UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

IMPLANTAÇÃO DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DOS SERVIÇOS DE ARMAÇÃO E FORMA PARA MELHORIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRA

Gustavo Curi Nóbrega
Iury Romano

GOIÂNIA
2010

Gustavo Curi Nóbrega
Iury Romano

IMPLANTAÇÃO DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DOS SERVIÇOS DE ARMAÇÃO E FORMA PARA MELHORIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Engenheiro Civil.
Orientadora: Profª. Dr. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter

GOIÂNIA
2010

Gustavo Curi Nóbrega
Iury Romano

IMPLANTAÇÃO DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DOS SERVIÇOS DE ARMAÇÃO E FORMA PARA MELHORIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovada em _____ / _____ / _____.

_____
Profª. Drª. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter (Orientadora)
Universidade Federal de Goiás

_____
Profº. MSc. Ulisses Guimarães Ulhôa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Goiás

_____
Engº. Bruno Alvarenga de Menezes (Examinador Externo)

Atesto que as revisões foram feitas:

_____
Orientador

Em: _____ / _____ / _____

AGRADECIMENTOS

À professora Maria Carolina G. O. Brandstetter, nossa orientadora, pela amizade, paciência e pelo conhecimento que nos levou à aquisição dos objetivos deste trabalho.

Ao corpo técnico do empreendimento em estudo, Eng. Higor José Rezende de Siqueira e estagiários Ellayne Cristina Gurgel Almeida, Guilherme Lima Rodrigues e Caio Eduardo Fraga Preto, responsáveis diretos pelo êxito desta monografia de final de curso.

Aos Pais, Helenildo Elias Cândido Romano e Margarette Silva Martins Romano, e Anastácio Nóbrega Júnior e Artenezina Curi Nóbrega, pelo carinho, compreensão, incentivo, e esforço diário para formação de nosso conhecimento.

Aos irmãos, Isabelly Romano e Igor Romano, e Gabriela Curi Nóbrega, pela força, companheirismo e pelos diversos momentos de risos que nos dão energia.

O autor Iury Romano agradece à Vanessa Neiva Guimarães, sua namorada, pela doação constante de amor, dedicação e cumplicidade, e ao Fernando Henrique Barbosa Marques, seu cunhado, por sua amizade e companheirismo.

A Deus, pelas oportunidades que nos foram dadas no decorrer de toda a vida, nos levando a obtenção desta conquista.

"Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gerencia".

William Edwards Deming

RESUMO

A expansão da construção civil nos últimos anos aliada à falta de mão-de-obra e consequentemente ao encarecimento da mesma, apenas reforça a necessidade de um maior controle dos serviços executados e um aumento da produtividade. Este trabalho analisa a implantação de medições de desempenho nos serviços de forma e armação em uma obra na cidade de Goiânia, tendo como objetivo a determinação de índices de produtividade para esses serviços, bem como os fatores que influenciaram a mesma e ainda a forma como esses dados podem subsidiar o planejamento e controle da produção. Através de uma metodologia desenvolvida e adaptada às condições da obra, os índices foram calculados através da Razão Unitária de Produção (RUP), pautada no método dos fatores onde foram analisados aqueles que interferiram positivo e negativamente na produtividade, sendo calculados tanto os índices de produtividade como de perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO), e ainda a maneira pela qual as medições puderam beneficiar as atividades de planejamento e controle nos diversos níveis gerenciais.

Palavras-chave: Produtividade. Planejamento. Medições de desempenho. Indicadores. Formas. Armação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – As cinco fases do ciclo de planejamento Laufer e Tucker 21
Figura 2.2 – Modelo de rede PERT-CPM 22
Figura 2.3 – Exemplo de Linha de Balanço, curvas de produção típicas para processos repetitivos 23
Figura 2.4 – O tempo de ciclo pode ser progressivamente reduzido pela eliminação de atividades que não agregam valor e pela redução de variabilidade 27
Figura 2.5 – Abordagem de Processo (NBR ISO 9001:2008) 34
Figura 2.6 - Modelo de Sistema de Medição 36
Figura 2.7 - Modelo de Processo conforme a Produção Enxuta 38
Figura 2.8 – Modelo dos fatores 42
Figura 2.9 - Modelo conceitual dos fatores que afetam a produtividade da mão-de-obra 45
Figura 3.1 – Cartão de produção de armação 51
Figura 3.2 – Planilha de detalhamento de vigas 52
Figura 3.3 – Layout do pavimento tipo 52
Figura 3.4 – Cartão de produção de forma 53
Figura 4.1 – Implantação do empreendimento 57
Figura 4.2 – Apartamento com 2 Quartos 58
Figura 4.3 – Apartamento com 3 Quartos 59
Figuras 4.4 e 4.5 - Visão Geral do empreendimento em setembro/2010 e outubro/2010 60
Figuras 4.6 e 4.7 – Detalhe do Bloco A em setembro/2010 e outubro/2010 60
Figuras 4.8 e 4.9 – Detalhe do Bloco B em setembro/2010 e outubro/2010 60
Figuras 4.10 e 4.11 – Detalhe do Bloco C em setembro/2010 e outubro/2010 61
Figuras 4.12 e 4.13 – Detalhe do Bloco D em setembro/2010 e outubro/2010 61
Figura 4.14 – Posicionamento dos estribos 63
Figura 4.15 – Montagem da Armadura Negativa 64
Figura 4.16 – Gráfico de RUPs do serviço de armação 68
Figura 4.17 – Gráfico da produtividade diária por subtarefa 71
Figura 4.18 – Detalhe do fluxo da perda de produtividade de mão-de-obra 73
Figura 4.19 – Verificação do prumo dos pilares 76
Figura 4.20 – Colocação dos fundos de viga 76

Figura 4.21 – Detalhe do barroteamento e início da colocação dos painéis da laje 78
Figura 4.22 – Desforma de laje 79
Figura 4.23 – Posicionamento das placas de compensado plastificado 80
Figura 4.24 – Representação das RUPs do serviço de formas por equipe 85
Figura 4.25 – Representação das RUPs do serviço de formas global. 87
Figura 4.26 – Cronograma de produção de formas 89
Figura 4.27 – Detalhes da produtividade cíclica por subtarefa 91
Figura 4.28 – Fluxo de variação de PPMO por equipe 95
Figura 4.29 – Fluxo de variação de PPMO global 97
Figura 4.30 – Fluxo do índice físico 99
Figura 4.31 – Comparativo entre percentual previsto e realizado 99

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Detalhamento dos Pilares do 4º Pavimento 65
Tabela 4.2 – Percentuais de ponderação 66
Tabela 4.3 – Valores calculados das RUPs em equipe de armação 67
Tabela 4.4 – Detalhamento de quantidades de formas do 4º e 5º pavimento 81
Tabela 4.5 – Percentuais de ponderação 82
Tabela 4.6 – Valores das $RUPs_{cíclicas}$ por equipe e pavimento e $RUPs_{potenciais}$ por equipe 83
Tabela 4.7 – Valores das $RUPs_{cíclicas}$ por equipe e pavimento e $RUP_{potencial}$ global 83

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CPM – *Critical Path Method*

DE – Desforma de Escada

DL – Desforma de Laje

DP – Desforma de Pilar

DV – Desforma de Viga

EAP – Estrutura Analítica de Participação do Projeto

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FC – Fator de Conversão

Hh – Homens-hora Trabalhadas

ISO – *International Organization for Standardization*

LOB – *Line of Balance*

ME – Montagem de Escada

ML – Montagem de Laje

MNL – Montagem de Armaduras Negativas de Laje

MP – Montagem de Pilar

MPL – Montagem de Armaduras Positivas de Laje

MV – Montagem de Viga

NBR – Denominação de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

NR – Norma Regulamentadora

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PERT – Program Evaluation and Review Technique

PFF1 - Peça Facial Filtrante Tipo 1

PMP – Pré Montagem de Pilar

PMV – Pré Montagem de Viga

PPC – Percentual de Planejamento Concluído

PPMO – Perda de Produtividade de Mão-de-Obra

PVC – Cloreto de Polivinila

QS – Quantidade de Serviço

RUP – Razão Unitária de Produção

WBS – *Work Breakdown Structure*

SUMÁRIO

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO 14
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO 14
1.2. JUSTIFICATIVAS 15
1.3. OBJETIVOS 16
1.4. METODOLOGIA 17
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO 17

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19
2.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO 19
2.1.1. Definições e dimensões 19
2.1.1.1. Dimensão horizontal 20
2.1.1.2. Dimensão vertical 24
2.1.2. Planejamento e controle da produção sob a ótica da Construção Enxuta 25
2.1.3. Benefícios e deficiências do planejamento e controle da produção 29
2.1.4. Os índices que norteiam o planejamento 32
2.2. MEDIÇÕES DE DESEMPENHO 33
2.2.1. A abordagem da ISO 9001:2008 33
2.2.2. Definição de medição de desempenho 35
2.2.3. Objetivos das medições de desempenho 37
2.2.4. Medições de desempenho e a Construção Enxuta 37
2.2.5. Escolha de indicadores 39
2.2.6. A produtividade 40
2.2.7. Perda de produtividade de mão-de-obra 45
2.2.8. A produtividade dos serviços de forma e armação 46

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA 49
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 49
3.2. INSTRUMENTAÇÃO DA COLETA E ANÁLISE DE DADOS 50
3.2.1. Caracterização da escolha da obra do estudo de caso 50
3.2.2. Serviços escolhidos 50
3.2.2.1. Armação 50
3.2.2.2. Forma 53
3.2.3. Como os dados foram analisados 54
3.2.3.1. Considerando as medições diárias e cumulativas (RUP diária, cíclica, cumulativa e potencial) 54
3.2.3.2. Análise dos fatores que influenciam a produtividade 54
3.2.3.3. Análise da perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO) 55
3.2.3.4. Análise das influências no planejamento e controle 55

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS 56
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA 56
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA 56
4.3. O PROCESSO DE ARMAÇÃO 62
4.3.1. Materiais e equipamentos 62

4.3.2. Mão-de-obra 62
4.3.3. Método executivo 62
4.3.3.1. Pré-montagem das armaduras (pilar e viga): 63
4.3.3.2. Montagem das armaduras 63
4.3.4. Caracterização dos dados de entrada e saída 64
4.3.5. Cálculo da RUP 65
4.3.6. Análise dos resultados 67
4.3.7. Perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO) 72
4.4. O PROCESSO DE FÔRMA 74
4.4.1. Materiais e equipamentos 74
4.4.2. Mão-de-obra 74
4.4.3. Método executivo 75
4.4.3.1. Condições para o início da montagem das formas 75
4.4.3.2. Pilares 75
4.4.3.3. Vigas 76
4.4.3.4. Lajes maciças 77
4.4.3.5. Processo de desforma 78
4.4.4. Caracterização dos dados de entrada e saída 79
4.4.5. Cálculo da RUP 81
4.4.6. Análise dos resultados 84
4.4.7. Perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO) 93
4.5. A UTILIZAÇÃO DOS ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE PARA MELHORIA DO PLANEJAMENTOE CONTROLE 98

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO 102
5.1. CONCLUSÕES GERAIS 102
5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 104

REFERÊNCIAS 105

BIBLIOGRAFIA 108

CAPITULO 1
INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada a contextualização do tema, suas justificativas, os objetivos do estudo, a síntese da metodologia e ainda a estrutura na qual o trabalho foi organizado.

1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO

A construção civil brasileira voltou a expandir há alguns anos juntamente com um mercado que exige custos, prazos e qualidade compatíveis muito mais que no passado. O déficit habitacional, combinado as facilitadas linhas de crédito voltadas para a compra de imóveis estimuladas pelo governo, auxiliou no processo de expansão do setor, tendo que atender a cronogramas mais apertados podendo culminar em atrasos, falta de qualidade e prejuízos para as construtoras. Além disso, atualmente o setor lida com a falta de mão-de-obra e percebe um aumento da terceirização de serviços, a subempreitada. Diante deste cenário as empresas do setor buscam maior racionalização, tanto de processos produtivos como de planejamento e controle da produção, almejando um aumento da produtividade através da redução de parcelas de atividades que não agregam valor nos processos, um conceito oriundo da nova filosofia de produção, a Construção Enxuta.

O planejamento de muitas empresas da construção civil é pautado em índices de produtividade de outras empresas ou ainda de manuais que não exprimem a realidade da empresa nem mesmo da região onde esta atua. Juntamente com isto poucas empresas fazem um controle efetivo da produção e menos ainda da produtividade, ficando a cargo de mestres e encarregados de fornecer esses dados. Essa situação tem trazido grandes transtornos, pois tornam o processo produtivo mais incerto, culminando nos atrasos e "estouros" de orçamento que ainda comprometem a qualidade.

A utilização de métodos gerenciais vinculando medições de desempenho aos processos de planejamento e controle da produção diminui as incertezas do processo de forma significativa. Dessa maneira é conseguida maior transparência ao processo, permitindo ao gerente da obra controlar verdadeiramente prazos e custos, podendo dimensionar equipes e garantir a qualidade desejada. As medições de desempenho traduzem o cenário do processo

produtivo em dados e fatores intervenientes que influenciam na produtividade. Tendo em mãos esses fatores, almeja-se a minimização ou eliminação daqueles que diminuem a produtividade e a maximização daqueles que a aumentam, levando ao crescimento da eficiência dos processos, possibilitando a economia de mão-de-obra, materiais, tempo e custo.

1.2. JUSTIFICATIVAS

Este trabalho apresenta o processo de implantação de indicadores de produtividade e seus benefícios para o planejamento e controle da produção.

O atendimento às necessidades do planejamento e controle da produção é visível quando há minimização do controle com base na experiência, consolidando um processo mais racional; diminuição de problemas potenciais através da previsão dos mesmos, ou seja, a redução de incertezas que é o objetivo do planejamento; comparativo com os dados do orçamento/planejamento da empresa, verificando se está dentro do esperado e se será possível atender aos prazos ou mesmo se é necessário um replanejamento, lembrando que os índices obtidos poderão compor no futuro um banco de dados não só para a obra assim como para a empresa.

Alguns princípios da Construção Enxuta tornam-se visivelmente presentes com a adoção de medições de desempenho, como o uso de Benchmarking através dos índices apropriados que possibilitam a comparação entre obras e empresas do setor, levando ao aumento da competitividade, além da adoção de melhores práticas; o princípio da transparência através do uso de indicadores que demonstram o processo aliado a fatores que o influenciam; redução de parcelas que não agregam valor possibilitando diminuição nos tempos de ciclo; transição para melhor estado do balanceamento dos fluxos com o melhoramento das conversões e o estabelecimento de melhoria contínua dos processos.

Os princípios da Construção Enxuta não são exclusivos, os benefícios adquiridos com as medições de desempenho se estendem, por exemplo, ao trazer visibilidade e transparência não só a clientes internos, mas também a incorporadores e investidores.

Com essa proposta a possibilidade de ganhos financeiros é notável pela redução do desperdício de material e mão-de-obra; diminuição de avaliações superficiais; melhor previsão de consumo da mão-de-obra e de duração do serviço; melhor avaliação e

comparação dos resultados; desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos construtivos. No caso da superestrutura, objeto de pesquisa desse trabalho, essas considerações se tornam mais relevantes já que representa cerca de 30% do custo da obra de um edifício residencial (MATTOS, 2006).

Dentro do universo atual onde se percebe o crescimento da prática da subempreitada, Serra e Branco Jr. (2003) demonstram que os principais motivos para a prática é devido ao menor custo de produção, flexibilidade de produção e facilidade de controle de custos. Já a diminuição dos riscos (financeiros, trabalhistas etc.), a melhoria da qualidade dos serviços e a menor equipe administrativa vêm logo em seguida com menor relevância dentro dos motivos de escolha pesquisados. Nesse contexto os trabalhos de medição de desempenho não se tornam menos importantes, pois a partir do momento que se desconhece aquela equipe subcontratada, maiores são as incertezas relativas à sua produtividade e se conseguirá atender aos prazos e não impactar nos serviços subseqüentes. Sendo assim a medição da produtividade de subempreiteiros remove incertezas do processo além de sinalizar possíveis fatores que a alteram, trazendo melhorias tanto para a construtora quanto para a empresa subcontratada.

Como consequência de todo esse processo tem-se a elevação da produtividade, podendo a empresa assim atingir custos competitivos para o mercado, assegurando e até aumentando a qualidade do produto, proporcionando rentabilidade compatível com o desempenho competitivo das empresas e ainda tendo um papel sócio-econômico no país ao assegurar o atendimento quantitativo das necessidades habitacionais em velocidade compatível com o déficit existente somado ao crescimento vegetativo dessas necessidades (FERREIRA, 2002).

1.3. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal implantar medições de desempenho nos serviços de formas e armação relativos à fase de estrutura da obra estudada.

Em relação aos objetivos específicos, são propostos:

- Demonstrar e aplicar método de avaliação da produtividade dos serviços de forma e armação;

- Elencar e analisar os fatores que influenciam na produtividade dos serviços estudados;
- Calcular índices de produtividade e de perda de produtividade de mão-de-obra para os dois serviços;
- Demonstrar como as medições de desempenho apóiam o planejamento e controle de curto, médio e longo prazo.

1.4.METODOLOGIA

O trabalho tem caráter exploratório e se caracteriza como um estudo de caso. Os dados foram processados com base na Razão Unitária de Produção (RUP) de acordo com o método dos fatores. Foram coletados os principais fatores que influenciaram e determinaram os valores de produtividade diários e a análise de como as medições realizadas trouxeram benefícios para o planejamento e controle da obra.

1.5.ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos, da seguinte maneira:

- Capítulo 1 – Introdução

  Apresenta-se a contextualização do tema, suas justificativas, os objetivos do trabalho, a metodologia e ainda a estrutura do trabalho.

- Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

  Abrange o processo de planejamento e controle da produção e as medições de desempenho chegando à determinação de indicadores de produtividade.

- Capítulo 3 – Metodologia

  Define-se a metodologia de pesquisa aplicada no trabalho, através da classificação da pesquisa e da instrumentação da coleta de dados.

- Capítulo 4 – Análise dos dados

  Analisam-se os dados de entrada e saída, bem como o processamento dos mesmos chegando às primeiras conclusões.

- Capítulo 5 – Conclusão

  Apresentam-se as conclusões gerais obtidas no estudo, além de sugestões para trabalhos futuros na mesma área.

CAPÍTULO 2
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é analisado o processo de planejamento e controle da produção, desde as definições, dimensões e níveis chegando por fim às medições de desempenho, verificando a sua importância desde o atendimento aos requisitos da norma ISO 9001:2008 até a determinação de indicadores de produtividade.

2.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

As empresas de construção civil atualmente buscam cada vez mais reduzir custos em seus processos produtivos. Só em meados da década de 1990 a engenharia de produção começou a ser aplicada efetivamente em empresas de construção civil brasileiras (MEDEIROS, 2010), o que gerou uma mudança radical no setor promovendo ganhos de competitividade através da redução de perdas que antes acarretavam grandes custos e atrasos não previstos. Juntamente com essa nova sistemática de produção desenvolveram-se técnicas para o planejamento e controle da produção (PCP), aplicadas à construção civil, aliadas, principalmente, à disseminação da informática. Sendo que hoje o setor investe de forma significativa, em meios para melhoria de produtividade através de recursos gerenciais.

2.1.1. Definições e dimensões

Segundo Ackoff (1976 *apud* BERNARDES, 2001) o planejamento define um futuro desejado e os meios eficazes pelos quais esse futuro será alcançado, ou seja, através do processo decisório que as metas estabelecidas serão cumpridas.

Para Syal *et al* (1992 *apud* BERNARDES, 2001, p. 16) o planejamento consiste em "um processo de tomada de decisão que resulta em um conjunto de ações necessárias para transformar o estágio inicial de um empreendimento em um desejado estágio final", sendo este empreendimento mensurado e analisado durante a fase de controle da produção em comparação com padrões de desempenho estabelecidos no conjunto de ações durante a fase de planejamento.

Ghinato (1996 *apud* BERNARDES, 2001) diferencia monitoramento e controle, sendo que o primeiro se configura apenas como a comparação do executado com o planejado e a determinação de causas fundamentais da ocorrência de falhas, já o segundo é determinado como um processo de supervisão exercido por superiores aos subordinados, onde verificam-se resultados das atividades destes considerando alguns padrões pré estabelecidos.

Ballard e Howell (1996b *apud* BERNARDES, 2001) consideram que o planejamento produz metas possibilitando o gerenciamento dos processos produtivos, enquanto que o controle permite o cumprimento dessas metas, avaliando a conformidade com o planejado e ainda fornecendo informações que subsidiarão a preparação de futuros planos.

O processo de planejamento para Laufer *et al* (1994 *apud* BERNARDES, 2001) é composto por processos de tomada de decisão, processos de integração de decisões interdependentes, processos hierárquicos envolvendo desde a formulação de diretrizes gerais a objetivos, processos que incluem uma cadeia de atividades compreendendo a busca de informações e sua análise, avaliação do emprego sistemático de recursos e ainda uma apresentação documentada em forma de planos.

Para Formoso (1991) planejamento é o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle.

Para Laufer e Tucker (1987 *apud* BERNARDES, 2001) o processo de planejamento e controle pode ser representado por duas dimensões básicas: a horizontal, que se refere às etapas pelas quais o planejamento e o controle são feitos e a vertical, que compreende na vinculação das etapas nos diversos níveis gerenciais.

2.1.1.1. Dimensão horizontal

Essa dimensão pode ser dividida em seis etapas como mostrado na Figura 2.1.

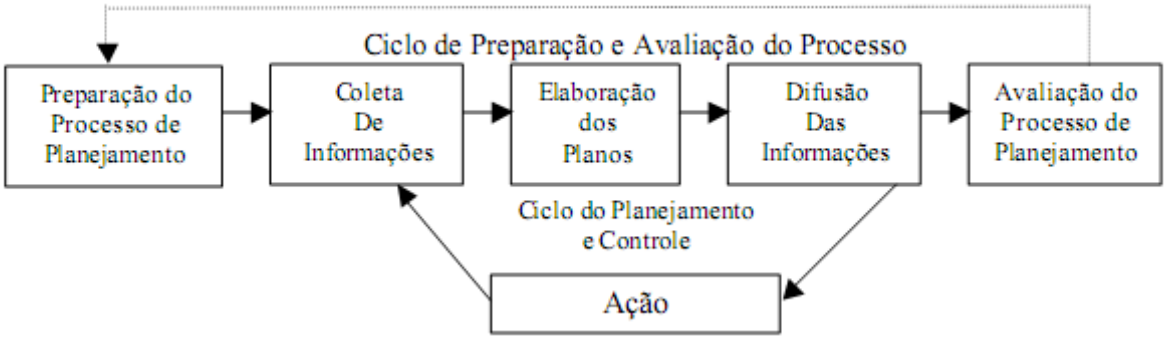


Figura 2.1 – As cinco fases do ciclo de planejamento Laufer e Tucker (1987 *apud* BERNARDES, 2001)

- **Planejamento do processo de planejamento:** nesta etapa são tomadas decisões relativas ao horizonte e nível de detalhes do planejamento, a frequência de replanejamento e o grau de controle a ser efetuado. São também analisadas características da obra, como será planejada e a escolha dos níveis de planejamento. Uma ferramenta para estabelecer uma vinculação padronizada de forma hierarquizada das metas dos vários planos é ao WBS (*Work Breakdown Structure*) ou como denominada por Limmer (1997 *apud* BERNARDES, 2001), EAP (Estrutura Analítica de Participação do Projeto). A ferramenta consiste em decompor a obra em vários subsistemas, estabelecendo assim hierarquias entre as atividades, podendo ainda estabelecer linguagens padronizadas para determinados tipos de obra. Recomenda-se ainda que juntamente com o WBS seja feito o zoneamento, que consiste no estudo das zonas de trabalho apropriadas para as equipes de produção, buscando assim facilitar o estabelecimento das unidades de controle que podem ser utilizadas para o dimensionamento de pacotes de trabalho (BERNARDES, 2001).

- **Coleta de informações:** compreende em toda a coleta de informações necessárias para realizar o planejamento, tais como contratos, plantas, especificações técnicas, descrição do canteiro, tecnologias a serem empregadas, viabilidade da terceirização ou não de processos, índices de produtividade do trabalho, dados de equipamentos e as metas estabelecidas pela gerência. Essa etapa tem o objetivo de reduzir significativamente a incerteza do processo (BERNARDES, 2001).

- **Preparação de planos:** nesta etapa temos a elaboração dos planos que podem ser desenvolvidos por algumas técnicas, dentre as mais utilizadas há o Método do Caminho Crítico e a Linha de Balanço (BERNARDES, 2001). O primeiro tem sua origem na década de 1950 durante a corrida armamentista nos E.U.A. no início da Guerra Fria. Na época foram desenvolvidos dois métodos a fim de atender a indústria

militar, o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e o CPM (*Critical Path Method*). Os dois métodos conferem a montagem de diagramas de redes muito semelhantes, por isso, atualmente são denominadas em conjunto, método PERT/CPM como é mostrado na Figura 2.2 (ÁVILA, 2003). O método da Linha de Balanço, LOB (*Line of Balance*), foi criado nos anos de 1940 pela empresa *Goodyear*, e é um dos métodos mais conhecidos para programação de projetos lineares. Sua aplicação na construção civil vem sendo difundida principalmente em obras com serviços bastante repetitivos (JUNQUEIRA, 2006). O método se baseia em curvas de produção ou linhas de fluxo, que fornecem a duração de cada processo além da duração de todo projeto, e através da inclinação dessas, obtemos o ritmo de produção para cada um dos processos repetitivos, como exemplificado na Figura 2.3 (MENDES JUNIOR, 1999). Esta técnica está mais diretamente relacionada aos conceitos de *Lean Construction*, uma vez que busca explicitar os ritmos de produção e os fluxos de trabalho, dando maior visibilidade ao processo produtivo (BERNARDES, 2001).

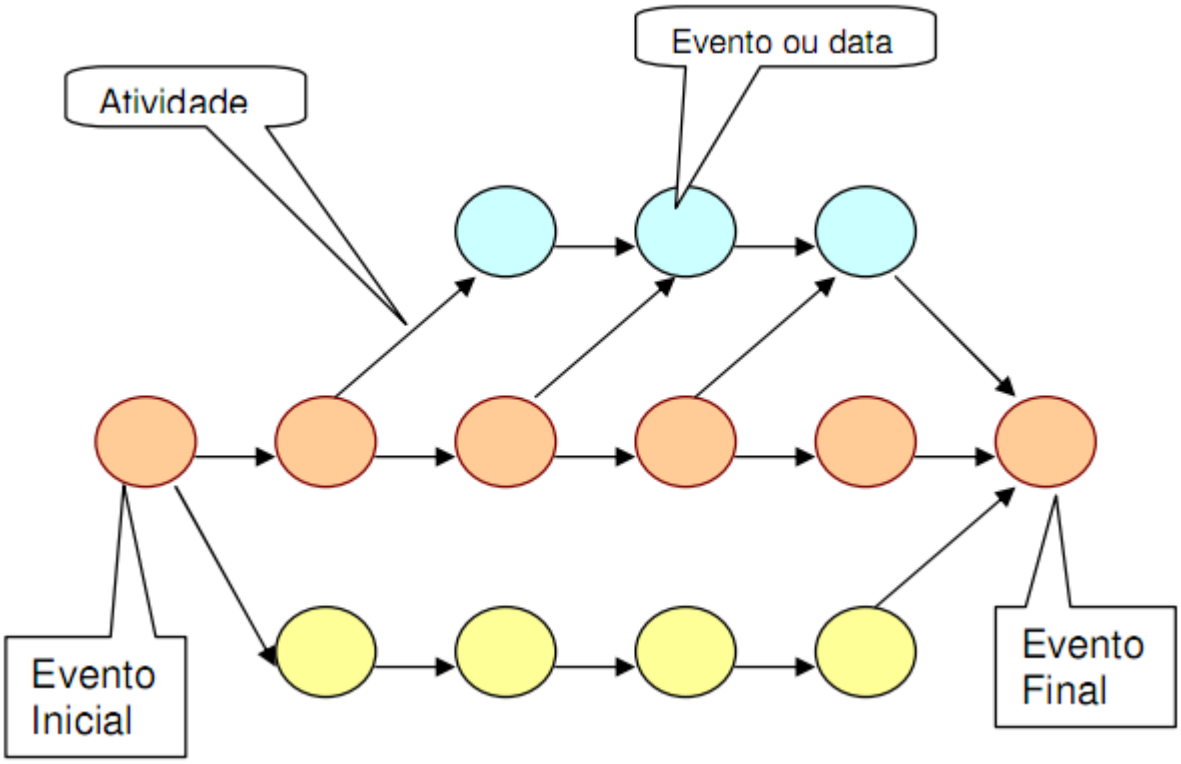


Figura 2.2 – Modelo de rede PERT-CPM (AVILA, 2003)

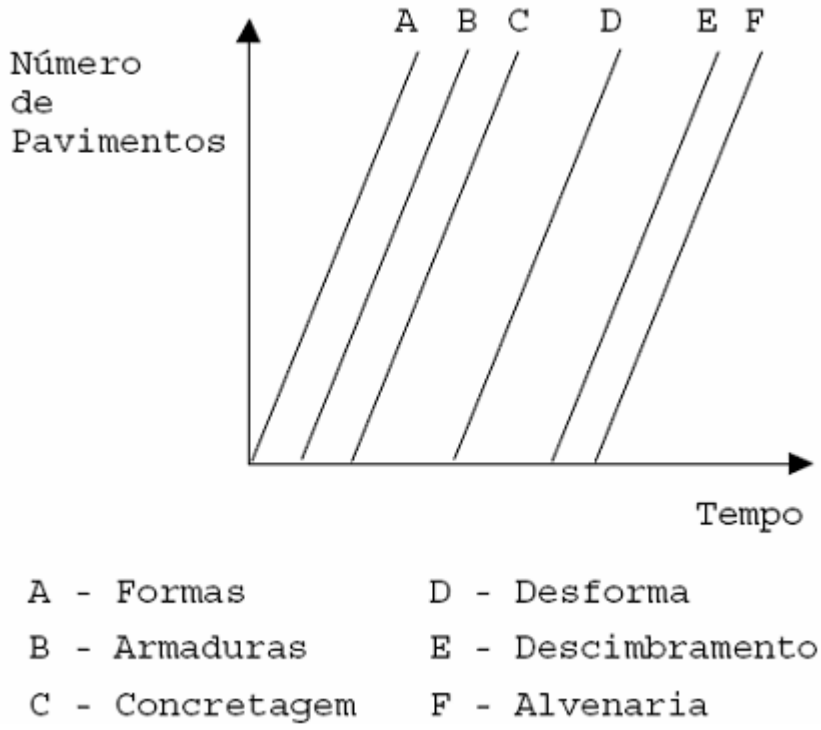


Figura 2.3 – Exemplo de Linha de Balanço, curvas de produção típicas para processos repetitivos (MENDES JUNIOR, 1999)

- **Difusão de informações:** a difusão de informações pode encontrar problemas como a resistência de alguns funcionários em trabalhar com o planejamento, a quantidade de informações em formatos não apropriados e ainda a informalidade dada aos planos de nível operacional (BERNARDES, 2001). Os planos podem ser separados hierarquicamente em nível estratégico (longo prazo), tático (médio prazo) e operacional (curto prazo) (LANTELME *et al*, 2001). Estes níveis serão abordados detalhadamente na dimensão vertical do planejamento.

- **Ação:** esta etapa configura-se na parte de controle, onde o progresso da produção é controlado e monitorado gerando informações que serão utilizadas para atualizar os planos e preparar relatórios sobre o desempenho da produção (FORMOSO, 1991). O controle ainda pode ser subdividido em um sistema controlado, onde determinado processo recebe recursos e fornece produtos, gerando dados que são repassados para um sistema de informação gerencial, onde são processados, só aí que são repassadas informações para um sistema de decisão que estabelecerá ações que farão o sentido inverso dando continuidade no ciclo (BERNARDES, 2001).

- **Avaliação do processo de planejamento:** esta que se configura como a última etapa corresponde à avaliação de todo o processo. Deve ser feita a análise das decisões

tomadas durante o processo de preparação do planejamento e controle. Indicadores que relacionam real/previsto e relatórios de controle operacionais auxiliam nesta análise. É ainda importante ressaltar que as ações definidas para corrigir problemas encontrados sejam de fato implementadas (BERNARDES, 2001). Segundo Lantelme *et al* (2001) para que a avaliação ocorra de forma que possibilite a melhoria dos processos da obra e/ou de empreendimentos futuros, é imprescindível a utilização de indicadores de desempenho, bem como uma análise crítica para definir os ciclos de avaliação.

2.1.1.2. Dimensão vertical

O planejamento e controle devem estar presentes em todos os níveis gerenciais da organização de forma integrada (GHINATO, 1996 *apud* BERNARDES, 2001). O planejamento deve buscar a minimização das incertezas inerentes ao processo, porém é importante que os planos sejam preparados em cada nível com o grau de detalhe apropriado, de acordo, por exemplo, com o horizonte de planejamento (FORMOSO, 1991). O planejamento e controle quanto a sua dimensão vertical podem ser divididos em três níveis hierárquicos:

- **Nível estratégico:** neste nível tem-se o planejamento de longo prazo, conhecido como plano mestre, este permite a identificação dos objetivos principais do empreendimento. Nele são definidos o escopo e as metas do empreendimento a serem alcançadas num determinado intervalo de tempo, sendo que as decisões tomadas na preparação dos planos estão relacionadas a questões de longo prazo. Este nível descreve todo o trabalho a ser executado através de metas gerais. Este plano serve de base também para o estabelecimento de contratos (BERNARDES, 2001).
- **Nível tático:** neste nível pode-se ter um planejamento de médio ou longo prazo. No caso de um planejamento de médio prazo busca-se vincular as metas do plano mestre com as designadas no curto prazo (FORMOSO, 1999 *apud* BERNARDES, 2001). Ballard (1997 *apud* BERNARDES, 2001) considera este planejamento como móvel denominando-o de *Lookahead Planning.* É através desse plano que parcelas que não agregam valor ao processo produtivo podem ser reduzidas, através da análise dos fluxos de trabalho, visando um sequenciamento mais adequado (BERNARDES, 2001). Deve ser especificado nesta etapa o processo de construção, as técnicas

construtivas, identificação dos recursos necessários à execução, recursos disponíveis em canteiro e as restrições relacionadas ao desenvolvimento do trabalho (BERNARDES, 2001). Para Ballard (1997 *apud* BERNARDES, 2001) o plano nesta etapa deve modelar o fluxo de trabalho, facilitar a identificação da carga de trabalho e os recursos necessários, ajustar os recursos disponíveis ao fluxo de trabalho, possibilitar que trabalhos possam ser agrupados e identificar estoques de pacotes de trabalho.

- **Nível operacional:** neste nível tem-se o planejamento de curto prazo que deve ser desenvolvido através de ações direcionadas a proteger a produção contra os efeitos da incerteza, utilizando assim planos passíveis de serem atingidos e analisando as razões pelas quais tarefas planejadas não foram executadas (BALLARD e HOWELL, 1997 *apud* BERNARDES, 2001). Um plano de curto prazo além de verificar se os pacotes de tarefas planejados foram concluídos ou não, deve destinar um espaço para tarefas reservas, que visam garantir a continuidade do trabalho caso ocorra algum problema que impeça a execução da atividade planejada (BERNARDES, 2001). No final do ciclo pode-se obter um indicador referente ao Percentual de Planejamento Concluído (PPC), calculado pela razão dos pacotes de trabalho concluídos pelos planejados (BERNARDES, 2001). Para Ballard e Howell (1997 *apud* BERNARDES, 2001) para que os planos de curto prazo sejam eficazes é necessário que se cumpra alguns requisitos, tais como a definição adequada dos pacotes de trabalho, a disponibilidade de recursos necessários, o sequenciamento entre os pacotes, o tamanho dos pacotes adequados ao período e por fim a aprendizagem obtida através da análise das atividades não concluídas. Segundo Ballard (2000 *apud* BERNARDES, 2001) a aplicação conjunta do plano de curto prazo com o *Lookahead Planning* compõem o *Last Planner*, que são ferramentas que auxiliam a implementação de um sistema de planejamento e controle da produção.

2.1.2. Planejamento e controle da produção sob a ótica da Construção Enxuta

Koskela (1992) propôs onze princípios que consolidam a filosofia da produção *Lean Construction* (Construção Enxuta). Essa filosofia busca benefícios em termos de melhoria da eficiência e da eficácia dos sistemas de produção, através dos seus princípios

básicos (BERNARDES, 2001). A seguir busca-se relacionar as atividades de planejamento e controle da produção aos onze princípios da Construção Enxuta:

- **Redução da parcela de atividades que não agregam valor:** segundo Koskela (1992) as atividades que agregam valor são denominadas de atividades de conversão ou processamento, essas convertem materiais e/ou informações direcionadas a atender os requisitos do cliente. As atividades que consomem tempo, recursos ou espaço e não contribuem para atender os requisitos do cliente, são as que não agregam valor. O planejamento e o controle da produção podem auxiliar no cumprimento deste princípio através da busca da redução das atividades de movimentação, inspeção e espera, através da elaboração de um arranjo físico do canteiro minimizando distâncias, escolha de equipamentos adequados, bem como através de simulação na planta baixa, da movimentação conjunta de equipes de mão-de-obra e dos materiais, identificando assim zonas de interferência nos fluxos (BERNARDES, 2001).
- **Aumentar o valor do produto através de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente:** de acordo com Koskela (1992) agrega-se valor ao produto, quando os requisitos dos clientes internos e externos são atendidos. Durante a etapa de coleta de informações para o planejamento, buscando a consideração de requisitos do cliente antes da execução de algumas operações, há a redução de retrabalhos e interferências em atividades de fluxo (BERNARDES, 2001).
- **Redução da variabilidade:** do ponto de vista do cliente um produto uniforme é mais bem aceito, sendo que uma possível forma de diminuir a variabilidade é através da padronização de processos (KOSKELA, 1992). O processo de planejamento e controle contribui com este princípio através da consideração sistemática de tarefas passíveis de serem executadas, protegendo assim a produção (BERNARDES, 2001).
- **Redução do tempo de ciclo:** segundo Koskela (1992) tempo de ciclo se refere ao somatório dos prazos necessários para processamento, inspeção, espera e movimentação. A redução no tempo de ciclo se dá pela redução de variabilidade e de atividades que não agregam valor conforme a Figura 2.4. Para Bernardes (2001) esse princípio pode ser aplicado no que tange ao planejamento e controle, pela redução das parcelas que não agregam valor nos diferentes níveis gerenciais, através da sincronização dos fluxos de material e mão-de-obra, desenvolvimento de

programações mais repetitivas e padronizadas, diminuição dos tamanhos dos lotes de material e subprodutos e a divisão dos trabalhos em tarefas ou pacotes.

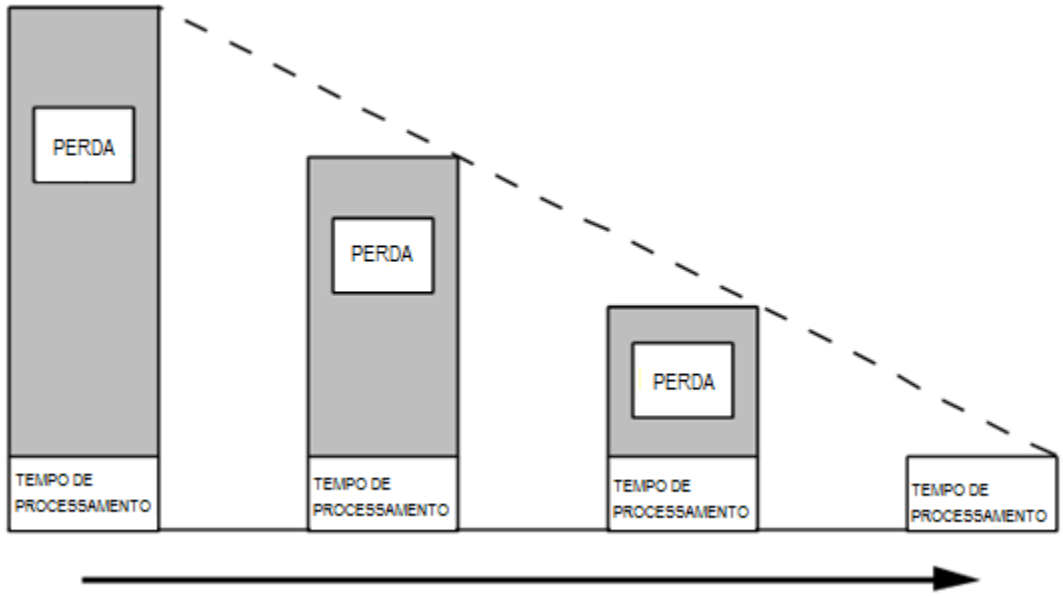


Figura 2.4 – O tempo de ciclo pode ser progressivamente reduzido pela eliminação de atividades que não agregam valor e pela redução de variabilidade (adaptado de BERLINER & BRIMSON, 1988 *apud* KOSKELA, 1992)

- **Simplificação pela minimização do número de passos e partes:** esse princípio se caracteriza pela redução de componentes do produto ou do número de passos existentes em fluxo de material ou informação. O uso de pré-fabricados, equipes polivalentes e o planejamento eficaz da produção, são alternativas para atingir a simplificação (KOSKELA, 1992). Para Bernardes (2001) no que cabe ao planejamento e controle auxiliar ao cumprimento do princípio, existem as análises da maneira pela qual o processo é executado, buscando alternativas mais simples para as operações, e também a utilização de zonas de trabalho similares, visando repetitividade no processo e facilitando a identificação de possíveis áreas para simplificação.

- **Aumento da flexibilidade de saída:** Slack *et al* (1997 apud BERNARDES, 2001) define como a capacidade de mudar a operação de alguma forma, seja o que a operação faz, como faz ou quanto faz. Para Koskela (1992) o uso de equipes polivalentes, redução no tamanho de lotes, redução no tempo de preparação e troca de ferramentas, aumentam a flexibilidade.

- **Aumento de transparência:** Segundo Koskela (1992) pode-se diminuir a ocorrência de erros na produção com o princípio da transparência nos processos produtivos, através do uso de meios físicos, dispositivos e indicadores, melhorando o acesso à informação nos postos de trabalho. Para Bernardes (2001) no que envolve o processo de planejamento e controle, tem-se o uso de plantas ou esboços durante a discussão de metas, facilitando a compreensão da equipe de produção, promovendo uma melhor discussão de idéias relacionadas ao processo produtivo.
- **Foco no controle de todo processo:** para Koskela (1992) o foco em etapas ou partes do processo em detrimento da consideração do processo como um todo, contribui para o surgimento de perdas. Bernardes (2001, p. 41) relaciona este princípio com o planejamento e controle da produção "na medida que a análise da repercussão no plano de longo prazo, dos problemas coletados no curto prazo, auxilia na tomada de decisões para a melhoria de desempenho dos processos produtivos".
- **Estabelecimento de melhoria contínua ao processo:** Koskela (1992) afirma que o processo de melhoria contínua vai sendo alcançado na medida em que os demais vão sendo cumpridos. O autor sugere o incentivo de sugestões da própria equipe de produção para a solução de problemas, com incentivos através de recompensas. Para Bernardes (2001) essa integração pode ser aproveitada no processo de planejamento e controle, durante as análises de desvios na busca da solução de problemas.
- **Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões:** para Koskela (1992) fluxos e conversões têm diferentes potenciais de melhoria, já que o grau de impacto da melhoria dos fluxos depende, por exemplo, do grau de complexidade do processo produtivo. Isso pode ser verificado através, por exemplo, de escolhas de tecnologias específicas que contribuirão para a melhoria de fluxo e conversão, podendo ser definida tanto na etapa de projeto quanto na de planejamento dependendo do caso (BERNARDES, 2001).
- **Benchmarking:** esse princípio busca analisar e desenvolver processos levando em conta as melhores práticas existentes no mercado (KOSKELA, 1992). O processo de planejamento e controle se beneficia de forma clara com este princípio, uma vez que se buscam novos padrões ou formas alternativas de se executar determinadas atividades durante a elaboração dos processos (BERNARDES, 2001).

2.1.3. Benefícios e deficiências do planejamento e controle da produção

Segundo Laufer (1990 *apud* BERNARDES, 2001) o investimento no planejamento na construção civil traz benefícios como:

- Aumento da compreensão dos objetivos do empreendimento, aumentando assim a probabilidade de atendê-los;
- Melhor definição dos trabalhos exigidos para habilitar cada participante do empreendimento a identificar e planejar a sua parcela de trabalho;
- Desenvolvimento de uma referência básica para processos de orçamento e programação;
- Melhor integração vertical e horizontal, produzindo informações para tomada de decisões;
- Prevenção de tomada de decisões errôneas em projetos futuros;
- Melhoria de desempenho da produção através da consideração e análise de processos alternativos;
- Aumento da velocidade de resposta para mudanças futuras;
- Fornecimento de padrões para monitorar, revisar e controlar a execução do empreendimento;
- Exploração da experiência acumulada da gerência obtida com os empreendimentos executados em um processo de aprendizagem sistemático.

Para Mattos (2010) os principais benefícios do planejamento são:

- **Conhecimento pleno da obra:** o profissional durante o trabalho de planejamento fará análises de orçamento, projetos, métodos construtivos entre outros aspectos que lhe darão uma visão global do empreendimento;
- **Detecção de situações desfavoráveis:** é possível antever problemas podendo assim preveni-los com tempo hábil;
- **Agilidade de decisões:** a visão global adquirida permite a tomada de decisões gerenciais sob uma base confiável que é o planejamento;

- **Relação com o orçamento:** através da análise do orçamento, o engenheiro que planeja pode avaliar inadequações e identificar oportunidades de melhoria;
- **Otimização da alocação de recursos:** o planejamento permite estabelecer as atividades que poderão ser antecipadas e outras porventura postergadas, alocando melhor folgas e prazos;
- **Referência para acompanhamento:** o cronograma desenvolvido na etapa de planejamento é essencial para o acompanhamento da obra além de base para relações real sobre previsto;
- **Padronização:** o planejamento ainda disciplina e unifica a equipe de forma mais clara nas metas a serem alcançadas;
- **Referência para metas:** a partir do planejamento referencial podem ser instituídos programas de cumprimento de metas de menor prazo entre outros;
- **Documentação e rastreabilidade:** o planejamento e o controle através dos registros gerados permitem ainda a criação de um histórico da obra, sendo útil posteriormente para resolução de pendências, resgate de informações, elaboração de contratos além de diversas outras situações;
- **Criação de dados históricos:** o histórico da obra ainda poderá compor um histórico de obras da empresa que subsidiará futuras obras na elaboração de planejamentos, planos de ataque entre outros;
- **Profissionalismo:** o planejamento traz seriedade, comprometimento da obra à empresa, além de ser um agente facilitador nas relações com clientes, inspirando confiança.

Mesmo com os benefícios, o planejamento e o controle na maioria das empresas apresentam deficiências, podendo trazer conseqüências desastrosas, como estouro de prazos e de orçamento (MATTOS, 2010).

Para Mattos (2010) as principais causas da deficiência no planejamento e controle nas empresas podem ser agrupadas em função dos seguintes aspectos:

- **Planejamento e controle como atividades de um único setor:** muitas vezes o trabalho de planejamento e controle não é aprovado nem pela equipe de produção da

obra, além de ser visto como técnicas para geração de planos e não como um processo gerencial que deve permear toda a estrutura da empresa. Ainda muitas empresas apesar de fazer o planejamento não fazem o controle de forma que permita coletar dados na obra e a partir da análise dos mesmos verificar se a obra necessita ser replanejada;

- **Descrédito por falta de certeza dos parâmetros:** as incertezas nos processos dentro da construção devem ser previstas da melhor forma possível, mediante a alterações e adaptações dos planos, com utilização das corretas produtividades dos serviços nas diversas situações, porém muitos profissionais acreditam que a informalidade e o desperdício são intrínsecos ao modo de produção da construção;
- **Planejamento excessivamente informal:** quando o planejamento se resume a ordens transmitidas pelo engenheiro de campo aos mestres de obra, perde-se o conceito sistêmico além do que, a falta de um planejamento global formal determina a inadequação dos planos de médio e curto prazos, acarretando a utilização ineficiente de recursos humanos e materiais da obra;
- **Mito do "tocador de obras":** há empresas que ainda supervalorizam engenheiros que tomam decisões rapidamente com base apenas na experiência e na intuição, ficando de lado o trabalho do verdadeiro gerente.

Concomitantemente, o planejamento na construção civil desenvolvido pela grande maioria das empresas tem consistido na produção de orçamentos e programações e outros documentos referentes às etapas a serem seguidas durante a execução do empreendimento. Comumente neste setor o termo planejamento é, em geral, interpretado como resultado da geração de planos, denominado por programação ou cronograma geral da obra (BALLARD e HOWELL, 1997a *apud* BERNARDES, 2001). Como conseqüência tem-se um planejamento ineficaz, que está relacionado a diversas causas, dentre elas, a forma como é encarado o planejamento, isto é, a aplicação de uma ou mais técnicas de preparação de planos e que em geral utilizam informações pouco consistentes e não como processo gerencial. Além disso, a questão do controle não realizado de maneira proativa e sim baseado na troca de informações verbais entre engenheiro e mestre de obras, contendo preocupações apenas com o cumprimento dos contratos e o acompanhamento global do empreendimento. A incerteza no processo de construção é muitas vezes negligenciada, não sendo realizadas ações no sentido de reduzi-la ou de eliminar seus efeitos nocivos. Há também falhas na implementação de

sistemas computacionais para planejamento, já que muitas vezes produzem uma série de dados irrelevantes, que indicam apenas os desvios das metas planejadas com as executadas e não as causas que provocaram tais desvios, e ainda a carência de uma integração e de treinamentos contínuos. Além de todos esses fatores as práticas profissionais daqueles envolvidos no planejamento baseadas na experiência e na intuição desenvolvida ao longo dos anos, contribuem para a ineficácia do processo (BERNARDES, 2001).

2.1.4. Os índices que norteiam o planejamento

Segundo Mattos (2010) dentro de um roteiro para a elaboração de um planejamento, um dos itens mais importantes se refere à definição das durações das atividades, o que constitui um dado numérico de tempo em função do qual o cronograma será gerado. É, portanto, uma das responsáveis pela obtenção do prazo da obra e dos marcos intermediários. Durações mal atribuídas podem corromper totalmente o planejamento, distorcendo-o e tornando-o inexeqüível ou sem utilidade prática para quem irá gerenciar a obra. O planejador tem de se basear em algum parâmetro existente para poder estimar a duração possível das atividades, sendo que as composições de custo unitário do orçamento correspondem aos melhores parâmetros. Nas composições estão presentes os índices, chamados também de RUP (Razão Unitária de Produção), que representam a incidência de cada insumo na execução de uma unidade do serviço, sendo expresso sempre como unidade de tempo por unidade de trabalho. Inversamente, há a produtividade, que é definida como a taxa de produção de uma pessoa ou equipe ou equipamento, por unidade de tempo. Quando o planejador aproveita os índices gerados pelo orçamentista, ele dispõe de um importante meio de amarrar orçamento e planejamento, pois os índices:

- Revelam a produtividade orçada, que é aquela que norteou a formação do custo da obra;
- Fornecem um parâmetro para comparação do orçado com o realizado;
- Representam o limite além do qual a atividade se torna deficitária;
- Permitem detecção de desvios;
- Ajudam o gerente a estabelecer metas de desempenho para as equipes.

Quanto mais precisas e confiáveis forem as informações de índices (ou produtividades) advindas do orçamento ou de especialistas, mais preciso e confiável será o cronograma.

Segundo Mattos (2006) por mais abrangente que seja o conjunto de composições de custos unitários que um livro possa conter, ele parte de observações de obras diversas, de construtoras diversas e realizadas sob condições particulares. As construtoras precisam então desenvolver suas próprias composições de custos, que reflitam a produtividade de campo de suas equipes e, enfim, que melhor representem as características da produção da empresa. O processo de obtenção dos índices reais de produção dá-se o nome de apropriação e é por ele que o construtor passa a conhecer seus índices, a realidade de sua empresa. O passo inicial da apropriação é a observação, sendo que, a partir dos dados coletados no campo que se construirá a composição real, lembrando que observar consiste em assistir e registrar.

Existem vários métodos de coleta de dados em campo, porém aqueles que trazem informação tanto dos índices de consumo de mão-de-obra (índices de produtividade), como de fatores relacionados aos processos produtivos, possibilitando análises e tomadas de decisão, trazem mais benefícios a organização e constituem em medições de desempenho.

2.2.MEDIÇÕES DE DESEMPENHO

As medições de desempenho em qualquer organização são fundamentais para a gestão da qualidade, pois fornecem aos gerentes informações necessárias à tomada de decisões e ao desenvolvimento de ações de melhoria contínua em relação à qualidade e produtividade da empresa.

2.2.1. A abordagem da ISO 9001:2008

Processo pode ser definido como uma atividade ou conjunto de atividades que usa recursos e que é gerenciada de forma a possibilitar a transformação de entradas em saídas, freqüentemente a saída de um processo é a entrada para o processo seguinte. Com base nesses conceitos, a norma ISO 9001:2008 promove a adoção de uma "abordagem de processo", que nada mais é do que a aplicação de um sistema de processos em uma organização, junto com a identificação e interação desses processos e sua gestão para produzir o resultado desejado, buscando desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da

qualidade. Uma vantagem da abordagem de processo é o controle contínuo que ela permite sobre a ligação entre os processos individuais dentro do sistema, bem como sua combinação e interação. A norma enfatiza a importância de se obter resultados de desempenho e eficácia de processo além da melhoria contínua daqueles baseados em medições objetivas. Na Figura 2.5 é apresentado um modelo da abordagem de processo.

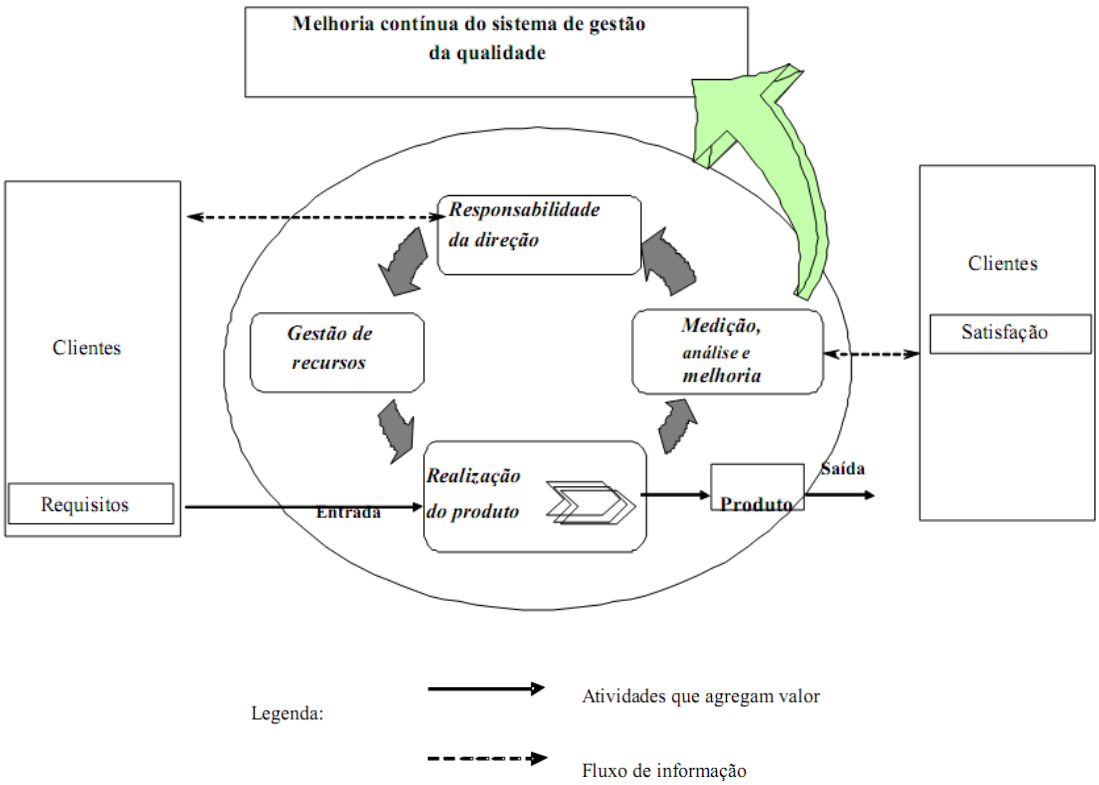


Figura 2.5 – Abordagem de Processo (NBR ISO 9001:2008)

A norma ainda informa que adicionalmente pode ser aplicada a metodologia do ciclo PDCA "Plan-Do-Check-Act" para todos os processos.

No capítulo de requisitos gerais a NBR ISO 9001:2008 preconiza o que as organizações devem fazer em relação aos processos de acordo com os seguintes itens relacionados à medição, análise e melhoria:

- "determinar critérios e métodos necessários para assegurar que a operação e o controle desses processos sejam eficazes;
- Assegurar a disponibilidade de recursos e informações necessárias para apoiar a operação e o monitoramento desses processos,
- Monitorar, medir onde aplicável e analisar esses processos, e

- Implementar ações necessárias para atingir os resultados planejados e a melhoria contínua desses processos."

O capítulo oito da norma aborda monitoramento e medição de processos e determina que "a organização deve aplicar métodos adequados para monitoramento e, onde aplicável, para medição dos processos do sistema de gestão da qualidade", sendo que esses métodos "devem demonstrar a capacidade dos processos em alcançar os resultados planejados. Quando os resultados planejados não forem alcançados, correções e ações corretivas devem ser executadas, como apropriado." A norma ainda afirma que "a organização deve monitorar e medir as características do produto para verificar se os requisitos do produto foram atendidos. Isto deve ser realizado em estágios apropriados do processo de realização do produto" (NBR ISO 9001:2008).

Levando em consideração essa metodologia proposta pela norma de gestão da qualidade fica claro que as organizações certificadas devem realizar medições de desempenho em seus processos na busca da melhoria contínua.

2.2.2. Definição de medição de desempenho

Além de atender os requisitos exigidos pela norma de gestão da qualidade, as medições de desempenho têm importante papel ao alimentar os departamentos de orçamento e planejamento das organizações, pois quanto mais os índices representarem a realidade da empresa, logicamente, mais verdadeiros serão os trabalhos de planejamento.

De acordo com Sink e Tuttle (1993 *apud* LANTELME *et al*, 2001, p. 4), a medição é o "processo pelo qual se decide o que medir, se faz a coleta, o processamento e a avaliação de dados".

O modelo de gerenciamento de processos proposto por Sink e Tuttle (1993 *apud* LANTELME *et al*, 2001) está baseado na medição de desempenho (Figura 2.6) e enfatiza a tomada de decisão e posterior intervenção sobre os processos com base na informação obtida através da coleta, do processamento e avaliação de dados.

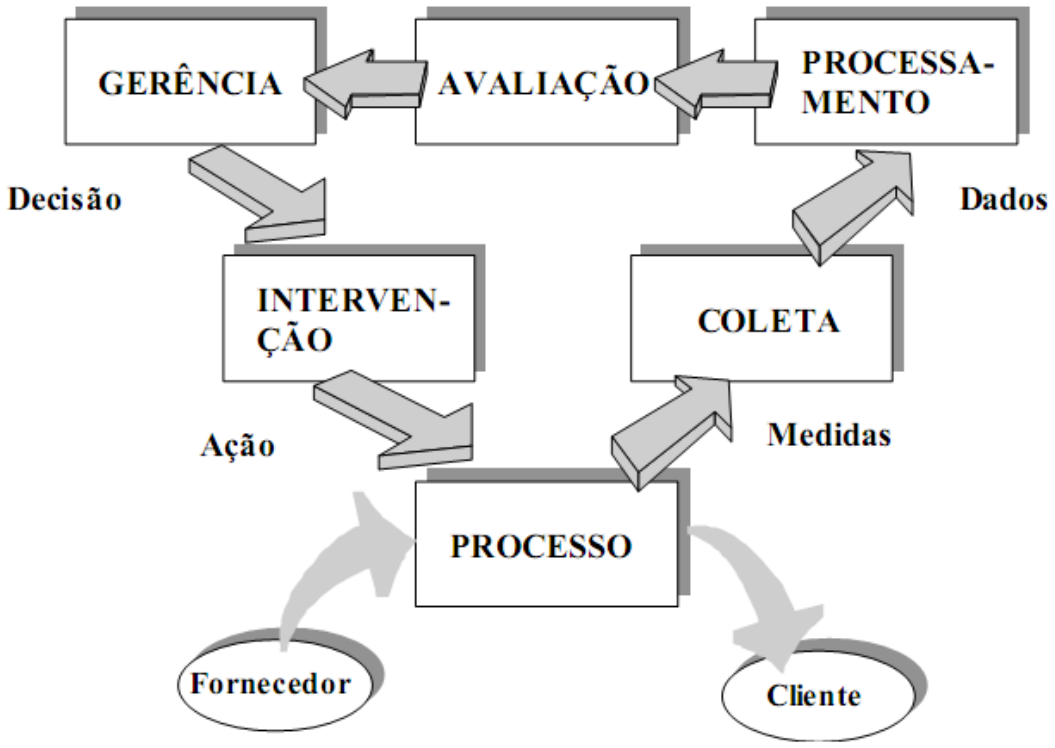


Figura 2.6 - Modelo de Sistema de Medição (adaptado de SINK e TUTTLE por LANTELME *et al*, 2001)

Segundo Ohashi e Melhado (2004, p. 3) "a medição de desempenho exerce um papel importante nas empresas, pois representa um processo de autocrítica e de acompanhamento das atividades e das ações e decisões que são tomadas durante sua execução. Não se pode gerenciar o que não se pode ou sabe medir".

Segundo Waggoner *et al* (*apud* LANTELME *et al*, 2001) a implementação de um sistema de indicadores de desempenho envolve uma seleção de um conjunto de medidas que deve ser integrada a rotina da estrutura organizacional. Deve-se definir:

- O sistema para coleta e processamento de dados;
- Formatos e periodicidade para distribuição da informação;
- Processo de avaliação que permita a identificação de ações para melhoria do desempenho;
- Processo de revisão e atualização do sistema.

Segundo Lantelme *et al*, (2001) medidas mais agregadas e baseadas em custos podem ser mais representativas para hierarquias mais altas na organização enquanto medidas

operacionais podem ser melhor utilizadas nas melhorias de processos pelos gerentes e trabalhadores. Sendo assim recomenda-se o uso balanceado dos tipos de medidas classificadas em:

- Indicadores de qualidade e produtividade;
- Indicadores de produto e processo;
- Indicadores financeiros e não-financeiros.

2.2.3. Objetivos das medições de desempenho

Para Sink e Tuttle (1993 *apud* LANTELME *et al*, 2001) as medições têm sido usadas pelas empresas para:

- **Visibilidade**: funcionando como um diagnóstico inicial, identificando pontos fracos, fortes ou disfunções a partir das quais são priorizadas ações de melhoria, onde essa avaliação é feita a partir de comparações com dados do setor ou de concorrentes;
- **Controle**: os processos podem ser controlados a partir das definições de padrões de desempenho;
- **Melhoria**: quando as empresas decidem intervir no processo, devem ser estabelecidas metas através dos seus indicadores.

Kaplan e Norton (1992) entre outros autores constataram que uma vez estabelecida uma medida, pode-se induzir o comportamento das pessoas a uma determinada direção. Dibella e Nevis (1998 *apud* LANTELME *et al*, 2001) afirmam também que as medições podem ser utilizadas como facilitadores do processo de aprendizagem nas organizações, auxiliando as pessoas a analisarem seu desempenho e a fazer melhorias.

2.2.4. Medições de desempenho e a Construção Enxuta

Os fatores que vêm contribuindo para as mudanças nos sistemas de medição de desempenho das organizações são o aumento da competição entre as empresas e a mudança na organização da produção. O aumento da competição tem exigido a formulação de novas estratégias que atendam às necessidades de diferenciação, inovação e resposta rápida às demandas, exigindo novas medidas de desempenho. Essas novas medidas de desempenho têm

revelado papéis estratégicos nos vários níveis gerenciais. A *Lean Production* (Produção Enxuta), baseada no sistema Toyota de produção, trouxe mudanças na organização da produção no que tange às medições de desempenho, em meados dos anos 70, em detrimento dos sistemas Taylorista e Fordista que eram base dos modelos de medição até então utilizados, concentrados somente em dados financeiros ou então em indicadores de produtividade física, medindo eficiência técnica (NEELY, 1999).

Autores como Koskela (1992) criticam as medidas utilizadas nos sistemas tradicionais de medição de desempenho, afirmando que estas são muito agregadas para permitir a identificação das causas dos problemas e melhoria contínua (LANTELME *et al*, 2001).

Segundo Koskela (1992) o modelo convencional propõe que um processo é a conversão de insumos em produtos, enquanto que no novo modelo conceitual, os processos são vistos como um fluxo de materiais e informações da matéria bruta até o produto pronto onde o material é processado (conversão), inspecionado, transportado e permanece em espera, como pode ser visto na Figura 2.7.

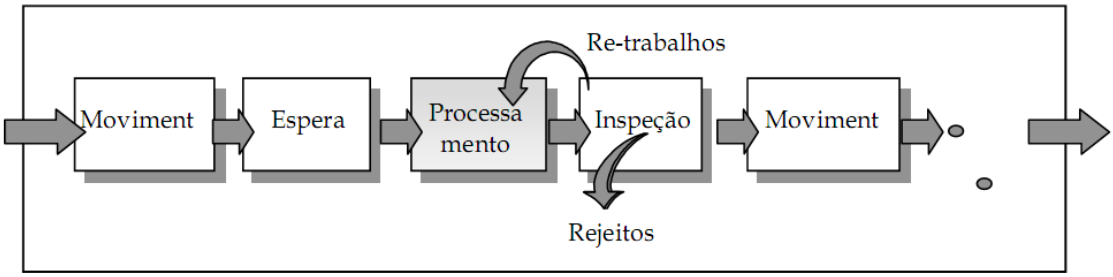


Figura 2.7 - Modelo de Processo conforme a Produção Enxuta (adaptado de KOSKELA, 1992)

Somente as atividades de processamento agregam valor ao produto, as outras além de não o fazerem, consomem tempo e recursos e geram perdas. Os sistemas de medição da Produção Enxuta devem permitir a identificação das perdas e o valor agregado em cada etapa do processo, por isso são enfatizadas medidas operacionais permitindo maior transparência das ineficiências ou perdas do processo além da adequação das medidas financeiras às novas formas de organização da produção (LANTELME *et al*, 2001).

Segundo Koskela (1992) o principal papel das medidas é tornar visíveis atributos invisíveis do processo.

As medições devem ser indutoras de melhorias nas empresas e tem se tornado através de programas de melhoria e implementação de novos modelos de gestão, prêmios e certificados internacionais, evolução da tecnologia da informação e a ampliação do papel das medições no gerenciamento das organizações. (LANTELME *et al*, 2001).

As medições, ao passo que constituem um indicador, devem ser analisadas segundo alguns requisitos que vão estabelecer a real necessidade, importância e benefícios trazidos com sua implantação.

2.2.5. Escolha de indicadores

Devem ser observados alguns requisitos básicos para a seleção de um indicador (LANTELME *et al*, 2001):

- **Seletividade:** devem ser identificados fatores a partir de uma perspectiva estratégica, que considera os fatores críticos de sucesso da empresa dentro do seu mercado de atuação;
- **Representatividade:** cada indicador possui certa imprecisão que deve ser considerada em sua análise, entretanto o mesmo deve representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere;
- **Simplicidade:** devem ser de fácil compreensão e aplicação principalmente para os envolvidos na coleta, processamento e avaliação dos dados, requerendo o mínimo de esforço adicional para sua implantação;
- **Baixo custo:** o custo para coleta, processamento e avaliação não deve ser superior ao benefício trazido pela medida.
- **Estabilidade:** devem ser coletados com base em procedimentos rotineiros incorporados às atividades da empresa e que permitam sua comparação ou a análise de tendências ao longo do tempo.
- **Abordagem experimental:** inicialmente os indicadores devem ser considerados como necessários e assim testados, ao não se mostrarem importantes, ao longo do tempo, devem ser alterados ou excluídos.
- **Comparação externa:** alguns indicadores devem ser desenvolvidos para permitir a comparação do desempenho da empresa com outras do setor ou mesmo de outros

setores. Assim, podendo avaliar o grau de competitividade da empresa dentro do seu setor de atuação.

- **Melhoria contínua:** os indicadores devem ser periodicamente avaliados e, ajustados, quando necessário, para atender as mudanças no ambiente organizacional e não perdendo seu propósito e validade.

Um dos indicadores que atendem a esses requisitos de maneira clara, é o de produtividade, sendo essencial para qualquer organização da cadeia produtiva.

2.2.6. A produtividade

A produtividade para Souza e Araújo (2001) pode ser definida como a eficiência em transformar entradas em saídas de um processo de produção. Segundo Mckinsey (1998 *apud* ARAÚJO, 2000), o caminho mais sustentável para a melhoria do padrão de vida nos países é o aumento da produtividade. Seus ganhos englobam tanto processos mais eficientes como inovações em processos e serviços. O uso adequado de recursos possibilita à economia fornecer bens e serviços a custos menores para o mercado interno e ainda competir em mercados internacionais.

Araújo (2000) afirma que apenas em meados da década de 90 o operário da construção civil brasileira começou a ser visto como agente para a busca da qualidade e produtividade nas empresas de construção civil. O investimento em mão-de-obra passou a ser visto como um dos caminhos para a busca da competitividade.

Segundo Lantelme *et al*, (2001) como a construção civil apresenta índices de produtividade muito baixos, quando comparados a outros setores industriais, fica clara a importância do controle de produtividade. Sendo que este deve ser realizado segundo um processo gerencial, tipicamente composto por três etapas principais:

- **Diagnóstico inicial:** possibilita que a empresa obtenha uma visão geral da produtividade do processo sob analise. Detectando as principais falhas e preparando planos de ação a fim de melhorar a produtividade do processo analisado;
- **Intervenção:** implementação de melhorias em processos, conforme planejado durante o diagnóstico inicial;

- **Diagnóstico pós-intervenção:** possibilita a análise do processo após a implementação das melhorias propostas, a fim de detectar se a melhoria proposta foi atingida, ou se serão necessárias novas intervenções para melhorar ainda mais o desempenho do processo em análise.

A implementação periódica de diagnósticos em intervalos de tempo pré-determinados permite a avaliação do desempenho de processos ao longo do tempo. Além disso, o controle da produtividade deve ser preferencialmente executado integrado ao processo de planejamento e controle da produção, vinculado ao planejamento de médio e curto prazos.

Várias ferramentas podem ser utilizadas para possibilitar o controle e melhoria da produção e produtividade, podendo ser classificadas genericamente em dois grandes grupos:

- **Ferramentas voltadas ao acompanhamento da produção:** caracterizam-se pelo uso periódico, em intervalos pré-definidos, permitindo a avaliação do desempenho ao longo do tempo e a identificação de desvios entre o planejado e o ocorrido. Dessa forma, é possível identificar problemas e sua localização no tempo, permitindo a avaliação da eficiência e da eficácia da produção.
- **Avaliação e diagnóstico:** tem caráter descritivo e visa avaliar qualitativamente e quantitativamente questões ligadas à produção e aos processos (segurança, movimentação e armazenamento de materiais, instalações provisórias, seqüência das atividades que compõem o processo entre outros), descrever o contexto em que os processos são executados, identificando problemas mais evidentes, e por fim fornecer elementos que auxiliem na identificação das possíveis causas de problemas relacionados à eficiência e à eficácia.

Para o sistema produtivo da construção civil tem-se o modelo de Entrada-Saída como o mais adequado para estudo da produtividade, pois busca entendê-la a partir de informações relacionadas tanto às saídas quanto às entradas do processo produtivo. Dentro deste modelo ainda são encontrados dois tipos, o modelo da expectativa que relaciona teorias motivacionais à construção civil e o modelo dos fatores que assume uma condição padrão de trabalho (ARAÚJO, 2000).

Tendo adotado o modelo dos fatores como base para este trabalho, Souza (1996 *apud* ARAÚJO, 2000) afirma que o modelo se refere à discussão da variação da produtividade diária, sendo que se as condições de trabalho forem mantidas iguais a uma situação padrão, a produtividade variaria somente se houvesse aprendizado. Ainda segundo o autor existem duas categorias de fatores (qualitativos e quantitativos), que quando presentes podem tornar a produtividade estabelecida diferente da de referência. O modelo é exemplificado na Figura 2.8.

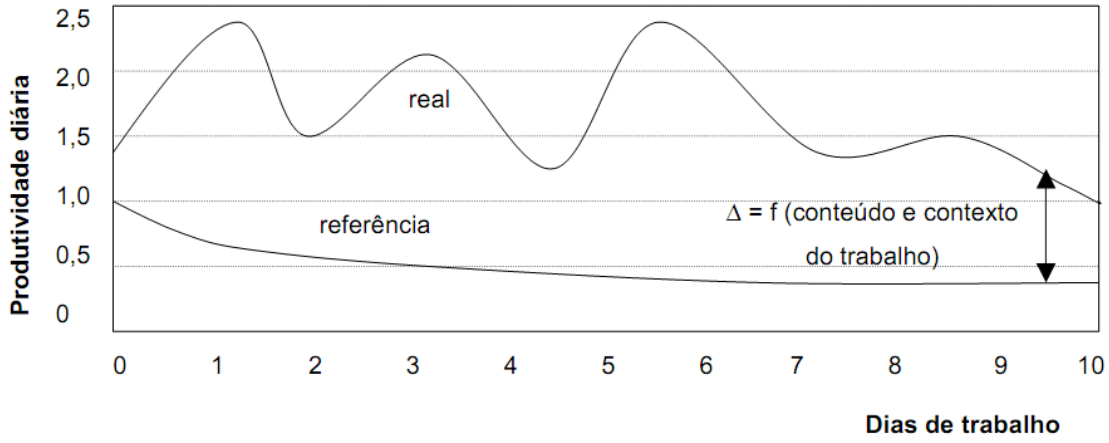


Figura 2.8 – Modelo dos fatores (SOUZA, 1996 *apud* ARAÚJO, 2000)

O modelo considera que a simples apropriação de índices de produtividade não será tão importante, ou útil, caso não haja entendimento da mesma. Pois o fato de conhecer os fatores que influenciam a produtividade, para melhor ou pior, é tão ou mais importante que simplesmente calcular índices de produtividade (CARRARO, 1998 *apud* ARAÚJO, 2000). Sendo assim teremos como dados de entrada homens-hora trabalhadas e de dados de saída a quantidade de serviço executada e as informações relativas ao serviço (fatores).

Souza e Araújo (2001) definem um indicador denominado razão unitária de produção como:

$$\mathrm{RUP} = \frac{\mathrm{Hh\ (homens\ -hora\ trabalhadas\ )}}{\mathrm{QS\ (quantidade\ \ de\ servi\ ço)}} \qquad (2.1)$$

A RUP pode ser medida com relação a diferentes intervalos de tempo, dando aos indicadores, diferentes utilidades. A RUP pode ser calculada basicamente como: diária, cíclica, cumulativa e potencial.

A $RUP_{diária}$ é obtida com base na avaliação diária da produtividade da mão-de-obra. Ao final de cada dia de execução do serviço é medida a quantidade de Hh utilizados e a quantidade de serviço produzida (SOUZA e ARAÚJO, 2001). A $RUP_{diária}$ mostra o efeito sobre a produtividade dos fatores presentes no dia de trabalho (ARAÚJO, 2000).

A $RUP_{cíclica}$ é medida em relação ao ciclo de execução de um determinado serviço, obtendo a quantidade de Hh e quantidade de serviço executada naquele ciclo, sendo um exemplo comum na construção civil a utilização de pavimentos como unidades de ciclo (ARAÚJO, 2000).

A $RUP_{cumulativa}$ é calculada, diariamente, a partir do acúmulo das quantidades de Hh e de serviço desde o primeiro dia de trabalho. Dessa forma, representa a eficiência acumulada ao longo de todo o período de execução do serviço, contemplando desde os melhores dias àqueles não tão bons (SOUZA e ARAÚJO, 2001), esta serve para se detectar tendências de desempenho do serviço em longo prazo, sendo útil para se fazer previsões quanto ao andamento da obra (ARAÚJO, 2000).

A $RUP_{potencial}$ não se relaciona a cada dia de trabalho, mas a uma produtividade potencialmente alcançável assim que, mantido um certo conteúdo de trabalho, não se tenha problemas quanto à gestão do mesmo, ou seja, representa um bom desempenho passível de ser repetido. É calculada como a mediana dos valores de $RUP_{diária}$ inferiores ao valor da $RUP_{cumulativa}$ para o final do período de estudo (SOUZA e ARAÚJO, 2001).

Os dados de entrada, homens-hora trabalhada (Hh), podem ser coletados através de cartões de ponto, de observações contínuas ou por meio de informações conseguidas com o encarregado do serviço.

Os dados de saída, quantidade de serviço (QS), podem ser coletados através da medição física da quantidade realmente executada, porém alguns serviços como o de estudo desse trabalho, depende de várias etapas de processamento, para isso Thomas e Kramer (1987 *apud* ARAÚJO, 2000) propuseram a "regra de crédito", que consiste em dividir uma tarefa em subtarefas e transformar suas quantidades mensuradas, em equivalentes da tarefa. Para obter essa equivalência cada subtarefa deve receber um peso de acordo com sua importância em relação às outras subtarefas que constituem a tarefa. Não somente em relação às subtarefas podem ser atribuídos pesos, mas também em alguns serviços podem ser atribuídos "fatores de conversão" em função dos esforços relativos entre tarefas que compõem um serviço,

transformando as quantidades de certa tarefa em uma quantidade equivalente do serviço (ARAÚJO, 2000).

Souza (1996 *apud* ARAÚJO, 2000) propõe que deve haver uma condição padrão para definir os fatores de conversão que relacionarão esta condição as tarefas diárias, conforme equação a seguir:

$$\mathrm{FC_j} = \frac{\mathrm{RUP_j}}{\mathrm{RUP_{padrão}}} \tag{2.2}$$

- FC_j = fator de conversão para a condição "j";
- RUP_j = razão unitária de produção para a condição "j";
- $RUP_{padrão}$ = razão unitária de produção para a condição padrão.

A quantidade equivalente pode ser calculada da seguinte forma:

$$\mathrm{Saída\ padrão_j} = \mathrm{saída_j} \times \mathrm{FC_j} \tag{2.3}$$

- $Saída\ padrão_j$ = quantidade equivalente de tarefa feita sob condição padrão;
- $saída_j$ = quantidade de tarefa feita sob condição "j".

Terminando de compor os dados de saída, deve-se levar em conta a caracterização do serviço, que nada mais é do que o conjunto de fatores (determinando o modelo adotado) que o afetam, sejam eles fatores relacionados ao conteúdo do trabalho (especificações, detalhes de projeto entre outros) ou ao ambiente de trabalho (aspectos gerenciais, disponibilidade de materiais e equipamentos, sequência de trabalho, aspectos atmosféricos entre outros), como é visto no modelo da Figura 2.9 (THOMAS; SMITH, 1990 *apud* ARAÚJO, 2000).

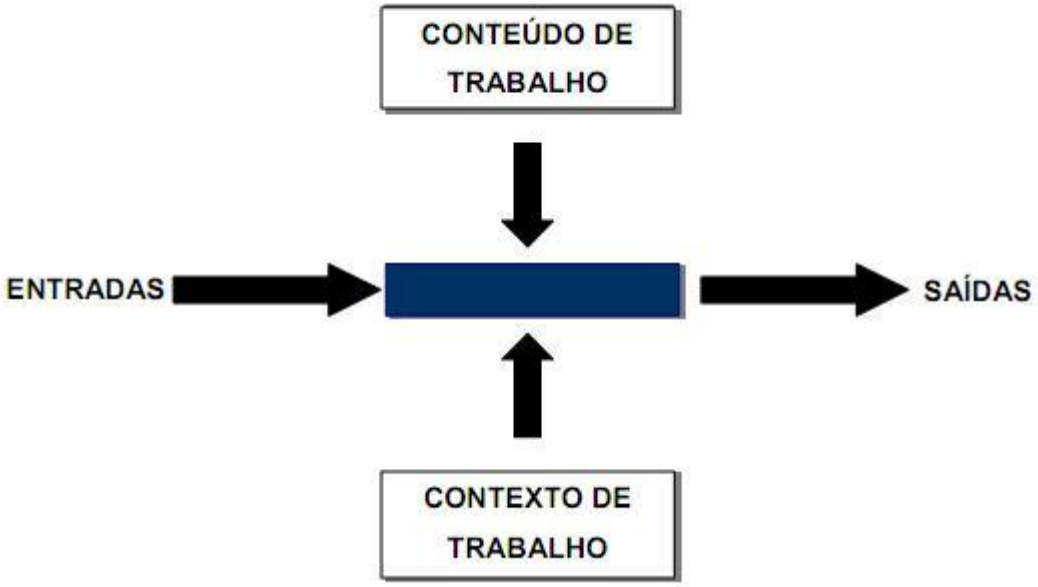


Figura 2.9 - Modelo conceitual dos fatores que afetam a produtividade da mão-de-obra (Fonte: *United Nations Report, "Effect*", 1965 *apud* SOUZA e ARAÚJO, 2001)

2.2.7. Perda de produtividade de mão-de-obra

Segundo Lantelme (2001) o conceito de perdas deve ser associado à noção de agregar valor e, portanto, não ser limitado ao consumo excessivo de materiais. Dessa forma, as perdas estão relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza (materiais, mão de obra, equipamentos e capital) acima da quantidade mínima necessária para atender os requisitos dos clientes internos e externos.

As empresas devem-se engajar no processo de medição de perdas, pois permite:

- Avaliar a eficiência alcançada pelo sistema de produção na utilização de recursos, obtendo-se visibilidade em relação aos processos de produção;
- Identificar os pontos fortes e fracos, estabelecendo prioridades para melhorias;
- Utilizar indicadores de perdas para definir padrões de desempenho dos processos, a fim de serem controlados.

Os indicadores de perdas podem ser utilizados para estabelecer metas de melhorias, avaliando o impacto das ações de melhoria, através de médias setoriais ou de benchmarks obtidos em outras empresas. É importante que essa medição esteja integrada ao

processo de planejamento e controle, porém a empresa pode trabalhar de forma independente a fim de reduzir perdas em atividades específicas.

De acordo com Thomas e Zavrski (1999 *apud* SOUZA e ARAÚJO, 2001), preconiza-se o indicador de perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO) para avaliar a gestão de um serviço de construção. Pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{PPMO} = \frac{(\text{RUP}_{\text{cumulativa}} - \text{RUP}_{\text{potencial}})}{\text{RUP}_{\text{potencial}}} \text{x } 100(\%) \quad (2.4)$$

A diferença entre as $\text{RUP}_{\text{cumulativa}}$ e $\text{RUP}_{\text{potencial}}$ é um indicativo da perda associável a uma gestão pouco eficaz, contudo essa expressão percentual torna o indicador menos dependente da variação de conteúdo do trabalho. A PPMO permite que quaisquer conteúdos de trabalho, considerando a gestão de certo serviço, seja comparada em diferentes obras, confrontando as PPMO dos casos em análise.

2.2.8. A produtividade dos serviços de forma e armação

Existe no Brasil uma grande tradição no uso do concreto armado para execução de estruturas, desde edificações mais simples, até as mais complexas obras, todas são usualmente estruturadas neste material (FAJERSZTAJN, 1987 *apud* ARAÚJO, 2000).

Segundo Araújo (2000) a superestrutura representa cerca de 28 % do custo total da construção de edifícios residenciais e comerciais, para Mattos (2006) esse custo para edifícios residenciais com elevador varia de 29,2% a 35,7%. Sendo que dentro da composição da superestrutura a maior parcela confere ao serviço de formas, 44,59%, restando 28,66 % para armação e 26,75 % para concretagem (ARAÚJO, 2000). Dentro do serviço de formas a mão-de-obra representa de 35% a 55% do custo total do serviço, enquanto que para armação representa de 24% a 27% (ARAÚJO, 2000).

Além da importância financeira, o domínio do processo produtivo da estrutura constitui-se num ponto fundamental para se conseguir qualidade, e o estudo da produtividade desses serviços contribui para sua contínua gestão (ARAÚJO, 2000).

Sendo os serviços relativos à fase da estrutura tão impactantes na obra como um todo, serão analisados os fatores que influenciam na produtividade desses serviços. Como explicado no item 2.1.3, eles podem ser relativos ao conteúdo do trabalho ou ao contexto do

trabalho. Para Póvoas, Souza e John (1999 *apud* FERREIRA, 2002) os principais fatores que reduzem a produtividade compreendem em uma mão-de-obra inexperiente, a falta de planejamento administrativo e a falta de motivação da equipe. Além de diversos outros aleatórios poderem influir na produtividade, como anormalidades climáticas e o efeito aprendizado (THOMAS;YAKOUMIS, 1987 *apud* FERREIRA, 2002).

Araújo (2000) elencou diversos fatores que potencialmente poderiam influenciar a produtividade dos serviços de formas e armação. Quanto às formas têm-se os seguintes fatores potenciais agrupados a seguir:

- **Características do produto:** especificidades do sistema estrutural, tipos de lajes, tipos de vigas, tipos de pilares, tipo de escada, posição da escada e relações volume ou área do elemento / volume ou área total, medianas de dimensões dos elementos;
- **Materiais e componentes:** material para confecção do molde, uso médio na obra, material da estruturação do molde, forma de fixação, montagem do cimbramento, material do cimbramento;
- **Equipamentos e ferramentas:** equipamentos de transporte dos painéis, equipamentos de uso geral, equipamentos de suporte para montagem, equipamento para verificação de nível e prumo, equipamento auxiliar para desforma, selamento entre juntas dos painéis, tipo de desmoldantes;
- **Mão-de-obra:** equipe de confecção, equipe de montagem/desmontagem de formas, estrutura da equipe, controle e supervisão, transporte;
- **Organização da produção:** forma de contratação dos serviços de carpintaria, forma de pagamento, sistema de produção, procedimento de transposição de formas de um pavimento para o outro, serviços sendo realizados na obra concomitantemente, equipe de formas participa de outra atividade, definição da jornada de trabalho, benefícios oferecidos aos trabalhadores.

Relativo à armação, Araújo (2000) elenca os seguintes fatores potenciais agrupados da mesma forma:

- **Características do produto:** especificidades do sistema estrutural, tipos de lajes, tipos de vigas, tipos de pilares, diâmetro equivalente, número de dobras por kg de aço, número de peças por kg de aço, medianas de dimensões dos elementos;

- **Materiais e componentes:** tipo de fornecimento do aço na obra, armação das lajes, tipo de aço, tipo de arame para amarração, tipo de espaçadores, compra das barras, política de recebimento do aço no canteiro;
- **Equipamentos e ferramentas:** equipamentos/ferramentas utilizadas, equipamento de suporte para montagem, equipamento de transporte;
- **Mão-de-obra:** equipe de confecção das armaduras, equipe de montagem das "gaiolas" no pavimento em execução, estrutura da equipe, controle e supervisão, transporte;
- **Organização da produção:** forma de contratação dos serviços de armação, forma de pagamento, sistema de produção, serviços sendo realizados na obra concomitantemente, equipe de armação participa de outra atividade, definição na jornada de trabalho, benefícios oferecidos aos trabalhadores.

CAPÍTULO 3
METODOLOGIA

Este capítulo consiste na metodologia de pesquisa aplicada neste trabalho, se caracterizando pela classificação da pesquisa, bem como a instrumentação da coleta de dados, onde foram vistos os motivos pela escolha da obra em estudo, assim como os serviços estudados e a forma como os dados foram analisados.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho, de caráter exploratório, se configura como um estudo de caso, possuindo como objetivo principal a implantação de indicadores de produtividade para dois serviços do setor da construção civil; e como secundário a utilização destes para formulação de planejamentos de longo prazo mais condizentes a realidade da empresa, além de facilitar a criação de planejamentos de médio e curto prazo.

Segundo Yin (2005) o estudo de caso trata de uma pesquisa empírica que investiga um ou múltiplos fenômenos contemporâneos no contexto da vida real, quando os limites entre os fenômenos e seu contexto não estão claramente definidos.

Entre as situações nas quais o estudo de caso é indicado, pode-se citar a ocorrente neste trabalho, quando o caso em estudo é crítico para se testar uma hipótese ou teoria explicitada. De modo específico, este método é adequado quando são propostas questões do tipo “como” e “porque”, uma vez que são explicativas e tratam de relações operacionais que ocorrem ao longo do tempo mais do que freqüências ou incidências (YIN, 2005).

De acordo com Yin (2005), a preferência pelo uso do Estudo de Caso deve ser dada quando do estudo de eventos contemporâneos, em situações onde os comportamentos relevantes não podem ser manipulados, mas onde é possível se fazer observações diretas e entrevistas sistemáticas.

Em se tratando do método de pesquisa utilizado, muito do planejado foi executado já que o campo é o lugar ideal para aquisição de uma idéia realística da pesquisa, abrangendo o cotidiano da obra, podendo-se chegar a números reais.

Escolheu-se para a realização da pesquisa a construção de um condomínio de edificação residencial multipavimentos localizada na cidade de Goiânia, administrada por uma construtora de renome que possui procedimentos executivos próprios e padronizados.

3.2.INSTRUMENTAÇÃO DA COLETA E ANÁLISE DE DADOS

3.2.1. Caracterização da escolha da obra do estudo de caso

Para que a coleta de dados fosse possível e eficaz, e com isso adquirir confiabilidade na execução da pesquisa, necessitou-se de uma obra em que existiam determinadas características:

- Aceitar que a coleta de dados fosse realizada;
- Apresentar o mínimo de segurança diária para o responsável em coletar os dados;
- Possuir os serviços escolhidos para o estudo em execução.

3.2.2. Serviços escolhidos

Os serviços de armação e forma foram escolhidos para fornecer informações ao estudo de produtividade, uma vez que estão entre os que mais impactam na obra e, portanto, têm grande influência em seu avanço físico. Em relação ao valor orçado do empreendimento em estudo, estes serviços correspondem, respectivamente, a 6,7% e 7,8%. O correspondente de toda a estrutura (incluindo concreto) chega a 21,6%, demonstrando o quão importante é esta pesquisa.

3.2.2.1. Armação

Para a coleta de dados desenvolveu-se uma planilha (Figura 3.1), nomeada cartão de produção de armação, que contemplava informações como: funcionários, data, duração diária de cada subtarefa, peças executadas, peso das peças, observações e ocorrências, dentre outros.

EMPRESA:		EMPREITEIRO:		TAREFAS / SUBTAREFAS								Observações e Ocorrências
OBRA				PILAR		VIGA		LAJE		Armação Escada	Outros	
PERÍODO				Pré-Montagem	Montagem	Pré-Montagem	Montagem	Montagem Positivos	Montagem Negativos			
OBSERVADOR												
PAVIMENTO												
FUNCIONÁRIO	FUNÇÃO	DATA	TEMPO (Hrs)	PMP	MP	PMV	MV	MPL	MNL	AE	O	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
DATA	PRANCHA	PESO	PEÇA									

Figura 3.1 – Cartão de produção de armação

Como auxílio ao cartão de produção e para verificação correta do serviço, o observador possuía ainda planilhas de detalhamento de vigas e pilares contendo seus respectivos pesos onde eram anotados os dias de execução de cada peça a fim de prevenir a sua contagem dupla, fato ocorrente nos dias de definição da metodologia que antecedem a data efetiva da medição. Além disso, continham ainda o layout do pavimento tipo para facilitar a visualização.

Seguem Figuras 3.2 e 3.3 demonstrando a planilha explicitada anteriormente e o layout do pavimento tipo, respectivamente.

OBRA:		ATIVIDADE:			OBSERVADOR:		
Viga Nº	Peso Total (kg)	2º Pav	3º Pav	4º Pav	5º Pav	6º Pav	7º Pav
V300	48,30						
V301	14,74						
V302	14,74						
V303	37,14						
V304	25,83						
V305	25,89						
V306	9,71						
V307	9,71						
V308	104,74						
V310	5,86						

Figura 3.2 – Planilha de detalhamento de vigas

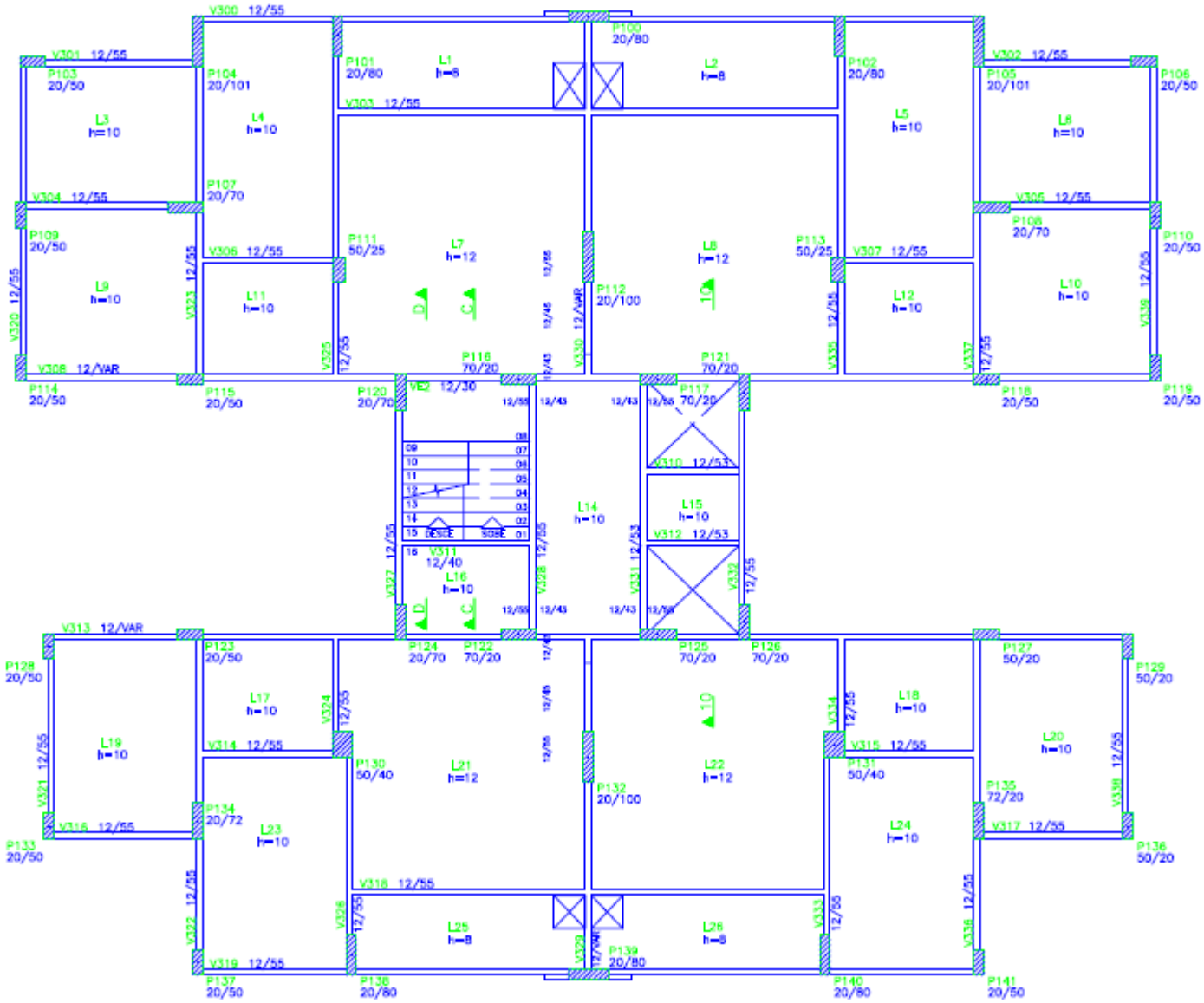


Figura 3.3 – Layout do pavimento tipo

3.2.2.2. Forma

Para a coleta de dados desenvolveu-se uma planilha (Figura 3.4), nomeada cartão de produção de forma, que contemplava informações como: funcionários, data, duração diária de cada subtarefa, observações e ocorrências, dentre outros.

Neste caso o cartão era utilizado com o intuito de encontrar a $RUP_{cíclica,}$ uma vez que o processo de forma contempla inúmeras subtarefas (transferência dos eixos, marcação do gastalhos, colocação de garfos, reescoramento, dentre outros) que não foram detalhadas para facilitar a operacionalização do processo de coleta dos dados.

EMPRESA		EMPREITEIRO:		TAREFAS / SUBTAREFAS									Observações e Ocorrências
OBRA				PILAR		VIGA		LAJE		ESCADA		Outros	
PERÍODO				Desfôrma	Montagem	Desfôrma	Montagem	Desfôrma	Montagem	Desfôrma	Montagem		
OBSERVADOR													
PAVIMENTO													
FUNCIONÁRIO	FUNÇÃO	DATA	TEMPO (Hrs)	DP	MP	DV	MV	DL	ML	DE	ME	O	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	
	☐ OFICIAL ☐ AJUDANTE		Início Término	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	__:__ __:__	

Figura 3.4 – Cartão de produção de forma

Estipulou-se que para os serviços de desforma não seriam contempladas àquelas realizadas no pavimento de montagem, mas sim as que seriam levadas a este pavimento, uma vez que desta maneira o período de medição de cada ciclo não se delongaria além do decorrer da montagem. Caso a medição não fosse executada dessa forma seria necessário contar com mais 21 dias de medição para o pavimento já executado, visto que existem faixas de

reescoramento em que o cimbramento deve permanecer no mínimo durante esse período, dificultando todo o processo.

3.2.3. Como os dados foram analisados

3.2.3.1. Considerando as medições diárias e cumulativas (RUP diária, cíclica, cumulativa e potencial)

A partir da metodologia de coleta de dados apresentada nos itens 3.2.2.1 e 3.2.2.2 foram possíveis os cálculos das RUPs, que consistem do quociente Hh/kg para o serviço de armação e Hh/m^2 para o serviço de forma.

Por meio da geração de gráficos, as RUPs diárias (apenas para armação), cíclicas (apenas para forma), cumulativas e potenciais foram apresentadas, levando a uma melhor visualização de seus resultados.

O método gráfico é o mais indicado didaticamente para demonstrar o resumo dos dados encontrados, já que demonstra todas as variações das RUPs como uma seqüência na qual se tem o fluxo utilizado durante a execução do processo.

Uma comparação entre os indicadores gerados permitiu a análise do desempenho das equipes e uma posterior correlação com os fatores que influenciaram tal desempenho.

3.2.3.2. Análise dos fatores que influenciam a produtividade

A partir dos cartões de produção, apresentados nas Figuras 3.1 e 3.4, além das quantidades de serviço e tempo de produção, foram coletadas informações referentes aos fatores que ocorreram no período determinado, que porventura pudessem influenciar na produtividade das equipes em estudo, além das informações relevantes registradas no diário de obra.

A forma de análise se deu primeiramente pela verificação nos gráficos, tanto de $RUP_{diária}$ quanto de $RUP_{cíclica}$, dos picos e vales perceptíveis aliada a uma investigação dos fatores registrados que possivelmente estariam relacionados às variações de produtividade. Posteriormente foi feita uma revisão em todos os fatores e registros no diário de obra, a fim de buscar aqueles que potencialmente influenciariam a produtividade e que porventura não

influenciaram, analisando assim o motivo dessa influência e se está ou não relacionada a uma combinação de outros fatores.

3.2.3.3. Análise da perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO)

A diferença entre as $RUP_{cumulativa}$ e $RUP_{potencial}$ é um indicativo, conforme comentado, da perda associável à gestão deficitária; partindo-se disso calculou-se a PPMO de acordo com a equação (2.4) citada no capítulo 2, com o intuito de dar parâmetros de comparação entre as equipes e relacioná-los aos fatores influenciadores da produtividade.

3.2.3.4. Análise das influências no planejamento e controle

A partir dos resultados obtidos (RUPs e PPMOs) realizou-se uma análise de como os mesmos poderiam ser utilizados para alimentar o planejamento e controle, desde a etapa de orçamento e planejamento de longo prazo ao planejamento de médio e curto prazo e controle do índice físico da obra.

CAPÍTULO 4
ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo compreende na caracterização da empresa, da obra e dos serviços estudados, além da análise dos dados coletados durante o período de pesquisa e suas respectivas relações com o planejamento.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A Empresa em estudo atua nos mais diversos segmentos da construção há 15 anos, realizando obras e empreendimentos de incorporação imobiliária, usinas hidrelétricas, shopping centers, infra-estrutura e saneamento básico, terraplanagem e pavimentação, complexos esportivos, entre outros.

Atuante em Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Minas Gerais e no Distrito Federal, é certificada pela norma ISO 9001 desde janeiro de 2001, desenvolvendo seus projetos de acordo com o Sistema de Gestão da Qualidade, no qual estão estruturados os processos da empresa, na forma de fluxogramas, procedimentos operacionais, tabelas, ações de treinamento e cronogramas, garantindo sua execução de forma planejada. Também é certificada pelo PBQP-H, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade Habitat, para "Edificações e Instalações Prediais".

Com mais de 1.000 apartamentos entregues, atualmente tem em construção inúmeros empreendimentos que superam esse número de unidades.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

Trata-se de um conjunto de edificações residenciais com área de construção total de 18.711,83 m². O empreendimento está dividido em 4 torres de 13 pavimentos (Figura 4.1). A infraestrutura contém quadra poliesportiva, churrasqueiras, piscinas, playground, *fitness*, salão de jogos, salão de festas, brinquedoteca, *cyberspace* e *home cinema*.

Figura 4.1 – Implantação do empreendimento

O empreendimento possui 216 apartamentos, sendo 104 de 2 (dois) quartos com 63,54 m², e 112 de 3 (três) quartos com 77,37 m². Seguem duas opções de apartamentos oferecidos (Figuras 4.2 e 4.3).

Figura 4.2 – Apartamento com 2 Quartos

Figura 4.3 – Apartamento com 3 Quartos

As Figuras 4.4 até 4.13 correspondem ao acompanhamento da execução da obra durante os meses de coleta. As fotos foram retiradas no último dia de cada mês.

Figuras 4.4 e 4.5 - Visão Geral do empreendimento em setembro/2010 e outubro/2010

Figuras 4.6 e 4.7 – Detalhe do Bloco A em setembro/2010 e outubro/2010

Figuras 4.8 e 4.9 – Detalhe do Bloco B em setembro/2010 e outubro/2010

Figuras 4.10 e 4.11 – Detalhe do Bloco C em setembro/2010 e outubro/2010

Figuras 4.12 e 4.13 – Detalhe do Bloco D em setembro/2010 e outubro/2010

As medições de produtividade foram realizadas nos serviços de armação e forma entre o período de 11 de setembro a 22 de outubro de 2010. Nos pavimentos tipo esses serviços possuíam aproximadamente os seguintes quantitativos:

- Armação:
    - Pilares: 996,72 Kg
    - Vigas: 1.288,94 Kg
    - Laje: 1.288,35 Kg
- Forma:
    - Pilares: 202,50 m2
    - Vigas: 224,10 m2
    - Laje: 277,10 m2
    - Escada: 12,80 m2

4.3.O PROCESSO DE ARMAÇÃO

Segue caracterização do processo de execução de armaduras para estruturas de concreto armado, da mão-de-obra utilizada, dos dados de entrada e saída, além do cálculo da RUP e da PPMO através da análise dos resultados.

4.3.1. Materiais e equipamentos

A execução do serviço de armação é realizada com a utilização das seguintes ferramentas, equipamentos e materiais: aço (barras, fios ou telas), arame recozido, torquês, chave de dobra, bancada de ferreiro, policorte (serra elétrica com disco abrasivo), tesoura manual, trena metálica, espaçadores, ímã e guincho.

Além disso, utilizam-se equipamentos de proteção como: guarda-corpo (conforme a NR-18), EPI's (Capacete, botina de segurança com biqueira de aço, luvas de raspa, avental de raspa, protetor facial, óculos de segurança em policarbonato, máscara descartável PFF1, protetor auricular tipo plug em locais de ruído acima do limite de tolerância, protetor solar em dias de exposição a raios solares, cinto de segurança com talabarte em locais de trabalho em altura superior a 1,80m).

4.3.2. Mão-de-obra

O empreendimento em questão trabalha com mão-de-obra inteiramente terceirizada, sendo que se definiu uma equipe de sete armadores para cada grupo de dois prédios. As medições foram realizadas apenas com uma das equipes (Bloco A e B), uma vez que a outra equipe (Blocos C e D) ainda não possui uma quantidade mínima de dados devido a problemas que retardaram a execução dos dois blocos.

4.3.3. Método executivo

Divide-se o processo executivo em dois tópicos principais: pré-montagem (define-se como sendo o processo de montagem das peças em central de armação) e montagem das armaduras (fixação das peças diretamente no local a qual é especificada).

4.3.3.1. Pré-montagem das armaduras (pilar e viga):

Na montagem de pilares e vigas em bancada, têm-se as seguintes etapas:

- Posicionamento de duas barras de aço e colocação de todos os estribos, fixando apenas os das extremidades;
- Posicionamento das demais barras do elemento e amarração dos estribos da extremidade. Colocadas as barras longitudinais, posicione o restante dos estribos;

Figura 4.14 – Posicionamento dos estribos

- Conferência dos espaçamentos e das bitolas, assim como o número de barras e de estribos. Atentar para o fato de que em nós com grande quantidade de armadura, o encaixe entre as diversas peças pode ser difícil. Por isso, recomenda-se não deixar os estribos firmemente amarrados no momento da montagem sobre a bancada, de modo a facilitar a emenda entre as peças, quando da colocação na forma.

4.3.3.2. Montagem das armaduras

Segue-se o processo executivo para pilares e vigas:

- Conclusão da locação para início da montagem da armadura dos pilares;
- Colocação de espaçadores, atendendo o cobrimento mínimo determinado por norma e o posicionamento do elemento;
- Colocação, nos arranques dos pilares, de um estribo na altura da laje e outro estribo um pouco acima da laje, garantindo a estabilidade das barras longitudinais;

- As armações de pilares, vigas e outras estruturas verticais devem ser apoiadas e escoradas para evitar tombamento e desmoronamento;
- Para a montagem das armaduras das vigas, as formas também devem estar montadas, os escoramentos devem estar concluídos e o desmoldante deve ter sido aplicado.

No caso de montagem das armaduras de laje, tem-se:

- Fixação das caixinhas e/ou gabaritos para passagem das instalações elétricas e/ou hidráulicas, antes do início da montagem de armaduras da laje;
- Montagem das peças diretamente sobre a forma, posicionando as barras da armadura positiva.
- Posicionamento e amarração das barras da armadura negativa;

Figura 4.15 – Montagem da Armadura Negativa

- Colocação de espaçadores, atendendo aos espaçamentos determinados.

4.3.4. Caracterização dos dados de entrada e saída

Como explicado no Capítulo 2, o cálculo da razão unitária de produção (RUP) é dado pela relação entre dados de entrada (homem-hora) e saída (quantidade de serviço).

Para aquisição dos dados de entrada realizaram-se medições diárias, considerando o número de homens e sua respectiva jornada de trabalho, adquirido em campo através do cartão de produção e conferido a partir do cartão de ponto da empresa.

Em relação aos dados de saída, foram anotadas, também diariamente, as peças pré-montadas e montadas para aquisição do correto peso (kg) executado. Segue Tabela 4.1 de memorial de cálculo utilizada para obtenção da quantidade de quilogramas por peça da estrutura. O exemplo apresentado refere-se aos pilares do quarto pavimento.

Tabela 4.1 – Detalhamento dos Pilares do 4º Pavimento

OBRA: 01			**PAVIMENTO:** 4° PAV			**BLOCO:** A e C		
Pilar Nº	**Nome do Componente**	**Diâmetro da Barra**	**Comp. da barra**	**Nº de barras**	**Comp. Total**	**Densidade do aço**	**Peso (kg)**	**Peso Total (kg)**
P100	N1	12,5	330	10	33	0,963	31,78	**39,43**
	N2	5	192	18	34,56	0,154	5,32	
	N3	5	28	54	15,12	0,154	2,33	
P101	N1	10	320	16	51,2	0,617	31,59	**24,58**
	N2	5	192	46	88,32	0,154	13,60	
	N3	5	28	92	25,76	0,154	3,97	
P102	N1	10	320	16	51,2	0,617	31,59	**24,58**
	N2	5	192	46	88,32	0,154	13,60	
	N3	5	28	92	25,76	0,154	3,97	
P103	N1	10	320	12	38,4	0,617	23,69	**17,51**
	N2	5	132	46	60,72	0,154	9,35	
	N3	5	28	46	12,88	0,154	1,98	

4.3.5. Cálculo da RUP

A coleta de dados para produção da armação se deu entre o período de 13 de setembro a 22 de outubro de 2010, totalizando 32 dias trabalhados. Durante este período os armadores trabalharam diversas vezes em uma carga horária superior a pré-estabelecida de 9 horas diárias, inclusive aos sábados, dependendo da necessidade.

A medição contempla o tempo total diário de permanência na obra em que o operário trabalha na atividade de armação, sem excluir tempos auxiliares e improdutivos.

A fim de calcular a produtividade de forma fiel à realidade dos processos, o cálculo da RUP baseou-se na "regra de crédito", como explicitado no item 2.1.4. Criou-se, então, uma ponderação baseada na quantidade total de horas trabalhadas nos 32 dias de medição em cada subtarefa do cartão de produção (Figura 3.1), isto é, definiu-se o percentual de tempo trabalhado nestas e multiplicou-se pela quantidade de serviço (kg) da respectiva tarefa (Pilar e Viga) para encontrar o peso relativo à subtarefa.

O método foi utilizado para que o peso (kg) de pilares e vigas não fosse considerado duas vezes, isto é, tanto para pré-montagem quanto para montagem, uma vez que demonstraria que a subtarefa montagem é muito mais produtiva do que as demais já que é executada em menos de 30% do tempo. Em relação às demais tarefas (laje e armação escada) não se utilizaram a "regra de crédito" já que cada uma possui sua respectiva quantidade de serviço (kg). A Tabela 4.2 demonstra os percentuais obtidos para realização da ponderação dos pesos.

Tabela 4.2 – Percentuais de ponderação

	SUBTAREFA	
TAREFA	**Pré-Montagem**	**Montagem**
PILAR	73,46%	26,54%
VIGA	72,40%	27,60%

Segue Tabela 4.3 utilizada para o cálculo das RUPs com seus respectivos valores.

Tabela 4.3 – Valores calculados das RUPs em equipe de armação

DIAS	N° Func.	Homem-Hora	Homem-Hora Acumulada	Peso (Kg)	Peso (Kg) Acumulado	RUP Diária	RUP Cumulativa	RUP Potencial
1	6	54,00	54,00	1.087,04	1.087,04	0,050	0,050	0,051
2	6	54,00	108,00	709,76	1.796,80	0,076	0,060	
3	6	54,00	162,00	809,52	2.606,32	0,067	0,062	
4	7	63,00	225,00	639,83	3.246,15	0,098	0,069	
5	7	63,00	288,00	1.547,00	4.793,14	0,041	0,060	
6	7	41,00	329,00	876,19	5.669,33	0,047	0,058	
7	7	63,00	392,00	582,78	6.252,11	0,108	0,063	
8	7	63,00	455,00	828,67	7.080,78	0,076	0,064	
9	6	53,00	508,00	1.356,54	8.437,32	0,039	0,060	
10	6	30,00	538,00	287,58	8.724,90	0,104	0,062	
11	7	63,00	601,00	1.037,85	9.762,75	0,061	0,062	
12	7	63,50	664,50	1.082,13	10.844,88	0,059	0,061	
13	5	45,00	709,50	1.288,35	12.133,23	0,035	0,058	
14	7	63,00	772,50	1.097,71	13.230,94	0,057	0,058	
15	7	56,00	828,50	654,70	13.885,64	0,086	0,060	
16	3	24,00	852,50	467,76	14.353,40	0,051	0,059	
17	7	63,00	915,50	565,98	14.919,39	0,111	0,061	
18	7	63,00	978,50	555,69	15.475,08	0,113	0,063	
19	7	63,00	1.041,50	705,95	16.181,02	0,089	0,064	
20	7	63,00	1.104,50	656,01	16.837,03	0,096	0,066	
21	6	48,00	1.152,50	988,12	17.825,15	0,049	0,065	
22	7	63,00	1.215,50	1.064,79	18.889,94	0,059	0,064	
23	7	35,00	1.250,50	554,31	19.444,25	0,063	0,064	
24	6	54,00	1.304,50	598,96	20.043,21	0,090	0,065	
25	6	54,00	1.358,50	607,48	20.650,69	0,089	0,066	
26	6	54,00	1.412,50	714,00	21.364,69	0,076	0,066	
27	7	35,00	1.447,50	254,08	21.618,77	0,138	0,067	
28	6	59,50	1.507,00	1.356,54	22.975,32	0,044	0,066	
29	7	63,00	1.563,00	721,50	23.696,82	0,087	0,066	
30	7	63,00	1.626,00	678,48	24.375,30	0,093	0,067	
31	6	60,00	1.686,00	1.109,37	25.484,67	0,054	0,066	
32	7	56,00	1.742,00	787,96	26.272,63	0,071	0,066	

4.3.6. Análise dos resultados

A seguir os dados da Tabela 4.3 são apresentados graficamente para uma melhor visualização do fluxo relativo à execução do serviço de armação.

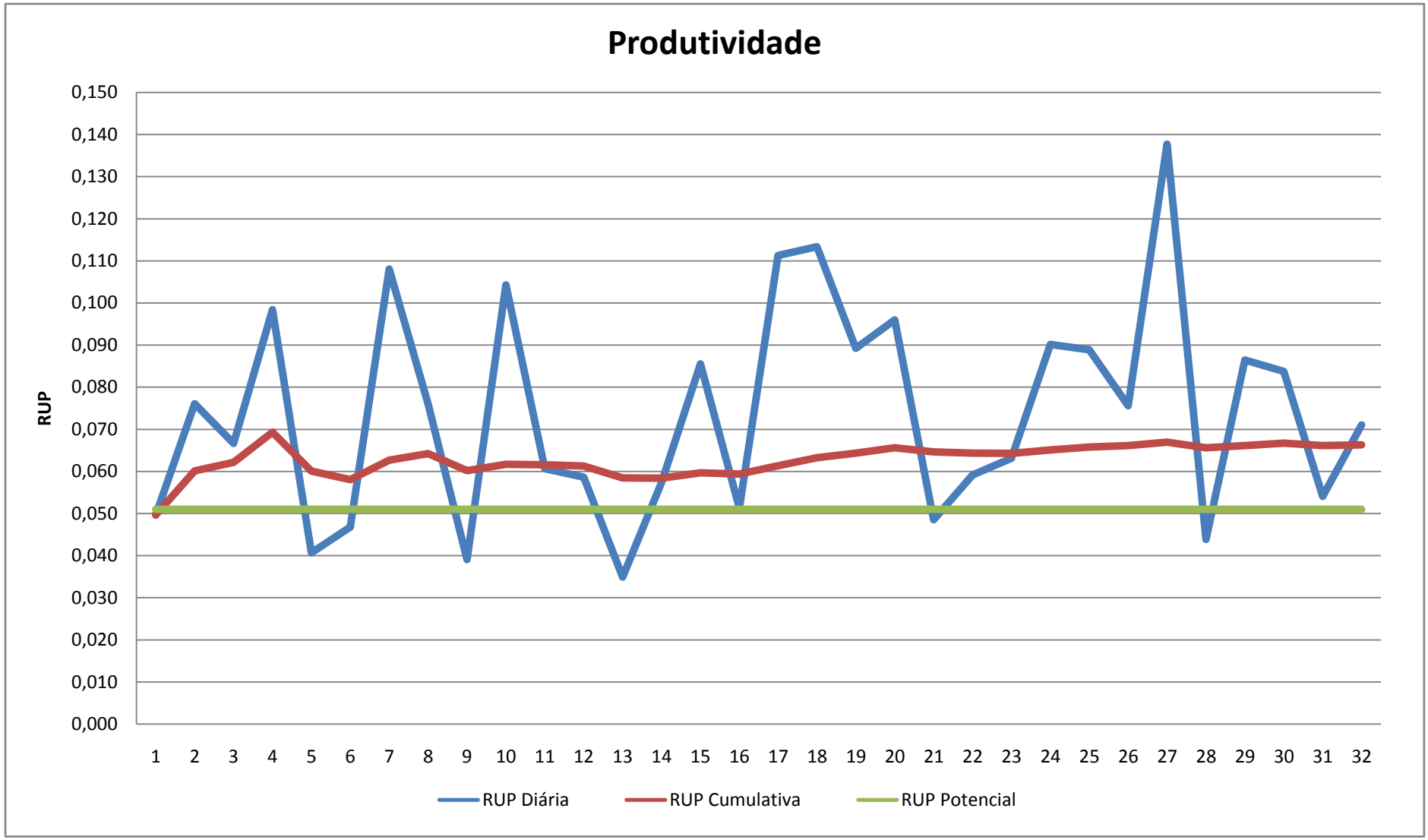


Figura 4.16 – Gráfico de RUPs do serviço de armação

Analisando-se a Figura 4.16 verifica-se que houve variação considerável da $RUP_{diária}$ na execução do serviço, entretanto ainda assim a $RUP_{cumulativa}$ final (0,066Hh/kg) se situa próxima a $RUP_{potencial}$ (0,051Hh/kg) com representativo contingente de valores diários entre elas. Pode-se assim considerar o serviço de armação como satisfatório, atribuindo confiabilidade aos resultados a partir da apresentação dos fatores que impactaram a produtividade.

Em referência à Figura 4.16, percebe-se a existência de picos onde a $RUP_{diária}$ se mostrou elevada, indicando problemas que ocorreram durante a produção do serviço. Serão relatados os dias em que os valores se encontram acima de 0,090Hh/kg, agrupando-os de acordo com seu fator:

- Dia 4 e 7: pré-montagem de inúmeras vigas com pequeno peso agregado associado a dificuldade de coleta do material de acordo com o diâmetro necessário devido a uma mistura do aço dos diversos blocos e o uso de aço excedente para fixação da armadura negativa e de alças para equipamentos de segurança.
- Dia 10: Montagem de armadura negativa, subtarefa que se encontra em situação desfavorável devido ao cronograma apertado da obra e a entrega dos serviços antecedentes (forma, montagem da armadura positiva e instalação elétrica), restando poucas horas para a execução da concretagem, levando a um atropelamento dos serviços e com isso perda por espera. Apresenta-se, também, com constância nesta atividade a necessidade de retrabalho devido à falta de cuidado na movimentação na laje, tirando a armadura de sua posição de origem. Além disso, neste dia ocorreu o embargo da obra por motivos de segurança.
- Dia 17 e 18: Pré-montagem de pilares e vigas, subtarefa que normalmente possui uma RUP mais alta (quantitativamente) associada ao descarregamento de aço.
- Dia 20: Dificuldade no transporte da peça montada pelo caminhão Munck devido à elevada altura do edifício (5º Pavimento).
- Dia 27: Demora no transporte das armaduras de pilar devido ao atraso na montagem do elevador de obra.

Para uma melhor compreensão do cenário estudado, ressalta-se ainda os dias em que a $RUP_{diária}$ se encontra com valor menor que a $RUP_{potencial}$ (0,051Hh/kg):

- Dia 5, 9, 21 e 28: Montagem da armadura positiva. Possui visivelmente a RUP mais baixa, uma vez que tem grande peso (Kg) agregado, facilidade de transporte e rapidez na execução.
- Dia 6: Pré-montagem de vigas (externas e centrais) com grande peso (Kg) agregado, uma vez que possuem pequeno acréscimo de dificuldade executiva em relação às demais.
- Dia 13: Montagem de armadura positiva associado ao não ”atropelamento” das atividades (montagem armadura positiva, instalação elétrica e montagem de armadura negativa) levando a uma boa produtividade da execução da montagem das armaduras negativas.

Realizada a análise, a intenção é trazer, a partir das informações coletadas, soluções que sejam viáveis de corrigir tais problemas e que possam ser implantadas em diversas outras obras para que, quando forem calculadas as razões unitárias de produção (RUPs), o serviço esteja com a $RUP_{cumulativa}$ bem próxima da $RUP_{potencial}$ e que o grande contingente de dados estejam entre esta faixa de fluxo.

O intuito é que com a pesquisa de produtividade pode-se fazer um bom dimensionamento das equipes nos canteiros de obra, e mostrar que com esse controle, a questão de logística de abastecimento e armazenamento seja influenciada para atender a demanda da obra.

Segue Figura 4.17 que atribui uma ampla visão e entendimento da contribuição de cada subtarefa na $RUP_{diária.}$

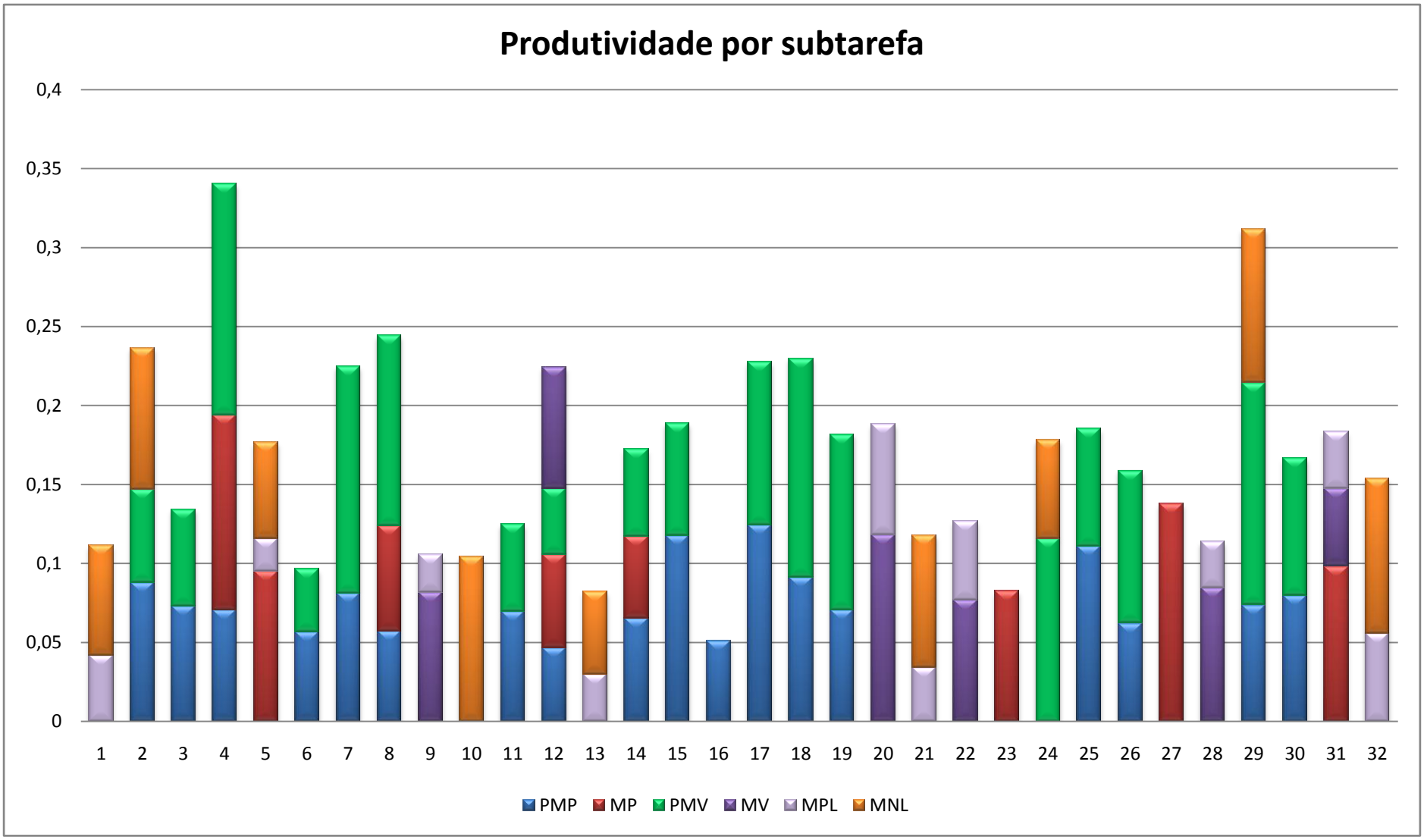


Figura 4.17 – Gráfico da produtividade diária por subtarefa

Analisando-se a Figura 4.17 verifica-se que os serviços de pré-montagem de pilar (PMP) e pré-montagem de vigas (PMV) são os que mais influenciam na elevação da RUP. Ao quantificar o número de horas trabalhadas em cada subtarefa percebe-se que o segundo é cerca de 50% maior do que o primeiro, atestando a elevada dificuldade em executar armação de vigas perante aos pilares.

Prova-se, também a partir da Figura 4.17, que o serviço de montagem da armadura positiva da laje (MPL) é influenciador do aumento da produtividade, ou seja, queda da RUP, uma vez que ao aparecer no contexto diário tem pequena representatividade na elevação das colunas.

4.3.7. Perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO)

Como explicado no item 2.1.5, o índice PPMO quantifica a perda de produção em relação à $RUP_{potencial}$ durante todo o período de coleta de dados. Tem grande valia, pois é indicativo de que há ou não necessidade de planos de ação para melhorar problemas de gestão, que geralmente são simples como o uso de equipamentos para facilitar o transporte do material, logística do canteiro, execução de planejamento de curto prazo baseado em medições de produtividade coerente a realidade, entre outros.

Para o serviço de armação, a partir da equação (2.4), considerando que esta engloba a última $RUP_{cumulativa}$ do período de coleta (0,066 Hh/kg) e a $RUP_{pontencial}$ (0,051 Hh/kg), tem-se:

$$\text{PPMO} = \frac{0{,}066 - 0{,}051}{0{,}051} \text{x} 100(\%) \quad (4.1)$$

$$\text{PPMO} = 30\% \quad (4.2)$$

Considerando os fatores citados como determinantes na $RUP_{diária}$ percebe-se que o índice encontra-se coerente com a realidade da obra em estudo.

Segue Figura 4.18, indicativa da variação do fluxo da PPMO de acordo com o tempo.

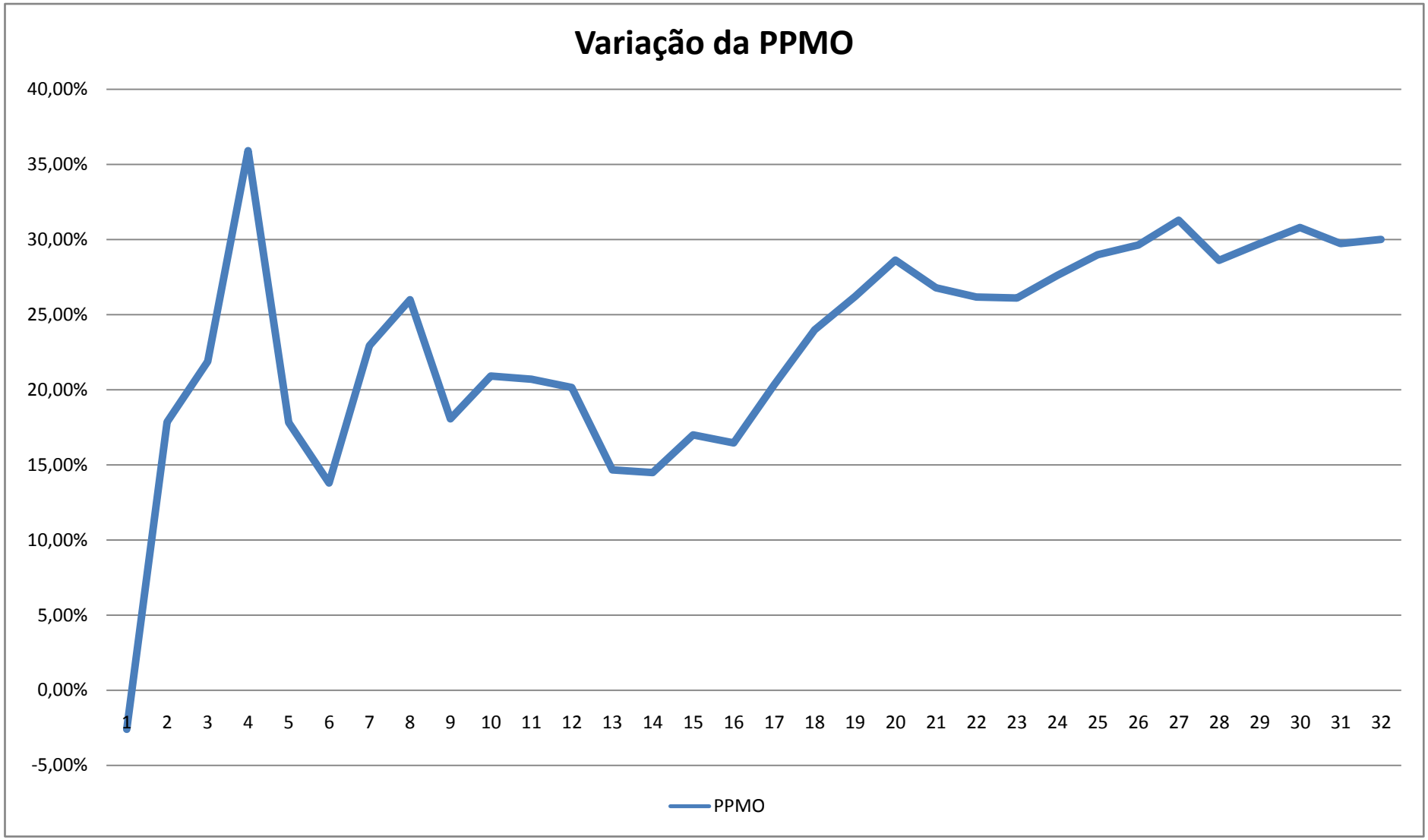


Figura 4.18 – Detalhe do fluxo da perda de produtividade de mão-de-obra

Segundo a Figura 4.18, verifica-se o aumento do índice PPMO nos períodos de ocorrência de anormalidades expostos no item 4.3.6. Percebe-se que após o dia 16 o problema relativo ao transporte das peças, seja por caminhão Munck ou pelo elevador de obra, elevou o índice de 15% para 30%, demonstrando que problemas constantes de gestão aumentam rapidamente a perda de produtividade de mão-de-obra.

4.4.O PROCESSO DE FÔRMA

Segue caracterização do processo de execução de formas de madeira, da mão-de-obra utilizada, dos dados de entrada e saída, além do cálculo da RUP e da PPMO através da análise dos resultados.

4.4.1. Materiais e equipamentos

Para a execução do serviço de formas de madeira são necessários os seguintes materiais, ferramentas e equipamentos: chapas de madeira compensada, pontaletes de madeira, sarrafos de madeira, cunhas de madeira, cimbramento metálico ou de madeira, pregos, linha de nylon, trena metálica, prumos de centro e de face, nível a laser, esquadro metálico, martelo, serrote, cordas, redes ou cavaletes para auxiliar a desforma, serra de bancada com proteção para disco, disco de vídea, tensores, espaçadores, distanciadores (galgas), desmoldante, broxa, pincel ou rolo para aplicação do desmoldante, gabarito de letras e números, mangueira de nível.

Além disso, utilizam-se equipamentos de proteção individual como: capacete, botina de segurança com biqueira de aço, luvas de raspa, avental de raspa, protetor facial, óculos de segurança em policarbonato, máscara descartável PFF1, protetor auricular tipo plug em locais de ruído acima do limite de tolerância, protetor solar em dias de exposição a raios solares, cinto de segurança com talabarte em locais de trabalho em altura.

4.4.2. Mão-de-obra

O empreendimento em estudo trabalha com mão-de-obra inteiramente terceirizada, sendo que se definiu uma equipe de sete carpinteiros e um ajudante para cada uma das torres. As medições foram realizadas apenas com as equipes dos Blocos A, B e C,

uma vez que o Bloco D se encontra atrasado em relação aos demais devido à existência de uma manilha de esgoto da Saneago atravessando o local de dois tubulões.

Os operários são treinados ao entrar no canteiro nos procedimentos de execução de cada serviço que irão executar, no intuito de atender a todos os requisitos mínimos de qualidade exigidos pela empresa.

4.4.3. Método executivo

4.4.3.1. Condições para o início da montagem das formas

Existem duas premissas principais para o início da execução do serviço, são elas:

- O local de serviço deve estar limpo e desimpedido;
- Os eixos principais da obra devem estar definidos e marcados. Caso haja interferências (pilares, poço do elevador, etc.) que impossibilitem a locação dos gastalhos pelos eixos principais, devem-se adotar eixos secundários para realização da tarefa.

4.4.3.2. Pilares

Para o início do serviço as vigas baldrames, blocos ou laje devem estar liberados e desimpedidos. Em seguida deve-se:

- Apicoar e limpar o concreto da base, retirando nata de cimento, impermeabilizantes ou qualquer material que possa interferir na aderência do concreto;
- Conferir os gastalhos colocados com os eixos de marcação da obra;
- Aplicar desmoldante nas faces internas da forma, posicionar dois painéis da forma no gastalho e em seguida colocar a armadura montada com os espaçadores;
- Fechar o restante dos painéis posicionando os tubos de PVC como galgas internas. Realizar o travamento dos painéis com barra roscada através dos tubos de PVC;
- Deve-se atentar para estanqueidade do pé do pilar, evitando brocas em função do vazamento de nata de cimento;

- Aprumar os pilares com aprumadores metálicos ou com pontaletes de madeira.

Figura 4.19 – Verificação do prumo dos pilares

4.4.3.3. Vigas

O processo executivo das formas de vigas é dado pelas seguintes atividades:

- Lançamento dos fundos das vigas na cabeça dos pilares, nivelados e escorados conforme projeto. Deve-se colocar "mosquitos" de madeira com 5 cm de largura no encontro dos fundos de viga com os pilares e no encontro com outras vigas, de maneira a facilitar a desforma;

Figura 4.20 – Colocação dos fundos de viga

- Aplicação de desmoldante no fundo da viga e nos painéis laterais;
- Colocação dos painéis internos das vigas de extremidade e os dois painéis laterais das demais, pregando-os com o fundo da viga. Colocar também para estes painéis, "mosquitos" de madeira para facilitar a desforma. Os painéis devem ser fixados alinhados e no esquadro;
- Colocação do forro da laje sobre esses painéis ou apoiadas às lajes pré-moldadas;
- Fixação dos painéis externos das vigas de extremidade junto ao fundo, atentando para o esquadro e alinhamento do topo;
- Colocação da armadura nas vigas, juntamente com os espaçadores e galgas de PVC. Realizar o travamento dos painéis com barra roscada através dos tubos de PVC. Este travamento também pode ser complementado com mãos-francesas e/ou arames galvanizados;
- Travar o fundo das vigas com barras roscadas e perfis "u".

4.4.3.4. Lajes maciças

O processo de montagem das formas de lajes é dado pelas seguintes etapas:

- Montagem do escoramento conforme determinado em projeto ou especificação do engenheiro;
- Colocação do barroteamento sobre as escoras nivelando previamente à laje, como demonstrado na Figura 4.21;

Figura 4.21 – Detalhe do barroteamento e início da colocação dos painéis da laje

- Posicionamento dos painéis da laje conforme estudo ou projeto determinado e pregá-los nos sarrafos laterais das formas (devem ser evitadas folgas entre os painéis da laje e entre as vigas, prevenindo o vazamento de nata de cimento);
- Transferência do eixo da obra para o andar onde a montagem da forma de laje está em execução, de maneira a permitir a realização de conferências;
- Conferência da posição dos topos dos pilares e alinhamento das vigas;
- Nivelamento dos panos de laje ajustando a altura das escoras, devendo observar no projeto se há necessidade de contra-flecha. A conferência do nivelamento é feita com nível a laser ou alemão colocado na parte superior ou inferior da forma;
- Verificação do esquadro da laje através de medidas diagonais. Passar desmoldante em toda a superfície do assoalho.
- Fixar na forma de laje os gabaritos de furação elétrica e hidráulica ou qualquer outra passagem que for necessária.

4.4.3.5. Processo de desforma

A desforma começa pelos pilares, soltando-se os travamentos e retirando-se os painéis. O mesmo processo se repete para as formas laterais das vigas. Devem também ser retirados os tubos de PVC utilizados como galgas e travamentos nos pilares e nas vigas.

Retira-se, então, o escoramento das lajes e vigas deixando apenas a linha de escoras que permanecerá pelo tempo determinado pelo projetista. Os fundos das vigas e as

faixas de escoramento da laje somente devem ser retirados após essa data, não sendo aceito retirar as escoras para posterior reescoramento. Em seguida é retirado o barroteamento e os painéis das lajes (Figura 4.22).

Devem-se manusear as peças com cuidado para não danificar as formas e limpar os painéis, deixando-os prontos para o próximo ciclo de produção.

Figura 4.22 – Desforma de laje

Após a desforma devem ser observados quaisquer problemas ocorridos na concretagem, como deslocamentos e aberturas das formas, brocas ou segregação do concreto.

4.4.4. Caracterização dos dados de entrada e saída

Assim como no serviço de armação a aquisição dos dados de entrada necessitou de medições diárias, considerando o número de homens e sua respectiva jornada de trabalho, adquirido em campo através do cartão de produção e conferido a partir do cartão de ponto da empresa.

Em relação aos dados de saída, foram anotadas as peças montadas e desformadas realizadas em um ciclo de serviço, no caso um determinado pavimento, para aquisição da correta área (m^2) executada. Segue Figura 4.23 detalhando o posicionamento das placas de compensado plastificado.

.

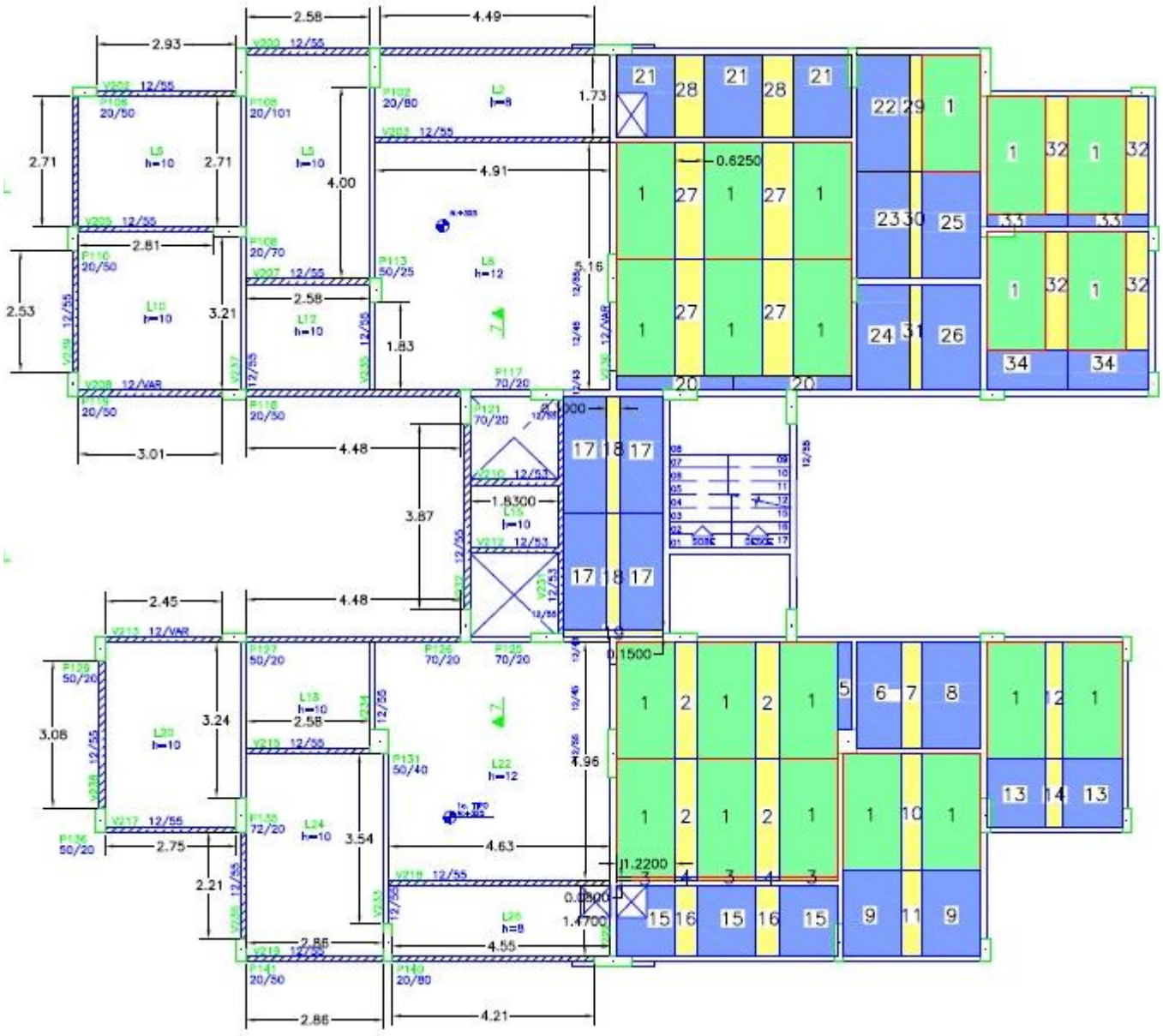


Figura 4.23 – Posicionamento das placas de compensado plastificado

Legenda:

- Amarela: faixa de reescoramento (escoras no mínimo 21 dias).

- Verde: compensado sem recorte.

- Azul: compensado com recorte.

Utilizou-se também uma planilha com memorial de cálculo da quantidade de formas em m², conforme a Tabela 4.4 (representativa apenas do 4º e 5º pavimento).

Tabela 4.4 – Detalhamento de quantidades de formas do 4º e 5º pavimento

	M²	BLOCO A	BLOCO B	BLOCO C	BLOCO D
4º PAVIMENTO					
Vigas	893,60	224,10	222,70	224,10	222,70
Pilares	810,00	202,50	202,50	202,50	202,50
Lajes	1.108,40	277,10	277,10	277,10	277,10
Escada	51,20	12,80	12,80	12,80	12,80
5º PAVIMENTO					
Vigas	893,60	224,10	222,70	224,10	222,70
Pilares	810,00	202,50	202,50	202,50	202,50
Lajes	1.108,40	277,10	277,10	277,10	277,10
Escada	51,20	12,80	12,80	12,80	12,80

4.4.5. Cálculo da RUP

A coleta de dados dos serviços de formas se deu entre o período de 11 de setembro a 21 de outubro de 2010, totalizando 34 dias trabalhados. Durante este período, assim como no serviço de armação, os carpinteiros também excederam sua carga horária diária, trabalhando inclusive aos sábados, de acordo com a necessidade.

Para medição do serviço de formas, foi julgado mais adequado a utilização da $RUP_{cíclica}$ ao invés da $RUP_{diária}$, considerando então o tempo necessário para executar uma quantidade de serviço definida por um ciclo, neste caso o pavimento. Esta medição contempla o tempo total necessário para executar a quantidade de serviço do ciclo, em que o operário trabalha na atividade de montagem de forma e de desmontagem de forma (desforma), excluindo o tempo destinado a confecção das mesmas, porém sem excluir tempos auxiliares e improdutivos.

Assim como no cálculo da produtividade do serviço de armação, a "regra de créditos" foi considerada para o serviço de formas. Dessa forma, criou-se, então, uma ponderação baseada na quantidade total de horas trabalhadas nos 34 dias de medição em cada subtarefa do cartão de produção (Figura 3.4), definindo assim, o percentual de tempo trabalhado nestas, que multiplicado pela quantidade de serviço (m²) da respectiva tarefa (Pilar, Viga, laje e escada) obtém-se o peso relativo à subtarefa.

Com o método, a área de formas (m²) não foi considerada duas vezes, tanto para montagem de formas quanto para a desforma, pois se verificou que a produtividade de desforma é muito maior que a de montagem, correspondendo a cerca de 20% do tempo total gasto na tarefa para Pilares, vigas e lajes. A Tabela 4.5 demonstra os percentuais obtidos para realização da ponderação dos pesos.

Tabela 4.5 – Percentuais de ponderação

TAREFA	**SUBTAREFA**	
	DESFÔRMA	**MONTAGEM**
PILAR	20,48%	79,52%
VIGA	21,66%	78,34%
LAJE	20,04%	79,96%
ESCADA	45,25%	54,75%

Seguem as Tabelas 4.6 e 4.7, utilizadas para o cálculo das RUPs com seus respectivos valores.

Tabela 4.6 – Valores das $RUPs_{cíclicas}$ por equipe e pavimento e $RUPs_{potenciais}$ por equipe

EQUIPE	Período	PAV	Dias Trabalhados	Homens	Homem Hora	Homem Hora Acumulada por equipe	M2	M2 Acum por equipe	RUP Cíclica	RUP Cumulativa por equipe	RUP Potencial por equipe
Equipe 1	17/09-23/09	4o PAV (A)	6	48,000	344,583	344,583	716,500	716,500	0,481	0,481	0,496
	28/09-05/10	5o PAV (A)	7	49,000	406,783	751,367	716,500	1.433,000	0,568	0,524	
	09/10-16/10	6o PAV (A)	6	46,000	365,983	1.117,350	716,500	2.149,500	0,511	0,520	
Equipe 2	11/09-17/09	3o PAV (B)	6	46,000	390,217	390,217	715,100	715,100	0,546	0,546	0,433
	20/09-28/09	4o PAV (B)	6	44,000	365,533	755,750	715,100	1.430,200	0,511	0,528	
	01/10-06/10	5o PAV (B)	5	34,000	280,583	1.036,333	715,100	2.145,300	0,392	0,483	
	14/10-20/10	6o PAV (B)	6	41,000	338,967	1.375,300	715,100	2.860,400	0,474	0,481	
Equipe 3	14/09-27/09	1o PAV (C)	9	90,000	823,400	823,400	774,700	774,700	1,063	1,063	0,944
	28/09-06/10	2o PAV (C)	8	74,000	696,067	1.519,467	716,500	1.491,200	0,971	1,019	
	13/10-21/10	3o PAV (C)	8	68,000	657,050	2.176,517	716,500	2.207,700	0,917	0,986	

Tabela 4.7 – Valores das $RUPs_{cíclicas}$ por equipe e pavimento e $RUP_{potencial}$ global

EQUIPE	Período	PAV	Dias Trabalhados	Homens	Homem Hora	Homem Hora Acumulada por equipe	M2	M2 Acum por equipe	RUP Cíclica	RUP Cumulativa global	RUP Potencial global
Equipe 2	11/09-17/09	3o PAV (B)	6	46,000	390,217	390,217	715,100	715,100	0,546	0,546	0,511
Equipe 3	14/09-27/09	1o PAV (C)	9	90,000	823,400	1.213,617	774,700	1.489,800	1,063	0,815	
Equipe 1	17/09-23/09	4o PAV (A)	6	48,000	344,583	1.558,200	716,500	2.206,300	0,481	0,706	
Equipe 2	20/09-28/09	4o PAV (B)	6	44,000	365,533	1.923,733	715,100	2.921,400	0,511	0,658	
Equipe 1	28/09-05/10	5o PAV (A)	7	49,000	406,783	2.330,517	716,500	3.637,900	0,568	0,641	
Equipe 3	28/09-06/10	2o PAV (C)	8	74,000	696,067	3.026,583	716,500	4.354,400	0,971	0,695	
Equipe 2	01/10-06/10	5o PAV (B)	5	34,000	280,583	3.307,167	715,100	5.069,500	0,392	0,652	
Equipe 1	09/10-16/10	6o PAV (A)	6	46,000	365,983	3.673,150	716,500	5.786,000	0,511	0,635	
Equipe 3	13/10-21/10	3o PAV (C)	8	68,000	657,050	4.330,200	716,500	6.502,500	0,917	0,666	
Equipe 2	14/10-20/10	6o PAV (B)	6	41,000	338,967	4.669,167	715,100	7.217,600	0,474	0,647	

A Tabela 4.6 se diferencia da Tabela 4.7 apenas na ordem dos dados e no cálculo da $RUP_{potencial}$, pois enquanto a primeira considera uma desta para cada equipe, a segunda considera a $RUP_{potencial}$ como sendo global e por isso os dados foram reordenados de maneira cronológica de acordo com os registros dos ciclos.

4.4.6. Análise dos resultados

A seguir os dados da Tabela 4.6 são apresentados graficamente (Figura 4.24) para uma melhor visualização do fluxo relativo ao potencial de execução do serviço de formas por equipe.

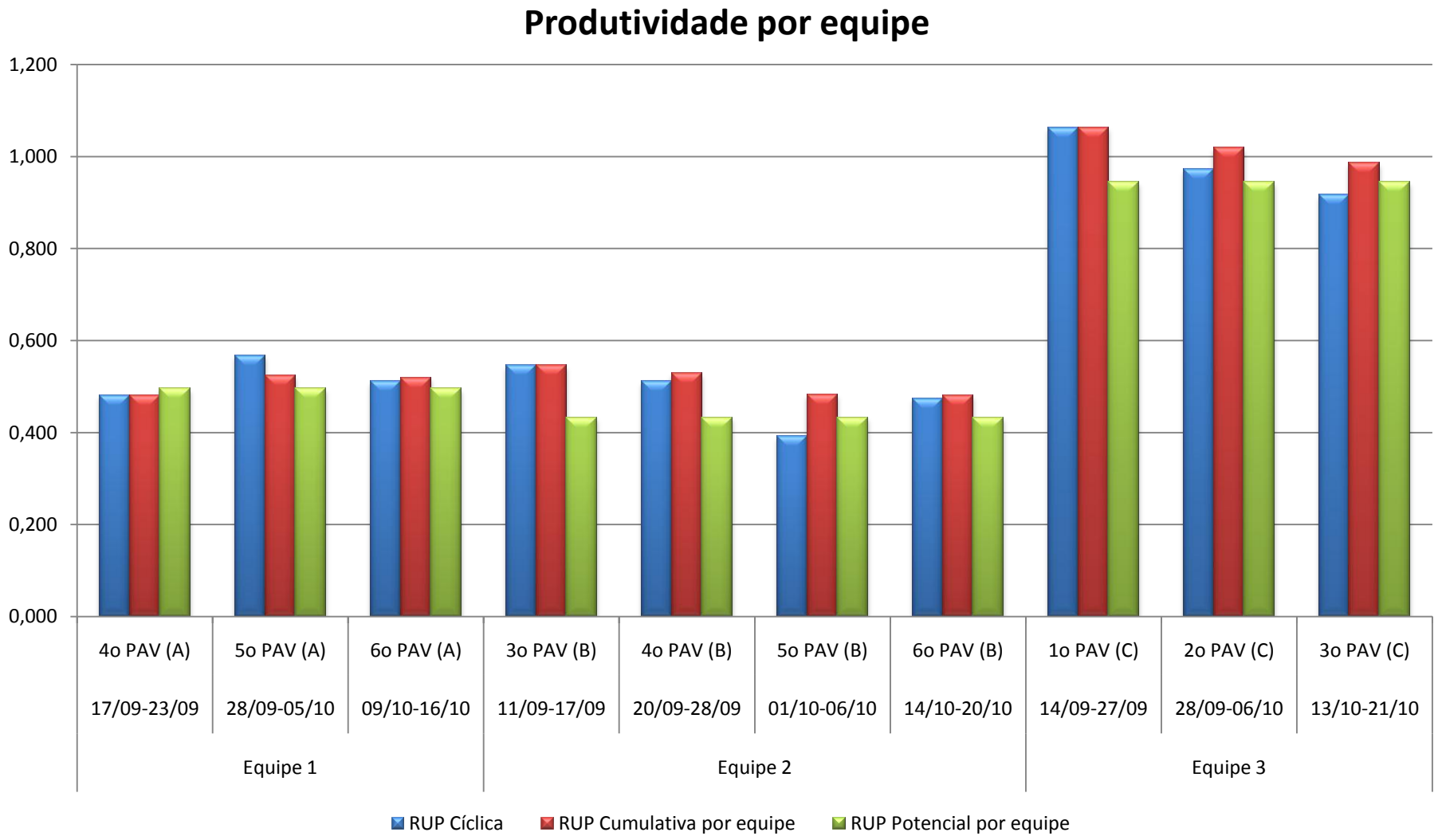


Figura 4.24 – Representação das RUPs do serviço de formas por equipe

A partir da Figura 4.24, verifica-se que as equipes 1 e 2 possuem os valores das $RUPs_{cíclicas}$ bem próximas entre si, demonstrando que a produção destas se encontram relativamente constante, alterando-se com o aparecimento de anormalidades.

Sabendo que as três equipes realizam o mesmo serviço sobre as mesmas condições, comparativamente percebe-se que a equipe 3 se encontra visivelmente com a produtividade bem menor do que o comum para o contingente de dados adquiridos.

Em relação à $RUP_{potencial}$, verifica-se que a equipe 2 situa-se com o melhor potencial de produtividade em relação às demais, uma vez que possui o menor valor - 0,433 - do indicador avaliado. A equipe 1 se encontra em condições semelhantes à equipe 2 chegando a uma $RUP_{potencial}$ igual a 0,496. Distanciando-se das equipes anteriores, a número 3 aparece com índice de produtividade consideravelmente inferior (qualitativamente) atingindo o valor de 0,944.

A seguir os dados da Tabela 4.7 são apresentados graficamente (Figura 4.25) para uma melhor visualização do fluxo relativo ao potencial de execução do serviço de formas global.

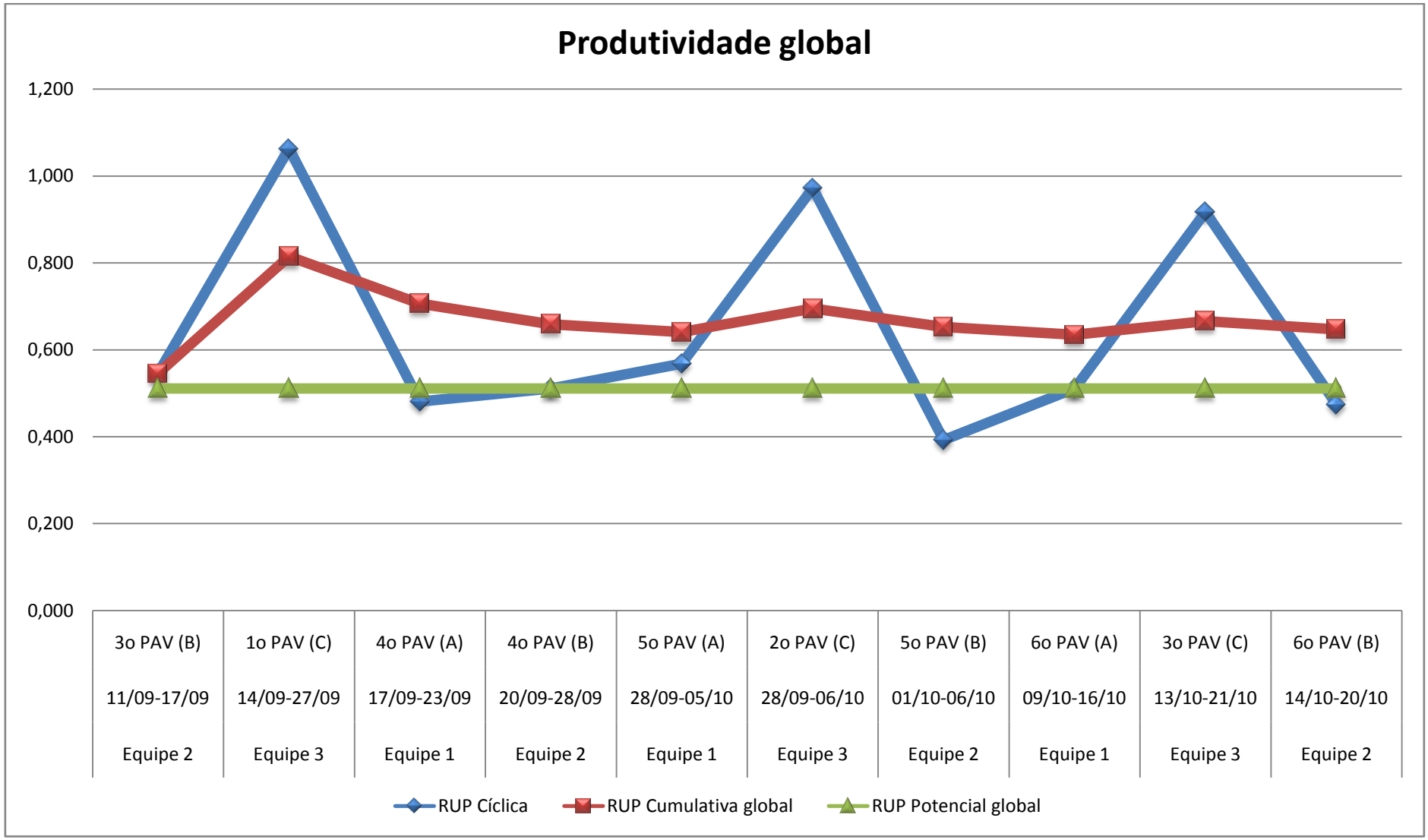


Figura 4.25 – Representação das RUPs do serviço de formas global.

A Figura 4.25 nos mostra uma aproximação da ordem cronológica de execução dos ciclos de produção de formas, onde se verifica uma $RUP_{potencial}$ comum a todas equipes, podendo assim fazer uma análise global da produtividade da mão-de-obra nesse serviço.

Ao se calcular o quanto a $RUP_{cumulativa}$ global se situa acima do valor da equipe 2 (melhor desempenho), encontra-se um número 50% maior, com isso fica notável o quanto uma única equipe, que se distancia dos padrões das demais, impacta no avanço da produção da obra.

A fim de subsidiar a análise de fatores influenciadores da mão-de-obra foi feito um cronograma de produção de formas conforme Figura 4.26.

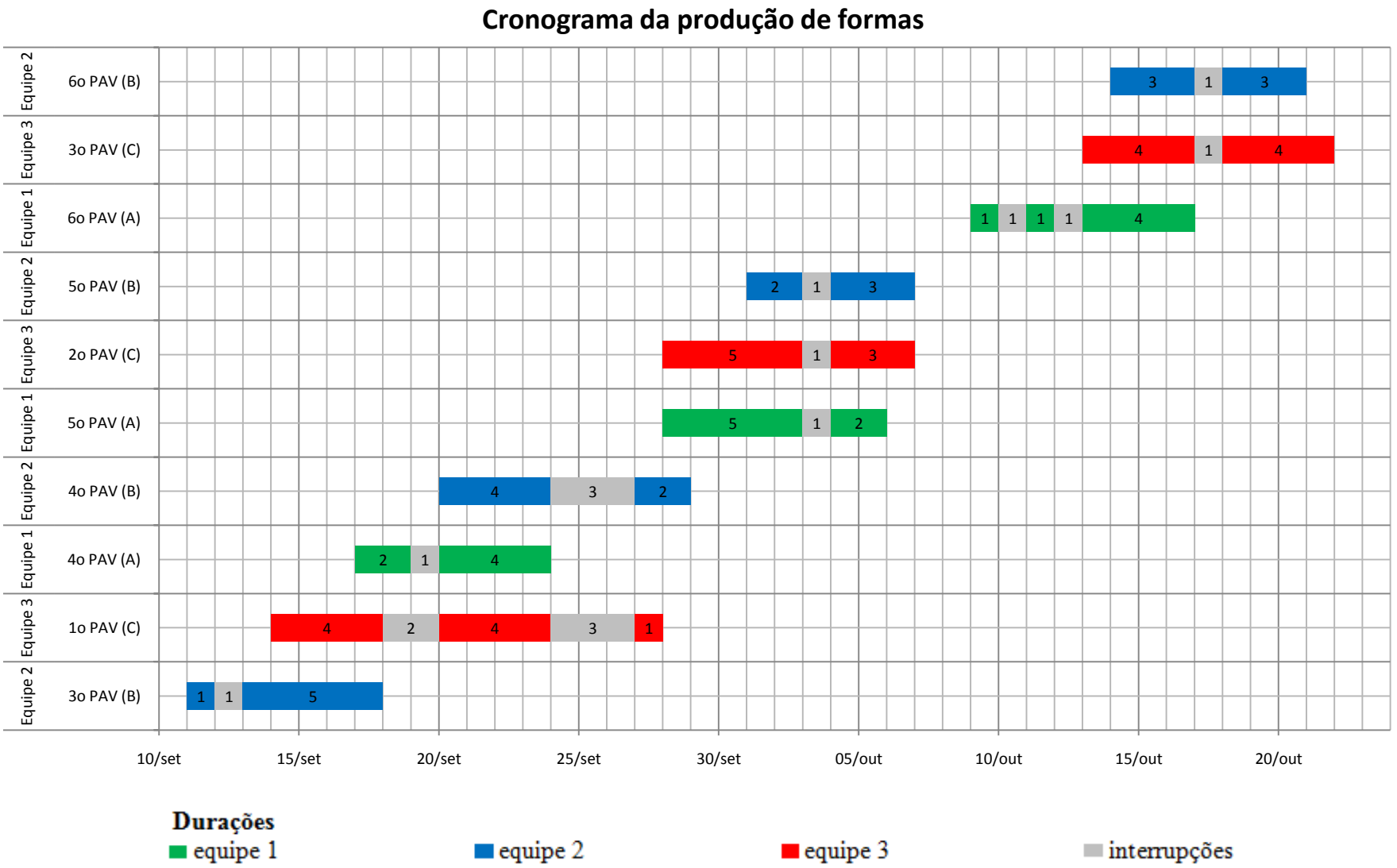


Figura 4.26 – Cronograma de produção de formas

Na Figura 4.26 a análise cronológica colocada na Figura 4.22 é melhor visualizada, mostrando as durações por equipe dos serviços e ainda as respectivas interrupções (domingo, feriados e anormalidades).

Sabendo que se estipulou a produção de um pavimento por equipe por semana, verifica-se que as equipes 1 e 2 se encontram condizentes a essa necessidade, exceto quando:

- A obra foi embargada por motivos de segurança (interrupção de 3 dias) – equipe 2 , 4º pavimento, Bloco B e
- Na presença de feriado (interrupção de 1 dia) – equipe 1, 6º pavimento, Bloco A.

Entretanto percebe-se ainda que a equipe 3 não conseguiu chegar ao nível de produção necessário até o final do período de medições. O fator influenciador da produtividade desta equipe será analisado mais adiante.

A seguir a Figura 4.27 tem a função de dar subsídios à investigação da produtividade de uma determinada subtarefa que se alterou mais no decorrer da execução dos serviços pelas equipes.

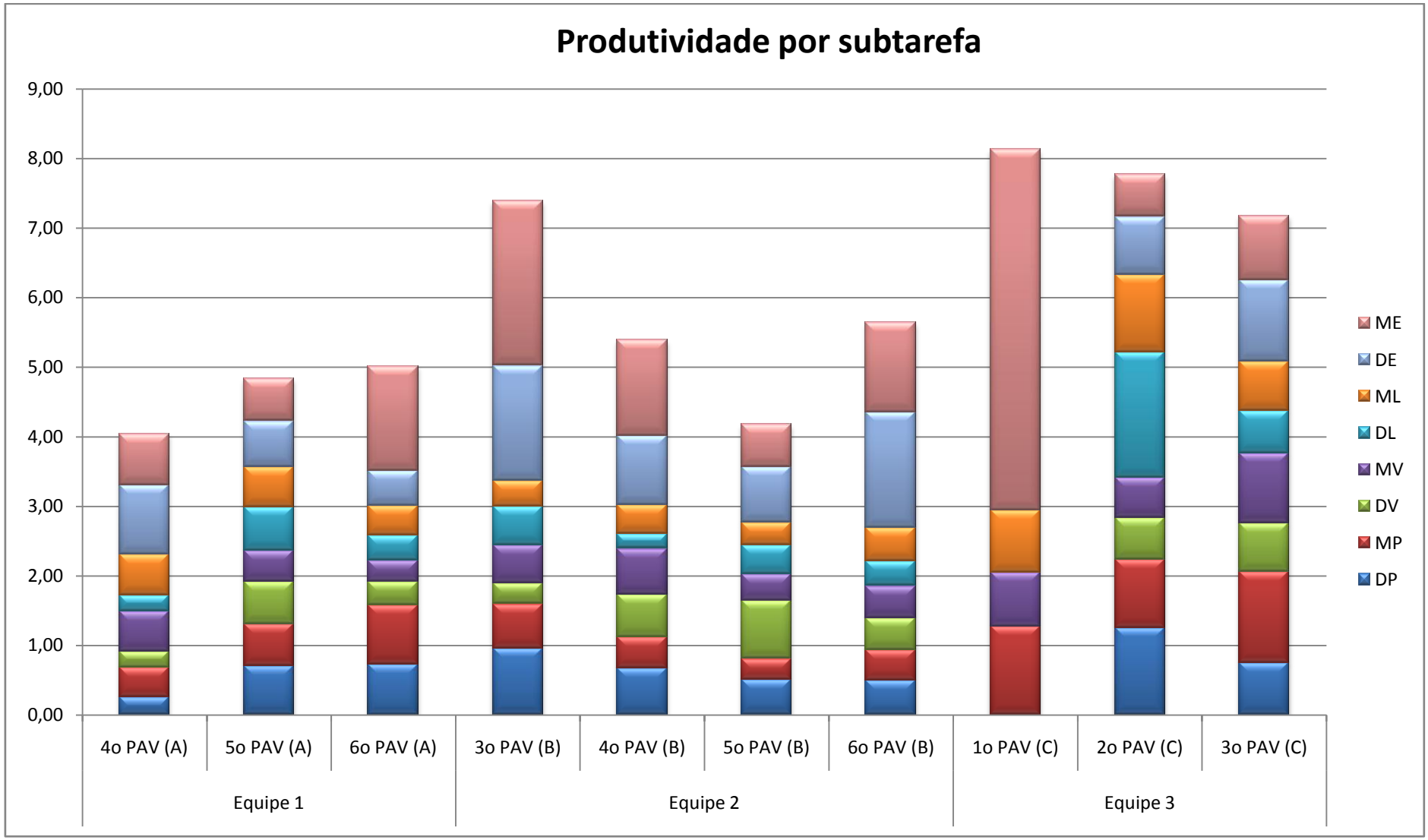


Figura 4.27 – Detalhes da produtividade cíclica por subtarefa

Verifica-se, a partir da Figura 4.27, que os serviços de montagem de escada (ME) e desforma de escada (DE) impactam negativamente na produtividade por possuírem proporcionalmente em relação aos demais, um grau de dificuldade mais elevado e pequeno quantitativo de produção (12,80 m^2).

No 1º pavimento do Bloco C não foram contemplados os serviços de desforma, assim como explicado no item 3.2.2.2, uma vez que não existem pavimentos que o antecedem.

Ainda em referência à Figura 4.27, percebe-se a baixa produtividade das diversas subtarefas da equipe 3 em relação às duas outras.

Pode-se considerar o serviço satisfatório para as equipes 1 e 2, porém a equipe 3 apresenta uma produtividade muito distante das demais, impactando negativamente no potencial de produtividade global. Os fatores que mais influenciaram a produtividade das equipes, gerando situações como essa, podem ser analisados como:

- Insatisfação do operário para com seu empregador: notou-se grande descontentamento da equipe 3 em relação à empresa contratante, visto que havia atraso do pagamento dos funcionários. A situação levou a uma grande troca de carpinteiros durante o período de medição, fazendo com que a produtividade da equipe caísse. Além disso, o inchaço do mercado e a conseqüente falta de mão-de-obra qualificada contribuíram para esse cenário.
- Fornecimento de concreto deficitário: Durante todo o período de medição percebeu-se grande dificuldade da empresa em estudo para com o fornecedor de concreto, uma vez que este não entregava o material dentro do horário combinado, fazendo com que o turno de trabalho fosse estendido. Além disso, ocorreram problemas de especificação do concreto em duas cargas – excessivo retardo da pega, uma delas na torre A e outra na torre C. A anormalidade apresentada levou a um atraso do serviço de montagem e desforma entre 28/09 a 04/10 já que na região problemática não se conseguia iniciar a montagem de pilares (fixação de mosquitos) do pavimento seguinte e nem desformar os elementos estruturais do pavimento recém executado, atrasando todo o serviço. Essa situação engloba o 5º pavimento A e o 2º pavimento C, sendo que para a torre C não é perceptível no gráfico uma baixa na produtividade em relação ao pavimento

anterior, uma vez que a situação mais impactante na equipe 3 – insatisfação do operário – já apresentava certa melhora.

A análise dos dados na busca de fatores que influenciam a produtividade é muito importante, pois busca corrigir situações que desfavorecem a eficiência da mão-de-obra ou mesmo perpetuar as práticas que favorecem a eficiência da mesma. A manutenção desse controle de produtividade permitirá ainda um dimensionamento melhor da equipe, além de se tornar uma ferramenta de cobrança de resultados para as equipes envolvidas.

4.4.7. Perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO)

Como foi feito para o serviço de armação, o índice PPMO que quantifica a perda de produtividade em relação à $RUP_{potencial}$, foi calculado também para o serviço de formas, porém se optou por fazer duas análises.

Na primeira análise, a PPMO foi calculada por equipe como é visto a seguir, a partir da equação (2.4):

- Equipe 1 - Considerando que 0,520 Hh/m^2 é a última $RUP_{cumulativa}$ do período de coleta e 0,496 Hh/m^2 é a $RUP_{pontencial}$, tem-se:

$$PPMO_1 = \frac{0{,}520-0{,}496}{0{,}496} x100(\%) \quad (4.3)$$

$$PPMO_1 = 4{,}83\% \quad (4.4)$$

- Equipe 2 - Sendo que 0,481 Hh/m^2 é a última $RUP_{cumulativa}$ do período de coleta e 0,433 Hh/m^2 é a $RUP_{pontencial}$, tem-se:

$$PPMO_2 = \frac{0{,}481-0{,}433}{0{,}433} x100(\%) \quad (4.5)$$

$$PPMO_2 = 10{,}99\% \quad (4.6)$$

- Equipe 3 – Levando-se em conta que 0,986 Hh/m^2 é a última $RUP_{cumulativa}$ do período de coleta e 0,944 Hh/m^2 é a $RUP_{pontencial}$, tem-se:

$$PPMO_3 = \frac{0{,}986-0{,}944}{0{,}944} x100(\%) \quad (4.7)$$

$$\mathrm{PPMO}_3 = 4{,}41\% \tag{4.8}$$

Pode ser verificado que a equipe 2 que obteve a maior PPMO (10,99%) também possui o maior potencial de produtividade (menor $\mathrm{RUP}_{\mathrm{potencial}}$), e com isso maior potencial de aumentar a eficiência de mão-de-obra, porém está perdendo produtividade mais que as outras, como pode ser visto na equipe 3 que apesar de apresentar a menor PPMO (4,41%), tem também o menor potencial de produtividade (maior $\mathrm{RUP}_{\mathrm{potencial}}$).

Para verificar o fluxo de PPMO despendido em cada ciclo, criou-se o gráfico apresentado na Figura 4.28 que representa o fluxo de $\mathrm{PPMO}_{\mathrm{equipe}}$.

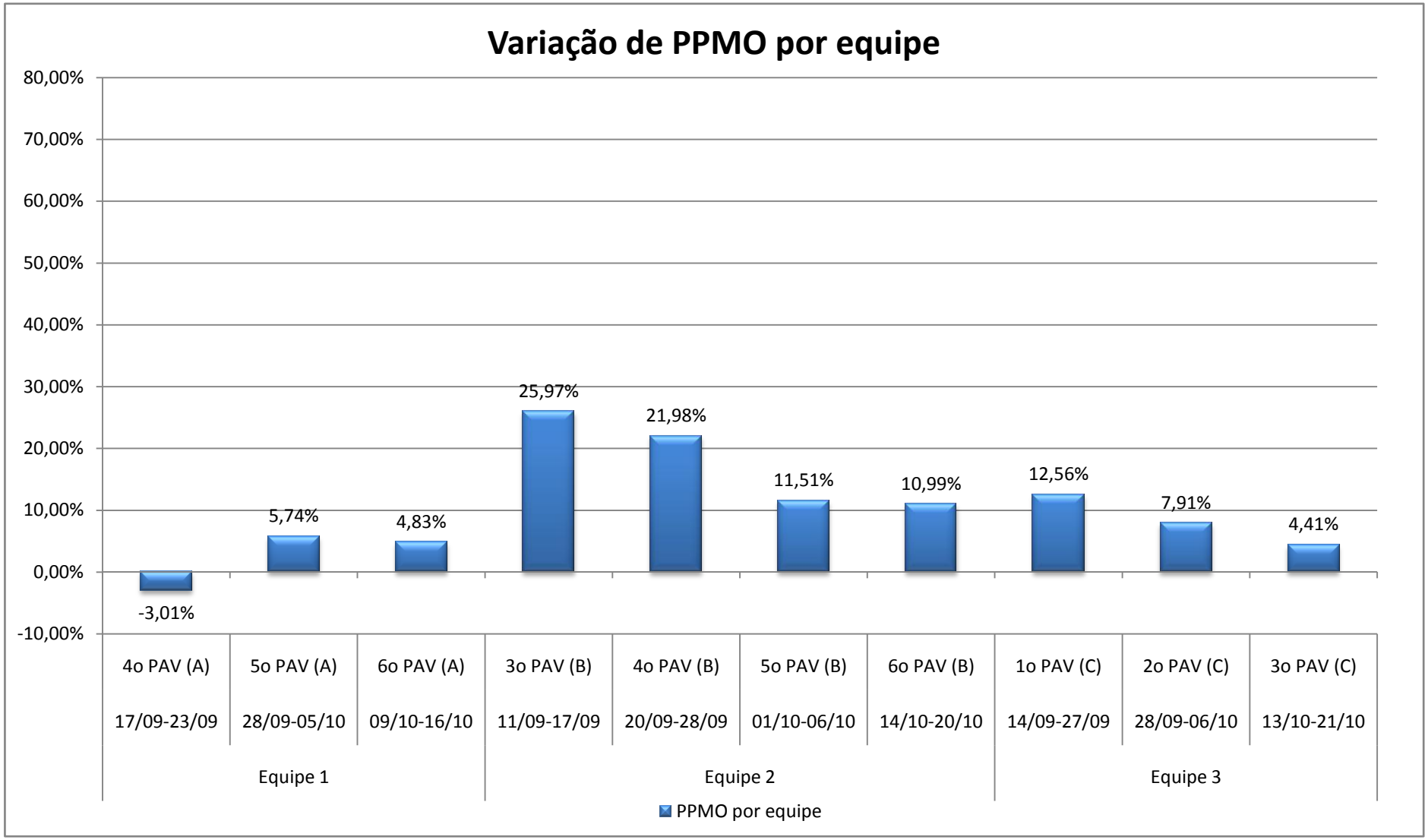


Figura 4.28 – Fluxo de variação de PPMO por equipe

Na segunda análise a PPMO foi calculada de forma global para todas as equipes, - considerando que 0,647 Hh/m^2 é a última $RUP_{cumulativa}$ do período de coleta e 0,511 Hh/m^2 é a $RUP_{pontencial}$, tem-se:

$$PPMO_{global} = \frac{0,647-0,511}{0,511} x100(\%) \quad (4.9)$$

$$PPMO_{global} = 26,65\% \quad (4.10)$$

O valor de 26,65% da $PPMO_{global}$ se mostrou muito alta devido a diferença de produtividade entre as equipes, já que dessa maneira é analisado um potencial em comum de todas as equipes. Esse resultado nos mostra que deve ser tomada uma ação a fim de nivelar a produtividade das equipes minimizando a perda de produtividade.

A seguir, para melhor visualizar o fluxo de $PPMO_{global}$, colocou-se os dados de maneira gráfica na Figura 4.29.

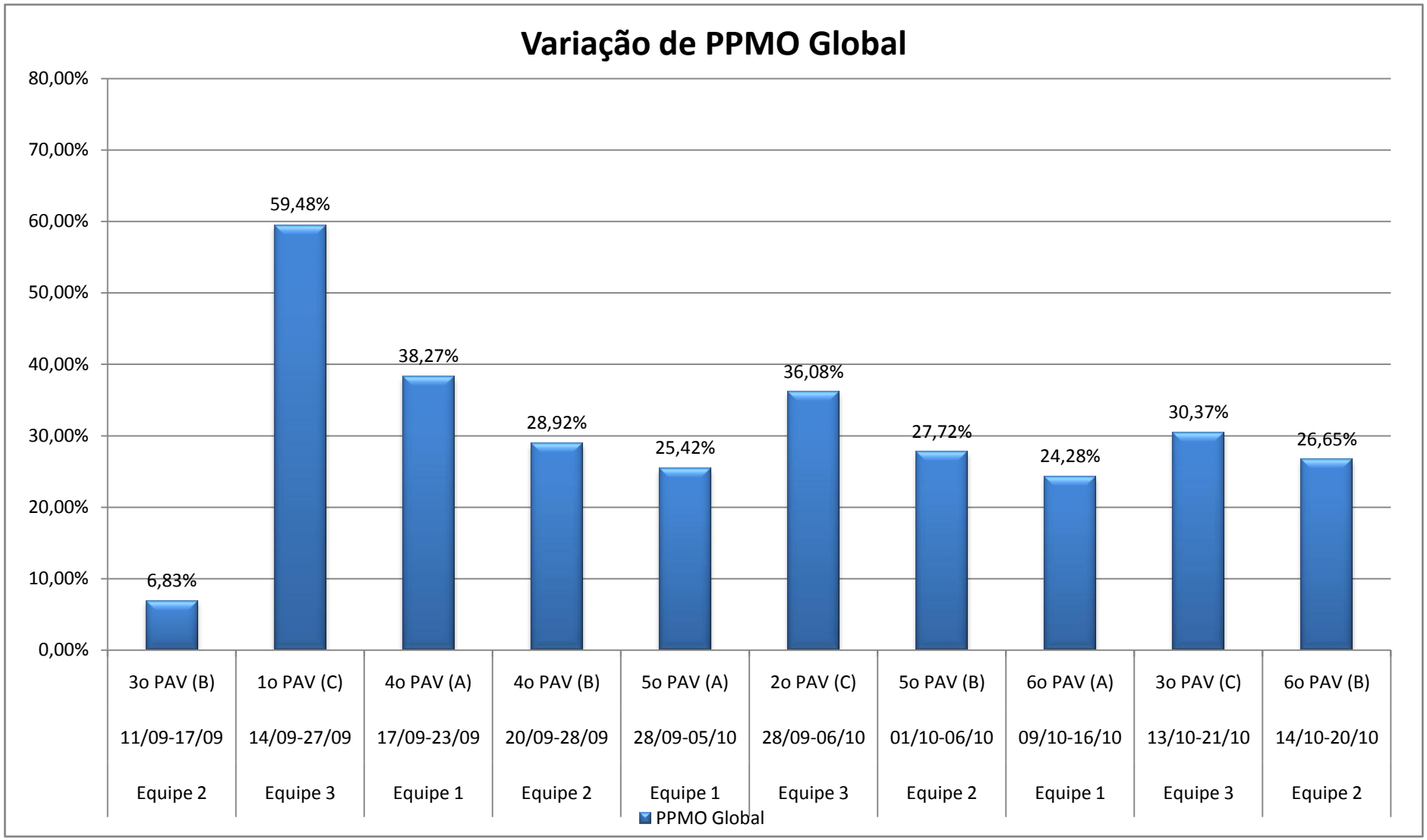


Figura 4.29 – Fluxo de variação de PPMO global

É importante verificar que as variações da $PPMO_{equipe}$ (Figura 4.28) e consequentemente as variações da $PPMO_{global}$ (Figura 4.29) tendem a diminuir demonstrando uma melhoria esperada no processo produtivo, como um efeito aprendizagem.

4.5. A UTILIZAÇÃO DOS ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE PARA MELHORIA DO PLANEJAMENTOE CONTROLE

A empresa em estudo atribui grande importância ao setor de planejamento e controle de obras, com isso antes do início de cada empreendimento cria-se o chamado Planejamento Meta, que é resultado de um estudo organizado de todos os parâmetros adotados na elaboração do orçamento, cronograma executivo e fluxo de caixa básico, para efeito de referência na obtenção dos controles gerenciais no desenrolar da obra e apuração de resultados.

Contudo, como a empresa não possui nenhum banco de dados de índices de produtividades dos diversos serviços da construção civil, o cronograma físico de longo prazo, ferramenta fundamental para o controle dos índices contemplados (físico, econômico, dentre outros), é pautado principalmente na experiência de seu corpo técnico, e com isso se mostra por diversas vezes incoerente com a realidade da obra.

O empreendimento em estudo prevê um cronograma de execução de 21 meses, o que é considerado, comparado às obras de mesma magnitude, enxuto. Nesta realidade a obra, no final de outubro de 2010, apresentava um atraso de aproximadamente de 30% em relação ao previsto, isto é, índice físico igual a 0,70. Segue gráfico (Figura 4.30) representativo do fluxo deste índice no decorrer da obra.

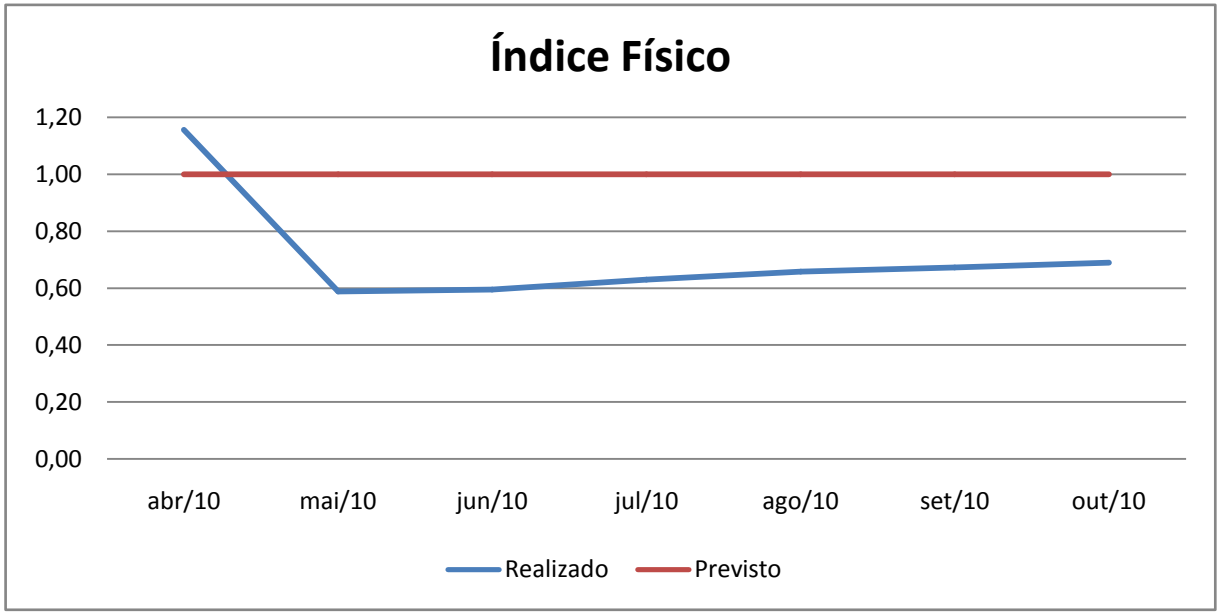
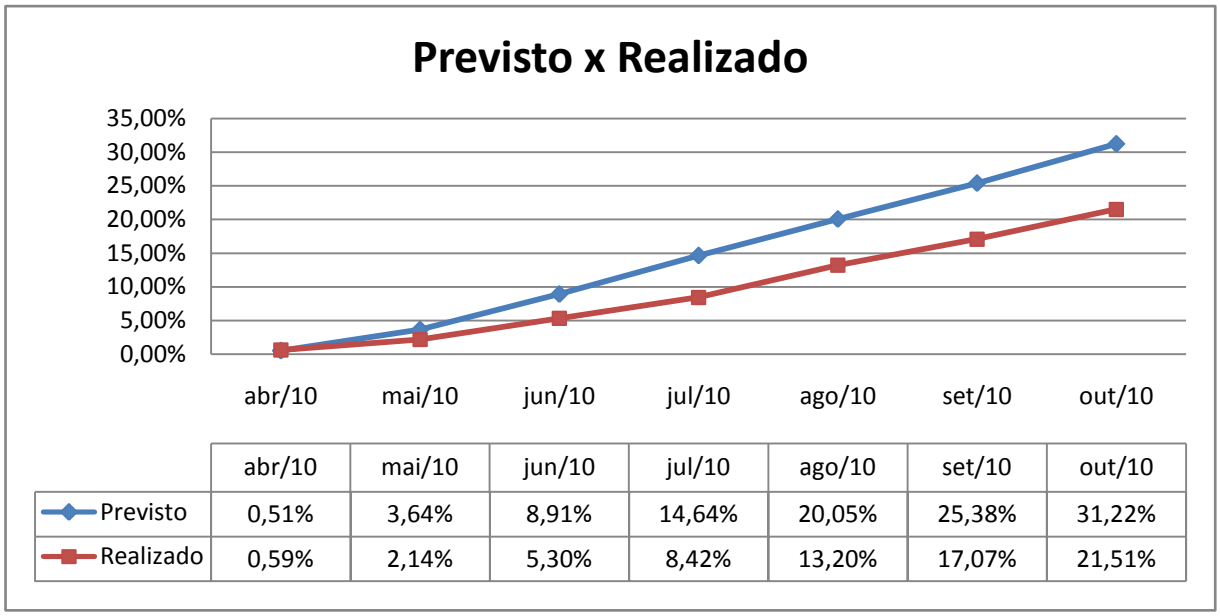


Figura 4.30 – Fluxo do índice físico

A partir da Figura 4.30, percebe-se que logo no segundo mês de execução da obra as diversas anormalidades levaram a uma queda exponencial do índice físico, chegando a valores menores que 0,60.

A seguir a Figura 4.31 mostra a comparação entre o percentual previsto e executado ao longo dos meses de execução da obra, apenas para título de visualização do cenário em que esta se encontra.



	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	ago/10	set/10	out/10
Previsto	0,51%	3,64%	8,91%	14,64%	20,05%	25,38%	31,22%
Realizado	0,59%	2,14%	5,30%	8,42%	13,20%	17,07%	21,51%

Figura 4.31 – Comparativo entre percentual previsto e realizado

Percebe-se a partir da comparação entre as Figuras 4.30 e 4.31 que o desvio contratual atual de 9,71% reflete um atraso de 30% no empreendimento, demonstrando que os trabalhos de planejamento e controle representam sobretudo medidas de contingência em casos como esse, tornando essas atividades mais importantes ainda.

Com os índices de produtividade apropriados é possível fazer projeções pautadas em uma realidade registrada na obra. As $RUPs_{cumulativas}$ globais podem ser utilizadas para realização de planejamento de longo, médio e curto prazo, entretanto nos casos em que esta foi detalhada em equipes, como feito no serviço de armação e formas, se torna interessante utilizar esses dados para realização do planejamento de curto prazo, uma vez que as projeções de execução dos serviços se tornariam ainda mais reais, pautadas não somente em uma produtividade global, mas na realidade de cada equipe.

Retomando ao fato da obra em estudo estar atrasada, a projeção de recuperação do avanço físico sendo feita com base nos índices coletados, dará um parâmetro real de quando a obra irá se recuperar e se será necessário aumentar a equipe de produção. Dessa maneira estas projeções também deixam o plano dos palpites e das intenções particulares, para algo fundamentado em análises técnicas.

Os dados, sendo coletados ao longo da execução de todo o serviço que se pretende controlar, permitirão analisar a variação da produtividade ao longo do serviço, chegando assim a um valor representativo deste, podendo subsidiar planejamentos de longo prazo e compor composições orçamentárias para futuras obras.

Em se tratando da influência sobre o orçamento, deve-se, principalmente, atribuir corretamente o indicador de produtividade ($RUP_{cumulativa}$ – utilizado por apresentar um valor acumulado de todas as $RUPs_{diárias}$, levando-se em conta a existência de anormalidades e com isso se torna representativo do ocorrido na obra) na composição unitária, isto é, coerente à realidade da empresa.

Para o serviço de armação o indicador utilizado se apresentou próximo ao medido, 0,060 Hh/kg e 0,066 Hh/kg ($RUP_{cumulativa}$), respectivamente. Já para o serviço de forma verificou-se grande divergência dos valores, sendo que o empregado e o medido, respectivamente, foram 1,500 Hh/m^2 e 0,647 Hh/m^2.

A existência de diferenças significativas pode levar a aquisição de valores errôneos no orçamento realizado, prejudicando todo um futuro controle de índices econômicos, mostrando que determinada atividade está mais barata ou mais cara de acordo com o indicador utilizado, falseando a realidade dos custos.

CAPÍTULO 5
CONCLUSÃO

Este capítulo se refere às conclusões gerais que puderam ser comprovadas por esse trabalho e ainda às sugestões para futuros trabalhos nesta área.

5.1.CONCLUSÕES GERAIS

O trabalho de implantação de indicadores de desempenho em empresas de construção civil costuma enfrentar diversas dificuldades, que vão desde a resistência da equipe de produção até do gerente da obra. Entretanto o empreendimento em estudo apresentou grande receptividade às novas rotinas implantadas de medição de desempenho dos serviços de forma e armação.

Este estudo cumpriu o principal objetivo, no que tange a implantação de medições de desempenho, tendo como objetos indicadores de produtividade e fatores relacionados aos processos produtivos que influenciam a produtividade.

Obteve-se êxito no que se refere à coleta dos fatores que interferem na mão-de-obra, ficando claro, por exemplo, a importância do papel de fornecedores, visto que neste estudo um dos momentos de queda de produtividade no serviço de formas se deu pela inadequada especificação do concreto. Porém, vale ressaltar que o processo de coleta de fatores deve ser aprimorado continuamente, pois foram encontradas dificuldades em campo em elencar fatores que potencialmente interfeririam na produtividade das equipes de produção.

Em continuidade do proposto, o cálculo dos índices de produtividade e de perda de produtividade de mão-de-obra (PPMO), apresentados graficamente, elucidou a situação vivida na obra, podendo ser possível comparar as equipes e avaliar as que tinham maior potencial de aumento de produtividade, e estabelecendo uma ferramenta de cobrança e de cumprimento de metas.

Como objetivos secundários deste trabalho, comprovamos que os índices obtidos têm um importante papel nas atividades de planejamento nos diversos níveis gerenciais, assim como na elaboração do orçamento. Nesse contexto verificou-se que o índice de produtividade no qual o serviço de formas foi orçado, estava numericamente cerca de três vezes maior (menor produtividade) do que o apropriado nas medições, repercutindo em um dimensionamento inadequado da mão-de-obra. Dessa forma, as $RUPs_{cumulativas}$ globais podem ser utilizadas para alimentar o planejamento de curto, médio e longo prazo e subsidiar composições orçamentárias da empresa, enquanto as RUPs calculadas por equipe podem respaldar mais ainda em nível de curto prazo.

Este estudo e seus resultados de curto e longo prazo estão de acordo com alguns princípios da Construção Enxuta, comentados ao longo da revisão bibliográfica. Quanto à forma que se estabeleceu a pesquisa, percebe-se o **foco no controle do processo** devido à metodologia adotada, onde além de se coletar dados quantitativos de cada subtarefa, coletaram-se os fatores que a interferiram, demonstrando uma forma de controle que registra praticamente qualquer anormalidade que tenha acontecido durante a produção. Como consequência desse processo de monitoramento há a **redução da variabilidade**, onde as falhas e suas causas são identificadas mais facilmente, levando a **redução das parcelas de atividades que não agregam valor**, garantindo a **diminuição dos tempos de ciclo**. Já em relação aos resultados obtidos, é visto **o aumento da transparência** nos processos, devido à apresentação de índices de produtividade compatíveis com a realidade, que futuramente poderão ser mais discutidos com as equipes de produção. Esses indicadores, futuramente, ainda poderão compor um sistema de **benchmarking,** para comparar obras e até mesmo a empresa com outras do setor, buscando assim as melhores práticas que determinarão os métodos produtivos. Todos esses princípios culminam em um último que é a **melhoria contínua** dos processos, percebida por essa busca permanente de formas gerenciais que trarão benefícios para a obra e para a empresa.

Os resultados confirmam as diversas vantagens obtidas pelas medições de desempenho, a continuidade do trabalho é imprescindível para a melhoria da produtividade e do planejamento e controle nas obras da empresa.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Novos estudos relacionados a este assunto poderiam contemplar:

- **Implantação de indicadores de produtividade de outros serviços**, principalmente aqueles que mais impactam no cronograma de execução da obra, ou seja, aqueles que compõem o caminho crítico do planejamento;
- **Mapeamento de processos que estão com baixa produtividade**, identificando assim falhas em etapas de processamento, podendo essas serem mitigadas em prol do aumento da eficiência da mão-de-obra;
- **Estabelecimento de formas mais concisas de integração entre planejamento e controle da produção, qualidade e produtividade**, através da proposição de novas medições de desempenho que estabeleçam índices que contemplem ao mesmo tempo as variáveis dessas áreas;
- **Proposição de um modelo de integração entre a equipe de produção e a equipe de controle nas obras**, de maneira que os índices sejam apresentados a todos, propagando o princípio da transparência e incentivando a equipe de produção a contribuir com idéias para o aumento da eficiência da mão-de-obra.

REFERÊNCIAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 9001**: Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro, 2008, 28 p.

ARAÚJO, Luís Otávio Cocito, **Método para a previsão e controle da produtividade da mão-de-obra na execução de formas, armação, concretagem e alvenaria**, 2000, 374 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ARAÚJO, Luís Otávio Cocito; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Avaliação da gestão de serviços de construção, **II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído**, Fortaleza, 2001, 11 p.

ÁVILA, Antônio Victorino, JUNGLES , Antonio Edésio .**O método PERT-CPM**, 2003, 61 p. ECV5318, Programa de educação Tutorial – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://pet.ecv.ufsc.br/site/downloads/apoio_did%E1tico/ECV5318%20-%20Planejamento_cap06.pdf> Acesso em 18 de ago de 2010.

BERNARDES, Maurício Moreira e Silva, **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 288 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Núcleo Integrado para Inovação da Edificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

FERREIRA, Emerson de Andrade Marques et al. Análise dos fatores condicionantes da produtividade do serviço de formas estruturais, **IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Foz do Iguaçu, 2002, p. 1719-1728.

FORMOSO, Carlos Torres, **A knowledge based framework for planning house buildings projects.** 1991. 327 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford, UK, 1991.

JUNQUEIRA, Luiz Eduardo Lollato, **Aplicação da Lean Construction para Redução dos Custos de Produção da Casa 1.0®**, 2006. 146 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção da Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. **The balanced scorecard: measures that drive performance.** Harvard Business Review, Boston, USA, 1992. p.71-79.

KOSKELA, Lauri, **Application of the new production philosophy to construction.** 1992. 75 p. Technical Report n. 72 – Center For Integrated Facility Engineering, Stanford University, Palo Alto, 1992.

LANTELME, Elvira Maria Vieira *et al*. **Gestão da Qualidade na Construção Civil**: Estratégias e Melhorias de Processos em Empresas de Pequeno Porte - Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil. Volume 2. 2001. 104 p. Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras:** dicas para orçamentistas – Estudos de caso – Exemplos. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006. 281 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2010. 420 p.

MEDEIROS, Heloísa. **O GAP da engenharia cobra a conta**. Revista Téchne. 161 ed. São Paulo: Pini, 2010. 112 p.

MENDES JUNIOR, Ricardo, **Programação da Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos,** 1999. 196 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

NEELY, Andy. The performance measurement revolution: why now and what next? **International Journal of Operations & Production Management**, Cambridge, UK, v. 19, n. 2, p. 205-228, 1999.

OHASHI, Eduardo Augusto Maués; MELHADO, Sílvio Burrattino. A importância dos indicadores de desempenho nas empresas construtoras e incorporadoras com certificação ISO 9001:2000, **X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, 2004, 12 p.

SERRA, Sheila Mara Baptista; BRANCO JR., Antônio Simões. A prática da subempreitada na construção civil da cidade de são carlos, **III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção,** São Carlos, 2003.10 p.

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

BIBLIOGRAFIA

BARBOSA, Ava Santana; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Uso dos indicadores de desempenho nas empresas construtoras brasileiras, **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Canelas, 2010, 9 p.

COELHO, Henrique Otto; FORMOSO, Carlos Torres. Planejamento e controle da produção em nível de médio prazo: funções básicas e diretrizes de implementação, **III Simpósio Brasileiro de Economia e Gestão da Construção**, São Carlos, 2003, 10 p.

LORENZON, Itamar Aparecido; MARTINS, Roberto Antonio. Mudanças na medição de desempenho ocorridas com a adoção da construção enxuta: estudos de caso, **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Canelas, 2010, 11 p.

SILVA, Luciano Corrêa; BRANDSTETTER, Maria Carolina G. Oliveira. Metodologia para cálculo do indicador de produtividade através da razão unitária de produção (RUP) para o processo de armação de estruturas de concreto, **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Canelas, 2010, 10 p.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra:** manual de gestão da produtividade na construção civil. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006. 100 p.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de; AGOPYAN, Vahan. **Estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de formas para estruturas de concreto de armado**, 1996, 15 p. Boletim Técnico – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de; ARAÚJO, Luís Otávio Cocito de. **Subsídios para a melhoria da produtividade da mão-de-obra no processo de produção de armaduras no âmbito da organização do trabalho**, 2006, 18 p. Boletim Técnico – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.