais devem ser tomadas decisões para formulação do PSP, identificando, basicamente através da bibliografia, quais são os aspectos a serem analisados para esta formulação. Dando continuidade ao trabalho dentro da etapa de estudo de caso, foi necessário fazer uma caracterização do empreendimento a ser estudado, além desta caracterização é elaborado o PSP a partir de cada um dos aspectos analisados e definidos como decisões pertinentes à sua realização. A última, e quarta etapa, discorre sobre os resultados e conclusões a respeito do estudo realizado no empreendimento bem como a verificação de suas influências na sua execução. O trabalho conclui que existem diretrizes a serem seguidas para execução do PSP de empreendimentos horizontais de médio porte, as quais são apresentadas ao final do trabalho

Palavras-chave: projeto do sistema de produção; condomínios horizontais; gestão da produção.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: diagrama das etapas do trabalho .....	15
Figura 2: representação do sistema de produção .....	19
Figura 3: matriz produto-processo .....	21
Figura 4: comparação entre empreendimento enxuto e tradicional .....	23
Figura 5: dimensões de empreendimentos complexos .....	29
Figura 6: modelo geral da administração da produção .....	32
Figura 7: relação entre atividade de projeto e os custos de produção .....	33
Figura 8: projeto do produto e do sistema de produção .....	34
Figura 9: vista geral do empreendimento A demarcando-se divisão de fases.....	42
Figura 10: sequência de execução casas versão inicial .....	45
Figura 11: sequência de execução casas versão final .....	46
Figura 12: durações das atividades por fita .....	48
Figura 13: durações das atividades por casa.....	49
Figura 14: identificação das fitas e ruas .....	51
Figura 15: diagrama de sincronismo da execução das estacas .....	54
Figura 16: diagrama de sincronismo da execução radier (contrapiso) .....	55
Figura 17: diagrama de sincronismo da execução alvenaria .....	56
Figura 18: diagrama de sincronismo da execução telhados .....	57
Figura 19: diagrama de sincronismo da execução reboco externo .....	58

## **LISTA DE SIGLAS**

PSP: projeto do sistema de produção

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Sebrae/RS: Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul

TFV: transformação, fluxo e valor

DPC: dias por casa

DPF: dias por fita.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	13
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	13
<b>1.2.1 Objetivo principal</b> .....	13
<b>1.2.2 Objetivos secundários</b> .....	13
1.3 DELIMITAÇÕES .....	13
1.4 LIMITAÇÕES .....	14
1.5 ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	14
1.6 DELINEAMENTO .....	14
<b>2 O PROJETO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO.....</b> .....	16
2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	16
<b>2.1.1 Abordagem sistêmica.....</b>	16
<b>2.1.2 Definições e objetivos dos Sistemas de Produção</b> .....	16
<b>2.1.3 Sistemas de Produção por Projeto</b> .....	19
<b>2.1.4 Gestão de projetos</b> .....	21
2.1.4.1 Transformação .....	24
2.1.4.2 Fluxo .....	24
2.1.4.3 Geração de valor .....	26
<b>2.1.5 Complexidade na Construção Civil</b> .....	27
2.1.5.1 Definição de empreendimentos complexos .....	27
2.1.5.2 Gestão de empreendimento complexos .....	29
2.2 PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO .....	31
<b>2.2.1 Decisões do Projeto do Sistema de Produção</b> .....	35
<b>2.3.2 Modelos do PSP na Construção Civil</b> .....	36
2.3.2.1 Captação das necessidades dos clientes.....	36
2.3.2.2 Definição da Sequência de Execução e Dimensionamento dos Recursos de Produção da Unidade-Base .....	36
2.3.2.3 Estudo dos Fluxos de Trabalho da Unidade-Base .....	37
2.3.2.4 Definição da Estratégia de Execução do Empreendimento .....	38
2.3.2.5 Estudo dos Fluxos de Trabalho no Empreendimento .....	38
2.3.2.6 Dimensionamento da Capacidade dos Equipamentos e mão de obra .....	39
2.3.2.7 Identificação e Projeto dos Processos Críticos .....	39

<b>3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA</b>	41
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO EMPREENDIMENTO A.....	41
3.2 DEFINIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS RECURSOS DE PRODUÇÃO DA UNIDADE-BASE.....	43
<b>3.2.1 Unidade-base fita</b> .....	47
3.3.1.1 Caracterização da unidade-base fita.....	47
3.3.1.2 Dimensionamento da unidade-base.....	47
<b>3.2.2 Unidade-base casa</b> .....	48
3.3.2.1 Caracterização da unidade-base casa.....	48
3.3.2.2 Dimensionamento da unidade-base.....	48
3.3 ESTUDO DOS FLUXOS DE TRABALHO DA UNIDADE-BASE.....	50
3.4 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE EXECUÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	50
3.5 ESTUDO DOS FLUXOS DE TRABALHO NO EMPREENDIMENTO.....	53
3.6 DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DOS EQUIPAMENTOS E MÃO DE OBRA.....	59
3.7 IDENTIFICAÇÃO E PROJETO DOS PROCESSOS CRÍTICOS.....	59
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	61
4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	65
REFERÊNCIAS .....	66



## 1 INTRODUÇÃO

Em vista da constante expansão da construção civil e do crescimento da concorrência entre empresas deste segmento, o setor tem a necessidade de modernização. Esse avanço não deve ser restringido especificamente a novas tecnologias de materiais ou equipamentos, e sim ao seu processo executivo com um todo. Por mais que existam avanços tecnológicos isolados, caso não seja possível uma modernização geral da produção, tais avanços não serão perceptíveis. Ou seja, é necessária uma modernização do sistema produtivo, e essa, necessariamente, passa pelo planejamento.

Mesmo assim, conforme Schramm (2004) é corriqueiro em empresas de construção que estes planejamentos se restrinjam à elaboração de cronogramas e de planejamentos financeiros, sem a formulação de um planejamento executivo e produtivo, conhecido como projeto do sistema de produção (PSP), que consiste na elaboração de metodologias e ferramentas organizacionais e de produtividade visando a melhoria dos sistemas de produção.

Sendo assim, neste trabalho será feita uma abordagem sistêmica com intuito de elencar todas as decisões inerentes à formulação do projeto do sistema de produção para empreendimentos em condomínios horizontais. Na ideia de obras horizontais será feito estudo de um condomínio com 162 unidades, considerado de acordo com as diretrizes da empresa, um empreendimento de médio porte. Dentro desse estudo será elaborado o PSP para o este empreendimento, analisando itens como espaço físico, layout de canteiro, qualidade, critérios de medição e continuidade, discutidos no quarto capítulo desse trabalho. Para que este PSP pudesse ser realizado foi feito um aprofundamento na bibliografia, sendo os itens de maior relevância, apresentados no capítulo dois. No capítulo três foi realizado um estudo de caso em um empreendimento horizontal de médio porte. As conclusões do trabalho, ou seja, as diretrizes propostas são apresentadas no capítulo quatro.

## 1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão fundamental de pesquisa deste trabalho é: quais como elaborar o projeto do sistema de produção de um empreendimento horizontal de médio porte?

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

A seguir são descritos os objetivos principais e secundários deste trabalho.

### 1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a proposição de diretrizes para a elaboração do PSP de obras de condomínios horizontais de médio porte.

### 1.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) identificação das características das obras de condomínios horizontais de médio porte, sobre as quais, devem ser tomadas decisões;
- b) a análise de como as características do empreendimento horizontal de médio porte influenciaram a elaboração do Projeto do seu Sistema Produção.

## 1.3 DELIMITAÇÕES

O presente estudo será elaborado à luz de dados obtidos em um condomínio horizontal de médio porte, composto de 162 casas, assim definido administrativamente pela empresa. Definido como estes dados incidirão na elaboração do PSP e ainda quais as indicações deste estudo para a demais obra de mesmo porte.

## 1.4 LIMITAÇÕES

As propostas aqui apresentadas serão aceitas como válidas, para os demais empreendimentos de mesmo porte, embora os dados analisados e mostrados neste trabalho sejam de um único empreendimento, na cidade de Canoas.

## 1.5 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Com base nos objetivos e na questão de pesquisa acima apresentados, a estratégia de pesquisa utilizada para este trabalho é o estudo de caso baseado em intervenção. Conforme Yin (2005), quando se trabalha com questões do tipo **como** é provável que levem ao uso de estudo de caso. SCHRAMM<sup>1</sup> (1971, apud YIN, 2005) salienta que a essência de um estudo de caso, tenta esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões, o motivo pelo qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados.”.

Também é ressaltado por Yin (2005), que o estudo de caso é a estratégia preferida quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. O estudo de caso utilizado neste trabalho tem o diferencial da participação ativa do pesquisador na formulação do PSP, por isso o estudo é baseado em intervenção.

## 1.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, representadas na figura 1, e detalhadas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) identificação das características dos condomínios horizontais sobre as quais devem ser tomadas decisões para formulação do PSP;
- b) estudo de caso;

---

<sup>1</sup> SCHRAMM, W. Notes on case studies of instructional media projects. Working paper for the Academy for Educational Development, [s.l.: s.n.] Dec. 1971.

c) considerações finais.

A pesquisa bibliográfica tem como objetivo o aprofundamento no tema da questão de pesquisa bem como reunir embasamento teórico para que seja possível executar as próximas etapas. A pesquisa se relaciona com todas as etapas do trabalho. Na etapa denominada identificação das características dos condomínios horizontais sobre as quais devem ser tomadas decisões para formulação do PSP, serão considerados conceitos, a partir da bibliografia e da vivência no canteiro de obra, a fim de definir quais aspectos devem ser discutidos para elaboração do PSP.

Na etapa estudo de caso será feita caracterização do empreendimento em estudo, apresentando as características desse empreendimento, buscando informações em seus projetos, identificando suas peculiaridades e seus processos críticos. Também será descrito nesta etapa, elaboração do PSP desse empreendimento e verificação da influência das suas características neste processo será construído o PSP do empreendimento fazendo uma análise de como suas peculiaridades influenciaram na construção do PSP.

Na última etapa, conclusões, é feito o fechamento do trabalho, consolidando os objetivos dessa pesquisa e dando resposta final a questão de pesquisa.

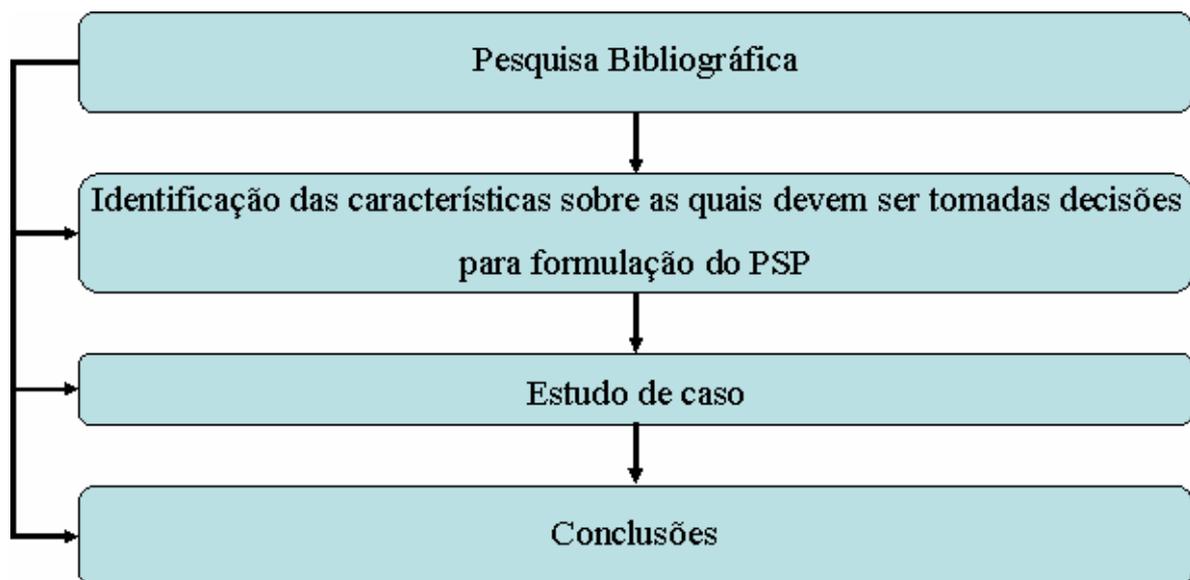


Figura 1: diagrama das etapas do trabalho

## 2 O PROJETO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO

A seguir serão abordados conceitos do projeto de sistemas de produção.

### 2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordadas as definições e os objetivos dos sistemas de produção.

#### 2.1.1 ABORDAGEM SISTÊMICA

Inicialmente, deve-se analisar os benefícios de trabalhar com abordagem sistêmica. Conforme Schramm (2004, p. 27), “Pensar em termos de sistemas traz algumas vantagens. Primeiro, permite concentrar-se na iteração entre seus componentes individuais, oferecendo um quadro amplo e completo de toda a situação.”. Pensamento este, imprescindível no gerenciamento de obras de condomínios horizontais, uma vez que estes relacionam vários subsistemas em um mesmo espaço e tempo. Quando se pensa sistematicamente, cinco considerações devem feitas (CHURCHMANN, 1971, p. 51):

- a) os objetivos totais do sistema e, mais especificamente, as medidas de rendimento do sistema inteiro;
- b) o ambiente do sistema: as condições fixas;
- c) os recursos do sistema;
- d) os componentes do sistema, suas atividades, finalidades e medidas de rendimento;
- e) a administração do sistema.

Conforme Antunes Jr. et al. (2008, p. 59), “A abordagem de sistemas foca-se na relação entre o todo de certa unidade em análise e suas partes constituintes, deste todo tendo como pressuposto central alcançar um determinado objetivo comum.”. Os sistemas podem ser

desdobrados em sistemas intermediários, de menor porte, e em macro sistemas, os quais congregam sistemas intermediários. Os subsistemas são definidos como as diferentes partes que formam um dado sistema em análise. Já os supersistemas são definidos como um conjunto de sistemas. Conforme Antunes Jr. et al. (2008, p. 59):

[...] deve-se ressaltar que a fronteira do sistema pode ser instaurada de forma artificial e implica a necessidade de definir seus objetivos ou fins. Para diferentes objetivos, provavelmente ter-se-á diferentes definições da fronteira do sistema. Outro ponto importante a ressaltar é que nesta definição deloca-se o eixo de interesse, que se transfere do estudo das partes que constituem o sistema para o estudo das diferentes e dinâmicas interações entre as partes envolvidas.

Para tanto deve ser definido aquilo que será estudado. Dentro dessa ideia, “A definição dos limites e elementos constituintes de um sistema em estudo é altamente dependente dos propósitos e objetivos que este deve alcançar, sendo necessário portanto considerar as necessidades do estudo em questão.” (ANTUNES JR.<sup>2</sup>, 1998 apud SCHRAMM, 2004, p. 28). Conforme o mesmo autor “[...] torna-se fundamental definir corretamente os limites do sistema, já que estes limites determinam o que é ou não considerado, dado que os elementos externos ao sistema devem ser considerados parte do ambiente e portanto estão fora de seu controle.”.

### 2.1.2 Definições e objetivos dos Sistemas de Produção

Elsayed e Boucher<sup>3</sup> (1994 apud SCHRAMM 2004, p. 28), “[...] afirmam que, de uma forma ampla, um sistema de produção pode ser descrito como um conjunto de materiais, trabalho, capital e conhecimento que, conjuntamente, são utilizados na manufatura de um produto.”. Conforme Antunes Jr. et al. (2008, p. 62):

Objetivamente, pode-se dizer que os sistemas de manufatura respondem pela adição concreta de valor ao produto, na medida em que são responsáveis pela transformação do objeto de trabalho, de uma condição inicial de matéria prima, ou

<sup>2</sup> ANTUNES JR., J. A. V. **Em Direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero.** 1998. 406 f. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

<sup>3</sup> ELSAYED, E. A.; BOUCHER, T. O. **Analysis and Control of Production Systems.** 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1994.

de um componente intermediário, em uma condição final de produto acabado ou componente final.

É relevante frisar que os sistemas de produção tratam de diferentes tecnologias básicas (ou específicas) que são intrinsecamente relacionadas ao empreendimento, neste sentido, também podendo ser denominadas de tecnologias intrínsecas (ANTUNES Jr. et al., 2008, p. 28).

Para Elsayed e Boucher<sup>4</sup> (1994 apud SCHRAMM, 2004, p. 28), três elementos são fundamentais em um sistema de produção:

- a) a base tecnológica utilizada, representada por máquinas ou ferramentas, que representa uma das mais importantes decisões de longo prazo realizadas pela empresa;
- b) a organização física do sistema de produção, ou seja, como pessoas e máquinas são organizadas para a consecução dos produtos, relacionando-se ao layout das instalações;
- c) as técnicas de gestão da produção utilizadas para a análise e o controle do sistema, já que para efetivamente utilizar a base tecnológica e a organização da produção é necessário determinar quais produtos, quando e em que quantidades serão produzidos.

De acordo com Antunes Jr. et al. (2008, p. 62), entre as funções de planejamento e controle que devem ser levadas adiante nos sistemas de produção, pode-se destacar aspectos relativos a:

- a) gestão da qualidade, objetivando que os materiais não apresentem defeito em nenhuma parte do fluxo produtivo;
- b) gestão da produção, almejando responder às perguntas “o quê”, “quanto”, “quando”, “onde” e “como” produzir;
- c) controle dos estoques propriamente ditos, ou seja, definição das quantidades ideais de compra, venda e material em processo;
- d) manutenção, ou seja, a determinação e melhoria da confiabilidade das máquinas;
- e) gestão dos acidentes de trabalho, com vistas a reduzir os resíduos industriais no que tange ar, solo e água;
- f) sincronização do fluxo produtivo;

---

<sup>4</sup> ELSAYED, E. A.; BOUCHER, T. O. **Analysis and Control of Production Systems**. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1994.

g) indicação das necessidades de melhorias em todos os pontos citados anteriormente: qualidade, gestão da produção e dos estoques, manutenção, acidentes de trabalho, gestão ambiental e sincronização.

Este trabalho tem como conceito, para sistema de produção, as definições propostas por Hopp e Spearman<sup>5</sup> (1996 apud SCHRAMM, 2004, p. 30): “[...] uma rede de processos orientados por um objetivo, através da qual entidades fluem [...]”. A figura 2 é a representação do sistema de produção considerado neste trabalho.

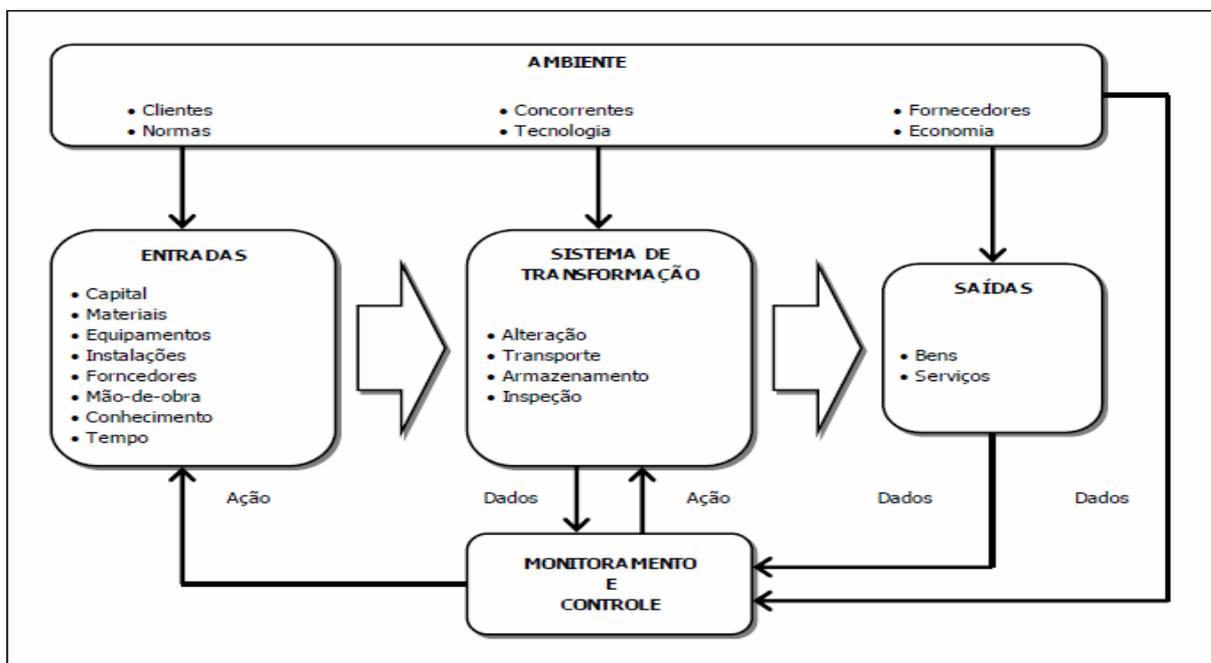


Figura 2: representação do sistema de produção (baseado em MEREDITH; SHAFER, 2002)

### 2.1.3 Sistema de Produção por Projeto

Conforme Slack et al. (1997), existem cinco abordagens gerais para gerenciar sistemas de produção, ou seja, sistemas de produção:

- a) contínua;
- b) em massa;

<sup>5</sup> HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory physics: foundation of manufacturing management**. Boston: McGraw-Hill, 1996.

- c) em lotes ou bateladas;
- d) por *jobbing*;
- e) por projeto.

Desta forma, cada tipo de sistema de produção implica em uma forma diferente de organizar e gerenciar seus processos, de acordo com diferentes características de volume e variedade de produtos (SLACK et al., 1997). As classificações entre as diferentes formas de organizar e gerenciar a relação de processos com produtos são mostradas na figura 3. Segundo Schramm (2004, p. 32), “[...] de acordo com esta classificação, a construção civil caracteriza-se por possuir sistemas de produção por projeto.”.

Conforme Turner<sup>6</sup> (1993 apud SCHRAMM, 2009, p. 41):

[...] um projeto é um empreendimento no qual os recursos humanos, materiais e financeiros são organizados de uma forma nova, para empreender um escopo único de trabalho, de especificação pré-fixada, sob restrições de custo e tempo, para alcançar uma mudança útil definida por objetivos quantitativos e qualitativos.

É possível distinguir sistemas de produção por projeto através das seguintes características (SLACK et al., 1997):

- a) objetivo: o resultado final é geralmente definido em termos de prazo, custo e qualidade;
- b) complexidade: inúmeras tarefas são necessárias para a conclusão do projeto cuja coordenação pode ser complexa;
- c) unicidade: um projeto é usualmente único já que, mesmo quando repetido, será distinto em relação aos recursos utilizados e ao ambiente no qual se insere;
- d) incerteza: um projeto é geralmente planejado antes de ser executado, carregando, portanto, alguma carga de risco;
- e) temporaneidade: os empreendimentos têm início e fim definidos, sendo caracterizados por uma concentração temporária de recursos que, ao final do projeto, são realocados;
- f) ciclo de vida: os recursos necessários para um projeto mudam durante o curso de execução, cujo padrão de alocação típico segue uma curva previsível.

---

<sup>6</sup> TURNER, J. R. **The handbook of project-based management**. London: McGraw-Hill, 1993.

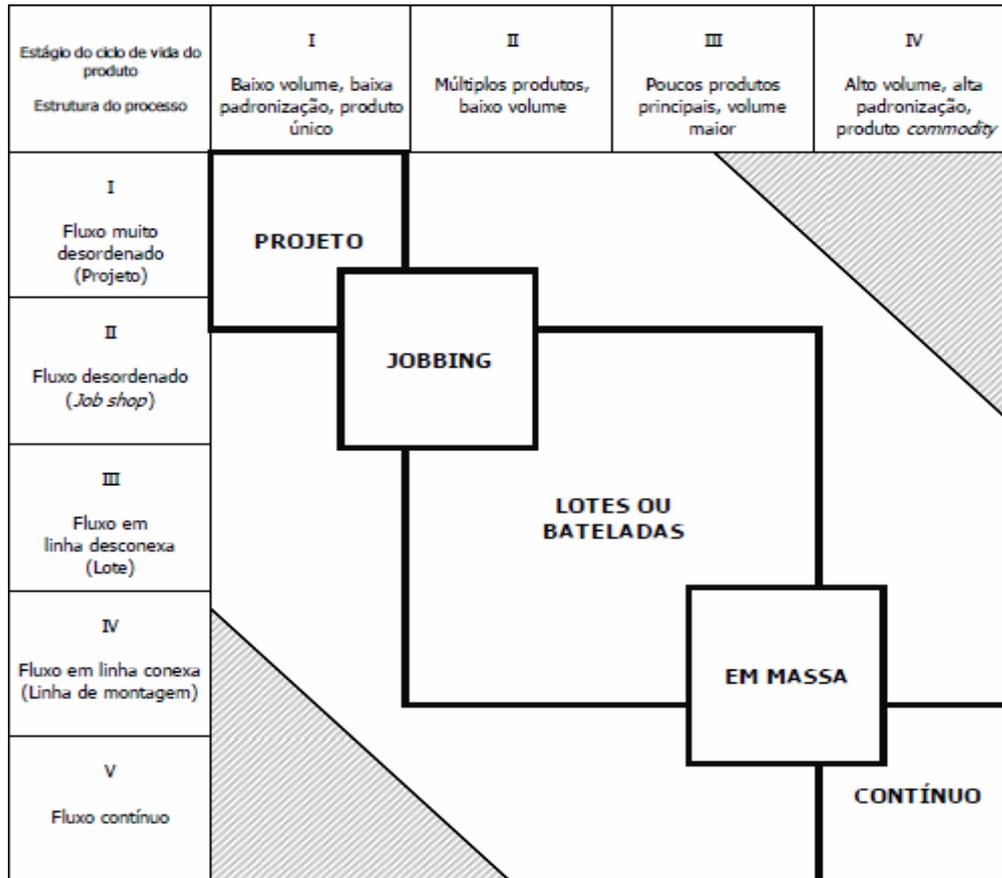


Figura 3: matriz produto-processo (baseado em HAYES; WHEELWRIGHT<sup>7</sup>, 1985 apud SLACK et al.,1997)

### 2.1.4 Gestão de projetos

Pode-se identificar na literatura duas visões distintas da gestão de projetos: a tradicional e a abordagem baseada nos conceitos da Produção Enxuta.

De acordo com Schramm (2009, p. 43):

Percebe-se que, com base nos preceitos e nas ferramentas utilizadas, a gestão tradicional de projetos utiliza uma abordagem reducionista, de caráter fordista-taylorista, na qual se busca a otimização das partes sem a necessária consideração dos impactos que estas ações terão sobre o desempenho do sistema como um todo. Ainda, no caso do estágio de controle, este se baseia no princípio da aderência, ou seja, propõe-se a tomada de ações corretivas de forma reativa (e não proativa), apenas a partir da identificação de um desvio entre o que foi executado e o que fora planejado.

<sup>7</sup> HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. **Restoring our competitive edge**. New York: Wiley, 1984.

O modelo tradicional de gestão de empreendimentos considera a produção como a transformação de insumos e produtos, e nos princípios associadas a este conceito, quais sejam (KOSKELA, 2000):

- a) a decomposição do processo de transformação em subprocessos, que representam processos de transformação menores e mais gerenciáveis;
- b) a redução do custo total do processo pode ser obtida através da minimização do custo de cada subprocesso individualmente;
- c) a proteção do processo de produção contra a influência do ambiente externo através de proteção física (estoques) ou organizacional;
- d) que o valor do produto de um processo está associado ao valor (custo) dos insumos empregados naquele processo.

Segundo Howell e Koskela (2000), embora a visão de transformação seja instrumental para descobrir e compreender quais são as tarefas necessárias à produção, esta não é útil para entender como não utilizar recursos de produção desnecessariamente, com base nessa idéia é fácil identificar a necessidade de melhoria, os mesmos autores concluem essa questão indicando que, a produção gerenciada na forma convencional tende a tornar-se ineficiente e ineficaz.

A necessidade de mudança nos sistemas de gestão tradicional é corroborada conforme segue, Dessa forma, uma reformulação do gerenciamento do empreendimento deve ser guiada por teorias de gerenciamento da produção que adicionem, à ênfase corrente nas atividades, o gerenciamento do fluxo de trabalho e a criação e entrega de valor (HOWELL; KOSKELA 2000).

De acordo com Howell e Ballard (1999), enquanto a visão tradicional encara um empreendimento como a combinação de atividades, a abordagem baseada no Novo Paradigma de Produção considera-o de forma holística. Conforme Schramm (2004, p. 40), “Nesse ambiente, a produção é gerenciada de maneira que todas as ações são alinhadas para gerar valor para o consumidor.”. Desta forma, “[...], a duração e o custo de todo o empreendimento são mais importantes do que a duração e o custo total de qualquer atividade isoladamente.”. De acordo com o mesmo autor, “Sob esta ótica, os objetivos primários são a criação de valor para o consumidor, entregar o empreendimento e o fluxo contínuo de materiais e informações até a conclusão do trabalho.”. Portanto, “A principal meta quanto à melhoria do sistema de

produção resulta de ações que busquem a redução do desperdício, que é medido pela diferença entre a situação corrente e a perfeição.”. Conforme, Howell (1997) dessa forma, um sistema de produção busca satisfazer a necessidades do cliente instantaneamente e sem estoques intermediários. A figura 4 compara o gerenciamento de empreendimentos de acordo com filosofia da Produção Enxuta e a tradicional.

Empreendimento “Enxuto”	Empreendimento Tradicional
Foca o sistema de produção	Foca as transações e contratos
Metas traçadas em termos de transformação, fluxo e valor	Metas traçadas em termos de transformação
Decisões à montante consideram sua influência à jusante	Decisões realizadas por especialistas de forma isolada
Produto e processo são projetados em conjunto	Projeto do produto é concluído, o processo é planejado
Atividades desenvolvidas no último momento possível	Atividades desenvolvidas tão logo quanto possível
Esforço sistemático para reduzir o lead-time dos fornecedores	Organizações separadas ligadas pelo mercado
Estoques utilizados para absorver a variabilidade do sistema	Estoques utilizados para otimização local

Figura 4: comparação entre empreendimento enxuto e tradicional (BALLARD; HOWELL<sup>8</sup>, 2003 apud SCHRAMM, 2004)

Segundo Ballard e Howell<sup>9</sup> (2003 apud SCHRAMM 2004, p. 41):

Sistemas de produção são projetados para alcançar três metas fundamentais: entregar o produto, maximizar valor e minimizar o desperdício. Operar é concebido em termos de planejar e controlar. Assim planejar consiste em especificar metas para o sistema. Controlar é avançar através dessas metas, corrigindo, se necessário, os meios utilizados ou as metas perseguidas.

Conforme os conceitos de produção utilizados no século XX, Koskela (2000), argumenta que a produção pode ser conceituada de três formas: como transformação, como fluxo e como geração de valor e estas deveriam ser simultâneas. A partir dessa ideia de simultaneidade foi gerado um modelo de produção chamado de teoria TFV. Sendo as suas três formas definidas a seguir.

#### 2.1.4.1 Transformação

Na primeira conceitualização, a produção é vista como uma tarefa de transformação de insumos em produtos. Está implícita nesta ideia as seguintes características (SCHRAMM 2004):

- a) o processo de conversão pode ser subdividido em subprocessos, que também são processos de conversão;
- b) o esforço de minimização do custo total de um processo em geral é focado no esforço de minimização do custo de cada subprocesso separadamente;
- c) o valor do produto (*output*) de um subprocesso é associado somente ao custo (ou valor) dos seus insumos.

Estas características utilizadas isoladamente, sem os conceitos de fluxo e geração de valor, compõem o modelo tradicional.

#### 2.1.4.2 Fluxo

Dentro da segunda ideia, a produção é caracterizada como sendo o fluxo de materiais desde a matéria prima até o produto final. Com relação ao conceito de fluxo, Koskela (2000), identifica três grupos de princípios relacionados ao conceito de fluxo para projetar sistemas de produção. Conforme o mesmo autor, o primeiro consiste no princípio de redução da parcela de atividades que não agregam valor (perda), que pode ser considerado como uma fonte fundamental de melhoria. Shingo (1996) cita sete tipos de perdas, sendo que as cinco primeiras referem-se ao fluxo do material (perdas do processo) e os dois últimos referem-se ao trabalho do homem (perdas da operação):

- a) perdas por superprodução;
- b) perdas devido à produção de produtos defeituosos;
- c) perdas por movimentação de material;
- d) perdas no processamento;

---

<sup>8</sup> BALLARD, G; HOWELL, G. Lean Project Management. **Building Research & Information**. [S.l.], n. 31, v.2, p. 119-133, 2003.

<sup>9</sup> Op. cit.

e) perdas devido à formação de estoques;

f) perdas devido à espera;

g) perdas devido à movimentação.

Conforme Shingo (1996, p. 38), “Para maximizar a eficiência da produção, analise profundamente e melhore o processo antes de tentar melhorar as operações.”. Antunes Jr et al. (2008, p. 75) reforçam esta ideia, pois indica que, “[...] a tecnologia de informação (operações) deve ser compreendida como um elemento capacitador, no sentido de redesenhar os processos [...]”.

De acordo com Schramm (2004, p. 42), “Do segundo conjunto de princípios fazem parte duas atividades que podem ser derivados da teoria: redução do tempo necessário para uma peça atravessar o fluxo (*lead time*); e redução da variabilidade.”. Koskela (2000), lista abordagens para redução do *lead time*: eliminação do trabalho em progresso, redução dos lotes, mudanças no layout com intuito de reduzir distâncias. Com relação à variabilidade, existem vários tipos: tempo de processamento, quebras aleatórias de equipamentos, *setups*, disponibilidade do operador e retrabalho e na demanda (HOPP; SPEARMAN<sup>10</sup>, 1996 apud SCHRAMM, 2004).

Do terceiro grupo, fazem parte princípios heurísticos, que têm sido observados por sua utilidade na prática: simplificar pela minimização de passos, partes e ligações; aumentar flexibilidade; aumentar transparência (KOSKELA, 2000). Confirmando essa ideia ocorrem pelo projeto baseado em organizações hierárquicas: cada vez que uma tarefa é dividida e executadas por diferentes especialistas há um aumento na parcela de atividades que não agregam valor (inspeção, movimentação e espera) (SCHRAMM, 2004), ou seja pela falta de minimização de passos. Referente à simplificação, conforme Isatto et al. (2000, p. 18):

Quanto maior o número de componentes ou de passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor. Isto ocorre em função das tarefas auxiliares de preparação e conclusão necessárias para cada passo no processo [...] e também pelo fato de que, em presença de variabilidade, tende a aumentar a possibilidade de interferências entre as equipes.

Conforme Schramm (2004, p. 43), “O excesso de divisões verticais e horizontais do trabalho cria atividades que não agregam valor, as mesmas podem ser minimizadas através de

---

<sup>10</sup> HOPP, W.; SPEARMANN, M. **Factory Physics**: foundation of manufacturing management. Boston: McGraw-Hill, 1996.

unidades de produção autônomas e polivalentes.”. De acordo com Koskela (2000), dessa forma, abordagens práticas para a simplificação incluem: encurtar fluxos pela consolidação de atividades; reduzir o número de partes dos produtos, através de mudanças no projeto ou utilização de elementos pré-fabricados e padronizados.

Quanto à flexibilidade, Slack et al. (1997) indicam que a mesma pode ser de quatro tipos:

- a) mix;
- b) produto;
- c) volume;
- d) tempo de entrega.

Com relação à transparência, Isatto et al. (2000, p. 20) citam que:

O aumento da transparência de processos tende a tornar os erros mais fáceis de serem identificados no sistema de produção, ao mesmo tempo que aumenta a disponibilidade de informações, necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho. Este princípio pode também ser utilizado como um mecanismo para aumentar o envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de melhorias.

Reforçando essa ideia Schramm (2004, p. 43) afirma que, “A transparência pode ser definida como a habilidade de um processo de produção (ou de suas partes) de comunicar-se com as pessoas.”.

#### 2.1.4.3 Geração de valor

O conceito de geração de valor, segundo Koskela (2000), é explicado como, na produção, valor é gerado para o consumidor. Conforme Schramm (2004, p. 44), “A partir desta conceitualização o foco passa a ser a interação entre o consumidor e o produtor, onde necessidades são fornecidas pelo primeiro e valor pelo segundo.”. Conforme o mesmo autor, este conceito estrutura-se através de cinco princípios:

- a) necessidade de captura dos requisitos do consumidor;
- b) que estes requisitos fluam através do sistema de produção;

- c) compreensão dos requisitos;
- d) assegurar a capacidade do sistema de produção em projetar; produzir e entregar produtos que venham ao encontro dos requisitos dos clientes;
- e) assegurar a entrega de valor através de medições.

Completando essa ideia o autor informa que, “Desta forma, percebe-se que o conceito de geração de valor está intimamente ligado ao projeto do produto (empreendimento) e a capacidade do sistema de produção de entregar ao consumidor um produto que corresponda as suas expectativas.”. Já do ponto de vista do sistema de produção o conceito de inspeção sucessiva argumentado por Shingo (1996), pode ser utilizado na geração de valor, o trabalhador antes de processar sua atividade inspeciona a operação predecessora, no caso da possibilidade de executar sua atividade, a operação anterior atingiu o valor necessário para a atividade em questão, ou seja, cada atividade e cliente da atividade anterior. Segundo Ballard et al. (2001), produtos são projetados para fornecer o valor máximo aos seus consumidores. Já os sistemas de produção são projetados para alcançar os propósitos dos seus consumidores.

## 2.1.5 Complexidade na Construção Civil

Outra estratégia importante, na análise do sistema de produção da construção civil, é tratar a mesma como uma atividade complexa.

### 2.1.5.1 Definição de empreendimentos complexos

Mesmo não tendo um significado claro, o termo empreendimentos complexos é bastante utilizado na construção civil, conforme Willians<sup>11</sup> (1999 apud RODRIGUES, 2006, p. 25), o consenso para este termo é de se tratar de empreendimentos grandes. Conforme entrevistas estruturadas realizadas por Gidado<sup>12</sup> (1996 apud RODRIGUES, 2006, p. 25) com um grupo de especialistas da indústria da construção mostraram que eles consideram os empreendimentos complexos quando:

---

<sup>11</sup> WILLIANS, T. The need for new paradigms for complex projects. **International Journal of Project Management**. v. 7, n. 5, p. 269-273, Mar. 1999.

- a) existe um grande número de diferentes sistemas que necessitam trabalhar juntos e um grande número de interfaces entre os elementos;
- b) o empreendimento envolve trabalhos de construção em locais confinados, com dificuldade de acesso e requer uma grande quantidade de mão-de-obra trabalhando ao mesmo tempo;
- c) existe uma grande dificuldade de alcançar os objetivos desejados;
- d) necessita de eficiente coordenação, controle e monitoramento, do início ao fim do empreendimento; e
- e) existe uma série de revisões e modificações durante a execução do empreendimento.

Conforme Bertelsen (2003), os empreendimentos da construção civil são compostos por vários elementos que se inter-relacionam, apresentando cada um destes elementos, métodos e objetivos distintos. Conforme o mesmo autor, entretanto mesmo sendo distintos, para que o empreendimento tenha sucesso, é necessário que os métodos e objetivos colaborem entre si.

A incerteza nos empreendimentos é outro aspecto da complexidade e está associada a diversos fatores, (GIDADO<sup>13</sup>, 1996, apud RODRIGUES, 2006, p. 26), entre eles:

- a) falta de especificações completas das atividades a serem executadas;
- b) desconhecimento das entradas e do ambiente a ser gerido;
- c) falta de uniformidade nos trabalhos;
- d) ambientes imprevisíveis (efeitos de tempo, entre outros).

Willians<sup>14</sup> (2002 apud RODRIGUES, 2006, p. 21) propõem que um empreendimento complexo apresenta incerteza nos métodos e objetivos, visto que os vários agentes integrantes do sistema têm seus objetivos particulares, sendo composto por um grande número de elementos inter-relacionados, em que o comportamento do todo não pode ser determinado por seus elementos constituintes. A figura 5 representa esta definição.

---

<sup>12</sup> GIDADO, K. I. Project Complexity: the focal of construction production planning. **Construction Management and Economics**. v. 14, p. 213-225, 1996.

<sup>13</sup> Op. cit.

<sup>14</sup> WILLIANS, T. **Modeling Complex Projects**. New York: John Wiley & Sons, LTD, 2002.

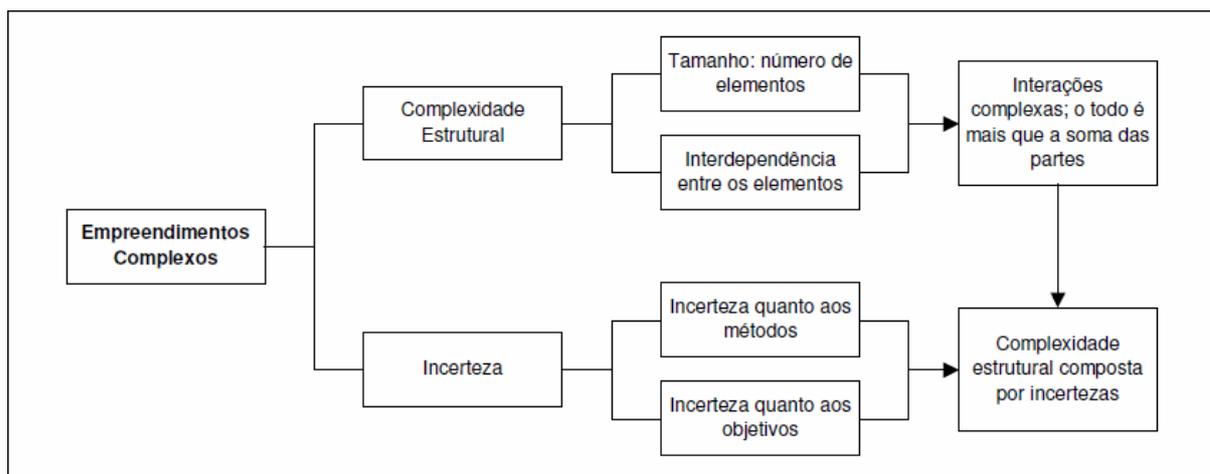


Figura 5: dimensões de empreendimentos complexos  
(baseado em WILLIANS<sup>15</sup>, 2002 apud RODRIGUES, 2006)

### 2.1.5.2 Gestão de empreendimentos complexos

Conforme Bertelsen (2003), geralmente a indústria da construção civil apresenta problemas, como atrasos, baixa qualidade, geração de valor incompatível com os desejados pelos clientes, entre outros. Diante desta afirmativa, cabe uma análise com intuito de identificar os motivos destes problemas e posteriormente saná-los. Entretanto, segundo esse autor, os resultados têm sido limitados pela falta de entendimento da natureza do sistema a ser gerido.

Conforme descrito anteriormente, na gestão tradicional os empreendimentos, são considerados como um conjunto de atividades de conversão lineares e ordenados, com estágios bem definidos e previsíveis, sendo assim passíveis de elevado grau de planejamento. Dentre os erros, na gestão de empreendimentos, o mais elementar deles conforme Bertelsen (2003), se refere a tratar os mesmos como regulares e lineares. Sendo assim Calvano e John<sup>16</sup> (2004 apud RODRIGUES 2006), indicam que para a gestão de empreendimentos complexos, tentar prever o todo a partir de suas partes constituintes não é possível. Com isso Sterman<sup>17</sup> (1992 apud RODRIGUES, 2006, p. 28) aponta características nos empreendimentos da construção civil a serem consideradas na sua gestão:

<sup>15</sup> WILLIANS, T. **Modeling Complex Projects**. New York: John Wiley & Sons, LTD, 2002.

<sup>16</sup> CALVANO, C. N.; JOHN, P. Systems Engineering in an Age of Complexity. **IEEE Engineering Management Review**. v. 32, n. 4, p. 29-38, 2004.

<sup>17</sup> STERMAN, J. D. **System Dynamics Modeling for Project Management**. Cambridge: MIT System Dynamic Group, 1992. Technical Report.

- a) os empreendimentos da construção civil são extremamente complexos e são constituídos por múltiplos elementos interdependentes, ou seja, as mudanças que ocorrem em uma determinada atividade do sistema têm implicações em outras. Exemplo disso é a mudança de um projeto estrutural que implica na mudança de outro subsistema como o projeto elétrico.
- b) os empreendimentos da construção são altamente dinâmicos: existem muitos atrasos no cronograma, que ocorrem devido a dificuldades em descobrir e corrigir os erros, assim como de gerir as mudanças inesperadas no seu escopo;
- c) os empreendimentos da construção envolvem múltiplos processos de fluxo de influencia, uma vez que toda influencia é simultaneamente causa e efeito;
- d) os empreendimentos da construção envolvem relações não-lineares: isto significa que causa e efeito não têm relações simples e proporcionais. Por exemplo, em um empreendimento, aumentar a jornada semanal de 40 para 44 horas deveria aumentar a produtividade em 10% (4/40). Entretanto, longas jornadas de trabalho podem levar a fadigas, erros ou outros efeitos, que terão consequências negativas na produtividade.

Bertelsen (2003) complementa indicando que, assim, entender a construção como um fenômeno complexo abre caminho para novas formas de gestão. A ideia é corroborada confirmando que, “Na prática, a gestão tem que ser dinâmica, adaptando o planejamento inicial às novas informações.” (RODRIGUES; BOWERS<sup>18</sup>, 1996 apud RODRIGUES, 2006, p. 28). Desse modo, considerar a complexidade na gestão de empreendimentos é importante pelas seguintes razões (BACCARINI<sup>19</sup>, 1996 apud RODRIGUES, 2006, p. 28):

- a) o entendimento dos empreendimentos complexos ajuda a determinar planejamento, coordenação e controle das necessidades;
- b) a complexidade impede a clara identificação das principais metas e objetivos dos empreendimentos;
- c) a complexidade é um critério importante para a seleção apropriada da forma organizacional do empreendimento;
- d) exige uma maior seleção na gestão dos funcionários;
- e) a complexidade afeta os objetivos do empreendimento, no que diz respeito a tempo, custo e qualidade.

Bertelsen e Emmitt (2005) citam outro fator importante para a gestão dos empreendimentos complexos, considerar o cliente como um causador de complexidade no processo de construção. Conforme os mesmos autores, esta complexidade se dá pela dificuldade de

---

<sup>18</sup> RODRIGUES, A.; BOWERS, J. The Role of System Dynamics in Project Management. **International Journal of Project Management**. v. 14. n. 4. p. 213-220, 1996.

<sup>19</sup> BACCARINI, D. The Concept of Project Complexity – a Review. **International Journal of Project Management**. v. 14. p. 201-204, 1996.

entender as necessidades e os valores que os clientes esperam do empreendimento, podendo existir em cada empreendimento diferentes grupos de clientes, tais como proprietários, usuários e a própria sociedade.

Com base nas características complexas dos empreendimentos, a abordagem regular de gestão, que leva em consideração o planejamento, deve também levar em consideração os fatores relacionados (BERTELSEN, 2004):

- a) ao planejamento: o primeiro objetivo do planejamento do empreendimento é a sua análise, a fim de dividir os trabalhos em pacotes e estabelecer tempos para a execução das tarefas. Como o sistema está próximo ao caos, a gestão pode ser feita de modo a não planejar o empreendimento detalhadamente;
- b) à organização: é importante organizar o empreendimento de modo que ele se autogerencie. Assim, deve-se aumentar a confiabilidade dos agentes individuais, distribuindo ao máximo as responsabilidades;
- c) às equipes de trabalho: as equipes de trabalho nos empreendimentos não são fixas, pois eles têm caráter temporário, ou seja, para cada empreendimento, novos fornecedores são contratados. O sucesso do empreendimento depende do entrosamento entre as equipes. No processo de gestão, é importante o incentivo da criação de atividades desenvolvidas em equipe, de forma que os membros discutam as melhores soluções para os trabalhos a serem desenvolvidos;
- d) aos fornecedores e serviços: a gestão deve ser entendida como o fornecimento dos serviços para a geração de valor, com a tentativa de minimizar as tarefas que não agregam valor.

## 2.2 PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Mesmo sendo normalmente associado ao que está sendo produzido, o termo projeto, tem outras conotações, dentre elas, de acordo com Slack et al. (1997, p. 119), esta atividade refere-se também ao projeto do sistema de produção que efetivamente produz estes produtos. Conforme o mesmo autor, sempre que um novo sistema de produção estiver sendo desenvolvido, as atividades de projeto (planejamento, controle e melhoria) são desempenhadas, as quais devem contribuir para o alcance dos objetivos estratégicos da produção. O relacionamento entre essas interações está apresentado na figura 6.

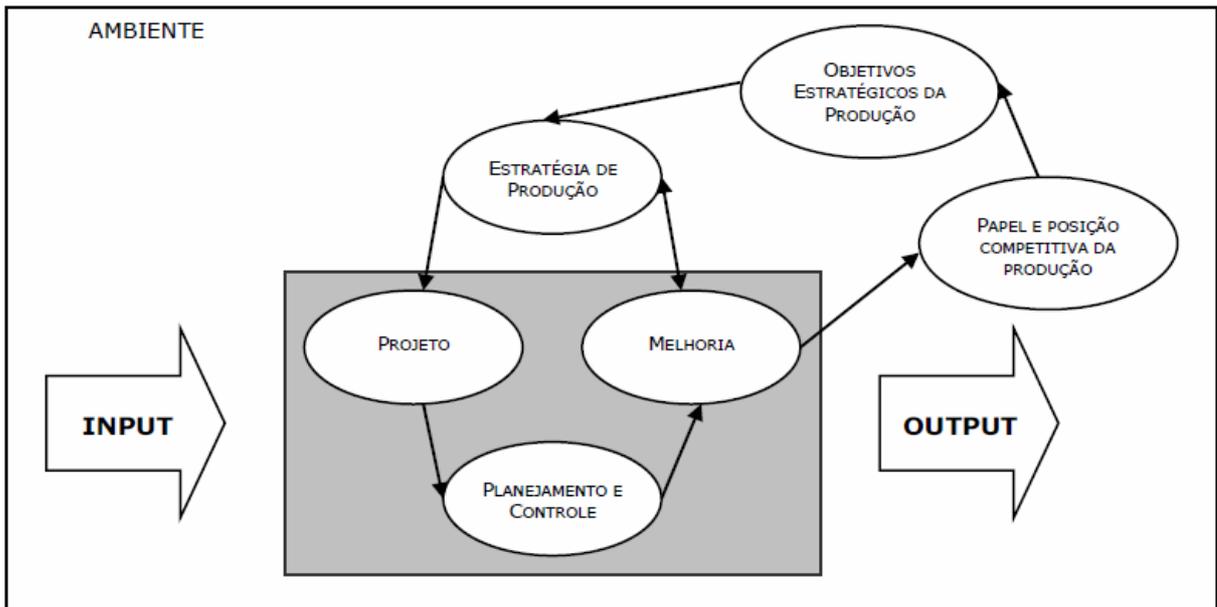


Figura 6: modelo geral da administração da produção  
(baseado em SLACK et al., 1997)

Conforme Gaither<sup>20</sup> (1980 apud SCHRAMM, 2009, p. 46), “[...] existem muitas iterações entre o projeto e o desenvolvimento de produtos e o projeto e o desenvolvimento de processos de produção, sendo a gestão destas interações fundamentais para a eficiência de sistemas produtivos.”. Ainda segundo esse autor, consequentemente, “[...] o projeto do produto está intimamente relacionado à tecnologia empregada, ao *layout* das instalações fabris, ao projeto de processos individuais, ao controle de qualidade, entre outras características aos sistemas de produção.” (GAITHER<sup>21</sup> 1980 apud SCHRAMM, 2004; SCHRAMM, 2009).

Slack et al.<sup>22</sup> (1997, p. 123), afirmam que “[...] o projeto de produtos e o projeto do sistema de produção deveriam ser considerados como atividades que se sobrepõem.”. Segundo os mesmos autores, “[...] provavelmente existem duas razões para isso [...]”. A primeira delas está relacionada ao efeito que as decisões tomadas no projeto do produto têm na sua produção (SLACK et al., 1997). A figura 7 exemplifica essa relação entre os custos do próprio processo de projeto e os custos advindos dessas decisões na produção. Slack et al. (1997, p. 123) indicam que “[...] uma transição efetiva e suave entre projeto de produto/serviço e o projeto de processo ajuda a reduzir seu ‘tempo até o lançamento (*time-to-market*)’.”.

<sup>20</sup> GAITHER, N. **Production and Operations Management: a problem-solving and decision-making approach**. Hinsdale: Dryden, 1980.

<sup>21</sup> Op. cit.

<sup>22</sup> O termo serviços tem o mesmo significado que projeto de sistema de produção.

Conforme Slack et al. (1997, p. 120):

A maneira como é projetado o sistema de produção terá um impacto significativo na habilidade da produção em atender seus consumidores. Um processo implantado no local errado, ou com capacidade insuficiente, ou com um arranjo físico confuso ou desordenado, ou com tecnologia inadequada, ou com pessoal incapaz, não pode satisfazer consumidores, porque não pode desempenhar eficiente ou eficazmente [sua função].

A figura 8 representa a influencia do projeto do produto e do sistema de produção nos objetivos de desempenho da produção.

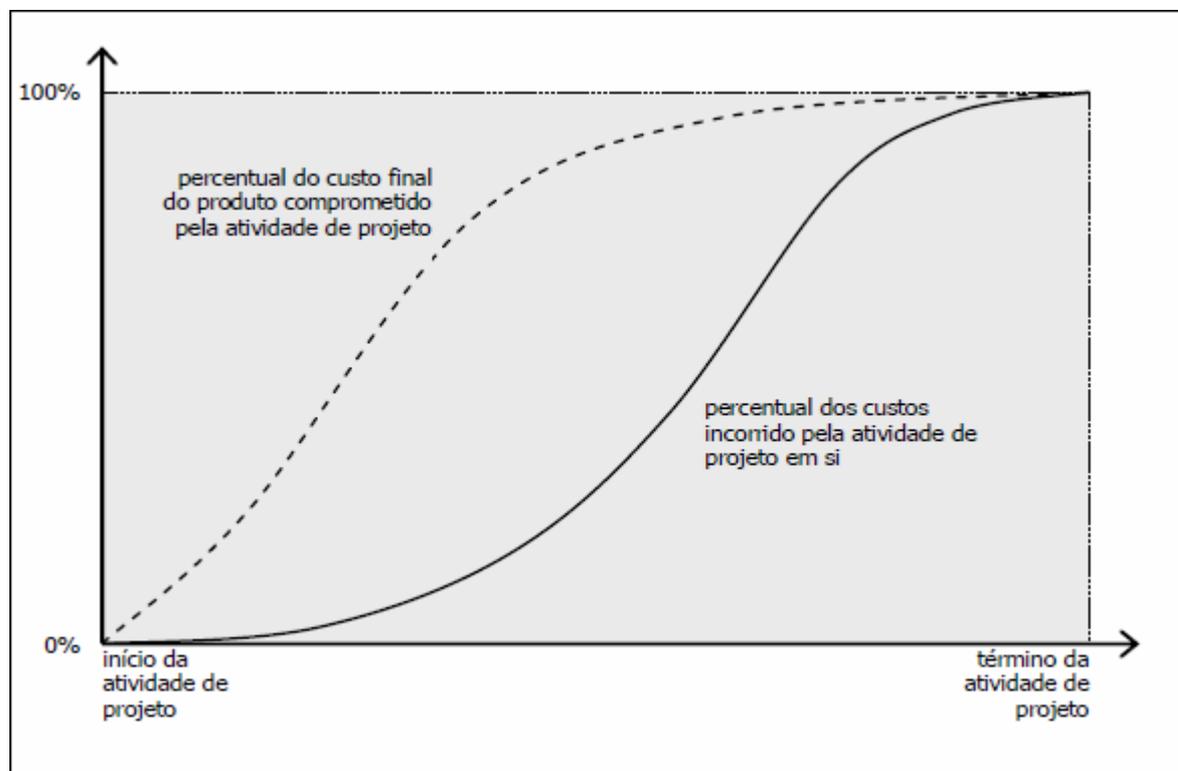


Figura 7: relação entre atividade de projeto e os custos de produção (baseado em SLACK et al., 1997)

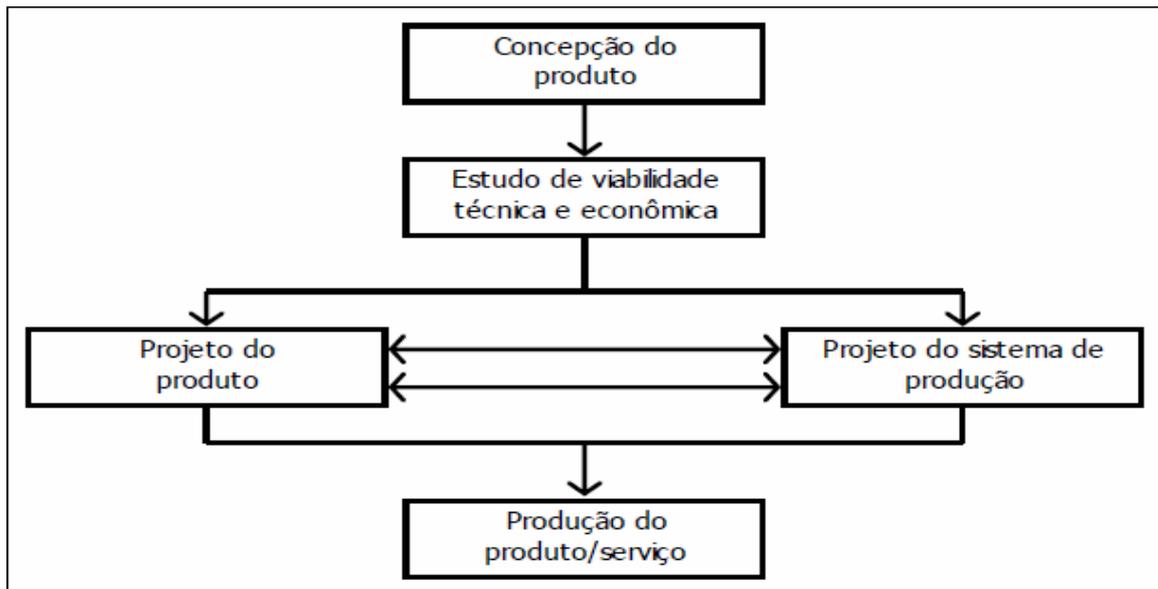


Figura 8: projeto do produto e do sistema de produção  
(baseado em: GAITHER; FRAZIER<sup>23</sup>, 2001 apud SCHRAMM, 2004)

Conforme Schramm (2004, p. 48), “[...] o projeto do sistema de produção é uma atividade de gestão de operações que deve ser realizada antecipadamente em relação ao início das atividades de produção.”. Incluindo o contexto de complexidade apresentado anteriormente, conforme Rodrigues (2006, p. 142), “[...] o PSP deve ter início antes da execução do empreendimento, devendo, entretanto, ser reavaliado ao longo de sua execução, devido ao maior grau de incerteza dos empreendimentos complexos [...]”. De qualquer modo, segundo Koskela (1999), por representar uma atividade realizada em avanço ao início da produção, o PSP representa a solução mais básica para redução das características negativas (variabilidade) inerentes aos sistemas produtivos.

Schramm (2004, p. 50) corrobora a relação entre o PSP, o projeto do produto e o sistema de produção que irá produzir o produto:

[...] o PSP deve ser encarado como uma atividade de gestão da produção que apresenta interfaces tanto com o processo de desenvolvimento do produto, quanto com o processo de planejamento da produção. Assim, pode-se entender o PSP como um dos elos de ligação entre o produto a ser produzido e o sistema de produção que o produzirá, organizando-o de forma a tornar o processo de planejamento e controle da produção mais simples e efetivo.

<sup>23</sup> GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

### 2.2.1 Decisões do Projeto do Sistema de Produção

De acordo com Slack et al. (1997, p. 182) existem duas abordagens inerentes ao PSP: uma estratégica e outra operacional. No nível estratégico, “É útil considerar as organizações como fazendo parte de uma rede de clientes e fornecedores, porque fazer isso sugere três decisões de projeto especialmente importantes.”. De acordo com esses autores, essas três decisões são:

- a) de integração vertical (definir entre produzir um insumo ou compra-lo de fornecedores);
- b) da capacidade produtiva de longo prazo;
- c) de localização das operações produtivas.

No nível operacional, na proposta de Slack et al. (1997), o PSP visa estabelecer:

- a) o arranjo físico das instalações;
- b) a seleção da tecnologia a ser empregada;
- c) a gestão de pessoal da produção.

Os autores ainda, propõem que as decisões devem seguir uma cronologia conforme as mesmas estão apresentadas acima. Skinner<sup>24</sup> (1985 apud SCHRAMM, 2009, p. 48) “[...] afirma que o projeto de um sistema de produção envolve, essencialmente, o estabelecimento de um conjunto de políticas de manufatura, ou seja, definindo a maneira como elementos básicos do sistema de produção serão interligados e operados.”. Segundo o mesmo autor, “[...] as políticas podem ser agrupadas em duas partes.”. A primeira definida como aspectos ligados às instalações e equipamentos e a segunda contemplando pessoas, sistemas e procedimentos. Sendo a segunda subdividida em:

- a) ao que será e o que será comprado (nível de integração vertical);
- b) ao planejamento e programação da produção e controle de estoques;
- c) gerenciamento da força de trabalho;
- d) controle da qualidade

---

<sup>24</sup> SKINNER, W. Manufacturing, The Formidable Competitive Weapon. New York: John Wiley & Sons, 1985.

- e) à organização formal;
- f) aos controle, relatórios e sistema de informação;
- g) às compras.

## **2.2.2 Modelos do PSP na Construção Civil**

Baseados nesses conceitos e autores, Schramm (2004) propôs um modelo para elaboração do PSP para empreendimentos habitacionais de interesse social com características repetitivas. Baseado em Schramm (2004), Rodrigues (2006) propôs uma adaptação do modelo proposto, para ambientes complexos da construção civil.

Em seguida serão abordadas as sete etapas de elaboração do PSP, seis delas definidas por Schramm (2004) e uma proposta por Rodrigues (2006), captação das necessidades dos clientes, e aliadas as ideias definidas em Schramm (2009), as quais servirão como base para elaboração deste trabalho.

### **2.2.2.1 Captação das necessidades dos clientes**

Quatro requisitos devem ser captados junto aos clientes de acordo com suas necessidades e interesses, sendo as duas delas pertinentes a construção de edificações. Primeiramente devem ser definidos os “[...] requisitos de entrega, ou seja, o prazo final para entrega do empreendimento e como o cliente deseja receber a obra (por partes ou totalmente terminado).” (RODRIGUES, 2006, p. 144). De acordo com o mesmo autor, em seguida devem captados os requisitos de qualidade exigidos pelo cliente para garantir que eles sejam cumpridos

### **2.2.2.2 Definição da Sequência de Execução e Dimensionamento dos Recursos de Produção da Unidade-Base**

Conforme Schramm (2009, p. 43), “A partir da coleta de informações preliminares sobre o empreendimento, é realizada a definição da sequência de execução da unidade-base de produção e de pré-dimensionamento dos recursos de produção utilizados na sua execução.”.

Segundo Schramm (2004, p. 162) essa definição “[...] baseia-se na experiência da equipe de produção na execução de outros empreendimentos semelhantes no passado.”.

Schramm (2004), conceitua unidade-base como sendo uma unidade repetitiva de produção que pode ser representada por um pavimento, um apartamento, uma casa ou um sobrado, conforme as características do empreendimento sob estudo (SCHRAMM 2009, p. 53). A definição das unidades-base podem ocorrer devido a diversos fatores, entre eles (RODRIGUES, 2006, p. 146):

- a) nível de complexidade dos principais processos nos ambientes;
- b) repetitividade dos lotes de produção;
- c) exigência do cliente relacionada à entrega do empreendimento;
- d) detalhes arquitetônicos, como, por exemplo, juntas de dilatação que dividem naturalmente o empreendimento.

Nesta etapa é definido também o nível de integração vertical, indicando quais materiais ou serviços serão contratados junto a fornecedores externos e quais serão executados ou fabricados pela própria empresa, e as tecnologias construtivas a serem utilizadas (em relação a materiais, sistemas construtivos e equipamentos) (SCHRAMM, 2009, p. 54). Referente as tecnologias a serem adotadas e o nível de integração vertical, deve ser considerado que boa parte dessas definições já foram tomadas, muitas vezes pela própria diretoria ou administração da empresa (SCHRAMM, 2004, p. 162).

### 2.2.2.3 Estudo dos Fluxos de Trabalho da Unidade-Base

Com base nas definições apresentadas anteriormente é possível elaborar o estudo dos fluxos de trabalho na unidade-base do empreendimento. Conforme Schramm (2004, p. 163), nesta fase procura-se “[...] considerar os aspectos relativos ao fluxo de trabalho das equipes de produção [...], com relação às dimensões espaço e tempo, identificando possíveis interferências entre equipes.”. Este estudo pode ser feito através da técnica da Linha de Balanço “[...] dada sua característica de fornecer de forma gráfica e de fácil compreensão, trajetórias e ritmos de produção e informações de duração.”.

#### 2.2.2.4 Definição da Estratégia de Execução do Empreendimento

Conforme Schramm (2004, p. 164), “A definição da estratégia de execução do empreendimento é uma das etapas mais importantes na elaboração do PSP, e a sua definição determina em grande parte o desempenho do sistema de produção em termos de custo e prazo de execução.”. Schramm (2009, p. 55), ainda indica que:

A definição da estratégia de execução do empreendimento inicia-se pela divisão deste em zonas de trabalho menores, criando um número de “pequenos empreendimentos” dentro do empreendimento maior que podem ser executados de forma sequencial ou em paralelo. Essas zonas agregam certo número de unidades habitacionais, para as quais serão alocadas equipes de trabalho que, em uma situação ideal, devem desenvolver suas atividades num fluxo contínuo de trabalho seguindo um ritmo preestabelecido.

Nesta etapa são geralmente simuladas e analisadas inúmeras alternativas de execução, formalizadas no plano de ataque do empreendimento, dentre as quais a mais adequada é escolhida em função de diferentes aspectos, entre os quais se destacam: (a) impacto no prazo final de execução do empreendimento; (b) capacidade de fornecimento dos fornecedores de suprimentos; (c) limites de capacidade de produção dos processos críticos (gargalos) para atender a demanda gerada pela alternativa; e (d) viabilidade financeira da alternativa escolhida, em função do volume de recursos de produção necessários para a sua execução.

#### 2.2.2.5 Estudo dos Fluxos de Trabalho no Empreendimento

Conforme Schramm (2004, p. 166), “O estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento compreende a análise dos fluxos de trabalho a partir da estratégia de execução previamente definida, [...] e do estudo dos fluxos de trabalho na unidade base, [...]”. Sendo a estratégia de execução, quem define quantas frentes de trabalho serão abertas, e o estudo dos fluxos de trabalho na unidade base, quem define os ritmos de execução dos vários processos. Ainda segundo o autor, nesta fase, também pode ser usada à técnica da Linha de Balanço, mesmo que não sejam representadas, em conjunto, todos os processos que compõem a execução das várias unidades-base do empreendimento, para isso pode ser usado como ferramenta um diagrama de sincronismo.

#### 2.2.2.6 Dimensionamento da Capacidade dos Equipamentos e Mão de Obra

De acordo com Schramm (2004, p. 166), “Com base no estudo do item anterior 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 consecução do empreendimento.”. Schramm (2009, p. 56) define o procedimento para este dimensionamento:

A partir da linha de balanço elaborada para a execução, gera-se um diagrama de sequenciamento das atividades das equipes de produção, a partir da qual é possível determinar o número de equipes necessárias para a execução de cada processo. Assim, a partir do número de equipes e da sua composição, estabelece-se o volume de recursos necessários. A partir desta informação, são realizadas análises que podem resultar na reprogramação de atividades devido à necessidade de nivelamento dos recursos em função da sua disponibilidade.

De acordo com Rodrigues (2006, p. 147), “As informações obtidas nesta etapa são importantes, pois, além de auxiliarem no estudo dos fluxos de trabalho ajudam na elaboração do projeto do layout do empreendimento [...]”. Conforme o mesmo autor, “Com essas informações, também é possível controlar os períodos com maior incidência de funcionários e identificar se o fornecedor está ou não cumprindo o planejamento.”.

#### 2.2.2.7 Identificação e Projeto dos Processos Críticos

Schramm (2009, p. 56) indica que, “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.”. Esta é uma atividade que pode comprometer severamente o andamento do sistema produtivo em questão caso não receba o devido tratamento.

Os processos críticos são aqueles cuja capacidade individual limitam (gargalos) o sistema de produção, ou podem vir a limitar (processos com restrição de capacidade) a capacidade de produção do sistema como um todo (COX; SPENCER<sup>25</sup>, 2002 apud SCHRAMM, 2009;

---

<sup>25</sup> COX, J. F.; SPENCER, M. S. **Manual de Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002

UMBLE; SRIKANTH<sup>26</sup>, 1995 apud SCHRAMM, 2009). Corroborando essa idéia, Cox e Spenser<sup>27</sup> (2002 apud RODRIGUES, 2006), “Consideram-se processos críticos aqueles que limitam a capacidade dos demais, seja por serem de difícil execução, seja por exigirem mão de obra qualificada.”.

Os itens 2.2.2.1. a 2.2.2.7 são utilizados como caracterização do empreendimento e de como os preceitos teóricos de Rodrigues (2006) e Schramm (2004, 2009) podem ser aplicados, os demais itens formam o embasamento para a elaboração do PSP.

---

<sup>26</sup> UMBLE, M. M.; SRIKANTH, M. L. **Synchronous Manufacturing: principles for world-class excellence.** Wallingford: The Spectrum Publishing Company, 1995.

<sup>27</sup> COX, J. F.; SPENCER, M. S. **Manual de Teoria das Restrições.** Porto Alegre: Bookman, 2002

### 3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A descrição do desenvolvimento da pesquisa será estruturada com base no conteúdo proposto para elaboração do PSP descrito nos itens 2.2.2.1 até 2.2.2.7, ou seja, em um modelo adaptado baseado nos modelos propostos por Schramm (2004) e Rodrigues (2006) descrevendo a situação planejada e os motivos das tomadas de decisão. Para que a elaboração do PSP fosse possível, foi feita uma caracterização da empresa e do empreendimento A, as quais serão apresentadas a seguir.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO EMPREENDIMENTO A

O estudo de caso foi realizado em empresa de grande porte de atuação em todo o país, sendo desenvolvido em sua regional sul com sede em Porto Alegre/RS na qual o autor trabalha como estagiário de Engenharia desde junho de 2009. A empresa na atual configuração jurídica está a cinco anos no mercado imobiliário da região metropolitana de Porto Alegre, mas a empresa já contava com mais de 30 anos no seguimento de incorporações residenciais de médio e alto padrão com outra formação societária. Suas obras tinham, em geral, uma tipologia arquitetônica e tecnologias construtivas semelhantes, visto que a empresa até 2008 construía somente edifícios de múltiplos pavimentos, sendo que a tipologia construtiva estudada neste trabalho não se enquadra estes padrões, uma vez que está se tratando da construção de um condomínio horizontal, ou seja, da construção de casas.

O empreendimento estudado é composto por 40 casas denominadas **Tipo A** e 122 casas denominadas **Tipo B**, ambas com 3 pavimentos, além de áreas comuns de convívio social e estrutura de lazer e serviço. Foi utilizado o sistema construtivo em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos. As 162 casas foram divididas em duas fases de entrega. Primeiramente 84 casas juntamente com as áreas comuns de convívio social e estrutura de lazer e serviço compõem a fase 1 com entrega prevista para abril de 2012. As 78 casas restantes com entrega prevista para outubro de 2012. É possível verificar essa divisão na vista geral do empreendimento apresentada na figura 9. Cabe salientar que na lateral direita do empreendimento A está em construção outro condomínio horizontal da mesma empresa,

denominado de empreendimento vizinho. Estas duas obras têm características em comum além de usarem as mesmas instalações provisórias, as quais estão situadas dentro do empreendimento A, são administradas pelo mesmo engenheiro e pela mesma equipe administrativa e de apoio.

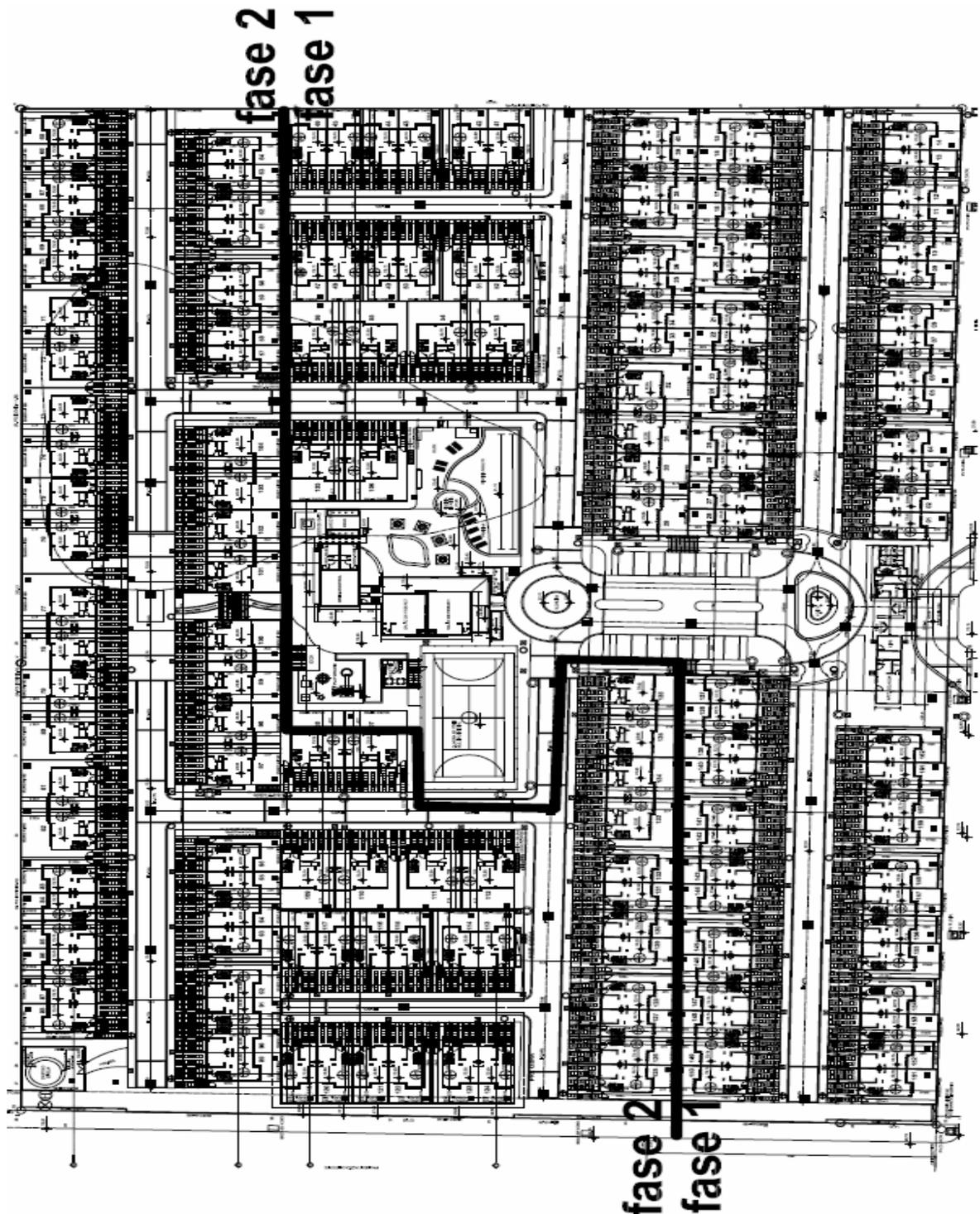


Figura 9: vista geral do empreendimento A demarcando-se a divisão de fases

### 3.2 DEFINIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS RECURSOS DE PRODUÇÃO DA UNIDADE-BASE

Inicialmente deve-se esclarecer como é a definição da unidade-base para este empreendimento. A unidade-base nada mais é que um lote que caracteriza a produção. Foram definidas duas unidades-base, fita e casa, as quais são caracterizadas nos itens 3.2.1.1 e 3.2.2.1. Essas categorias foram utilizadas como unidades-base dependendo do serviço a ser executado, e seguiram uma divisão natural que correspondia basicamente aos pacotes de trabalho liberados para as equipes. Por pacote de trabalho, neste estudo, entende-se como a unidade de trabalho para a qual existe projeto específico e será feita conferência específica da execução do processo. Por exemplo, para execução das fundações foi utilizada a fita como sendo a unidade-base, pois o projeto das mesmas correspondia a um conjunto de casas.

A execução desta etapa do PSP do empreendimento A partiu do diagrama de precedência, figura 10, elaborado para outro empreendimento semelhante da empresa, o qual havia iniciado nove meses antes do empreendimento A. Foram utilizadas, também, nesta fase as plantas arquitetônicas, para que fosse possível analisar as diferenças entre os dois empreendimentos, e com base nelas inserir alterações no diagrama de precedência do empreendimento A. Com relação aos projetos, cabe citar, que os mesmos foram elaborados sem a participação do corpo técnico responsável pela execução do empreendimento, com isso grande parte das decisões técnicas que pudessem interferir na execução do empreendimento já haviam sido tomadas, à exceção do reservatório de água potável do condomínio, o qual na fase de projeto teve a participação do corpo técnico responsável pela execução do empreendimento.

Com base nestes dois elementos, projetos e diagrama de precedência chegou-se a um novo diagrama de precedência específico do empreendimento A, o qual está apresentado na figura 11. Neste novo diagrama foram inseridas novas atividades, as quais estão divididas em grupos. Sendo o grupo um atividades específicas do empreendimento em questão, já no grupo dois estão as atividades inseridas em virtude da reformulação de procedimentos dentro da empresa e no terceiro atividades inseridas devido a influência de outros fatores:

- a) grupo 1: execução de placa, execução de mansarda, colocação de banheiras;
- b) grupo 2: divisão da limpeza grossa e fina em dois momentos;

- c) grupo 3: reboco externo – motivo: manutenção da mão de obra existente no empreendimento vizinho.

Estão destacadas neste diagrama as atividades que correspondem a unidade-base fita e a unidade-base casa e como essas duas unidades se conectam.

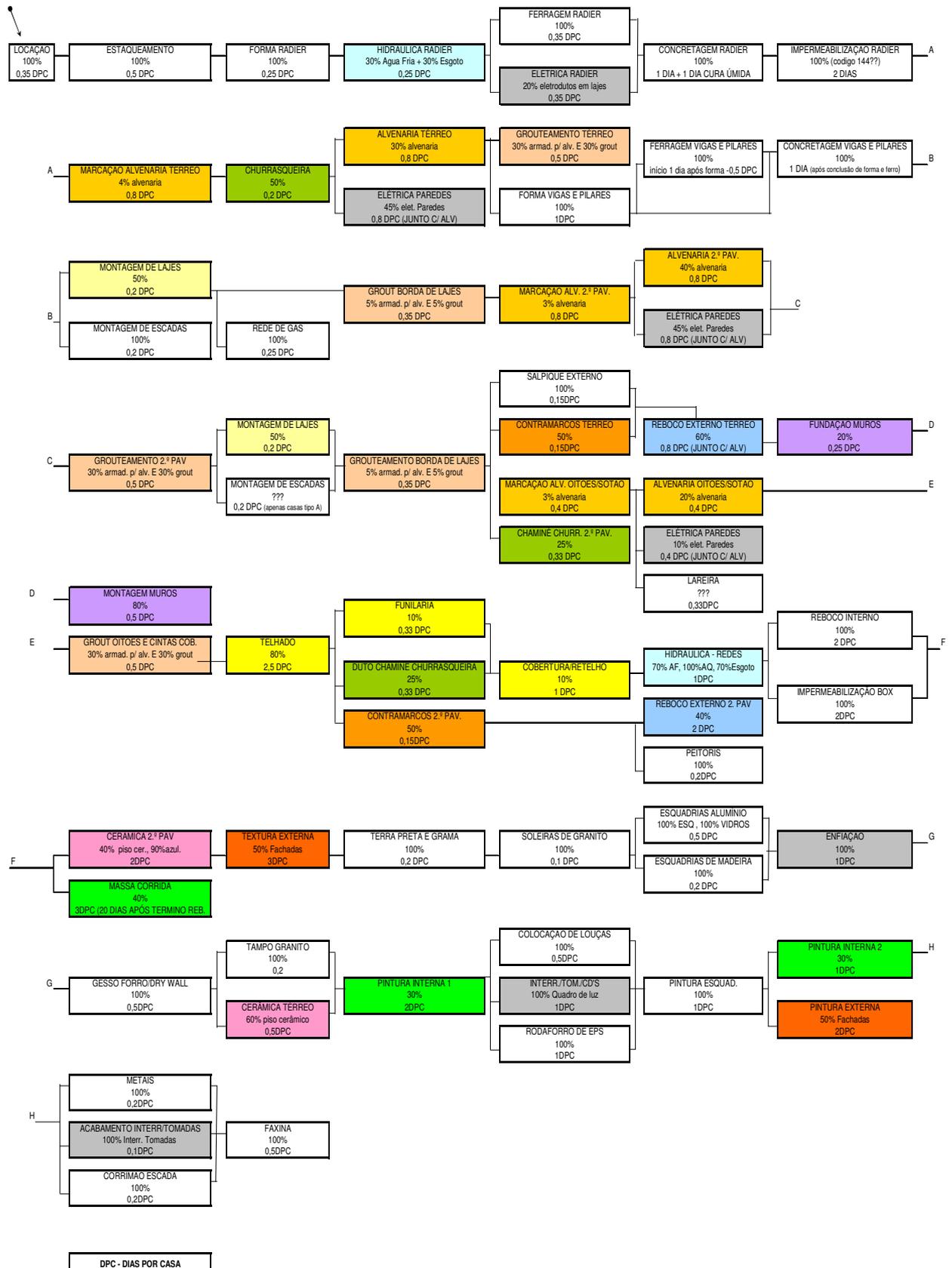


Figura 10: seqüência de execução casas versão inicial

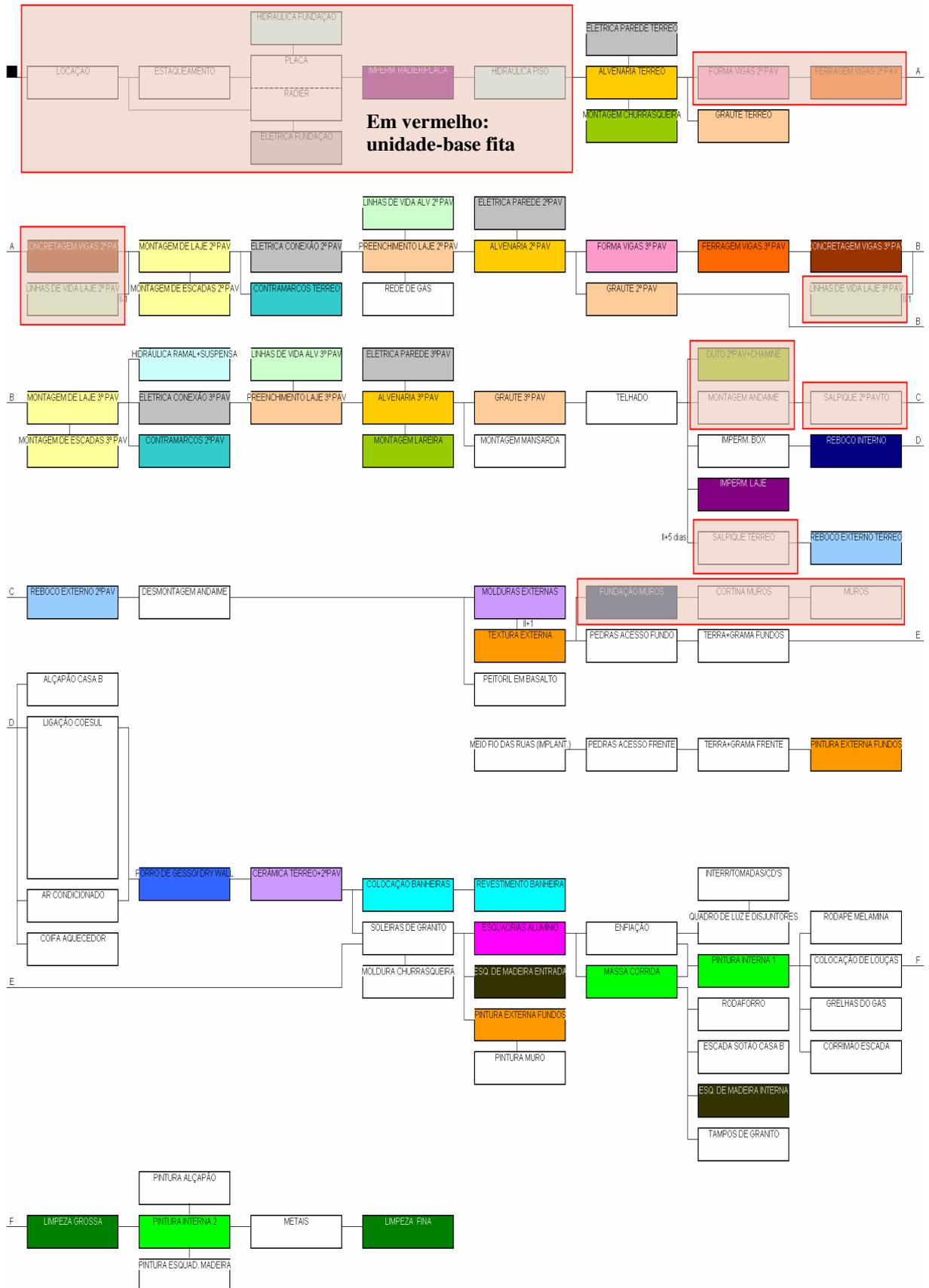


Figura 11: seqüência execução casas versão final

### **3.2.1 UNIDADE-BASE FITA**

Neste item será caracterizada a unidade-base fita bem como apresentados os processos que foram dimensionados a partir dessa unidade-base, além do próprio dimensionamento.

#### **3.2.1.1 Caracterização da unidade-base fita**

Unidade-base fita corresponde ao conjunto de duas, quatro ou seis casas independente do tipo da casa ver p. 41. Todos os processos destacadas em vermelho na figura 11 correspondem a processos nos quais foi utilizada a unidade-base fita.

#### **3.2.1.2 Dimensionamento dos processos da unidade-base**

A partir do novo diagrama e com base na experiência do engenheiro responsável pela obra e demais integrantes da equipe de Engenharia, foi feito um dimensionamento dos recursos necessários para execução dos serviços, para este dimensionamento foram convencionadas as equipes ideais, chegando-se a planilha da figura 12. Nesta planilha foram formalizados somente os resultados deste dimensionamento, ou seja, foi indicado somente o tempo de ciclo, em dias por fita, DPF, e, somente em alguns casos os recursos de mão de obra foram registrados. Isto se deu pois, a informação do tempo de ciclo se fazia necessária para elaboração do plano de longo prazo no software *Ms Project*® e as demais informações como recursos de equipamentos e mão de obra não foram elencados neste plano.

Escopo Orçamento	Nomenclatura Gestores	DPC	DPF
Locações, gabarito, escavações, reaterros	LOCAÇÃO		1,50
Execução de Estacas	ESTAQUEAMENTO		2,50
Formas de blocos e vigas da torre	FUNDAÇÃO MURO		0,25
Armadura de blocos e vigas da torre	FUNDAÇÃO MURO		0,25
Concreto de blocos e vigas da torre	FUNDAÇÃO MURO		0,25
Contra piso de concreto torre - Radier	FORMA, HIDRÁULICA, FERRAGEM E CONCRETO		5,00
Cortina pré-moldada	CORTINA MUROS		2,00
Concreto : Pilares, Vigas e Lajes	CONCRETAGEM VIGAS 2º PAVTO		1,00
	CONCRETAGEM VIGAS 3º PAVTO - CASA A		1,00
Controle Tecnológico	CONCRETAGEM VIGAS 2º PAVTO		1,00
	CONCRETAGEM VIGAS 3º PAVTO - CASA A		1,00
Muro pré moldado	MONTAGEM MUROS		1,00
Salpique	DUTO 2º PAVTO+CHAMINÉ CHURRASQUEIRA		1,00
	SALPIQUE EXTERNO 2º PAVTO		1,00
Linha de Vida	SALPIQUE EXTERNO TÉRREO		1,00
	LINHA DE VIDA LAJE 2º PAV		1,00
	LINHA DE VIDA LAJE 3º PAV		1,00
Andaime/ Plataformas	MONTAGEM ANDAIME		2,00
Andaime/ Plataformas	DESMONTAGEM		1,00

Figura 12: durações das atividades por fita

### 3.2.2 UNIDADE-BASE CASA

Neste item será caracterizada a unidade-base casa bem como apresentados os processos que foram dimensionados a partir dessa unidade-base, além do próprio dimensionamento.

#### 3.2.2.1 Caracterização da unidade-base

Unidade-base casa corresponde a uma casa, a qual é definida como um lote de produção padrão.

#### 3.2.2.2 Dimensionamento dos processos da unidade-base

Nesta etapa foram seguidos os mesmos passos do item 3.2.1.2. gerando a planilha da figura 13. Nesta planilha foram formalizados somente os resultados dimensionamento realizado, ou seja, foi indicado somente o tempo de ciclo, em dias por casa, DPC, somente em alguns casos o recursos de mão de obra foram registrados. Isto se deu pois a informação do tempo de ciclo se fazia necessária para elaboração do plano de longo prazo no software *Ms Project*® e as

demais informações como recursos de equipamentos e mão-de-obra não foram elencados neste plano.

<b>Escopo Orçamento</b>	<b>Nomenclatura Gestores</b>	<b>DPC</b>	<b>DPF</b>
Redes de água e esgotos	ENTRADA ÁGUA - COESUL	0,10	
Pavimentações	PEDRA ACESSO	0,50	
Forma : Pilares, Vigas e Lajes da torre	FORMA VIGAS 2º PAVTO	1,00	
	FORMA VIGAS 3º PAVTO - CASA A	0,50	
Equipamentos	FORMA VIGAS 2º PAVTO	1,00	
	FORMA VIGAS 3º PAVTO - CASA A	0,50	
Armadura : Pilares, Vigas e Lajes torre	FERRAGEM VIGAS 2º PAVTO	1,00	
	FERRAGEM VIGAS 3º PAVTO - CASA A	0,50	
Laje pré-moldada	MONTAGEM LAJES 2º PAVTO	0,10	
	MONTAGEM LAJE 3º PAVTO	0,10	
Escada Pré-moldada	MONTAGEM ESCADAS ATÉ 2º PAVTO	0,08	
	MONTAGEM ESCADAS ATÉ SÓTÃO - CASA A	0,08	
Mansarda pré-moldada	MONTAGEM MANSARDA	0,08	
Execução de Churrasqueira/lareiras	MONTAGEM CHURRASQUEIRA	0,13	
	LAREIRA - CASA TIPO A	0,13	
Frame para Dry Wall	DRY WALL	0,5	
Placas para Dry Wall	DRY WALL	0,5	
Alvenaria estrutural	ALVENARIA TÉRREO	8,00	
	ALVENARIA 2º PAVTO	10,00	
	ALVENARIA OITÃO/SÓTÃO (3º PAVTO)	7,00	
Grauteamento p/ Alvenaria Estrutural	GRAUTEAMENTO TÉRREO	1,00	
	GRAUTEAMENTO BORDA DE LAJES 2º PAVTO	0,50	
	GRAUTEAMENTO 2º PAVTO	1,20	
	GRAUTEAMENTO BORDA DE LAJES 3º PAVTO	0,50	
	GRAUTEAMENTO OITÕES E CINTAS COBERTURA	1,30	
Revest. especiais (Rodapé/M.Elev/M.an.)	MOLDURA CHURRASQUEIRA/ LAREIRA	0,10	
Azulejos	CERÂMICA 2º PAVTO+TÉRREO	1,10	
Reboco de paredes e encunhamento	REBOCO INTERNO	8,00	
Reboco de teto	REBOCO INTERNO	2,00	
Massa mista/emboço	REBOCO EXTERNO TÉRREO	0,80	
	REBOCO EXTERNO 2º PAVTO	0,50	
Molduras	MOLDURA FACHADA	1,00	
Peitoril	PEITORIL BASALTO	0,50	
Lajes descoberta, reservatórios e poços	IMPERMEABILIZAÇÃO RADIER/ PLACA	0,10	
	IMPERMEABILIZAÇÃO LAJE MANSARDA	0,50	

Figura 13: durações de parte das atividades por casa

### 3.3 ESTUDO DOS FLUXOS DE TRABALHO DA UNIDADE-BASE

Para definição desta etapa o setor de Planejamento da Empresa visitou a obra com intuito de discutir com o engenheiro responsável alternativa para os fluxos de trabalho da unidade base. O engenheiro passou suas considerações sobre a forma de ataque à unidade-base. Com base nessas informações foi gerado o diagrama de precedência da figura 11. A partir desse diagrama de precedência foi elaborada a linha de balanço para as unidades-base. Essa linha de balanço possibilitou uma visualização das duas dimensões pertinentes ao planejamento da execução das unidades-base, a dimensão tempo e espaço.

### 3.4 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE EXECUÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A execução desta etapa do PSP teve além da interdependência com as demais etapas uma forte influência das experiências vividas pelos responsáveis da obra em empreendimentos anteriores bem como a influencia física do empreendimento vizinho.

Conforme citado anteriormente, a área das instalações provisórias do empreendimento vizinho e empreendimento em estudo está localizada sobre as fitas dois, três e quatro, conforme indicado na figura 14. Em virtude da fase 1 compreender essas três fitas foi necessário montar uma estratégia de ataque que visasse a relocação dessas instalações. Conforme prazos e durações das atividades definidos para a unidade-base essa desmobilização deveria ocorrer até o final do quarto mês de obra. Além desse fator, a nova área das instalações provisórias deveria ser locada de forma que não obstruísse a execução de nenhuma casa, evitando assim a um possível atraso na obra por dificuldade na desmobilização. Como os espaços sem edificações no terreno são escassos e pequenos, optou-se por utilizar casas semi-acabadas como instalações provisórias. Em função desta definição a execução do empreendimento iniciou pela fase dois e não pela fase um. Sendo assim as fitas 33 e 34 foram utilizadas como alojamento e as fitas 32 e 35 foram definidas como sendo o escritório da Engenharia e o almoxarifado. Para facilitar o acesso foi criado um portão provisório entre as fitas 35 e 36.

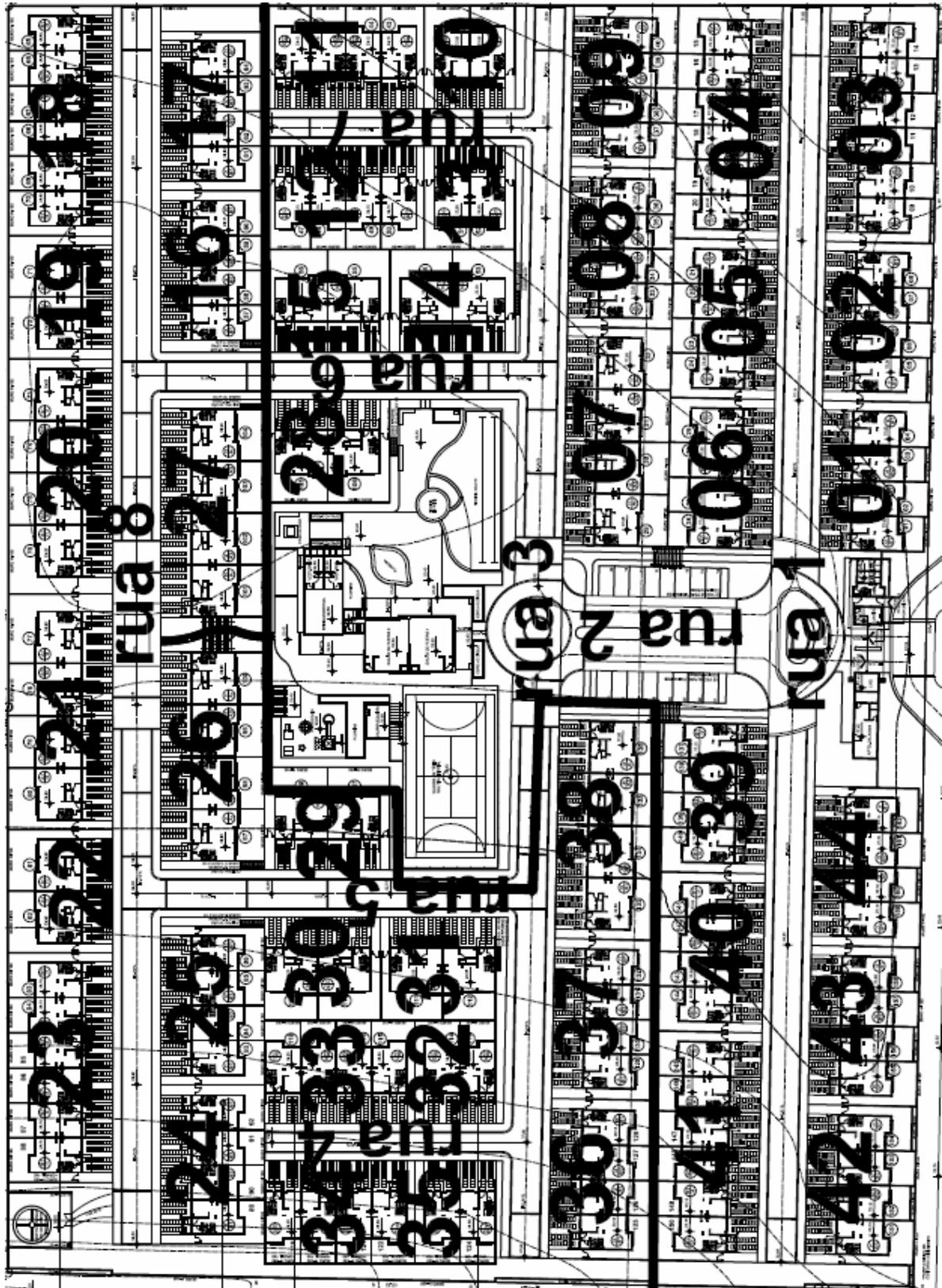


Figura 14: identificação das fitas e ruas

Para formalização da estratégia de ataque do empreendimento utilizaram-se mapas do canteiro, a exemplo da figura 14, mas acrescidos de informações sobre os deslocamentos das equipes na dimensão espaço. Os quais foram denominados de diagramas de sincronismo. Essa ideia foi muito bem aceita pela equipe de Engenharia da obra pois devido a sua facilidade de entendimento visual dos fluxos físicos, era possível repassar estes mapas a equipe operacional da obra. Para desdobramento das informações sobre a dimensão tempo foi utilizado o plano de longo prazo montado no software *Ms Project*®.

Além da questão das instalações provisórias, foram definidos serviços de maior relevância. Estes serviços foram analisados especificamente, pois com base neles que a estratégia de ataque do empreendimento foi repassada ao plano de longo prazo da obra. Os serviços foram:

- a) fundações: atividade inicial, figura 15;
- b) radier: por se tratar de fundação direta o mesmo independe do estaqueamento e logo também era tratado como atividade inicial, figura 16;
- c) alvenaria estrutural: atividade de maior peso no empreendimento, dependia de continuidade para fidelizar a equipe de mão de obra e para liberação das atividades subsequentes, figura 17;
- d) telhados: foi definido como um serviço relevante em função da quantidade de serviços que o mesmo libera, ou seja, que podem ser iniciados após sua execução, pela dificuldade de mão de obra para execução deste serviço além da necessidade de várias equipes, figura 18;
- e) reboco externo: conforme citado anteriormente, para manter a equipe de reboco do empreendimento vizinho, a atividade foi desvinculada do término do telhado, figura 19.

Para a consolidação da estratégia de ataque do empreendimento ainda foi necessário levar em conta a execução do empreendimento vizinho. A partir do sétimo mês de execução do empreendimento A o empreendimento vizinho passaria a utilizar o mesmo portão provisório do condomínio A bem como suas instalações provisórias. Sendo assim todos os materiais e mão de obra que seriam utilizados no empreendimento vizinho circulariam por dentro de todo o empreendimento. Essa situação teve consequências na estratégia de ataque do empreendimento estudado. Foi necessário prever um acesso ao final da rua 8 para acesso ao empreendimento vizinho, bem como dimensionar todas as instalações para os dois empreendimentos.

### 3.5 ESTUDO DOS FLUXOS DE TRABALHO NO EMPREENDIMENTO

Para este estudo podem ser usados outros métodos que não a linha de balanço uma vez que ficaria complexo representar todos os processos em conjunto, conforme explicitado por Schramm (2004, p. 166): “[...] para isso pode ser usado como ferramenta um diagrama de sincronismo.”. Esta foi a ferramenta utilizada para formalização dos fluxos de trabalho dentro do empreendimento. A linha de balanço poderia ter sido usada nesta etapa do PSP, mas em virtude da empresa onde o estudo foi realizado ter como padrão a utilização do software *Ms Project*® em seus planejamentos de longo prazo, o mesmo foi aliado aos diagramas de sincronismo. Com isso os diagramas auxiliavam na compreensão dos fluxos de trabalho no empreendimento do ponto de vista espacial e o software auxiliava na compreensão da dimensão tempo dos fluxos de trabalho no empreendimento. A execução desta etapa do PSP se deu durante o andamento do segundo mês de trabalho do empreendimento estudado. Em vista disso, algumas adequações nos fluxos foram necessárias. O setor de planejamento havia definido que posteriormente ao final da execução dos contrapisos das fitas 32 até 35 seria iniciado este processo na fita 44 da fase 1 mas pela falta de formalização desta informação a tempo, foram executados os contrapisos 30 e 31 antes de iniciar este serviço na fita 44 conforme planejamento e por falta de mão de obra.

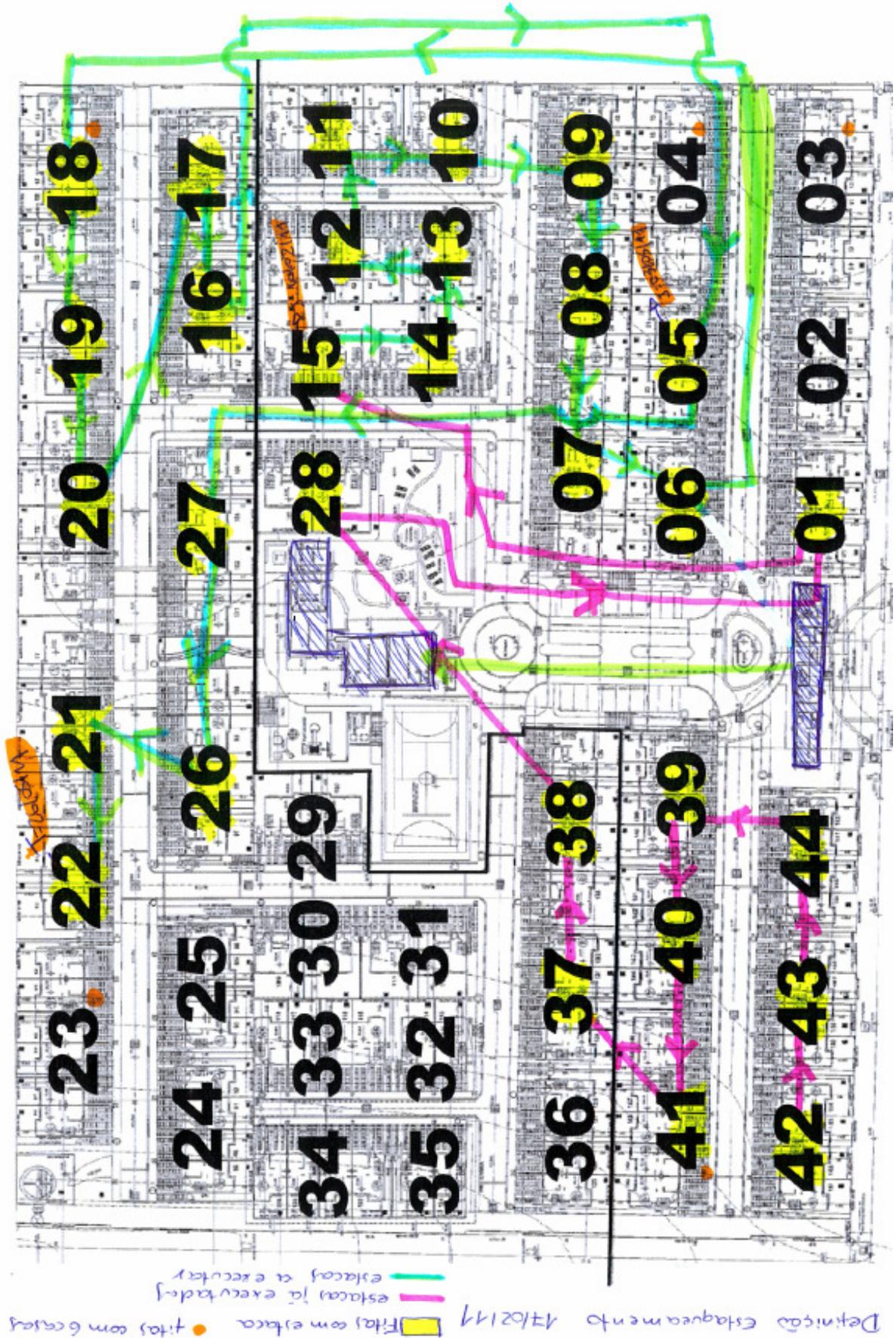


Figura 15: diagrama de sincronismo da execução das estacas

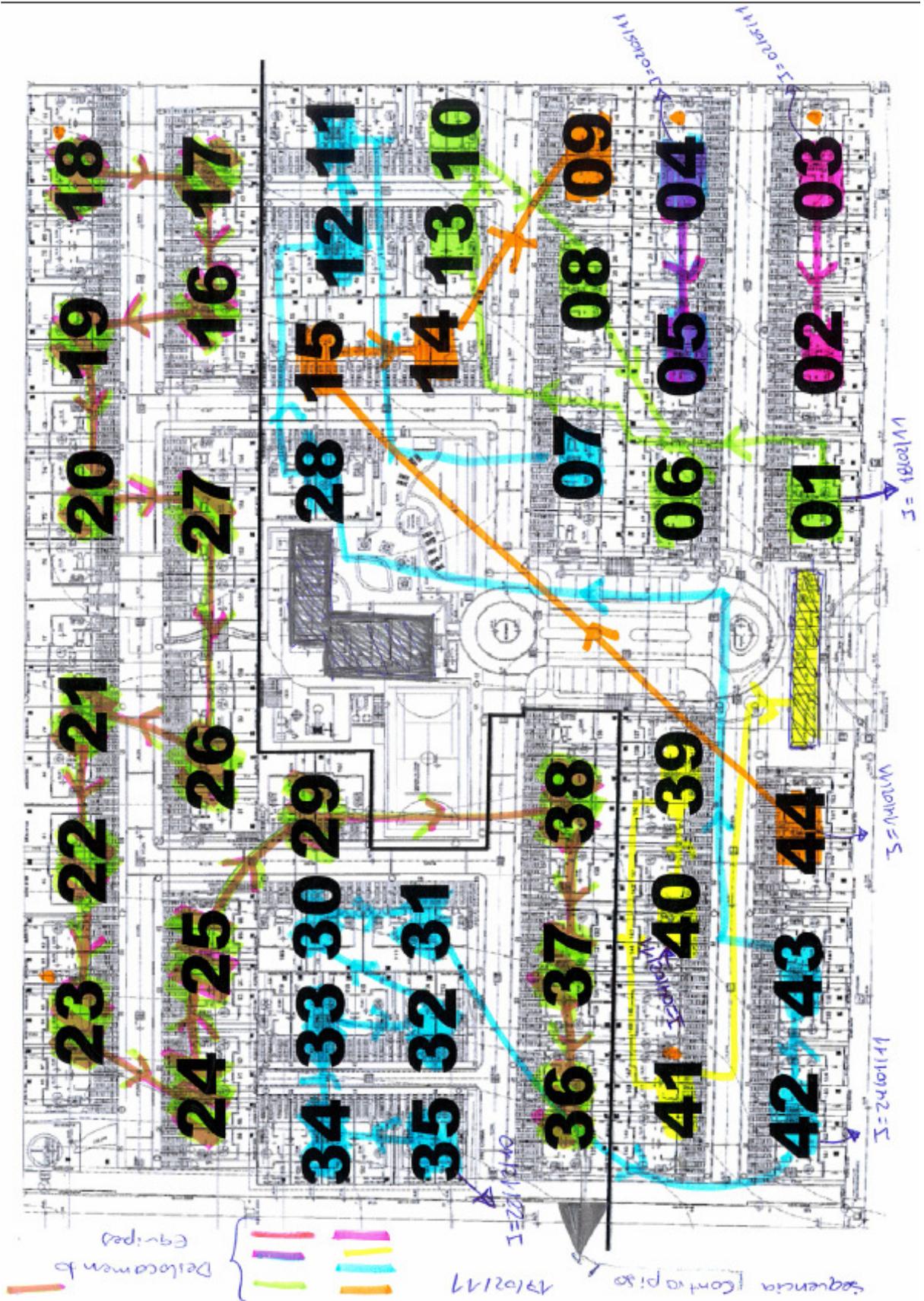


Figura 16: diagrama de sincronismo da execução radier (contrapiso)

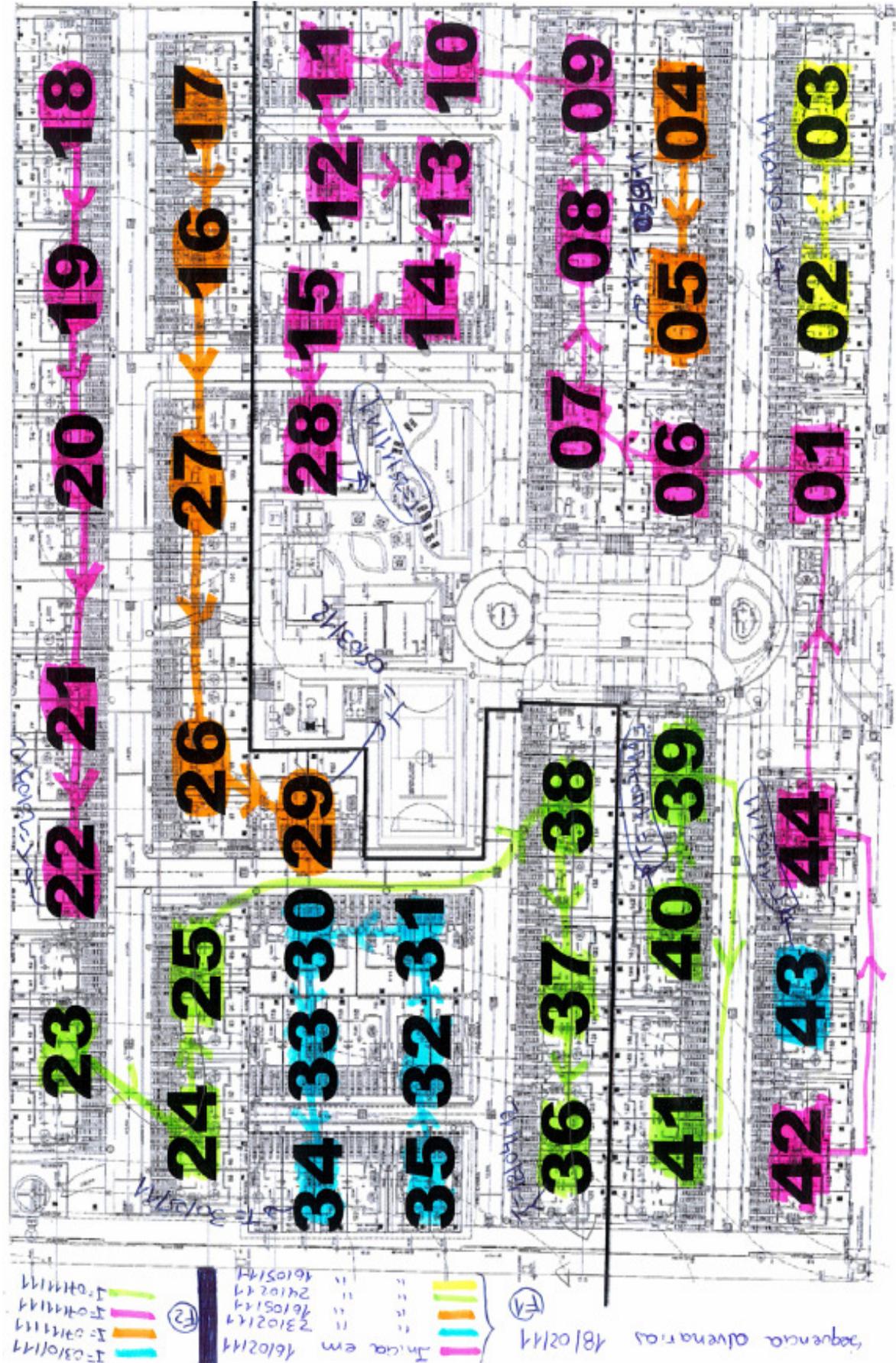


Figura 17: diagrama de sincronismo da execução da alvenaria

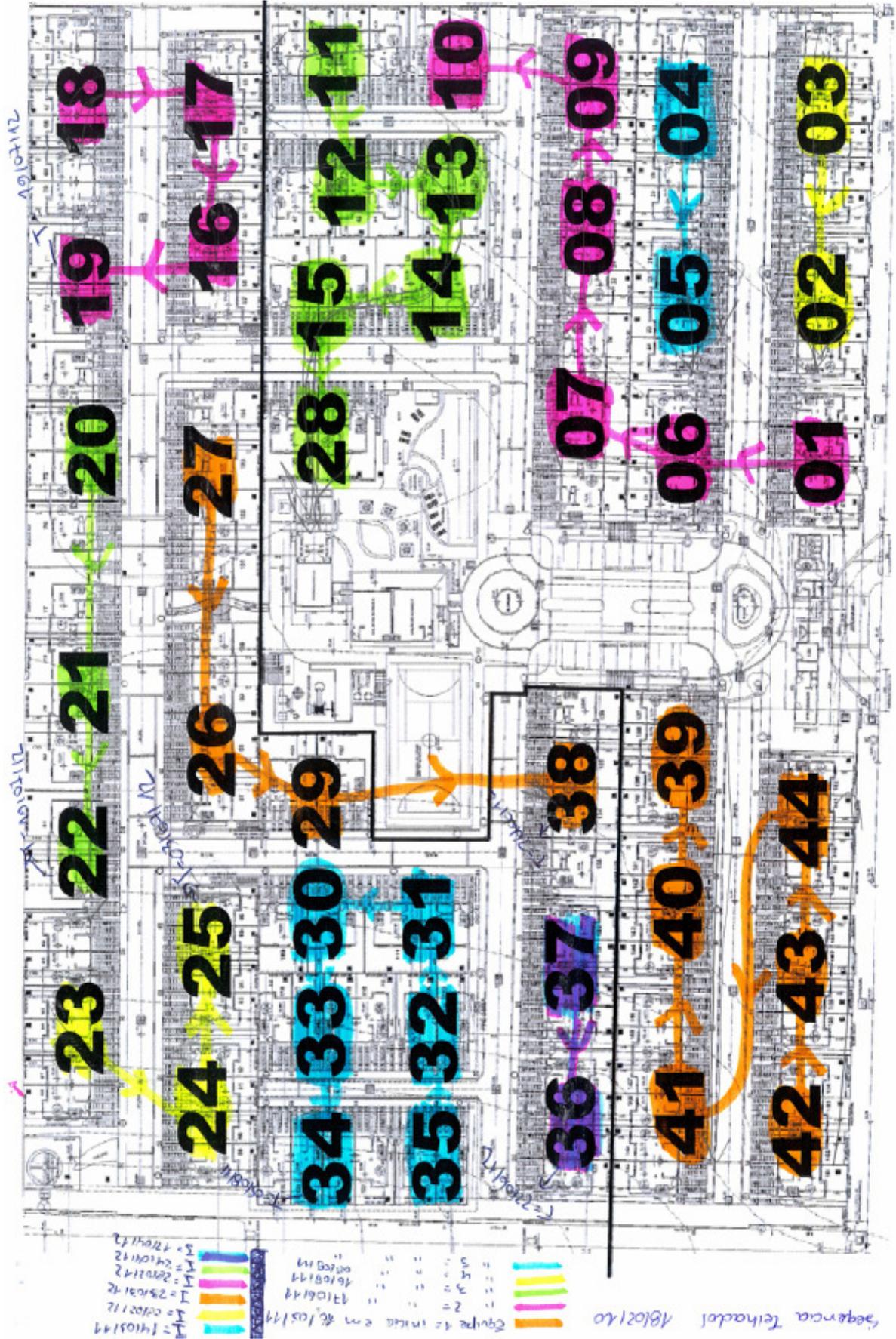


Figura 18: diagrama de sincronismo da execução dos telhados

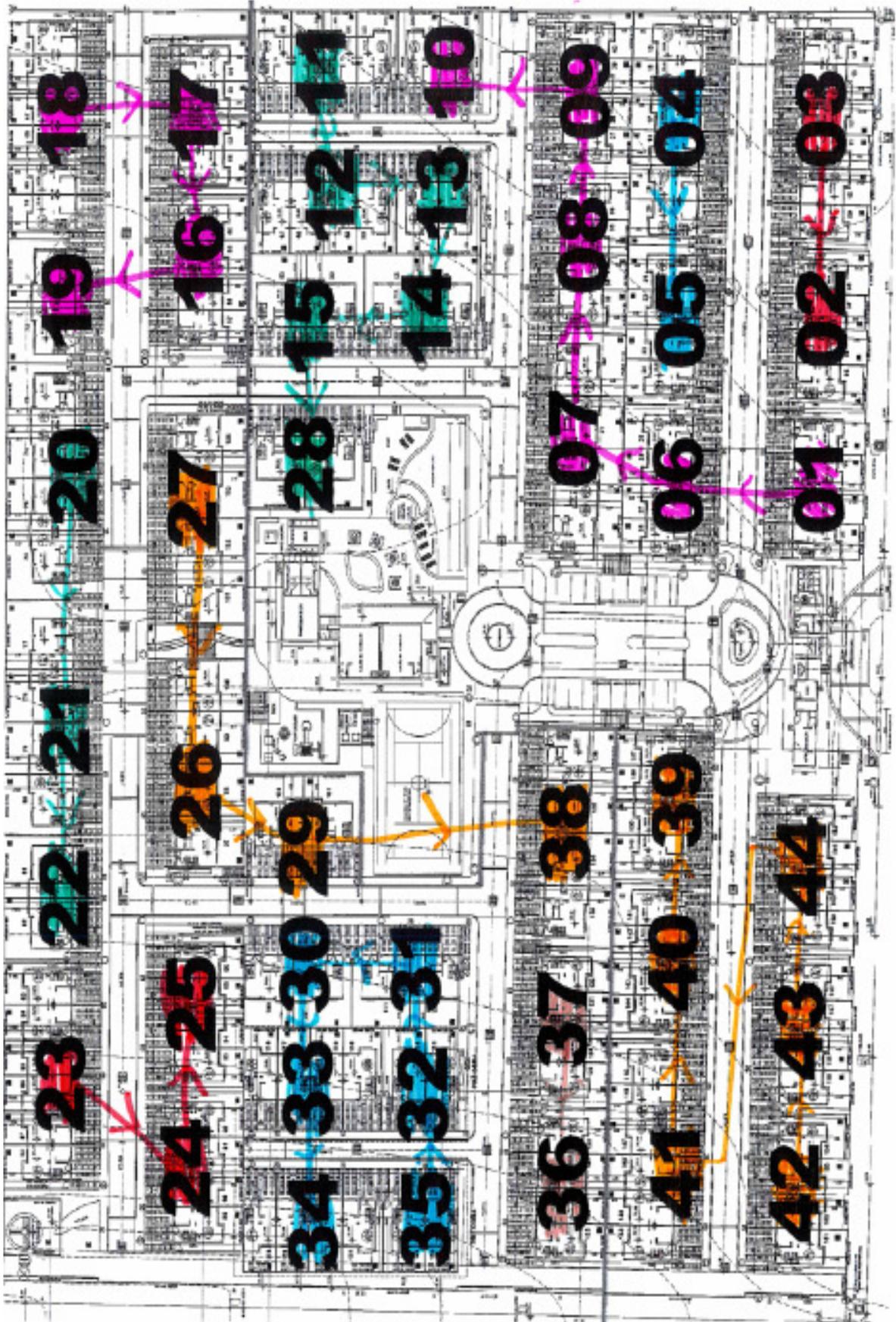


Figura 19: diagrama de sincronismo da execução do reboco externo

### 3.6 DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DOS EQUIPAMENTOS E MÃO DE OBRA

O dimensionamento da capacidade da mão de obra se deu a partir da definição da sequência de execução, do dimensionamento dos recursos de produção da unidade-base e do estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento. Para cada uma das cinco atividades mais expressivas dentro do escopo de todas as atividades do empreendimento, as quais foram indicadas no item 3.5, foi analisada a quantidade de equipes necessárias de modo a não impactar negativamente no prazo final da obra, ou seja, atrasar a data de entrega da obra. Essas atividades foram definidas como expressivas pois são as mais representativas com relação aos custos e tempo de execução dentro do empreendimento. Com ajuda do software *Ms Project*®, para análise da data final do projeto, cada equipe seguia um fluxo ideal dentro da obra e, a cada nova unidade-base que a equipe iniciaria, era analisado se executando a determinada unidade-base a obra sofreria um atraso. Se afirmativo, era necessária mais uma equipe, caso não impactasse em atrasos a equipe poderia executar sua atividade na determinada unidade-base. Ou seja, o método usado para determinação do número total de equipes se assemelha ao método da varredura<sup>28</sup> para problemas de roteirização em logística. O equipamento que recebeu maior atenção e teve sua utilização dimensionada, foi o guindaste para içamento de lajes pré-moldadas. Por parte do setor de planejamento da empresa a sugestão era que para cada fita, o equipamento fosse mobilizado durante um dia. Essa sugestão foi rebatida pelos responsáveis pela obra, uma vez que era mais viável mobilizar o equipamento quando fossem formados pacotes de fitas com lajes a serem montadas. Em função das fitas terem um tamanho padrão de quatro casas e que o tempo de montagem era de 0,125 DPC foi decidido que a mobilização do equipamento seria feita a cada pacote de duas fitas, ou seja, oito casas. Essa medida acarretou que o custo com mobilização do equipamento fosse amortizado em número maior de casas, ocasionando economia.

---

<sup>28</sup> Passo 1: Localizar a base e todos os pontos em um mapa. Passo 2: Traçar uma linha a partir da base em qualquer direção. Girar a linha com centro na base no sentido horário (ou anti-horário) até que a linha inclua um ponto. Passo 3: teste o ponto em potencial, verificando se pode ser incluído no roteiro em formação: (a) tempo de atendimento estoura “jornada de trabalho”? (b) quantidade de mercadoria estoura capacidade do veículo? Se ambas as restrições não forem violadas o ponto é incorporado ao roteiro, e retorne ao Passo 2. Passo 4: Se o ponto não puder ser incluído, fecha o roteiro em formação e inicia-se outro roteiro. Parar, caso todos os pontos já tenham sido atendidos. BALLOU, R. H., **Business Logistics Management**. Prentice-Hall, New Jersey. Prentice Hall, 1999.

### 3.7 IDENTIFICAÇÃO E PROJETO DOS PROCESSOS CRÍTICOS

Em reuniões com o setor de planejamento da empresa e com o engenheiro responsável pela obra foram identificados os processos críticos. A execução das lajes, escadas e mansardas foram consideradas como críticas. Estes processos foram caracterizados dessa maneira pela escassez de mão de obra qualificada e pela sua alta influencia na execução de todas as demais atividades do empreendimento. Em virtude dessas condições a empresa decidiu repassar estas atividades a empresas especializadas em execução de estruturas pré-moldadas. Foi uma decisão de risco, uma vez que depender de terceiros para as atividades críticas pode comprometer seriamente o processo como um todo. Além destas, em reuniões com o setor de planejamento da empresa chegou-se a conclusão de que todas as atividades que antecediam a conclusão dos telhados eram críticas uma vez que os serviços ficavam totalmente dependentes das condições climáticas. Mas para estes fatores não foram projetados.

## 4. CONCLUSÕES

O trabalho apresentou o projeto do sistema de produção em um empreendimento horizontal de médio porte.

Tendo como interesse principal a resposta para a questão de pesquisa apresentada no item 1.2.1, foram elaborados objetivos secundários mais específicos para auxiliar nesta tarefa. Foi necessário identificar e avaliar as características dos condomínios horizontais de médio porte, para possibilitar uma proposição de diretrizes a serem seguidas para elaboração do PSP para esta tipologia de obra. Com base no referencial teórico apresentado no capítulo 2 foi possível identificar as características sobre as quais devem ser tomadas decisões para formulação do PSP em condomínios horizontais de médio porte, já com base no estudo de caso apresentado no capítulo 4 foi possível avaliar as características dos empreendimentos horizontais de médio porte que devem ser analisadas para execução do projeto do sistema de produção. Com base na identificação, nas avaliações e em resposta a questão de pesquisa são propostas, a seguir, diretrizes para elaboração do PSP de condomínios horizontais de médio porte.

Com base no escopo de decisões para formulação do PSP proposto por Scharamm (2004) e complementado por Rodrigues (2006) foi feita uma adaptação dos dois modelos, gerando um terceiro modelo para execução do PSP nos empreendimentos horizontais de médio porte. Em virtude de o autor ser estagiário, da empresa não ter como padrão a execução do PSP e deste trabalho ter iniciado após a fase de processo do projeto do produto, nem todas as ações propostas por este modelo foram implementadas neste projeto.

A partir deste modelo adaptado e em resposta a questão de pesquisa são propostas a seguir diretrizes para elaboração do PSP de condomínios horizontais de médio porte.

Conforme citado acima, antes da execução do PSP é necessário definir e adaptar qual e como será o modelo utilizado para execução do PSP. Com base no estudo de caso, foi possível verificar que existe dificuldade na definição da complexidade de uma obra. Isso se dá, pois os empreendimentos de médio porte não podem ser considerados de todo simples nem de todo complexos. Ou seja, existe uma faixa de variação muito grande entre a simplicidade e a complexidade destas obras. Em vista disso é possível, fazer uma adaptação nos dois modelos

utilizando os passos propostos por Schramm (2006) e conciliando passos propostos por Rodrigues (2006). A priori pode ser seguido o modelo apresentado no estudo de caso deste trabalho, no qual foram utilizadas seis etapas propostas por Schramm (2004) e uma por Rodrigues (2006).

A segunda diretriz para execução do PSP esta inserida dentro da primeira etapa que e a captação das necessidades dos clientes finais. Em virtude de essa captação estar intimamente ligada ao projeto do produto faz-se necessário que a execução do PSP inicie nesta etapa. Essa questão é corroborada por Schramm (2004), o qual indica a necessidade de sobreposição dessas duas etapas, a de projeto do produto e projeto do sistema de produção. Embora neste trabalho não tenha sido possível proceder conforme esta diretriz foi verificada a necessidade do inicio do projeto do sistema de produção estar vinculado ao projeto do produto. Foi identificada a necessidade pelo menos, caso não seja viável toda a execução do PSP, da participação de um profissional com experiência, na execução da tipologia do empreendimento a ser projetado, desde a etapa de processo de projeto do produto, e conforme Schramm (2004) obter assim facilidades de produção, redução do tempo entre projeto e execução e dos custos de produção.

Ao longo de toda vida do empreendimento, ou seja, desde a etapa de sua concepção através do projeto do produto até a entrega para o cliente final, o mesmo sofre a interferência de intervenientes, ou *stakeholders*. A consideração dessas interferências é outra diretriz para o PSP. O primeiro interveniente é o próprio cliente conforme citado no parágrafo anterior, mas ao longo de todo o empreendimento novos *stakeholders* surgirão. Com a identificação dessas interferências é possível programar reavaliações no PSP do empreendimento. Isso se verificou no estudo de caso em relação ao empreendimento vizinho. Caso não fosse considerada sua existência, certamente o PSP, e principalmente a estratégia de ataque do empreendimento A, seriam diferentes. A idéia de programação, da reavaliação do PSP, é mais palpável com relação às mudanças de fase da obra, mas isso não impede que conforme os intervenientes surjam o mesmo deva ser reavaliado. Ou seja, devem ser feitas reavaliações no PSP conforme fases distintas da obra, e para tanto devem ser definidas já no PSP inicial a frequência dessas reavaliações. Dependendo do motivo que ocasionou a reavaliação do PSP, deve ser definido o que deve ser revisto no PSP. No caso de reavaliação por fase da obra possivelmente será replanejada a estratégia de ataque do empreendimento, já, por exemplo, em caso de atraso de obra possivelmente será redimensionada a necessidade dos recursos de mão de obra conforme

item 2.3.2.2 e posteriormente conforme item 2.3.2.6. Independente do motivo que ocasionou a revisão do PSP, essas alterações devem ser reproduzidas no planejamento de médio prazo para manter todo o planejamento alinhado.

Dando seguimento a definição das diretrizes para execução do PSP de condomínios horizontais de médio porte, a próxima diretriz refere-se às unidades-base. Deve ser definida neste estágio qual será e quantas unidades-base existirão. No trabalho proposto por Schramm (2004) foi definida somente uma unidade-base. No estudo de caso apresentado neste trabalho houve a necessidade da definição de duas unidades-base. A unidade-base nada mais é que um lote que caracteriza a produção, para o qual se deve analisar o fluxo de trabalho e dimensionar os recursos necessários para execução das atividades dentro da mesma. A idéia neste estágio é identificar se os pacotes de trabalho que serão distribuídos para as equipes podem ser facilmente compreendidos, pelas mesmas, por meio da unidade-base convencionada. Outro ponto importante a ser analisado para esta definição refere-se ao lote de conferência das atividades. Ou seja, como a produção será controlada e se a definição de mais de uma unidade-base simplifica essa conferência. Em vista disso, para o estudo de caso deste trabalho foram definidas duas unidades-base. A fita para todas as etapas até a conclusão do radier basicamente é casa para as demais atividades, vide item 3.1.1 e 3.1.2.

A sexta diretriz proposta por este trabalho refere-se ao diagrama de sincronismo e a linha de balanço. Durante o desenvolvimento do trabalho, principalmente nas etapas de estudo dos fluxos de trabalho da unidade-base, dos fluxos de trabalho no empreendimento e dimensionamento da capacidade dos equipamentos e mão de obra, foram utilizadas basicamente duas técnicas, diagrama de sincronismo e linha de balanço. Embora fortemente recomendada por Schramm (2004) a técnica da linha de balanço não foi a técnica que se destacou neste estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento, mas sim a técnica do diagrama de sincronização também citado por Schramm (2004) em seu estudo. Isto se deu pelas próprias características dos condomínios horizontais, principalmente pelo fato de os mesmos serem espacialmente espalhados. A maior preocupação na construção de condomínios horizontais refere-se aos fluxos de materiais e mão de obra, pois são estes fluxos que normalmente geram as maiores perdas. Ou seja, faz-se necessário a maior visualização possível destes fluxos. Em vista disso é que os diagramas de sincronização se mostraram mais adequados para o planejamento e definição da estratégia de ataque do empreendimento. Embora sejam muito bons na representação espacial, os diagramas de sincronismo necessitam

de alguma técnica adicional para representação da dimensão tempo. Para o estudo de caso deste trabalho foi utilizado o software *Ms Project*®. Já para a definição da seqüência de execução, dimensionamento dos recursos de produção e estudo dos fluxos de trabalho dentro da unidade-base a linha de balanço consiste na solução mais adequada. Quando se considera somente a unidade base, ou seja, espacialmente mais restrita, a linha de balanço consegue congrega de forma satisfatória as informações referentes a dimensões espaço e tempo.

Outro ponto importante a ser desenvolvido, quando se está trabalhando com o PSP de condomínios horizontais, é a definição e projeto dos processos críticos. No modelo proposto por Schramm (2004) este é o último passo na execução do PSP. Neste modelo, assim como no roteiro adaptado para o estudo de caso deste trabalho, existe uma grande interdependência entre todos os passos. Essa interdependência aliada à necessidade de um projeto detalhado dos fluxos físicos faz com que exista a necessidade de inversão dos passos referente ao modelo proposto por Schramm (2004), ou seja, faz-se necessário inicialmente definir e projetar os processos críticos para então definir a estratégia de ataque do empreendimento, ou seja, definir a estratégia de execução do empreendimento e estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento. Isto se faz necessário, pois um estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento equivocado pode acarretar na mudança das características de alguns processos, ou seja, deixar de ser normal e passar a ser crítico.

De forma resumida, são propostas a seguir, as diretrizes para o projeto do sistema de produção de condomínios horizontais de médio porte:

- a) definição do modelo a ser utilizado para execução do PSP;
- b) iniciar o projeto do sistema de produção juntamente com o projeto do produto ou ter a presença de pessoa responsável pela produção durante o projeto do produto;
- c) analisar a interferência de intervenientes conhecidos;
- d) programar reavaliações no PSP e executar reavaliações sempre que necessário em casos imprevistos;
- e) definição da unidade-base e se necessário da quantidade de unidades-base;
- f) utilizar a linha de balanço para estudo dos fluxos da unidade-base e o diagrama de sincronismo para estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento;

- g) definição dos processos críticos antes da definição da estratégia de execução do empreendimento e do estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento.

Frente ao que foi estudado, podem ser feitas algumas sugestões para trabalhos futuros. As mesmas são propostas a seguir:

- a) aplicar o método deste estudo para outros empreendimentos semelhantes;
- b) incorporar elementos relacionados à gestão de qualidade e de segurança na elaboração do PSP;
- c) utilizar técnicas de modelagem e simulação que permitam a visualização e iteração com o usuários, auxiliando à tomada de decisão;
- d) mensurar os impactos do método proposto em termos de custo e prazo.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES JR., J. A. V.; ALVAREZ, R.; BORTOLOTTI, P.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWELL, G.; ZABELLE, T. Production System Design: Work Structuring revisited. LCI White Paper 11. [s.l.]. Lean Construction Institute, 2001. Disponível em: <[http://www.leanconstruction.org/pdf/WP\\_11\\_Work\\_Structuring.pdf](http://www.leanconstruction.org/pdf/WP_11_Work_Structuring.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2011.
- BERTELSEN, S. Construction as a Complex System. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 11., Blacksburg, 2003. **Proceedings...** Blacksburg: IGLC, 2003. Disponível em: <[http://www.iglc.net/conferences/2003/Papers/THEORYOFPRODUCTIONMANAGEMENT/Bertelsen\\_Construction%20as%20a%20Complex%20System.pdf](http://www.iglc.net/conferences/2003/Papers/THEORYOFPRODUCTIONMANAGEMENT/Bertelsen_Construction%20as%20a%20Complex%20System.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2011.
- \_\_\_\_\_. Construction Management in a Complexity Perspective. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1., Salford, 2003. **Proceedings...** Salford: University of Salford, 2004. Disponível em: <[http://www.bertelsen.org/strategisk\\_r%E5dgivning\\_aps/pdf/Salford%202004.pdf](http://www.bertelsen.org/strategisk_r%E5dgivning_aps/pdf/Salford%202004.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2011.
- BERTELSEN, S.; EMMITT, S. The Client as a Complex System. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 13. Sydney, 2005. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 2005. Disponível em: <[http://www.iglc.net/conferences/2005/papers/session02/09\\_101\\_Betelsen\\_Emmitt.pdf](http://www.iglc.net/conferences/2005/papers/session02/09_101_Betelsen_Emmitt.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2011.
- CHURCHMANN, C. W. **Introdução à teoria dos sistemas**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1971.
- HOWEEL, G. What is Lean Construction? In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., Berkeley, 1999. **Proceedings...** Berkeley: IGLC, 1999. Disponível em: <<http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/IGLC-7/PDF/Howell.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2011.
- HOWELL, G.; BALLARD, G. Design of Construction Operations. Portland: Lean Construction Institute, 1999. LCI White Paper 04. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org/pdf/WP4-OperationsDesign.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2011.
- HOWELL, G.; KOSKELA, G. Reforming project Management: the role of lean construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8. 2000, Brighton. **Proceedings...** Brighton: IGLC, 2000. Disponível em: <<http://www.iglc.net/conferences/2000/Papers/HowellKoskela.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2011.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil**. Porto Alegre: Sebrae/RS, 2000.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298f. PhD Thesis, Technical Research Centre of Finland, Espoo.

\_\_\_\_\_. 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. Disponível em: <<http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/IGLC-7/PDF/Koskela.pdf>>. Acesso em: 26 junho 2011.

MEREDITH, J. R.; SHAFER, S. M. **Administração da produção para MBAs**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

RODRIGUES, A. A. **O Projeto do Sistema de Produção no Contexto de Obras Complexas**. 2006. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHRAMM, F. K. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

\_\_\_\_\_. **Projeto de Sistemas de Produção na Construção Civil Utilizando Simulação Computacional como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão**. 2009. 299 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

YIN, ROBERT K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.