

**PECE-Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica**  
Pós-Graduação *Lato Sensu* - Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios



**Paulo Eduardo Rosa Lima**

**"AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE UM MÉTODO  
PARA AUXILIAR NA ESCOLHA DE SISTEMA DE TRANSPORTE  
PARA A PRODUÇÃO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS:  
ESTUDO DE CASO PARA A OPÇÃO ENTRE O ELEVADOR DE  
OBRAS E A GRUA COMO RESPONSÁVEL PELO TRANSPORTE  
VERTICAL"**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios.

Área de Concentração:  
Tecnologia e Gestão da Produtividade

Orientador:  
Prof. Dr. Ubiraci E. Lemes de Souza

ESP/TGP  
L628a



Escola Politécnica - EPBC



31200061752

[1427655]

ESP / TGP  
L 628a

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Augusto e Iraci que colaboraram para que este momento fosse possível.

A minha querida Ana Rosa e Jorge Ricardo pela cooperação no desenvolvimento desta monografia.

Aos professores e aos funcionários da USP com quem tivemos a oportunidade de conviver, em alguns casos pela oportunidade de ser seus alunos, e sempre pelo exemplo do seu trabalho, Professor Silvio Burratino Melhado, Professora Mércia Maria Semensato Botura de Barros, e aos demais professores do departamento que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Aos alunos que participaram das pesquisas realizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

À Construtora Sarti Mendonça Eng. Ltda, pela participação e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu amigo Tadeu Nakamura pelo carinho e paciência que nos incentivaram à conclusão deste trabalho.

A todos que com seu exemplo, apoio e incentivo contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado.

## **RESUMO**

Este trabalho discute uma forma organizada para se avaliar quaisquer métodos que sejam propostos para balizar a escolha de um sistema de transportes de materiais para obras de construção de edifícios.

Após uma introdução relativa ao entendimento dos transportes em obra, apresenta-se um caminho para se avaliar proposições para escolha de sistemas de transporte.

Utiliza-se, como estudo de caso, um método para escolha do sistema de transportes proposto para ser utilizado em uma obra da Empresa Sarti Mendonça.

## **ABSTRACT**

### **EVALUATING A PROPOSED METHOD TO HELP CHOOSING A SITE MATERIAL TRANSPORTATION SYSTEM FOR BUILDING CONSTRUCTION: CASE STUDY ANALYSING LIFT AND TOWER CRANE**

This paper presents a structured approach to evaluated methods proposed to help choosing material transportation systems for building construction sites.

It begins with a brief discussion about transportation issues. After that, it describes the proposed approach to deal with the proposed methods evaluation.

An actual construction site (runned by the contractor named Sarti Mendonça) is used as basis for the proposed structured approach utilization.

## **SUMÁRIO**

### **AGRADECIMENTOS**

### **RESUMO**

### **“ABSTRACT”**

### **1 INTRODUÇÃO** 7

**1.1 A importância do estudo do transporte nos canteiros de obras no mercado atual** 7

**1.2 Objetivos do trabalho** 10

**1.3 Metodologia** 11

### **2 VISÃO ANALÍTICA DO TRANSPORTE DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO** 14

#### **DE EDIFÍCIOS**

**2.1 Abordagem proposta pôr Souza** 15

**2.2 Abordagem proposta pôr Lichtenstein** 17

**2.2.1 Aspectos gerais** 17

**2.2.2 Demandas pôr transporte** 19

**2.2.3 A escolha do sistema de transporte** 20

**2.3 Abordagem proposta pôr Ferreira** 24

**2.3.1 Introdução** 24

**2.3.2 Método para a definição do sistema de transporte** 24

<b>3 ORGANOZAÇÃO DOS ASPECTOS A CONTEMPALAR QUANTO A UMA</b>	<b>30</b>
<b>VISÃO ANALÍTICA PARA A ESCOLHA DE UM SISTEMA DE TRANSPORTES</b>	
<b>DE MATERIAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS</b>	
<b>4 AVALIAÇÃO DE MÉTODO PROPOSTO PARA A DEFINIÇÃO DO</b>	<b>32</b>
<b>SISTEMA DO SISTEMA DE TRANSPORTES DE UMA OBRA DE</b>	
<b>CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS</b>	
<b>4.1 Contextualização</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Método escolhido</b>	<b>34</b>
<b>4.3 Entendimento conceitual do método</b>	<b>34</b>
<b>4.4 Aplicação do método a uma obra real</b>	<b>37</b>
<b>4.4.1 Descrição da obra a ser estudada</b>	<b>37</b>
<b>4.4.2 Aplicação do método para o levantamento de sistemas</b>	<b>37</b>
<b>de transportes viáveis para a obra</b>	
<b>4.4.2.1 Cronograma de serviços</b>	<b>38</b>
<b>4.4.2.2 Escolha dos materiais a estudar</b>	<b>39</b>
<b>4.4.2.3 Massa total pôr material escolhido</b>	<b>40</b>
<b>4.4.2.4 Cronograma de demanda pôr materiais</b>	<b>40</b>
<b>4.4.2.5 Definição do sistema a estudar</b>	<b>42</b>

<b>4.4.2.6 “Layout” do canteiro</b>	<b>42</b>
<b>4.4.2.7 Critérios para cálculo dos tempos demandados</b>	<b>44</b>
<b>4.4.2.8 Tempo total de transporte</b>	<b>48</b>
<b>4.4.2.9 Tempo demandado x Tempo disponível</b>	<b>49</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>52</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DO TRANSPORTE NOS CANTEIROS DE OBRAS NO MERCADO ATUAL.**

O cenário atual indica a necessidade de estudos de intervenções no processo de transporte em canteiro de obras de edifícios de múltiplos andares . A construção civil está sofrendo uma revolução que tem induzido mudanças no processo construtivo como forma a se buscar sua otimização.

A queda da inflação, assim como a presença de um consumidor cada vez mais exigente, somados à falta de capital e ao aumento da competitividade entre as empresas, são fortes indutores de mudanças na Construção Civil (LICHENSTEIN ,1987).

Tais mudanças ajudaram a valorizar a busca por eficiência no uso dos recursos físicos: materiais, mão de obra e equipamentos.

A evolução da Indústria da Construção Civil tem basicamente duas vertentes de desenvolvimento, a busca de um melhor desempenho do produto; e a redução dos custos de produção através da racionalização do processo (SOUZA, 2000).

"Apesar dos baixos índices de qualidade e produtividade decorrentes do atraso tecnológico do setor, ocasionando altos custos de produção e manutenção, existia, no passado, um mercado para os produtos da construção civil, que estava disposto a pagar os preços estabelecidos, possibilitando altos lucros para as empresas " ( SOUZA, 2000)

Devido às modificações do cenário, o preço de venda passou a ser definido pelo mercado consumidor, sendo necessária uma redefinição dos custos para se garantir uma determinada margem de lucro; portanto, tornaram-se fundamentais os estudos detalhados de todos os processos construtivos de um edifício, a fim de se minimizar o valor final do empreendimento e se assegurar a qualidade do produto final.

Para atender às normas de um mercado cada vez mais competitivo, exigindo a melhoria da qualidade e, principalmente, a produtividade nas atividades

de construção, torna-se necessário o estudo de um sistema de transportes adequado para cada tipo de obra, a fim de se atender às exigências do mercado.

Através de estudos realizados, verificou-se que um terço do tempo disponível da mão-de-obra está relacionado a movimentações nas obras; portanto, a escolha do sistema de transporte é fundamental (SOUZA, 2000).

A importância do tema se evidencia quando se depara com situações onde as escolhas relativas aos sistemas de transporte para o canteiro de obras não levaram em consideração algumas premissas necessárias para a otimização de custos.

Dentro deste contexto, este trabalho procura dar uma contribuição à discussão da escolha de sistemas de transporte, analisando o processo de opção entre o uso de elevador de obras ou da grua como principal equipamento de transporte para uma obra de construção. Com isto se imagina estar ajudando na otimização do uso dos recursos físicos denominados equipamentos, o que pode ter reflexos positivos quanto aos demais recursos demandados pela construção.

Portanto, se imagina estar contribuindo para ter-se empresas de construção mais competentes.

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Considerando-se a importância de uma escolha adequada quanto ao sistema de transporte para obras de construção de edifícios e levando-se em consideração que estão surgindo propostas quanto a técnicas para subsidiar tal escolha, acredita-se ser relevante a discussão de uma abordagem crítica quanto a tais técnicas.

Dentro deste contexto, e aproveitando a oportunidade de o autor estar envolvido com a definição do equipamento para o transporte vertical em uma obra de construção de edifícios, este trabalho procura contribuir para melhorar o processo de definição do sistema de transporte para canteiros de obras.

Os objetivos podem ser assim definidos :

- Objetivo global

Avaliação crítica quanto à aplicabilidade de método para a escolha do sistema de transporte para a construção de edifícios.

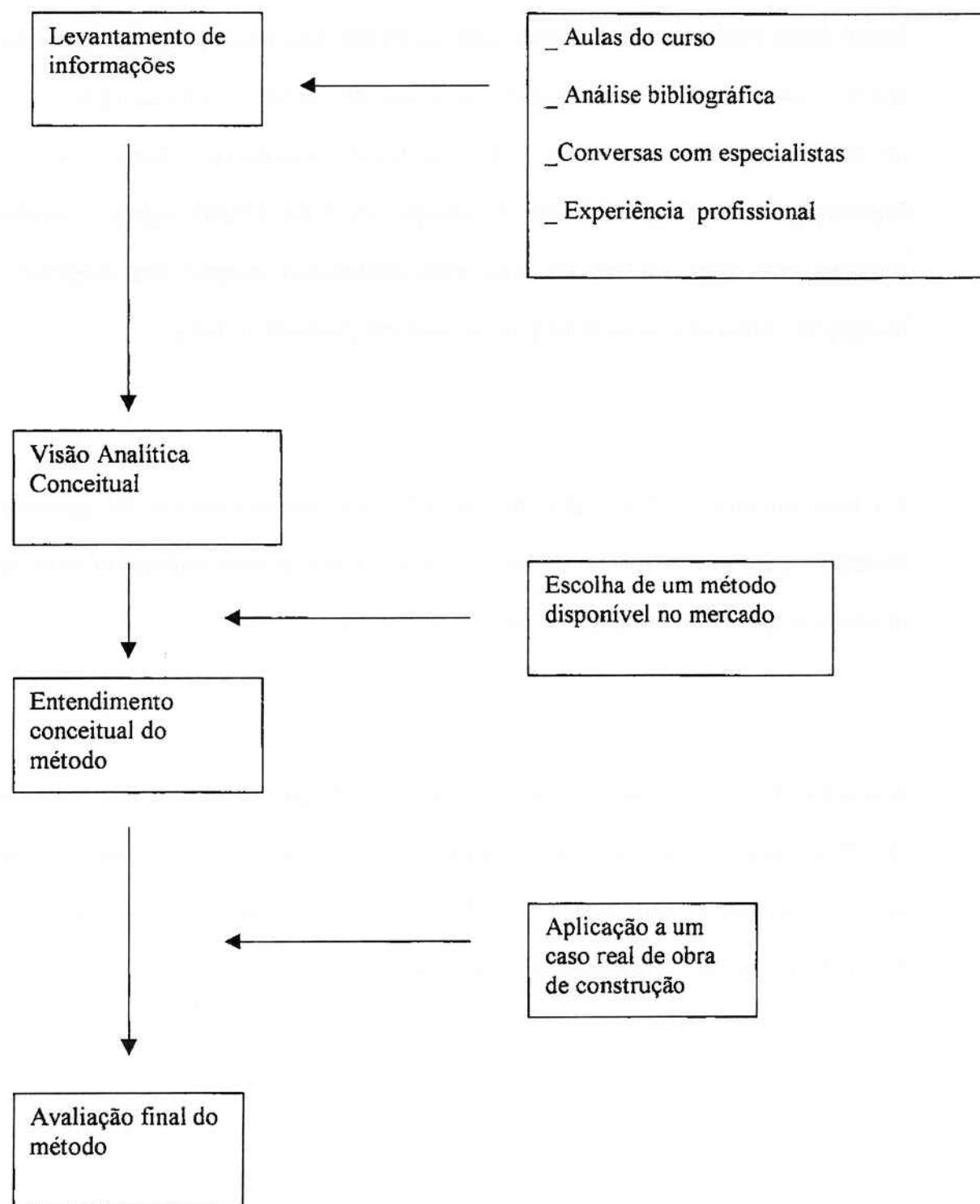
#### Objetivos intermediários

- a) organizar uma visão analítica de sistemas de transporte de materiais para obras de construção de edifícios;
- b) entender conceitualmente um método para a seleção de sistema de transporte disponível no mercado da construção;
- c) discutir vantagens e desvantagens na utilização de tal método.

### 1.3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos indicados no item 1.2, este pesquisador seguiu os passos mostrados na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Metodologia para o desenvolvimento do trabalho.



Como etapa preliminar do trabalho, passou-se por uma reunião de conhecimentos sobre o assunto, tendo por fontes: as aulas do curso de especialização; uma revisão bibliográfica quanto aos principais textos acadêmicos desenvolvidos no Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP sobre o assunto; reuniões com especialistas na área para discussões quanto aos sistemas de transporte; reflexão quanto à própria experiência pessoal no tema.

Tal levantamento permitiu uma organização dos conhecimentos de maneira a constituir, para este autor, uma base analítica conceitual para análise de propostas relativas à escolha dos equipamentos de transporte.

A oportunidade de utilizar um método, para a definição do sistema de transporte de obra gerenciada pelo pesquisador, proposto por consultor da empresa, propiciou a oportunidade para avaliação. Tal método pode ser, então, discutido à luz da base conceitual desenvolvida no passo anterior.

Sua utilização na obra citada permitiu, ainda, a realização do estudo de caso onde outras avaliações foram feitas com base na própria utilização do equipamento de transporte escolhido, facilitando a avaliação final do método.

## **2 VISÃO ANALÍTICA DO TRANSPORTE DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

Este capítulo reúne discussões feitas em trabalhos acadêmicos consultados por este autor, onde se analisam as partes que compõem um sistema de transporte e os raciocínios envolvidos na estimativa de sua capacidade.

Os ensinamentos aqui abordados constituem o embasamento para a definição de uma visão analítica para o posterior entendimento e avaliação de um método proposto para se optar entre diferentes possibilidades para composição do sistema de transporte de uma obra.

As três abordagens, aqui citadas, são devidas a 3 pesquisadores acadêmicos : Prof. Dr. Ubiraci E. Lemes de Souza, Prof. Dr. Norberto Blumenfeld Lichtenstein e Prof Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira.

Após a apresentação das 3 abordagens, este autor fez um breve resumo dos ensinamentos absorvidos de maneira a organizá-los para compor a base para as discussões posteriores.

## 2.1 ABORDAGEM PROPOSTA POR SOUZA

O sistema de transporte de materiais pode ser descrito conforme demonstrado na Figura 2.1.

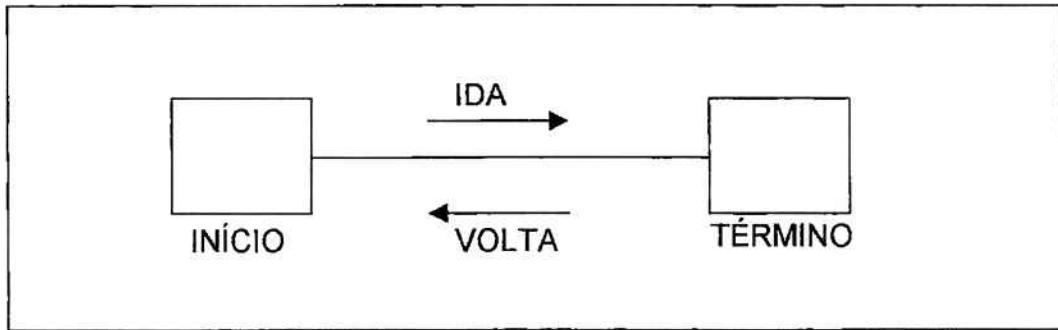


Figura 2.1 – Visão analítica de um sistema de transportes de materiais.

A Figura 2.1 exemplifica o sistema de movimentação de materiais, considerando:

(1) Início, local onde o equipamento de transporte deverá recolher o insumo; (2) Ida, movimento de transporte até o local onde será aplicado o insumo; (3)

Término, local onde o equipamento de transporte deverá depositar o insumo e; (4) Volta, movimento de transporte até o local de carregamento inicial.

Este método analítico propõe o dimensionamento dos materiais a serem transportados de acordo com os equipamentos adequados, vias de transporte e tempos de ida e volta, caracterizando, assim, o número de ciclos necessários.

A abordagem analítica facilita a percepção das oportunidades de melhoria de um sistema de transporte. Existem ações a serem tomadas que podem minimizar o número de ciclos gastos no transporte de materiais; o transporte de materiais envolve, ainda, um movimento de ida e de volta, onde quanto maior a distância a ser vencida, maior o gasto real de tempo. A própria finalização do ciclo, uma vez facilitada, pode reduzir o tempo demandado. Percebe-se, pois, que todas as

análises feitas no decorrer desta monografia devem levar em consideração a visão analítica do transporte.

## **2.2 ABORDAGEM PROPOSTA POR LICHTENSTEIN**

### **2.2.1 ASPECTOS GERAIS**

"O sistema de transporte, na produção de qualquer bem industrial, está intimamente relacionado à organização da produção deste bem. Obviamente, isto também se aplica à construção de edifícios" (LICHTENSTEIN, 1987).

Qualquer modelo que se pretenda desenvolver, para o dimensionamento do sistema de transporte na construção de edifícios, deve ser baseado no planejamento e programação da execução da obra, ou seja, considerar o sistema construtivo adotado, a seqüência de operações previstas e o cronograma de execução dessas operações.

Assim, no sentido da montagem de um roteiro de dimensionamento do sistema de transporte, são necessárias algumas colocações prévias a respeito das técnicas de planejamento da obra.

O processo de construção pode ser simplificadamente considerado em termos de uma coleção de tarefas básicas que envolvem e requerem os seguintes recursos : materiais, mão de obra, equipamentos e tempo.

Em função do porte da obra a executar, pode-se ter em mãos uma questão bastante complexa para coordenar todas as tarefas, com seus insumos, de forma que sejam evitados desperdícios.

Decorre, então, ser de inestimável valia e importância uma atividade de planejamento que vise a ordenar previamente cada uma das tarefas básicas, obedecendo ao seu encadeamento lógico e objetivando o melhor desenvolvimento da obra.

O planejamento, em sua forma mais usual e convencional, passa por algumas etapas típicas. Essas etapas do planejamento são ordenadas e estabelecem entre si uma relação de precedência lógica. A escolha do sistema de

transporte tem de ser realizada coerentemente com o planejamento de uma maneira geral.

### **2.2.2 DEMANDA POR TRANSPORTE**

Segundo LICHTENSTEIN, não basta a quantificação de serviços baseada no projeto executivo. Para a elaboração de um cronograma de demanda por transportes são necessários dois índices para cada tipo de serviço a ser executado:

- Índice de produtividade da mão de obra;
- Índice de consumo unitário de materiais.

Uma das premissas necessárias para a aplicação de seu modelo seria a execução de um cronograma de obra, com base no qual se poderia, a partir dos índices citados, definir quanto de materiais e mão de obra é necessário a cada momento de produção de um edifício.

### **2.2.3 A ESCOLHA DO SISTEMA DE TRANSPORTE**

O método para dimensionamento e escolha do sistema de transporte apresentado por LICHTENSTEIN parte do estabelecimento do cronograma da obra a ser estudada.

A partir do cronograma de execução da obra, o autor divide-a em algumas fases, às quais atribui diferentes contextos, que influenciariam diferentemente a escolha do equipamento:

- **Fase A : Estrutura** – fase em que somente é executada a superestrutura do edifício;
- **Fase B : Estrutura e Alvenaria** – fase em que são executadas, simultaneamente, a estrutura dos pavimentos superiores e a alvenaria dos pavimentos inferiores;
- **Fase C : Estrutura, Alvenaria e Revestimento Interno** – fase em que são executadas simultaneamente a estrutura dos pavimentos

superiores, alvenaria dos pavimentos intermediários e o revestimento interno dos pavimentos inferiores;

- **Fase D : alvenaria e revestimento interno;**
- **Fase E : revestimento interno e externo;**
- **Fase F : revestimento externo.**

São levados em consideração , para cada fase da obra, a capacidade de carga dos equipamentos, o tempo gasto no transporte, o material a ser transportado, o custo do equipamento e o tempo total do ciclo. Listam-se, entre os equipamentos estudados, o elevador de obra e a grua.

Foram estabelecidos os materiais a serem transportados em cada fase, tomando-se como base a curva ABC de insumos, escolhendo-se os materiais com maior gasto ao longo de todas as fases. A partir dos critérios citados, foram escolhidos os seguintes materiais como base para o estudo do sistema de transporte :

- concreto;
- aço;
- tijolos;
- argamassa.

Cada fase é estudada isoladamente, estabelecendo-se os parâmetros e critérios para a determinação dos tempos disponíveis para cada material e componente.

Finalmente, do confronto entre os tempos disponíveis, tirados do cronograma, e os tempos oferecidos por cada sistema de transporte, chega-se ao sistema de transporte a ser empregado em cada fase.

Aplicando o método proposto ao caso da escolha do sistema de transporte, Lichtenstein fez as seguintes opções :

- para a FASE A: Grua;
- para a FASE B: Grua;

-- para a FASE C: Grua + Elevador de obra;

-- para a FASE D: Elevador de obra;

-- para a FASE E: Elevador de obra;

-- para a FASE F: Elevador de obra.

Portanto, para cada fase da obra pode-se ter variações quanto aos equipamentos ideais para a movimentação dos materiais, seguindo o método proposto por LICHTENSTEIN.

## **2.3 ABORDAGEM PROPOSTA POR FERREIRA**

### **2.3.1 INTRODUÇÃO**

A filosofia do método proposto por Ferreira (1998 ) enfatiza a eficiência da produção em cada atividade individualmente, de forma a procurar fazer o máximo com os recursos disponíveis, com uma grande preocupação nos resultados individuais, nos níveis de produção e na produtividade. As principais diferenças entre a filosofia tradicional de produção e a nova estão baseadas na análise global dos processos, ao invés da análise por partes, como pode ser visto na definição apresentada por Koskela (1992).

### **2.3.2 MÉTODO PARA A DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE**

O autor considera que a movimentação de materiais é de fundamental importância para o resultado final da obra, podendo influir na produtividade da mão de obra e no consumo de materiais (devido à quantidade de perdas).

Antes de aprofundar-se na discussão do transporte propriamente dito, Ferreira discute o plano de ataque, que consiste na estratégia de execução da obra, com a definição das etapas iniciais e da seqüência construtiva da mesma. O plano de ataque depende das características do projeto do edifício, do prazo para sua execução, das tecnologias disponíveis e do conhecimento das mesmas, do balanço entre os recursos necessários e disponíveis (financeiros, materiais, mão de obra, equipamentos e espaço físico), das características do terreno e das condições climáticas, entre outros.

Portanto, o plano de ataque deve contemplar as etapas iniciais da obra e os serviços mais relevantes relacionados ao canteiro.

O plano de ataque auxilia na definição do cronograma da obra, que é responsável por fornecer as informações para subsidiar decisões do tipo:

- definir a estratégia de implantação e movimentação do canteiro;
- hierarquizar as ações de controle;

- ajustar o período de execução dos serviços para os momentos mais favoráveis;
- adequar o início e término das etapas da obra, visando melhor aproveitamento dos recursos;
- determinar estratégias para suprimento de materiais e equipamentos que demandem maiores cuidados para negociação e fornecimento ;
- definir diretrizes para elaboração da programação da produção.

Além da definição dos momentos de início e duração das atividades associam-se, aos cronogramas, os recursos necessários para a produção, devendo estes serem definidos para permitir o desenvolvimento do projeto do canteiro de obras e para subsidiar o estudo do sistema de transporte.

A avaliação do cronograma permite a definição de fases, que deverá ser feita de acordo com o projeto arquitetônico, os condicionantes da produção, o processo construtivo escolhido, o plano de ataque proposto, as demandas por materiais e mão de obra, e em função dos principais marcos existentes, que impliquem em alterações substantivas na alocação de espaço no canteiro, devido ao início de novos serviços.

Quanto à escolha do sistema de transporte mais adequado, para cada fase da obra devem ser definidos os meses críticos para os deslocamentos com base na existência de maiores dificuldades de movimentação dos materiais e em função dos quantitativos de mão de obra. São analisadas, também, as alternativas de transporte e os equipamentos necessários.

Para o caso da obra em estudo, Ferreira indicou 5 diferentes divisões do cronograma:

- 1<sup>a</sup> Fase: limpeza do terreno, terraplenagem e infraestrutura;
- 2<sup>a</sup> Fase: cortinas e periferia;

- 3<sup>a</sup> Fase: superestrutura, alvenaria e revestimento interno;
- 4<sup>a</sup> Fase: revestimento interno, esquadrias de ferro e/ou madeira;
- 5<sup>a</sup> Fase: pintura, serviços complementares e limpeza de obra.

Para cada fase, Ferreira determinou um mês crítico para os transportes, sendo eles:

- na 1<sup>a</sup> Fase: Junho de 1997;
- na 2<sup>a</sup> Fase: Agosto de 1997;
- na 3<sup>a</sup> Fase: Dezembro de 1997;
- na 4<sup>a</sup> Fase: Março de 1997;
- na 5<sup>a</sup> Fase: Julho de 1998.

Após a definição das fases do canteiro e dos meses críticos, em cada fase foram analisadas algumas alternativas de transporte (utilização apenas de uma grua; grua + um elevador de carga; apenas um elevador de carga; dois elevadores de carga; e concreto bombeado), com base na capacidade de atendimento à produção e nos custos das alternativas, utilizando-se, para análise, os dados dos meses críticos como forma de simplificação do modelo.

A avaliação da capacidade dos equipamentos de transporte levou em consideração alguns itens, tais como:

- capacidade de transporte do equipamento;
- número de ciclos;
- tempo total do ciclo;
- quantidade de serventes ;
- custo do equipamento.

### **3. ORGANIZAÇÃO DOS ASPECTOS A CONTEMPLAR QUANTO A UMA VISÃO ANALÍTICA PARA A ESCOLHA DE UM SISTEMA DE TRANSPORTES DE MATERIAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

A partir dos condicionantes relacionados na proposta sugerida por Souza, verifica-se que o transporte de material segue uma lógica de movimentação, onde tem-se uma distância a ser vencida, cumprindo-se quatro etapas para que isto aconteça: carregamento, descarregamento, ida e volta. Além dos tempos envolvidos em cada uma das etapas, há que se considerar a capacidade de carga do equipamento de transporte, seja ele o Elevador de carga ou a Grua.

A priorização do planejamento, assim como o cronograma de obra, são fundamentais nos métodos propostos por Lichtenstein e Ferreira, onde toda a análise descrita pelos autores parte destes aspectos. Vale a pena salientar que o estudo dos ciclos, ou seja, os tempos de transporte, foram também levados em consideração, haja vista que, através dos mesmos, os autores definiram as fases de transportes a serem realizadas.

Basicamente a escolha dos materiais a serem considerados no dimensionamento do sistema de transporte ocorreu de acordo com a curva ABC de insumos, onde se considerou os materiais mais importantes para o estudo de movimentação.

Percebeu-se, ainda, nos métodos analisados, a possibilidade de ter-se a escolha do equipamento potencialmente melhor para cada fase da obra.

Todos os aspectos citados, portanto, deverão representar pontos a serem observados, em quaisquer métodos que sejam propostos por outros profissionais, para facilitar seu entendimento e sua avaliação.

## **4. AVALIAÇÃO DE MÉTODO PROPOSTO PARA A DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTES DE UMA OBRA DE CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS.**

### **4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO**

A Empresa Sarti Mendonça tem, ao longo do tempo, procurado incrementar a discussão quanto ao projeto do processo a ser implementado em suas obras. Dentro deste contexto, a escolha do sistema de transportes ganhou destaque no conjunto das preocupações vigentes na empresa.

Mais do que simplesmente fazer a opção por um determinado sistema com base em critérios pessoais subjetivos, seria importante a disponibilização de procedimentos objetivos para subsidiar tal escolha.

Ciente de tal cenário, um consultor que presta regularmente serviço à Sarti Mendonça apresentou uma proposta de método que poderia ser utilizado. Mais do que acreditar, pura e simplesmente, na opinião do consultor, este pesquisador gostaria de ter uma forma organizada de avaliar tanto esta proposta de método quanto eventuais outras propostas relativas a outros métodos disponíveis no mercado.

Dentro deste contexto a metodologia proposta para esta pesquisa ( vide Figura 1.1) pode ser totalmente utilizada, isto é , na medida em que , a partir do "levantamento de informações" este autor desenvolveu uma "visão analítica conceitual " sobre os sistemas de transportes, para vencer as etapas subseqüentes da metodologia seria necessário a "escolha de um método disponível no mercado". E, portanto, o método proposto pelo consultor prestou-se a tal objetivo.

Para seguir totalmente a metodologia proposta pelo autor, após a escolha do método deve-se passar pelo "entendimento conceitual do método", seguido por uma "aplicação a um caso real de obra de construção" para, somente então, poder-se proceder a "avaliação final do método".

Dentro deste capítulo: o item 4.2 indica o método escolhido; o item 4.3 vai, com base nos conhecimentos adquiridos e apresentados nos capítulos 2 e 3 , descrever conceitualmente tal método; no item 4.4 faz-se uma aplicação do método a uma obra real; e , por fim; no item 4.5 analisa-se a aplicabilidade ou não do método.

#### **4.2 Método Escolhido**

O consultor Nilton Vargas, da Empresa Neolabor, no âmbito de suas preocupações quanto ao planejamento da produção, sugeriu que a Empresa Sarti Mendonça utilizasse, no processo de planejamento de suas obras, algumas idéias/procedimentos que ele havia desenvolvido anteriormente.

Este pesquisador decidiu estudar tal método com base na metodologia proposta neste trabalho.

#### **4.3 Entendimento conceitual do método**

A partir de algumas reuniões com o autor das idéias que deveriam ser utilizadas para a escolha do sistema de transportes, e, em especial, com base nos conhecimentos adquiridos nas aulas do curso de "Tecnologia e Gestão da Produção", nas bibliografias consultadas, nas conversas com especialistas da área e na própria experiência pessoal, este pesquisador apresenta, a seguir, o método proposto sob uma abordagem conceitual e com visão analítica dos sistemas de transporte.

A Figura 4.1 ilustra a organização, feita por este pesquisador, das idéias propostas pelo consultor.

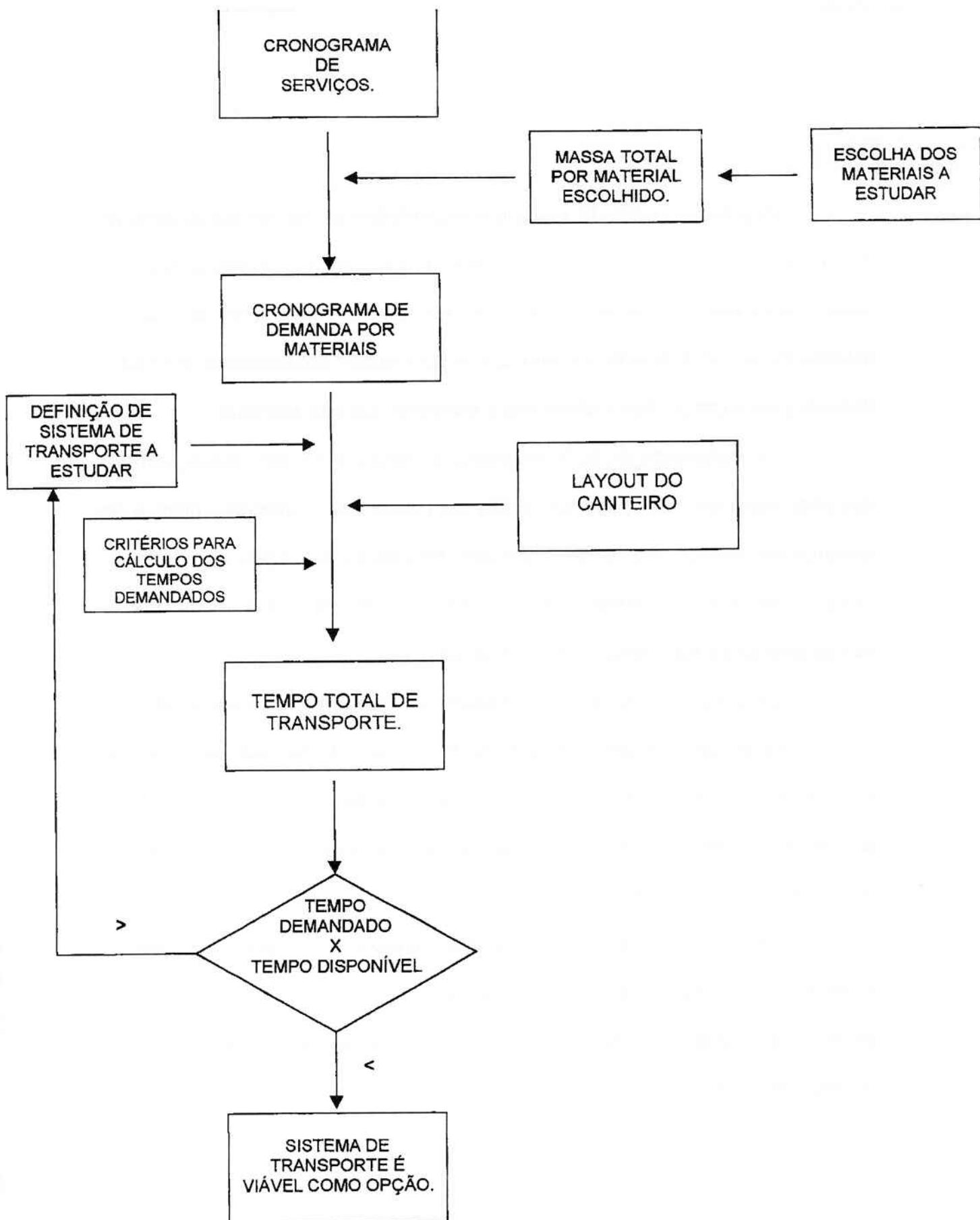


FIGURA 4.1- VISÃO CONCEITUAL E ANALÍTICA DO MÉTODO PROPOSTO

O primeiro passo diz respeito à disponibilização de um cronograma da obra em estudo. Tal cronograma deve mostrar os serviços distribuídos ao longo do tempo; os serviços devem ser divididos em estrutura e acabamento, enquanto a unidade de tempo é o mês. Sempre que a obra puder ser separada em partes distintas ( por exemplo fases diferentes) é desejável que isto aconteça.

A transformação do "cronograma de serviços" em um " cronograma de demanda por materiais" pode ser obtida com base em " massas unitárias de materiais por serviço" previamente definidas. Propõe-se que sejam calculadas as massas apenas dos materiais mais relevantes do ponto de vista do transporte ; o uso de uma curva ABC pode auxiliar em tal definição.

Uma vez conhecidas as quantidades de cada material a cada mês, tem -se condições de calcular o tempo de transporte demandado para a sua movimentação, fazendo-se uso de um certo sistema de transporte em estudo. O cálculo de tais tempos pode se basear na visão analítica das movimentações, conforme já comentado no item 2.1.

Uma vez calculado o tempo total demandado do sistema de transporte, é simples a verificação quanto a ser ou não este viável para a obra: basta analisar se as horas necessárias são ou não menores que as disponíveis nos vários períodos de obra.

Separados os sistemas de transportes viáveis, poder-se-ia escolher um deles com base na comparação das vantagens e desvantagens relativas. Este ultimo passo, em função da sua complexidade, não será abordado neste trabalho, ficando seu desenvolvimento como sugestão para uma próxima pesquisa, deste pesquisador ou de outros interessados no assunto.

#### **4.4 Aplicação do método a uma obra real**

##### **4.4.1 Descrição da obra a ser estudada.**

Trata-se de um condomínio residencial, com 20 torres de 19 andares com 4 apartamentos por andar, totalizando 50.000 mil metros quadrados de área construída, situado na estrada de Guarapiranga número 586 – Interlagos. O nome do empreendimento é Guarapiranga Park.

##### **4.4.2 Aplicação do método para o levantamento de sistemas de transporte viáveis para a obra.**

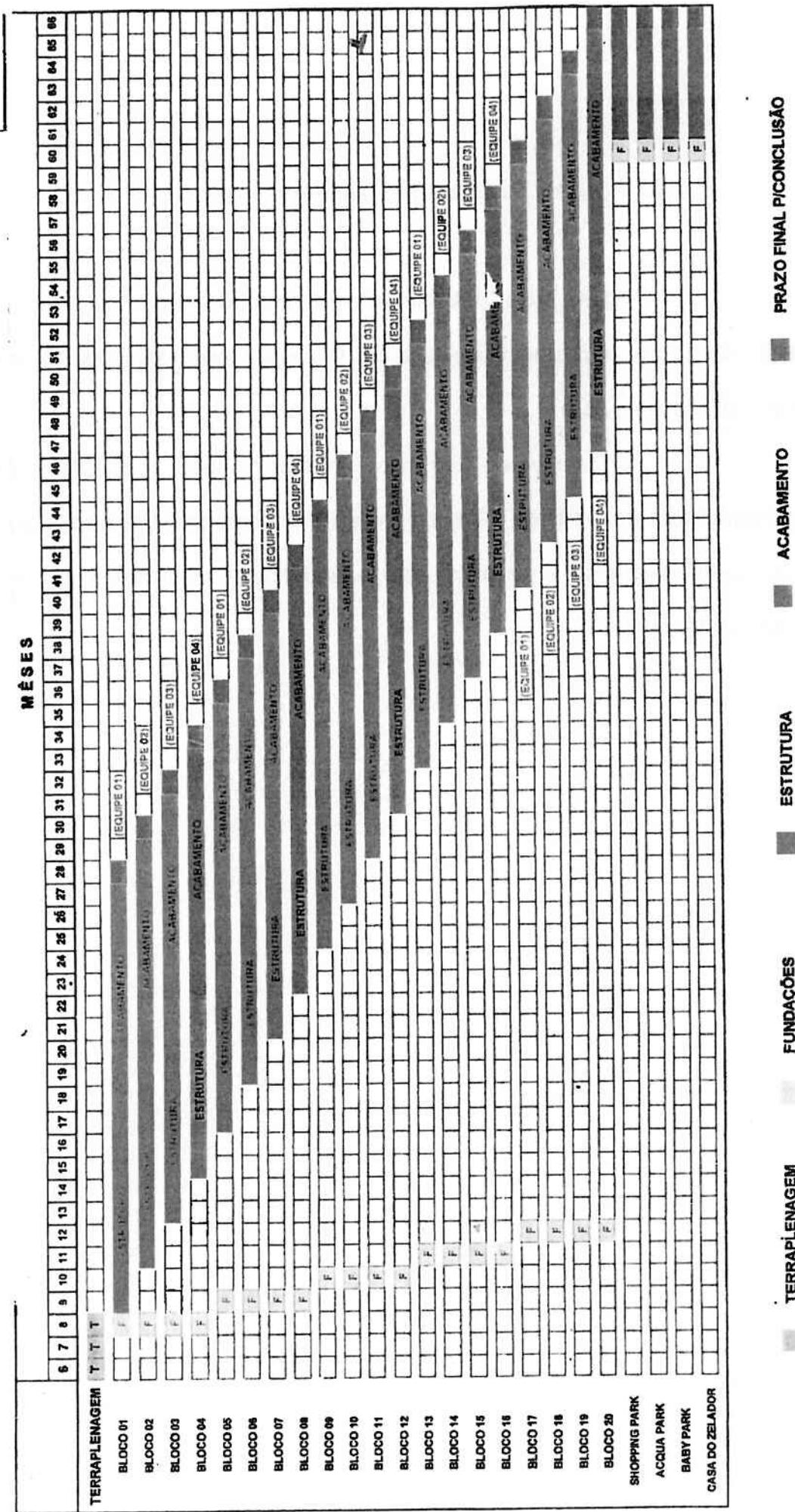
Dentro da idéia deste trabalho, qual seja, a de avaliar metodologicamente propostas de métodos para discutir a viabilidade de sistemas de transporte para uma obra, fez-se aqui a aplicação do método proposto por Nilton Vargas com relação à obra descrita no item 4.4.1.

O restante deste item passa, sucessivamente, pelos passos indicados anteriormente na Figura 4.1.

#### **4.4.2.1 Cronograma de Serviços**

A Figura 4.2 apresenta o cronograma de serviços previsto para a obra Guarapiranga Park. Note-se que a unidade de tempo é o mês e que, para seus vinte blocos e mais quatro parcelas ( Shopping Park /Acqua Park / Baby Park / Casa do Zelador) alocou-se, ao longo de 66 meses, a execução de dois grupos de serviços: estrutura e acabamento.

**FIGURA 4.2 - CRONOGRAMA DE DEMANDA POR MATERIAIS**



#### **4.4.2.2 Escolha dos materiais a estudar**

Com base nas idéias contempladas pelas curvas ABC, a Tabela 4.1 reúne, em ordem decrescente de massa necessária, os insumos a serem utilizados na obra.

Escolheu-se aqueles materiais que, cumulativamente, representassem por volta de 90 % da massa a movimentar. Portanto, para esta obra, vai-se contemplar: o concreto usinado, a alvenaria de bloco de concreto e o revestimento interno.

**TABELA 4.1 – MASSAS TOTAIS POR INSUMO.**

OBS: ITENS "A" DA CURVA ABC

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	PESO ITEM (TON)	TON/TOTAL	ACUM. (%)
1	CONC. BOMB. 20 MPa	M3	15,636.00	37,526.40	46.23	46.23
2	ALV. DE BL. DE CONCRETO	M2	162,132.00	25,941.12	31.96	78.18
3	REVEST. INTERNO	M2	373,832.00	6,728.98	8.29	86.47
4	REVEST. EXTERNO	M2	69,564.00	3,756.46	4.63	91.10
5	FORMA PRONTA (18 USOS)	M2	170,572.00	3,411.44	4.20	95.30
6	AÇO CA-50 / 60	Kg	1,563,608.00	1,563.61	1.93	97.23
7	CERÂMICA ELIANE 20x20	M2	15,280.00	534.80	0.66	97.89
8	ESSQ. DE MADEIRA	UN	7,776.00	427.68	0.53	98.41
9	ESSQ. METÁLICAS	M2	14,960.00	374.00	0.46	98.87
10	PINTURA INTERNA	M2	436,256.00	305.38	0.38	99.25
11	LOUÇAS E METAIS	Apto	1,550.00	232.50	0.29	99.54
12	ARDÓSIA	M2	5,572.00	139.30	0.17	99.71
13	IMPERM. DE LAJES/AR. FRIAS	M2	20,972.00	104.86	0.13	99.84
14	VIDROS	M2	13,600.00	97.92	0.12	99.96
15	PINTURA EXTERNA	M2	86,216.00	34.49	0.04	100.00
<b>TOTAL</b>		-	-	<b>81,178.93</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

#### **4.4.2.3 Massa total por material escolhido**

A própria Tabela 4.1 já contém as massas totais (MTi) de todos os materiais e, portanto, basta olhar os valores daqueles que foram considerados relevantes para o estudo do transporte, isto é:

- Concreto ..... 37.526,40 Ton
- Alvenaria ..... 25.941,12 Ton
- Revestimento Interno ..... 6.728,98 Ton

#### **4.4.2.4 Cronograma de demanda por materiais**

Com base no cronograma de serviços ( vide Fig. 4.2 ), pode-se calcular a porcentagem de serviço executada a cada mês. No caso da obra em estudo, supondo que os serviços sejam produzidos numa razão uniforme, é necessário somar-se os números de meses (NM) envolvidos em cada parte em que a obra foi dividida e, então, estimar a porcentagem do serviço por mês (SM) através da expressão:

$$SM (\%) = 100 / NM$$

A demanda por um certo material (DM<sub>i</sub>), a cada mês, é dada por:

$$DM_i \text{ (ton)} = MT_i * [SM_i (\%)] / 100$$

A demanda total, por mês, é estimada por:

$$DM = \sum_i DM_i$$

A Tabela 4.2 ilustra o resultado final de tal procedimento, tendo-se feito a multiplicação da porcentagem de cada serviço, mês a mês, pela massa total de cada material envolvido. Ainda nesta tabela pode-se perceber o mês crítico quanto à quantidade de material a ser transportado: este mês é o mês 27, com relação ao qual se verificará a capacidade do sistema de transportes.

**TABELA 4.2 - CRONOGRAMA DE DEMANDA POR MATERIAIS**

DESCRIÇÃO	CARGAS (TON)	CARGAS														21	22	23
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
CONC FCK=2GMPA	37,526	-	187,6	187,6	375,3	552,9	750,5	938,2	938,2	938,2	938,2	938,2	938,2	938,2	938,2	938,2	938,2	
ALV DE BLOCO	25,941	-	-	129,7	259,4	389,1	518,8	648,5	648,5	648,5	648,5	648,5	648,5	648,5	648,5	648,5	648,5	
REV. INTERNO	6,729	-	-	-	33,6	67,3	100,9	134,6	168,2	168,2	168,2	168,2	168,2	168,2	168,2	168,2	168,2	
REV. EXTERNO	3,756	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93,9	93,9	93,9	
FORMA PRONTA	3,411	-	17,1	17,1	34,1	51,2	68,2	86,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	
ACO CA-50 / 60	1,564	-	7,8	7,8	15,6	23,5	31,3	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	
CER. ELIANE 20x20	535	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	4,0	8,0	
ESSQ. DE MADEIRA	428	-	-	-	1,3	1,3	2,7	4,0	4,0	5,4	5,4	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	9,4	
ESSQ. METÁLICAS	374	-	-	-	-	1,9	1,9	3,7	5,6	5,6	7,5	7,5	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	
PINTURA INTERNA	305	-	-	-	-	1,5	1,5	3,1	3,1	4,6	4,6	6,1	6,1	7,6	7,6	7,6	7,6	
LOUÇAS E METÁSIS	233	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	2,3	4,7	
ARDOSIA	139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	2,1	2,1	2,1	3,1	
IMPERM. DE LAJES	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6	2,4	
VIDROS	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PINTURA EXTERNA	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>TOTAL</b>	<b>81,178</b>	<b>-</b>	<b>213</b>	<b>342</b>	<b>590</b>	<b>721</b>	<b>970</b>	<b>1,102</b>	<b>1,351</b>	<b>1,482</b>	<b>1,731</b>	<b>1,864</b>	<b>1,905</b>	<b>2,002</b>	<b>2,014</b>	<b>2,024</b>	<b>2,024</b>	

**TABELA 4.2 – (CONTINUAÇÃO)**

**TABELA 4.2 – (CONTINUAÇÃO)**

**TABELA 4.2 – (CONTINUAÇÃO)**

DESCRÍÇÃO	CARGAS (TON)	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
CONC. FCK=200MPA	37.526	187,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALV DE BLOCO	25.941	129,7	129,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REV. INTERNO	6.729	67,3	33,6	33,6	-	-	-	-	-	-	-	-
REV. EXTERNO	3.756	93,9	93,9	93,9	-	-	-	-	-	-	-	-
FORMA PRONTA	3.411	17,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÇO CA-50 / 60	1.554	7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CER. ELIJANE 20x20	535	12,0	14,7	12,0	10,7	8,0	6,7	4,0	2,7	-	-	-
ESQ. DE MADEIRA	428	8,0	6,7	6,7	5,4	5,4	2,7	2,7	-	-	-	-
ESQ. METÁLICAS	374	3,7	3,7	1,9	1,9	-	-	-	-	-	-	-
PINTURA INTERNA	305	4,6	3,1	3,1	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-
LOUCAS E MÉTALIS	233	4,7	7,0	4,7	7,0	4,7	4,7	2,3	2,3	-	-	-
ARDÓSIA	139	3,1	3,8	3,1	2,8	2,1	1,7	1,0	0,7	-	-	-
IMPERM. DE LAJES	105	2,9	2,4	2,1	1,6	1,3	0,8	0,5	-	-	-	-
VIDROS	98	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,2	1,2	-	-
PINTURA EXTERNA	34	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,4	0,4
<b>TOTAL</b>	<b>81.178</b>	<b>546</b>	<b>302</b>	<b>164</b>	<b>128</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

#### **4.4.2.5 Definição do sistema a estudar**

Enquanto gestor da obra em estudo, este pesquisador resolveu estudar duas diferentes opções para o transporte: uma baseada no uso da grua; outra relacionada ao uso do elevador de obras.

#### **4.4.2.6 “Layout” do Canteiro**

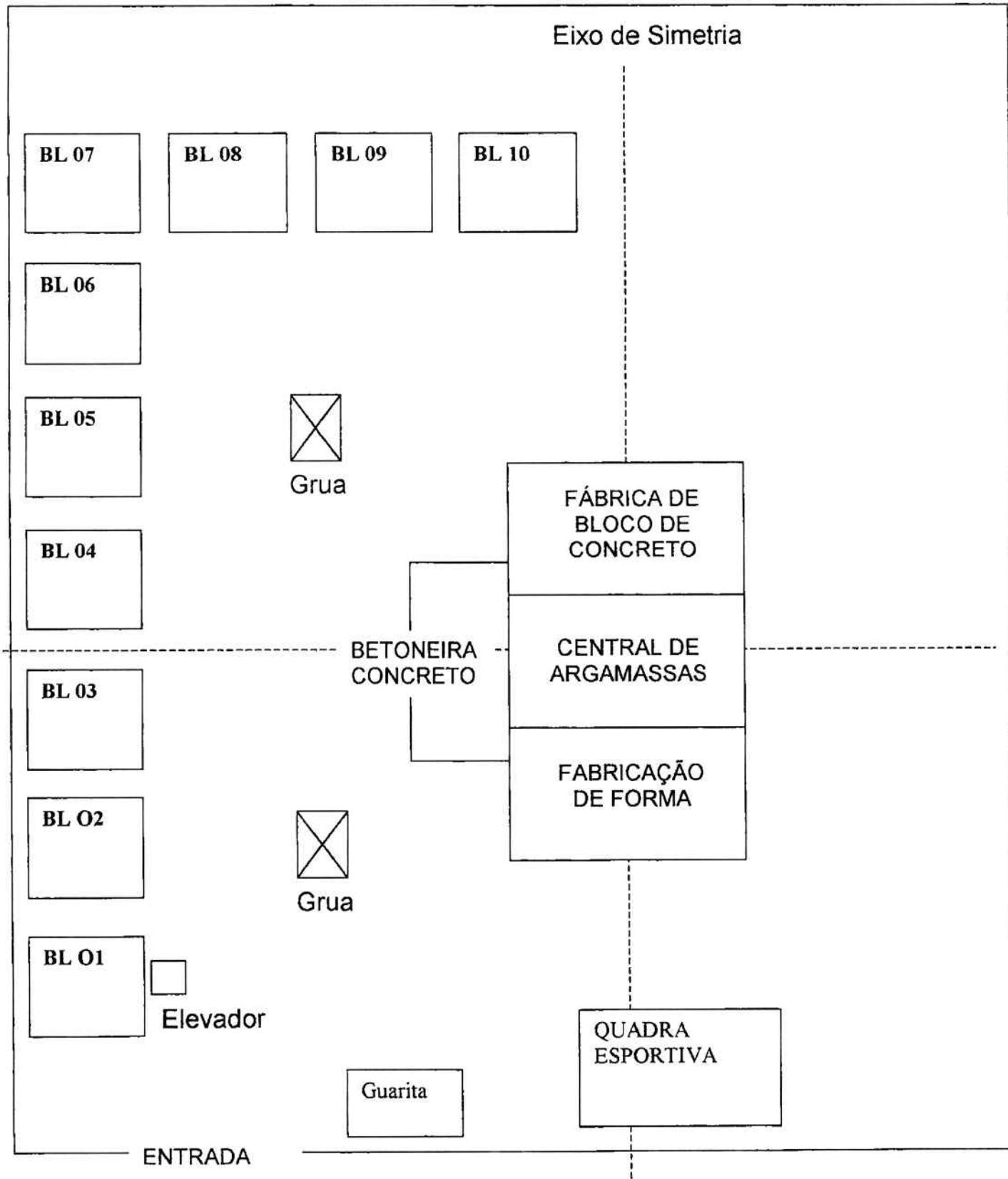
É necessário ter-se uma planta simplificada do canteiro (“layout”), com a localização das construções a executar, para que se possa propor a posição dos equipamentos de transporte sendo estudados.

Tal “layout” deve permitir a estimativa de distâncias a serem vencidas no transporte, conforme se explicitará no item relativo ao cálculo dos tempos demandados na movimentação dos materiais.

A Figura 4.3 ilustra o “layout” do canteiro e as propostas de localização das guias e dos elevadores. Note-se que, em termos das guias, a obra foi dividida em “partes” na medida em que os equipamentos servirão aos

prédios de uma determinada parte quando montados dentro desta. Quanto aos elevadores, haverá sempre um montado na fachada do edifício onde estiver ocorrendo movimentação de materiais; dentro desta proposta, para se cumprir a programação anteriormente mostrada na Figura 4.2, seriam necessários 10 elevadores de obra trabalhando simultaneamente.

**FIGURA 4.3 - LAY OUT DO CANTEIRO**



#### **4.4.2.7 – Critérios para cálculo dos tempos demandados.**

Para se calcular os tempos demandados para transporte dos materiais faz-se uso da abordagem analítica já discutida neste trabalho. Pode-se expressar a postura adotada através de:

$T_{total\ i} = ( DM_{ic} ) / ( CAP_i / ciclo ) * ( T_{carga\ i} + TM_{HT} + TM_V$   
+  $TM_{HL} + T_{descarga} )$ , onde :

$i = material\ i;$

$T_{total}$  = tempo total, em horas, demandado para se fazer o transporte completo, de um certo material, para a obra no mês crítico;

$DM_{ic}$  = quantidade total de um certo material, em toneladas, a ser movimentado no mês crítico;

$CAP_i/ciclo$  = capacidade de movimentação, de material  $i$ , por ciclo de transporte;

$T_{carga\ i}$  = tempo de carga do equipamento de transporte para o material  $i$ ;

$T_{descarga\ i}$  = tempo para descarga do equipamento de transporte para o material  $i$ ;

$TMHT$  = tempo demandado para movimentar o material horizontalmente no nível do térreo;

$TMHL$  = tempo demandado para movimentar o material horizontalmente no nível do local de destino final;

$TMV$  = tempo demandado para movimentar o material verticalmente.

Para cada um dos equipamentos estudados ( grua e elevador ) e para cada um dos materiais contemplados ( concreto, alvenaria e revestimento interno ) definiram-se valores para se utilizar as expressões supracitadas. As estimativas dos tempos de movimentação horizontais e verticais fazem uso da expressão advinda da Cinemática para velocidade:  $V = \Delta s / \Delta t$ , onde

$V$  = velocidade média:

$\Delta s$  = deslocamento:

$\Delta t$  = intervalo de tempo para o deslocamento.

Trabalhando matematicamente tal equação chega-se a :

$$\Delta t = \Delta s / v$$

Portanto, para se calcular TMHT, TMV e TMHL há que se previamente definir  $\Delta s$  e a velocidade. A Tabela 4.3 indica tais valores, juntamente com as outras estimativas relativas ao cálculo de T total i.

**TABELA 4.3**

EQUIPAMENTO	MATERIAL	DMic (ton)	CPI/CICLO (ton/ciclo)	TCARGA (seg)	MHT	MV	MHL	V
GRUA	CONCRETO	938	0,8	60	0,1	1,39	50	0,5
	ALVENARIA	648	0,8	30	0,1	1,39	50	0,5
	REVEST. INTERNO	168	0,8	30	0,1	1,39	50	0,5
ELEVADOR	CONCRETO	938	0,6	60	5	1,39	50	0,5
	ALVENARIA	648	0,8	30	10	1,39	50	0,5
	REVEST. INTERNO	168	1,0	40	10	1,39	50	0,5

Algumas considerações foram feitas para a adoções dos valores citados na Tabela 4.3 . Cabe indicar que:

- quanto à CAPi /ciclo, há dois possíveis limites a serem considerados: a carga máxima suportada pelo equipamento e a quantidade geométrica possível de ser movimentada;
- quanto aos valores relativos ao TMHT, o  $\Delta s$  é menor para a grua devido à possibilidade do equipamento fazer o içamento a partir do local de estocagem ou entrega; no caso do elevador, os valores se baseiam na definição dos locais de estoque e recebimento;
- quanto ao TMV, considera-se o valor de  $\Delta s$  como sendo o dobro (para considerar a ida e a volta) da altura média de transporte, dada pela altura total do prédio dividida por 2;
- quanto ao TMHL, a distância considerada é a maior dentre a largura e comprimento da seção do prédio.

#### **4.4.2.8 Tempo total de transporte.**

A Tabela 4.4 mostra os resultados relativos, respectivamente, às movimentações do concreto, da alvenaria e do revestimento interno. Os resultados apresentados baseiam-se nos critérios definidos no item 4.4.2.7 e nos valores indicados na Tabela 4.3.

#### **4.4.2.9 Tempo Demandado x Tempo Disponível.**

O tempo total demandado para transportar todos os materiais escolhidos é dado pela soma dos tempos relativos a cada um deles. Assim, considerando-se a movimentação do concreto, alvenaria e revestimento interno, chega-se aos valores mostrados na Tabela 4.5.

**TABELA 4.4 - RESULTADOS RELATIVOS AS MOVIMENTAÇÕES**

### **EXEMPLO NÚMÉRICO:**

$$T_{\text{total}} = \frac{(D \cdot M_{IC})}{(CAPI / \text{ciclo})} * [(\bar{T}_{\text{carga}} + \bar{T}_{\text{MHT}} + \bar{T}_{\text{MV}} + \bar{T}_{\text{MHL}} + \bar{T}_{\text{desc.}})] / 3600$$

$$T_{\text{total}} = (938 / 0,8) * [(60 + 0,1 / 1,39 + 50 / 0,5 + 15 / 1,39)] / 3600$$

Na medida em que nos dois casos – grua e elevador – chegou-se a tempos demandados ( 95,5 e 116,4 respectivamente) menores que o disponível (por volta de 180 horas mensais), tem-se que os 2 equipamentos seriam viáveis, enquanto capacidade de transporte, para a obra em questão.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso envolveu um método adaptado que, embora aproximado, permite uma rápida avaliação inicial de diferentes sistemas de transporte.

Este pesquisador desenvolveu, ao longo deste trabalho, a forte percepção de que uma abordagem estruturada para avaliação de quaisquer métodos propostos é importante para balizar sua aceitação ou não.

Cabe, finalmente, comentar que este trabalho lidou com uma parte restrita de todo um conjunto de discussões pertinentes ao tema. No entanto, foi bastante útil para aguçar o espírito crítico deste autor que imagina, que o assunto vá ser continuamente desenvolvido por outros pesquisadores.

Mais que isto, acredita-se Ter alcançado os objetivos propostos para este trabalho, na medida em que:

**TABELA 4.5 - DIMENSIONAMENTO DO EQUIPAMENTO**

MATERIAIS	GRUA (h)	GUINCHO (h)
Concreto Fck=20 MPA	55,6	75,7
Alv. De Bloco de Concreto	31,7	33,3
Revestimento Interno	8,2	7,4
<b>TOTAL DE HORAS GASTA</b>	<b>95,5</b>	<b>116,4</b>

- de uma maneira mais geral, foi possível fazer uma avaliação de um método proposto para subsidiar a escolha de sistema de transportes para uma obra;
- sob uma visão mais específica, desenvolveu-se a capacidade de observar analiticamente um sistema de transportes, facilitando o entendimento conceitual de quaisquer métodos que sejam propostos a este pesquisador.

## **BIBLIOGRAFIA**

- LICHTENSTEIN, N. B. Formulação de modelo para o Dimensionamento do Sistema de Transporte em Canteiro de Obras de Edifícios de Múltiplos Andares. São Paulo: USP, 1987.
- FERREIRA, Emerson de Andrade Marques. Metodologia para Elaboração do Projeto do Canteiro de Obras de Edifícios. São Paulo: USP, 1998.
- SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de Souza. Definição do layout do canteiro de obras. São Paulo: USP, 2000.
- NEOLABOR, Manual de Integração para Sarti Mendonça ( 1997).