



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **LEVANTAMENTO DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA E CONSUMO DE MATERIAIS EM FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS COM ESTACA RAIZ – UM ESTUDO DE CASO**

**Eduardo S. da Cruz (1); André L. G. da Cruz (2)**

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, Brasil.

E-mail: eduardocruz22@hotmail.com

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, Brasil.

E-mail: acruz@amazon.com.br

### **RESUMO**

A técnica de execução de fundações com a utilização de estacas injetadas "in situ" (estaca raiz) vem sendo bastante utilizada na indústria da construção civil. Porém, no setor de edificações, as empresas apresentam uma falta de cultura, no que diz respeito à medição de índices de produtividade e de consumo de materiais. Com o objetivo de identificar suas atividades e seus respectivos índices de produtividade e de consumo de materiais, o trabalho apresenta um estudo de caso de um prédio residencial composto de trinta pavimentos localizado na Região Metropolitana de Belém. A pesquisa de caráter exploratório realizou uma revisão bibliográfica em fundações de edifícios, nos conceitos e princípios da Lean Construction e trabalho de campo em um empreendimento de uma empresa incorporadora e construtora. O método de trabalho proposto está baseado na "Contribuição metodológica para o estudo do comportamento do fluxo material, em processos construtivos, em obras de edificações, na construção civil", desenvolvida por CRUZ (2002) e está subdividido em três fases: (1) Preparação; (2) Coleta e Sistematização dos Dados; (3) Análise dos Dados e Apresentação dos Resultados. Os resultados obtidos revelaram claramente as peculiaridades na execução do processo construtivo de estaca raiz no empreendimento. Por exemplo, ficou bem claro que houve uma perda de mão de obra equivalente à 41,57% na execução das amostras. E observou-se que as causas de ociosidades na execução das estacas de trinta e um metros estão na maioria relacionadas a esperas do processo construtivo. Baseando-se nos resultados obtidos com a aplicação do método, mesmo considerando as características peculiares à execução de fundações em questão, foi possível, o levantamento dos índices de produtividade e consumo de materiais envolvidos. Além do mais, utilizando os resultados da pesquisa, novas edificações com este tipo de fundação poderão ser orçadas e planejadas mais detalhadamente.

Palavras Chaves: Índice de Produtividade, Lean Construction e Estaca Raiz.

### **ABSTRACT**

The technique of execution of foundations with the use of injected stake "in situ" (prop root) comes pretty being used in the industry of the civil construction. However, in the sector of constructions, the companies present a culture lack, in what it says respect to the measurement of indices of productivity and consumption of materials. With the objective to identify to its activities and its respective indices of productivity and consumption of materials, the work presents a study of case of a composed residential building of thirty floors located in the Region Metropolitan of Belém. The research of the explored character to did a bibliographical revision a bibliographical revision in foundations of buildings, in the concepts and principles of the Lean Construction and work of field in an enterprise of a company incorporator and constructor. The method of suggested work is based on the "methodology Contribution for the study of the behavior of the material flow, in constructive processes, constructions in workmanships of buildings, the civil construction ", developed for CRUZ (2002) e is subdivided in three phases: (1) Preparation; (2) Collection and Systemize of the Data; (3) Analysis of the Data and Presentation of the Results. The reached results show clearly to the particularity in the execution of the constructive process of stake root in the undertaking. For example, it was well clearly that it had a loss of workmanship hand equivalent to 41.57% in the execution of the samples. And if observed that the causes of inactive in the execution of the stake of thirty meters are in the majority related the wait of the constructive process. If basing on the results reached with the application of the method, still considering the peculiar characteristics to the execution of foundations in question, it was possible, the raising of the productivity indicator and consumption of involved materials. Besides, using the results of the research, new buildings with this type of foundations will be can estimates and planned more at great length.

Keywords: Index of Productivity, Lean Construction and Stake Root.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Estaca injetada de pequeno diâmetro (Estaca Raiz)

A técnica de execução de fundações com a utilização de estacas injetadas “in situ” (estaca raiz) representa a origem de uma estaca que apresenta sob as mesmas condições, capacidade de carga superior as estacas ditas convencionais, cravadas e escavadas, recalque bastante reduzido, e ainda podendo ser empregada em diversas aplicações geotécnicas, usualmente denominadas “Estacas de Pequeno Diâmetro Injetada Sob Pressão”.

Esta estaca, originalmente desenvolvida objetivando sua utilização em reforços de fundações, depois de bastante empregada e com vários estudos desenvolvidos do seu processo construtivo, a prática e os resultados de provas de carga forneceram provas convincentes e definitivas da eficiência desse sistema construtivo, induzindo a ampliação do seu campo de aplicação, confirmando – a como técnica moderna de fundações especiais e eficazes ferramenta na solução dos mais diversos e complexos problemas geotécnicos, como parede de contenção para proteção de escavações, contenção de taludes e fundações de máquinas, de ponte, de edificações da qual trata – se este trabalho, etc.

Costa Nunes apud Sodré (1995), descreve as estacas injetadas caracterizando – os pela execução no terreno de corpos aproximadamente cilíndricos de concreto, argamassa ou calda, em geral fortemente armados, nos quais o aglutinante é injetado sob pressão. Estas estacas, diferente das estacas convencionais, que necessitam ser cravadas ou escavadas, são construídas por equipamentos usados em ancoragens e injeções, menciona Bruce (1988).

Korec apud Sodré (1995) descreve o processo construtivo de estaca de concreto moldado “in situ”:

- A execução do furo é feita através de um tubo munido na extremidade de uma “sapata” cortante, o material escavado é eliminado continuamente por uma corrente fluida (normalmente água ou lama bentonítica), que introduzida através do tubo, reflue pelo inter st cio anelar entre o tubo e o terreno.
- Concluída a perfuração do furo, instala – se a armadura no seu interior.
- Usando um tubo tremonha executa – se a concretagem começando a partir do fundo do furo, sendo o fluido de perfuração substituído pelo concreto.
- É feita então a retirada progressiva do revestimento enquanto, ao mesmo tempo, o concreto   forçado dentro do furo contra o terreno pela aplicação de ar comprimido de aproximadamente 5atm através do topo da estaca. Esse procedimento continua até total retirada do revestimento.

Segundo Sodré (1995) uma das aplicações desta técnica e que está relacionada a este trabalho é a do uso em fundações de novas estruturas (Lopes 1986; Cabral 1986; Lizzi 1982).

## 1.2 Fundamentos da Construção Enxuta

A indústria da construção civil brasileira tem passado por importantes mudanças ao longo dos últimos anos. Tais mudanças estão sendo provocadas principalmente pelo recrudescimento da competição existente no setor, aumento do nível de exigência dos seus principais clientes, e reivindicações por melhoria das condições de trabalho por parte da mão-de-obra. Este quadro configura – se como uma tendência internacional,   medida que as mesmas mudanças são observadas, em maior ou menor grau em outros países e também em outros setores.

Para sobreviverem e adquirirem vantagem competitiva neste cenário, a empresa na construção civil, a partir dos anos 90, vem construindo para a gestão de processos um referencial teórico, com o objetivo de adaptar alguns conceitos e princípios da área de gestão de produção às peculiaridades do setor. Este

paradigma gerencial tem recebido diversos nomes, tais como Lean Production (Produção Enxuta), World Class Manufacturing, e nova filosofia de produção (Koskela, 1992).

Adaptado para construção civil como Lean Construction (Construção Enxuta) esta filosofia apresenta um modelo de processo que assume que um processo consiste em fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção. As atividades de “transporte”, “espera” e “inspeção” não agregam valor ao produto final, sendo por esta razão denominadas atividades de fluxo (ISATTO, 2000).

Para ALARCÓN (1994) “diferente da manufatura, onde o ritmo de produção é fundamentalmente regido por máquinas utilizadas nos processos de fabricação, a construção depende do gerenciamento de informações e fluxo de recursos. Isto é devido a sua grande variedade de área de trabalho, do tipo de aprovisionamento de algumas de suas organizações e o intenso uso de mão-de-obra e equipamentos não estacionários. A organização, planejamento, alocação e controle destes recursos é o que realmente determina a produtividade que pode ser alcançada. A despeito desta realidade, até o momento o modelo conceitual usado, tanto implicitamente ou explicitamente, para analisar a construção, é que conversão de entradas em saídas do sistema ignora importantes aspectos dos fluxos de informação e recursos. Por muitos anos, a utilização deste modelo tem ajudado a enfatizar a diferença entre construção e manufatura com instalações fixas, e tem limitado a difusão de novas tecnologias de produção e filosofias que tem surgido em outras áreas. Não obstante, os recentes avanços da indústria japonesa e sua difusão na Europa e Estados Unidos, são baseados em filosofias de produção que consideram explicitamente a informação e fluxo de recursos. Ao lado disto, eles focalizam a produtividade nos processos e são perfeitamente aplicáveis na construção, mesmo com suas particularidades”.

### 1.3 Conceito de Perdas

Segundo ISATTO (2000) na construção enxuta, o conceito de perdas está fortemente associado à noção de agregar valor e não está limitado apenas ao consumo excessivo de materiais. Assim, as perdas estão relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza, tais como materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital, acima da quantidade mínima necessária para atender os requisitos dos clientes internos e externos.

Entretanto, uma parcela que não agrega valor pode ser considerada inerente ao determinado processo, na medida que não pode ser eliminado sem uma mudança no método de trabalho.

Pode-se assim admitir que existe um nível aceitável de perdas (perda inevitável) que só pode ser reduzido através de uma mudança significativa no patamar de desenvolvimento tecnológico e gerencial da empresa.

Considerando este pressuposto, as perdas podem ser classificadas da seguinte forma:

- a) Perdas inevitáveis (ou perda natural): corresponde a um nível aceitável de perdas, que é identificado quando o investimento necessário para sua redução é maior que a economia gerada.
- b) Perdas evitáveis: ocorrem quando os custos de ocorrência são substancialmente maiores que os custos de prevenção. São consequências de um processo de baixa qualidade, no qual os recursos são empregados inadequadamente.

O conceito de **Perdas** neste trabalho está definido segundo CRUZ (2002) “como sendo todo recurso (tempo ou custo) utilizado acima do melhor valor obtido no conjunto de estacas pesquisadas no empreendimento. Este melhor valor foi utilizado como referência para análise do desempenho das outras estacas, em vez da tradicional utilização dos valores previstos nos orçamentos. Os valores previstos no

orçamento (índices de composição de custos) são dados históricos da empresa que representam índices padrões e gerais obtidos em outros empreendimentos já realizados, muitas vezes com características diferentes do empreendimento em estudo.

A vantagem nesse conceito de perdas é a apresentação dos efeitos da variabilidade existente na execução do processo construtivo, tanto no aspecto de perda de tempo, como na perda de recursos financeiros. As perdas em questão se referem às perdas na utilização recurso mão-de-obra. Como as perdas relacionadas à utilização dos recursos materiais não foram sistematicamente observadas, elas não serão consideradas nesta análise.

#### **1.4 Conceito de Produtividade**

De modo geral, o termo produtividade pode ser definido de inúmeras maneiras. Esta variação depende da ótica, do contexto e do objetivo em que está sendo empregado, além das experiências, percepção e conhecimento pessoal de quem o está empregando (SMITH, 1993). Adota-se aqui a seguinte definição SOUZA (1998): “Considera-se que produtividade seja a eficiência em se transformar entradas em saídas num processo produtivo. Dentro desta definição, o estudo da produtividade, no processo de produção de obras de construção civil, poderia ser feito sob diferentes abordagens. Assim é que, em função do tipo de entrada (recurso) a ser transformada, poder-se-ia ter o estudo da produtividade com pontos de vista: físico, no caso de se estar estudando a produtividade no uso dos materiais, equipamentos ou mão-de-obra; financeiro, quando a análise recai sobre a quantidade de dinheiro demandada; ou social, quando o esforço da sociedade como um todo é encarado como recurso inicial do processo”.

O estudo da produtividade da mão-de-obra é, portanto, uma análise de produtividade física de um dos recursos utilizados no processo produtivo, qual seja, a mão-de-obra.

### **2 OBJETIVO**

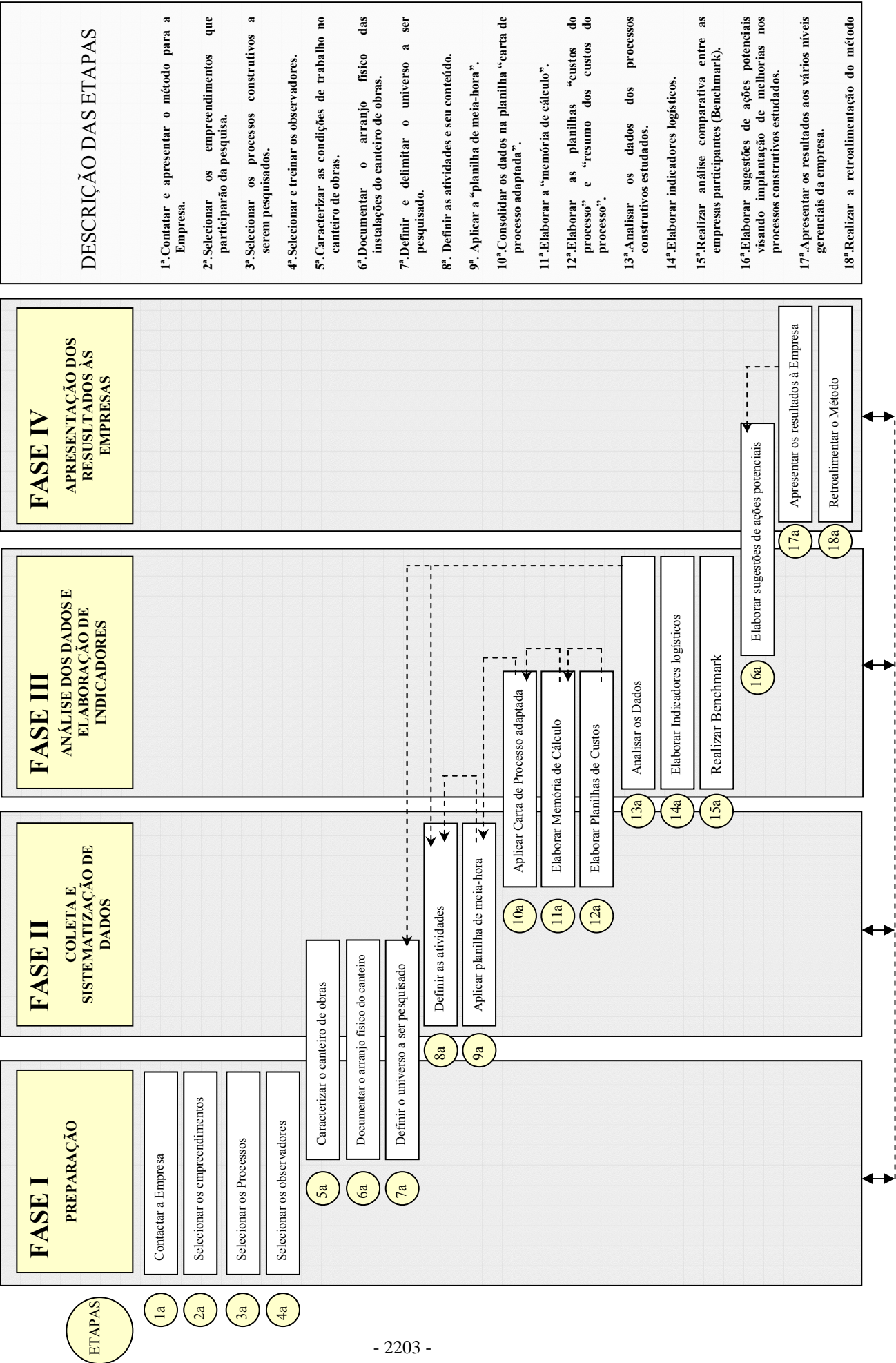
O objetivo deste artigo é mostrar as perdas de produtividade relacionadas às atividades de fluxo na execução de fundações com estacas Raiz. Estas atividades de fluxo estão representadas pelas diversas operações como: locação das estacas, transporte dos tubos de revestimento e limpeza dos equipamentos entre outras.

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa de caráter exploratório realizou uma revisão bibliográfica do tema escolhido e trabalho de campo em um empreendimento (edifício alto) de uma empresa incorporadora e construtora que atua na cidade de Belém do Pará.

O trabalho de campo está baseado no método proposto por CRUZ (2002) para estudo do comportamento do fluxo material, em processos construtivos, em obras de edificações, na construção civil. Apresentado sinteticamente na figura 01.

FIGURA 01: Macro-Fluxo do Método Proposto para Estudo do Comportamento do Fluxo Material em Processos Construtivos



## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Neste capítulo, o índice de produtividade e outros dados da mão-de-obra das várias amostras pesquisadas serão apresentados e comparados entre si, com o objetivo de melhor visualizar a relação entre as estacas, no que diz respeito ao gerenciamento, na execução do processo de estaca raiz. Esta comparação também permite visualizar as variações existentes nas diferentes estacas amostradas.

A unidade utilizada nas análises será homem hora por metro linear. E a seguir será apresentada a análise das estacas de 31 metros de profundidade do processo de estaca raiz.

### 4.1 Análise do índice de produtividade de oficiais e serventes das estacas de 31 metros

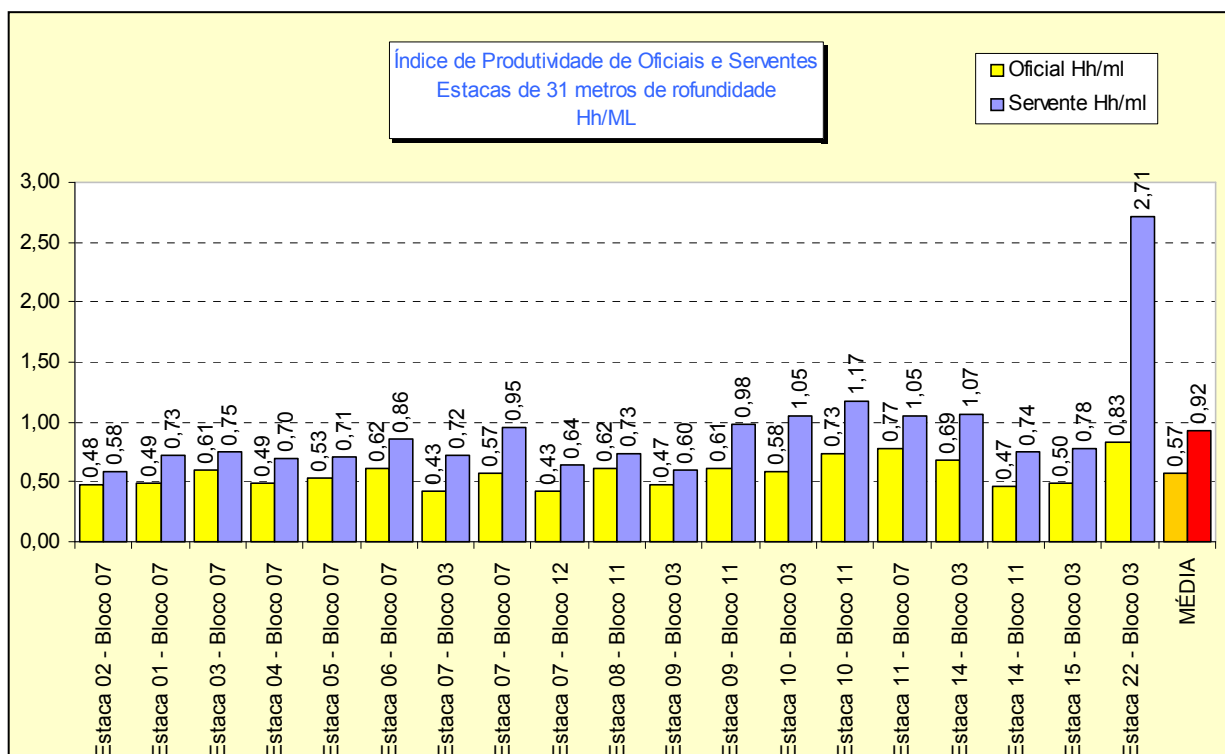
No gráfico 01, a variabilidade da produtividade é visível na execução do processo de estaca raiz. Segundo o ponto de vista da gestão de processos, a variabilidade tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor e o tempo necessário para executar um produto.

Porém, algumas estacas apresentaram variabilidade menos acentuada do que outras. Devido ao controle e domínio das atividades pelas equipes, que não apresentavam interferência entre si, isto é, as atividades não ficavam paradas em função de atrasos das atividades antecedentes.

A estaca 22/B. 03 apresenta o maior valor da produtividade da mão-de-obra. Isto quer dizer que na produção desta estaca ocorreram diversas causas de ociosidade, principalmente a falta de cimento na obra, devido ao atraso do fornecedor na entrega do cimento.

É importante observar, que o maior valor de oficial utilizado foi de 0,83Hh/ML, este valor faria praticamente duas estacas do menor valor utilizado 0,43Hh/ML. O maior valor de servente 2,71Hh/ML faria 5,6 estacas do menor valor 0,48Hh/ML.

Gráfico 01: Índice de produtividade de oficiais e serventes – Estacas de 31 metros de Profundidade



## 4.2 Análise das perdas das estacas de 31 metros

A tabela 01, mostra a ineficiência quanto ao uso dos recursos de mão-de-obra da execução do processo de estaca raiz, contribuindo assim para o seu desperdício e custo.

Vale ressaltar que perda não agrega valor para a empresa e nem para o cliente. O cliente paga pela ineficiência da empresa. Normalmente as empresas não conseguem fazer sempre o melhor valor.

O somatório das perdas observado representa o total das perdas no processo de estaca raiz. Estas perdas são relacionadas somente ao item de mão-de-obra.

Um dado interessante, na tabela 01, é que o somatório das perdas da mão-de-obra de oficial 2,8 Hh/ML, observado na execução do processo, equivale a seis estacas do melhor valor 0,43 Hh/ML. Já na mão-de-obra de servente há um desperdício maior quanto a sua utilização, o somatório das perdas 6,44 Hh/ML fariam onze estacas do melhor valor 0,58Hh/ML.

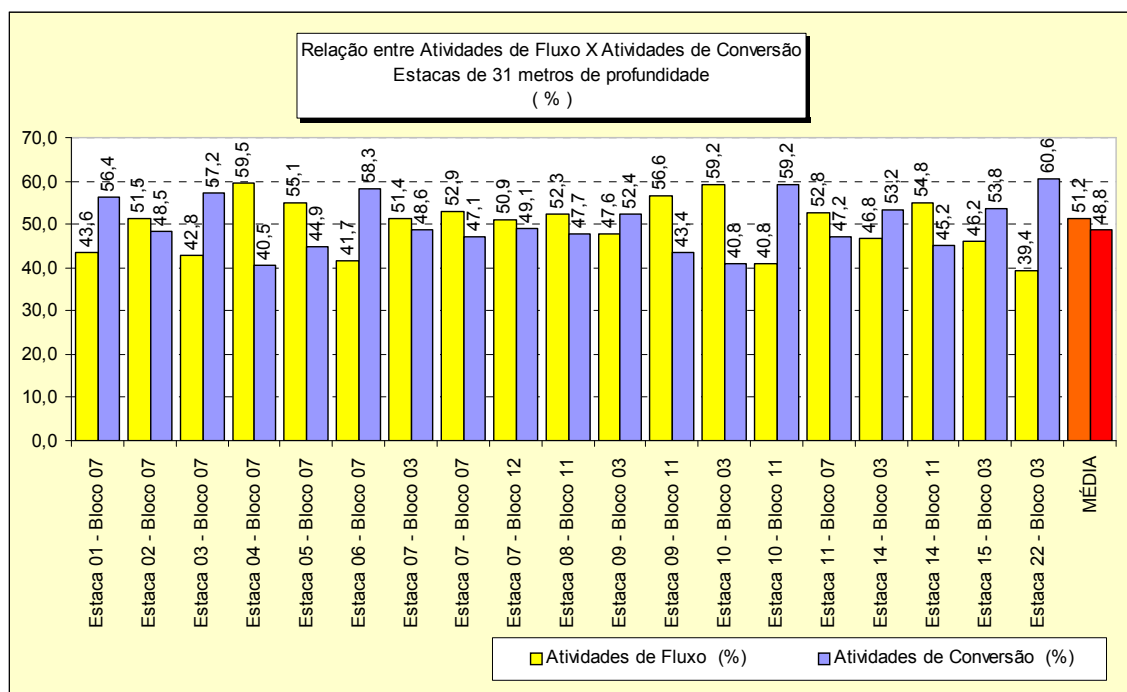
Tabela 01: Análise das Perdas das Estacas de 31 metros

ANÁLISE DAS PERDAS DAS ESTACAS DE 31 METROS						
ESTACAS	HORAS	CUSTOS	OFICIAL Hh/ML		SERVENTE Hh/ML	
			Produtividade	Perda de Produtividade	Produtividade	Perda de Produtividade
Estaca 12 - Bloco 07			0,48	0,05	0,58	0,00
Estaca 01 - Bloco 07			0,49	0,06	0,73	0,15
Estaca 03 - Bloco 07			0,61	0,18	0,75	0,17
Estaca 04 - Bloco 07			0,49	0,07	0,70	0,11
Estaca 05 - Bloco 07			0,53	0,10	0,71	0,13
Estaca 06 - Bloco 07			0,62	0,19	0,86	0,27
Estaca 07 - Bloco 03			0,43	0,00	0,72	0,14
Estaca 07 - Bloco 07	155	394,84	0,57	0,15	0,95	0,37
Estaca 07 - Bloco 12			0,43	0,00	0,64	0,06
Estaca 08 - Bloco 11	190	475,63	0,62	0,19	0,73	0,15
Estaca 09 - Bloco 03	207,5	526,89	0,47	0,05	0,60	0,02
Estaca 09 - Bloco 11			0,61	0,18	0,98	0,40
Estaca 10 - Bloco 03	149	375,85	0,58	0,16	1,05	0,47
Estaca 10 - Bloco 11			0,73	0,31	1,17	0,59
Estaca 11 - Bloco 07			0,77	0,35	1,05	0,46
Estaca 14 - Bloco 03	193	487,32	0,69	0,26	1,07	0,48
Estaca 14 - Bloco 11	177	446,43	0,47	0,04	0,74	0,16
Estaca 15 - Bloco 03			0,50	0,07	0,78	0,19
Estaca 22 - Bloco 03			0,83	0,40	2,71	2,13
SOMATÓRIO DAS PERDAS				2,80		6,44
MÉDIA / m <sup>2</sup>			0,57		0,92	

### 4.3 Análise da relação entre atividade de fluxo X atividades de conversão das estacas de 31 metros

No gráfico 02, observa-se que na execução de estacas de 31 metros, as atividades de fluxo prevaleceram sobre as atividades de conversão, apesar do uso dos equipamentos que elevam as atividades de conversão. Isto ocorreu devido à peculiaridade do processo, como no caso das atividades de transporte de tubos e da armadura da estaca, que utilizavam grandes quantidades de mão de obra. Por exemplo, devido ao peso da armadura de aço, o seu transporte ficava impossível de executá-lo manualmente com uma quantidade mínima de mão de obra.

Gráfico 02: Relação entre Atividades de Fluxo X Atividades de Conversão – Estacas de 31 metros



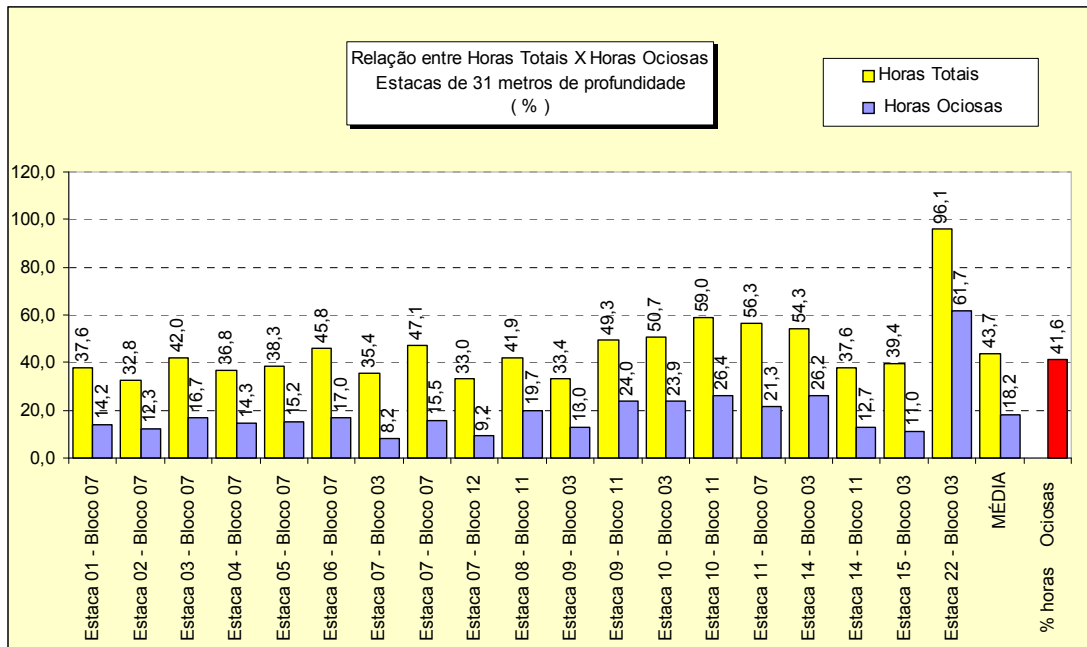
### 4.4 Análise de ociosidade das estacas de 31 metros

Para esta análise, definiu-se “ociosidade”, segundo CRUZ (2002), como sendo as horas classificadas como “não Trabalhadas (NT)”, independente das causas que lhe deram origem. As horas não trabalhadas são horas que a empresa investe recurso financeiro, o operário está presente na obra, muitas vezes em seu posto de trabalho, mas não realiza nenhum tipo de tarefa que dê retorno deste investimento.

O gráfico 03, que analisa a relação entre horas totais e horas ociosas, oferece informações relativas ao impacto do custo da ociosidade na execução do processo construtivo de estaca raiz. Esta informação é de fundamental importância para que a gerência possa tomar decisões sobre o correto balanceamento das equipes de trabalho.



Gráfico 03: Relação entre Horas Totais X Horas Ociosas – Estacas de 31 metros



Observa-se que as horas de ociosidade das estacas de 31 metros correspondem a 41,6% das horas totais utilizadas no processo. Isto demonstra que em média foram utilizado 43,68Hh no processo, mas que 18Hh eram de horas ociosas.

## 5 CONCLUSÃO

Com a aplicação do método proposto para o estudo do comportamento do fluxo material, foi possível identificar claramente as atividades e os índices de produtividade do processo construtivo estaca raiz, mesmo considerando as características peculiares à execução desta fundação.

Alem disso, apesar da falta de cultura no setor no que diz respeito a índice de produtividade, a pesquisa provou que é possível levantar índices de produtividade em processos construtivos de fundações. Dados importantes que durante muito tempo foram esquecidos e negligenciados, apesar de que uma parte considerável do tempo e dos custos de uma edificação está relacionada às fundações.

Entre os gráficos apresentados, um que pode refletir bem os dados que não estavam sendo revelados para tomada de decisões pelos diversos setores da empresa. É o gráfico “Relação entre Horas Totais X Horas Ociosas”, analisando-o percebe-se que ocorreram inúmeras causas de ociosidade dos recursos de mão de obra nos diversos grupos de atividades. Demonstrando-se que os recursos de mão de obra foram utilizados de forma ineficiente. E as horas não trabalhadas são praticamente o dobro das horas trabalhadas, isto é, que as horas não trabalhadas seriam suficientes para se fazer outras duas estacas. Por exemplo, fica bem claro que houve uma perda de mão de obra equivalente a 41,57% na execução destas amostras.

Considerando os resultados desta pesquisa, espera-se que os profissionais que atuam na execução de processos construtivos de fundações passem a dar mais importância aos índices de produtividade, visto que eles são de uma grande importância para a tomada de decisões gerenciais.

## 6 BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN, L.F. **Tools for the identification and reduction of waste in construction projects**. 2º Workshop on Lean Construction (IGLC 94'), Santiago, Chile: 1994a.

CRUZ, A.L.G.; **Método para estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da construção civil. Uma abordagem logística**. Florianópolis, 2002, Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ISATTO, E.L.; **Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS 2000, 177p (Construção Civil, 5).

ISATTO, E.L.; FORMOSO, C.T. **A nova filosofia de produção e a redução de perdas na construção civil**. Salvador, ENTAC, 2000.

SMITH, E.A.; **Manual da produtividade: Métodos e atividades para envolver os funcionários na melhoria da produtividade**. Qualitymark Editora, São Paulo, 1993.

SODRÉ, C.R.; **Estaca Raiz. Método executivo e capacidade de carga**. São Carlos, 1995. p. Dissertação de (Mestrado) – USP/São Carlos.

SOUZA, U.E.L.; **Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical. Tecnologia e gestão na produção de edifícios: vedações verticais**. PCC-EPUSP, São Paulo, pp. 237-48. 1998

CRUZ, E.S.; **Levantamento de Produtividade da Mão de obra e consumo de materiais em fundações de edifícios com estaca raiz – Um estudo de caso**. Belém. 2001. Trabalho de conclusão de curso – UNAMA, Universidade da Amazônia.