

DOUGLAS SANTOS DE SIQUEIRA
MATHEUS VILAÇA VIEIRA SILVA
RODRIGO MESSIAS PILEGGI

Análise da Produtividade Aplicada à Produção de Armaduras

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
a obtenção do diploma de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

São Paulo
2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Siqueira, Douglas Santos

Silva, Matheus Vilaça Vieira

Pileggi, Rodrigo Messias

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE APLICADA À PRODUÇÃO DE
ARMADURAS / Siqueira, Douglas; Silva, Matheus Vilaça Vieira; Pileggi,
Rodrigo Messias – São Paulo, 2019.

Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento da Engenharia Civil.

*Many of life's failures are people who did not realize how close they were to success when
they gave up*

(Thomas A. Edison)

RESUMO

SIQUEIRA, D.; SILVA, M. V. V.; PILEGGI, R. M. – Análise da Produtividade aplicada a produção de armaduras. 2019. 76 p. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

A retomada de um ambiente favorável ao mercado de Construção Civil e um aumento significativo da competição no segmento levam a busca pelos agentes por melhorias da sua eficiência produtiva. Nesse contexto, um aumento da produtividade da mão de obra pode ser colocado com um ponto crucial num ambiente em que os seus custos representam parcela significativa do valor total relativo à produção.

Neste trabalho focamos na produtividade da mão-de-obra envolvida na fabricação e montagem das armaduras em estruturas de concreto e, portanto, realizamos estudos sobre o assunto, detalhamos o processo produtivo de armaduras, a metodologia a ser utilizada para a análise e realizamos acompanhamentos de obras.

Os serviços que foram acompanhados em obras foram os seguintes:

- Estaca hélice com armadura moldada in loco
- Estaca hélice com armadura pré-montada
- Bloco de fundação com armadura moldada in loco
- Bloco de fundação com armadura pré-montada

Após estudos e acompanhamentos analisamos os dados e propomos melhorias para utilização da armadura pré-montada.

Palavras chave: Produtividade. Obras de Concreto Armado. Métodos Construtivos.

ABSTRACT

SIQUEIRA, D.; SILVA, M. V. V.; PILEGGI, R. M. – Productivity Analysis applied to steel reinforcement production. 2019. 76 p. Undergraduate thesis – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

The rise of a favorable environment for the Civil Construction market and a significant increase in competition in the segment lead the agents to search for improvements in their productive efficiency. In this context, an increase in labor productivity can be placed at a crucial point in an environment where its costs represent a significant portion of the total production value, which is evident especially in the case of reinforced concrete structures.

In this work we focus on the productivity of the labor involved in the fabrication and assembly of reinforcement in concrete structures and, therefore, we carry out studies on the subject, detail the reinforcement production process, the methodology to be used for the analysis and carry out follow-ups of works.

The services that we followed in this assignment were as follows:

- Shaped in the location reinforcement propeller pile
- Pre-assembled reinforcement propeller pile
- Shaped in the location reinforcement foundation block
- Pre-assembled reinforcement foundation block

After studies and follow-ups we analyze the data and propose improvements for the use of pre-assembled reinforcement.

Key-words: Productivity. Reinforced Concrete Structures. Constructive Methods.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE IMAGENS	i
ÍNDICE DE TABELAS	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.2 METODOLOGIA	3
1.2.1 MODELO DOS FATORES DE PRODUÇÃO.....	4
2. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS E CARACTERIZAÇÕES	5
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO AÇO UTILIZADO NA CONFECÇÃO DAS ARMADURAS	5
2.2 O EMPREGO DE ARMADURAS DE AÇO.....	8
2.3 O PROCESSO DE ARMAÇÃO.....	10
2.3.1 A FABRICAÇÃO DE PEÇAS/ARMADURAS.....	11
2.3.2 O SERVIÇO DE FABRICAÇÃO DA ARMADURA.....	13
2.3.3 O SERVIÇO DE ARMAÇÃO	14
2.4 O SERVIÇO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	23
2.4.1 O POSICIONAMENTO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	24
2.4.2 INTRODUÇÃO DA HÉLICE NO TERRENO	24
2.4.3 CONCRETAGEM	25
2.4.4 COLOCAÇÃO DA ARMADURA.....	26
2.5 O SERVIÇO DE BLOCO DE FUNDAÇÃO	26
2.5.1 ESCAVAÇÃO E PREPARAÇÃO DA BASE	27
2.5.2 ARRASAMENTO DAS ESTACAS.....	28
2.5.3 EXECUÇÃO DO CONCRETO MAGRO.....	28
2.5.4 LOCAÇÃO E POSICIONAMENTO	29
2.5.5 MONTAGEM DA FÔRMA DE MADEIRA	30
2.5.6 MONTAGEM DA ARMADURA	30
2.5.7 CONCRETAGEM DO BLOCO	31
2.5.8 DESFORMA DO BLOCO.....	31
3. FATORES ASSOCIADOS À PRODUTIVIDADE NA PRODUÇÃO DE ARMADURAS.....	32
3.1 ANÁLISE DOS FATORES ASSOCIADOS À PRODUTIVIDADE NA PRODUÇÃO DE ARMADURAS.....	32
3.1.1 FATORES RELACIONADOS AO MÉTODO DE TRABALHO	32
3.1.2 FATORES RELACIONADOS À ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	33

4. ESTUDOS DE CASO	37
4.1 PROJETO APOGEE – R. YAZBEK.....	37
4.1.1 LOGÍSTICA DO CANTEIRO DE OBRAS	38
4.2 ELECON – CAIEIRAS	43
4.3 TARJAB	46
5. LEVANTAMENTO DE DADOS	48
5.1 MÉTODO DE COLETA	48
6. PROCESSAMENTO DE DADOS.....	49
7. VISITA ÀS OBRAS E COLETA DE DADOS	50
7.1 ESTACA HÉLICE EM GAIOLA	50
7.2 ESTACA HÉLICE MONTADA IN LOCO	57
7.3 BLOCO DE FUNDAÇÃO EM GAIOLA	62
7.4 BLOCO DE FUNDAÇÃO MONTADO IN LOCO.....	65
8. RESULTADOS DOS INDICADORES	68
9. SUGESTÕES DE MELHORIAS	70
10. CONCLUSÕES	72
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

ÍNDICE DE IMAGENS

Figura 1 - Produtividade da mão-de-obra (SOUZA, 2001).....	4
Figura 2 - Sistema de Fornecimento de Aço - ARAUJO, LUIS (2005).....	12
Figura 3 - Fluxograma da etapa de fabricação das armaduras	14
Figura 4 - Sequenciamento das operações da armadura.....	15
Figura 5 - Estágios da estocagem do aço no canteiro de obras	17
Figura 6 - Desenho esquemático de mesa de dobramento. Fonte: BELGO, 2003b.....	19
Figura 7 - Chaves de dobra.....	20
Figura 8 - Máquina de dobramento manual.....	20
Figura 9 - Máquina de dobra elétrica.....	21
Figura 10 - Fases de Execução da estaca de hélice contínua.....	23
Figura 11 - Esquema da introdução da hélice.....	24
Figura 12 - Esquema concretagem na hélice contínua	25
Figura 13 - Processo de Arrasamento das Estacas	28
Figura 14 - Execução do Concreto Magro.....	29
Figura 15 - Posicionamento das formas dos Blocos de Fundação	29
Figura 16 - Armadura pré-montada de um Bloco de Fundação	30
Figura 17 - Concretagem do Bloco de Fundação	31
Figura 18 - Blocos de Fundação finalizados	31
Figura 19 - Distribuição percentual do esforço da mão-de-obra (em termos do tempo dedicado) nas operações que compõem o método de trabalho do processo de produção de armaduras.....	33
Figura 20 - Imagem da Fachada - Projeto Apogee.....	37
Figura 21 - Vista Aérea do Canteiro de Obras	37
Figura 22 - Processo logístico do canteiro do projeto Apogee.....	38
Figura 23 - Recebimento das Armaduras no Canteiro de Obras	39
Figura 24 - Deslocamento manual do caminhão ao canteiro de obras	40
Figura 25 - Estocagem da Armadura no Canteiro	40
Figura 26 - Transporte das Armaduras dentro do Canteiro de Obras.....	41
Figura 27 - Disposição do canteiro de obras do projeto Apogee.....	42
Figura 28 - Imagem da fachada do projeto da Elecon em Caieiras	43
Figura 29 - Processo logístico do canteiro	44
Figura 30 - Estocagem das Armaduras no Canteiro	44
Figura 31 - Estocagem das Armaduras no Canteiro	45
Figura 32 - Disposição do canteiro de obras do projeto da Elecon em Caieiras	45
Figura 33 - Processo logístico do canteiro	46
Figura 34 - Disposição do canteiro de obras do Empreendimento da Tarjab.....	47
Figura 35 - RUP (Hh por ton.) para estaca hélice em gaiola.....	57
Figura 36 - Quantidade de Hh para estaca hélice em gaiola	57
Figura 37 - RUP (Hh por tonelada) para estaca hélice montada in loco	61
Figura 38 - RUP (Hh por tonelada) para bloco de fundação em gaiola	65
Figura 39 - RUP em Hh por tonelada para Bloco de Fundação Moldado in loco.....	68
Figura 40 - RUPs em Hh por tonelada para Bloco Pronto	69
Figura 41 - RUPs em Hh por tonelada para Bloco Moldado in loco.....	69

Figura 42 - RUPs em Hh por tonelada para Estaca Moldada in loco	70
Figura 43 - RUPs em Hh por tonelada para Estaca Pronta.....	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características das Barras de Armação	6
Tabela 2 - Características dos fios	7
Tabela 3 - Propriedades mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.....	7
Tabela 4 - Descrição dos fatores associados a cada operação na produção de armaduras....	33
Tabela 5 - Ficha de descrição da CBO2002	37
Tabela 6 - Detalhamento do arranjo de armaduras no caminhão	38
Tabela 7 - Tabela exemplo para coleta no canteiro de obras.....	48
Tabela 8 - Atividades por operador em cada horário (Estaca Hélice em Gaiola)	52
Tabela 9 - Segundo dia de Coleta de Dados - Atividades por Operador.....	54
Tabela 10 - Primeiro Dia de Coleta de Dados - Serviço por Estaca.....	55
Tabela 11 - Segundo Dia de Coleta de Dados - Serviço por estaca	55
Tabela 12 - Terceiro Dia de Coleta de Dados - Serviço por Estaca	56
Tabela 13 - Resumo dos dias de coleta e cálculo das RUPs.....	56
Tabela 14 - Tabela de atividades por operador para estaca hélice montada in loco.....	58
Tabela 15 - Primeiro Dia de Coleta de Dados - Quantidade de Hh na execução de cada estaca	59
Tabela 16 - Segundo Dia de Coleta de Dados - Quantidade de Hh na execução de cada estaca	60
Tabela 17 - Terceiro Dia de Coleta de Dados - Quantidade de Hh na execução de cada estaca	60
Tabela 18 - Quadro resumo de Hh e quantidade de serviço.....	61
Tabela 19 - Atividades por operador a cada horário para bloco de fundação em gaiola.....	63
Tabela 20 - Primeiro Dia de Coleta de Dados - Quantidade de Hh despendidos na execução de cada bloco	64
Tabela 21 - Segundo Dia de Análise de Dados - Quantidade de Hh despendidos na execução de cada bloco	64
Tabela 22 - Quadro-resumo das quantidades de Hh e quantidades de serviço.....	65
Tabela 23 - Atividades por operador por horário de bloco de fundação montado in loco ...	67
Tabela 24 - Quadro-resumo da RUP (Hh por tonelada) para bloco de fundação montado in loco	68

(Página intencionalmente deixada em branco)

1. INTRODUÇÃO

A produtividade é um tema central no debate acerca do crescimento econômico e da melhoria em termos de custo e geração de resultados. Um estudo feito em 2016 pelo Departamento da Indústria de Construção da Fiesp (Deconcic) mostra que a produtividade da mão de obra não acompanhou o forte aumento das atividades no setor de Construção Civil no período pré-crise, fazendo com que o país se afastasse das nações mais desenvolvidas e de algumas emergentes.

Tomando dados de 2013 que comparam dados do IBGE e de alguns países acompanhados pela OCDE, colocam o Brasil em último lugar quando se utiliza como medida de produtividade o valor gerado por trabalhador (ou o PIB por trabalhador). Ainda segundo o estudo, cada trabalhador da construção civil brasileira gerou um valor de US\$18.900, muito inferior à média dos países listados, de US\$57.800, valor esse que não chega a um quarto das economias desenvolvidas (Bélgica, Reino Unido, Espanha, Austrália) ou mesmo metade dos índices de países em desenvolvimento como o México, Eslovênia e Eslováquia.

O primeiro ponto para iniciar o estudo da produtividade em construção civil a fim de se ter uma gestão mais eficiente dos recursos é se conhecer, “a priori”, os níveis de desempenho possíveis de serem alcançados na utilização dos recursos físicos do canteiro de obras analisado. Tendo conhecimento dos mesmos, é possível verificar ou ter uma estimativa inicial dos eventuais problemas que levam o desperdício de recursos ou tempo de obra, permitindo, a partir disso, levantar as possíveis medidas corretivas necessárias, ou, no limite, propor soluções ou novas tecnologias.

A importância das estruturas de concreto armado na produtividade, objeto de análise do trabalho, se dá, como destaca BATLOUNI NETO (2002), não só pelos custos de estruturas de concreto armado, quando comparados aos das estruturas metálicas, mas principalmente pela representatividade do concreto armado na constituição de estruturas reticuladas para edificações brasileiras de grande altura, se comparado a estruturas metálicas ou de alvenaria estrutural, que ainda são pouco representativas no mercado de construção civil do país, como apresenta PELIZZARI (2001).

Vale ainda ressaltar, como levantado por BATLOUNI NETO (2002), a representatividade dos custos de execução das estruturas em relação ao custo total das obras de edifícios. Segundo o estudo, que levantou os custos das estruturas de 16 edifícios construídos na cidade de São Paulo (entre julho de 2001 e março de 2002), concluiu-se que o custo dessas estruturas variava de 14,08% a 22,77% do custo total da obra, o que demonstra que ganhos de produtividade pode gerar economia significativa no custo geral da obra.

Como elencado por CARRARO (1998) dentre os principais benefícios possíveis de serem alcançados com o estudo da produtividade da mão-de-obra está a ***“previsão do consumo da mão-de-obra, previsão de duração dos serviços, avaliação e comparação de resultados e o desenvolvimento/aperfeiçoamento de métodos construtivos”***. Portanto, tais melhorias nos níveis de produtividade permitirão não só uma redução dos custos gerais de obra, mas também uma previsibilidade maior na duração da mesma, o que dará maior previsibilidade e, conseqüentemente, maior confiança por parte dos investidores, sejam eles públicos ou privados, o que, eventualmente, dará abertura para um nível maior de investimentos dentro do segmento.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é analisar a produtividade da mão de obra na produção de armaduras e identificar pontos que podem permitir ganhos de produtividade na execução de armaduras em obras de construção civil.

Um ponto que deve ser comentado nesse momento é a opção que o grupo fez por focar em dois serviços específicos, a saber: produção de estacas pelo método da hélice contínua e produção de blocos de fundação. Dentre os motivos para escolha destes serviços, pode-se citar: maior facilidade para acompanhamento das atividades, menor número de trabalhadores envolvidos e produtividade muito baixa nesses serviços.

Os dois serviços analisados se dividem em quatro tecnologias distintas: estaca hélice em gaiola (aço recebido pré-cortado, pré-dobrado e pré-montado), estaca hélice produzida in loco (aço recebido pré-cortado e pré-dobrado – a pré-montagem ocorre no canteiro de obras),

bloco em gaiola (aço recebido pré-cortado, pré-dobrado e pré-montado) e bloco in loco (aço recebido pré-cortado e pré-dobrado - a pré-montagem ocorre no canteiro de obras).

A análise da produtividade se baseia em dados coletados em campo durante o acompanhamento das obras apresentadas nos estudos de caso deste trabalho. Pretende-se comparar os indicadores de produtividade e propor melhorias para que os benefícios das novas tecnologias sejam melhor aproveitados durante a execução dos serviços estudados.

O desenvolvimento deste trabalho buscará analisar os indicadores, obtidos com dados coletados nas obras visitadas, e relacioná-los com as situações encontradas em campo, destacando pontos críticos na execução dos serviços e sugerindo melhorias para que os serviços apresentem melhores indicadores de produtividade.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia se baseia em dados empíricos coletados pelos autores durante o desenvolvimento deste trabalho. A coleta de dados consistiu em acompanhar a execução dos serviços em três empreendimentos distintos. Pretende-se, a partir da análise dos dados obtidos em campo, analisar a produtividade na execução dos diferentes serviços e, como já citado, propor melhorias para que os indicadores de produtividade reflitam melhorias com a adoção das novas tecnologias (aço pré-montado – gaiola).

A análise da produtividade está associada à coleta de dados realizada em campo, ao entendimento dos melhores indicadores a serem utilizados, ao entendimento dos serviços acompanhados e ao processamento dos dados.

O acompanhamento de execução de serviços ocorre em obras de três empreendimentos distintos: R. Yazbek - Vila Mariana, Elecon - Caieiras e Tarjab - Vila Mariana.

O acompanhamento das tecnologias, por obra visitada, é descrito em tópicos a seguir.

- Estaca hélice em gaiola - R. Yazbek;
- Estaca hélice in loco - Elecon - Caieiras;
- Bloco em gaiola - Tarjab;
- Bloco in loco - Elecon - Caieiras;

1.2.1 MODELO DOS FATORES DE PRODUÇÃO

Para a definição do modelo dos fatores de produção é necessário elencar alguns itens, tal como a forma de mensuração da produtividade, a forma de coleta dos dados, a quantidade de serviços executados e a caracterização dos serviços, a característica do produto que será gerado, equipamentos e ferramentas utilizados, a mão-de-obra que desenvolverá o produto e a organização da produção.

Para o tipo de homem-hora apropriado para a análise, obtemos o número de homens-hora relativos a um determinado dia de trabalho, somando-se as horas trabalhadas por cada membro de equipe de acordo com a análise contínua de execução de trabalho por cada membro na obra.

Numa forma mais direta, a produtividade consiste na relação entre as entradas de um processo (materiais, mão-de-obra, etc.) e as saídas do mesmo (número de blocos de fundação, estacas executadas, etc.).

Como SOUZA (2001) define, restringindo a conceituação para a mão-de-obra, a produtividade consiste na eficiência da transformação do esforço humano em serviços de construção, conforme ilustrado na figura 1 (SOUZA, 2001) ilustrada abaixo.

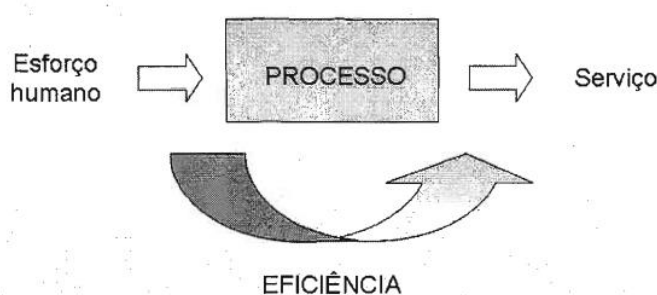


Figura 1 - Produtividade da mão-de-obra (SOUZA, 2001)

A produtividade da mão-de-obra é mensurada através do indicador denominado Razão Unitária de Produção (RUP), termo introduzido no país através de trabalhos sobre o assunto realizados por SOUZA (1996) que relaciona os homens-hora (Hh) despendidos (entradas do processo) às quantidades de produtos obtidos (quantidade de serviço), ou seja, as saídas do processo.

Ao longo da nossa análise, como será explicitado ao longo do trabalho, a RUP será executada não em função do serviço executado, mas sim em função da massa de armadura para cada fundação executada (podendo ela ser, como descrito no item anterior, **Estaca Hélice** e **Bloco de Fundação**, ambas em gaiola ou moldada in loco). Portanto, matematicamente, temos:

$$RUP = \frac{Hh}{M}$$

Onde:

Hh = Homens-hora despendidos na execução do serviço

M = Massa de armadura despendida na execução da fundação

2. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS E CARACTERIZAÇÕES

Para realizarmos a análise da produtividade aplicada à produção de armaduras envolvidas nos serviços de estaca hélice contínua e bloco de fundação de estruturas, necessita-se, inicialmente, descrever os fundamentos dos serviços e suas características, sendo assim possível a detecção de quais fatores influenciam diretamente na análise proposta.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO AÇO UTILIZADO NA CONFECÇÃO DAS ARMADURAS

O aço consumido na indústria de construção brasileira é predominantemente produzido de sucata devido ao seu menor custo, grande disponibilidade e capacidade de reciclagem. Outras matérias-primas que o compõe são: ferro gusa, ferroligas, cal e oxigênio. Portanto, partir dessa matérias-primas, são produzidos os vergalhões de aço que comumente são CA50 ou CA60 (tais denominações dizem respeito ao teor de carbono em suas composições).

Tanto a especificação como a produção de barras (produzidas por laminação) e fios (produzidos por trefilação) de aço é regulamentada pela ABNT NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado, versão 2007.

Seguem tabelas retiradas da norma em relação às especificações técnicas:

Diâmetro nominal ^a mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
Barras	Massa nominal ^b kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
6,3	0,245	± 7%	31,2	19,8
8,0	0,395	± 7%	50,3	25,1
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4
12,5	0,963	± 6%	122,7	39,3
16,0	1,578	± 5%	201,1	50,3
20,0	2,466	± 5%	314,2	62,8
22,0	2,984	± 4%	380,1	69,1
25,0	3,853	± 4%	490,9	78,5
32,0	6,313	± 4%	804,2	100,5
40,0	9,865	± 4%	1256,6	125,7

^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

^b A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m³.

Tabela 1 - Características das Barras de Armação

Diâmetro nominal ^a mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
Fios	Massa nominal ^b kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
2,4	0,036	± 6%	4,5	7,5
3,4	0,071	± 6%	9,1	10,7
3,8	0,089	± 6%	11,3	11,9
4,2	0,109	± 6%	13,9	13,2
4,6	0,130	± 6%	16,6	14,5
5,0	0,154	± 6%	19,6	15,7
5,5	0,187	± 6%	23,8	17,3
6,0	0,222	± 6%	28,3	18,8
6,4	0,253	± 6%	32,2	20,1
7,0	0,302	± 6%	38,5	22,0
8,0	0,395	± 6%	50,3	25,1
9,5	0,558	± 6%	70,9	29,8
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4

^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

^b A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m³.

Tabela 2 - Características dos fios

Categoria	Valores mínimos de tração				Ensaio de dobramento a 180°		Aderência	
	Resistência característica de escoamento ^a f_{yk} MPa ^e	Limite de resistência ^b f_{st} MPa ^f	Alongamento após ruptura em 10 Φ ^c A %	Alongamento total na força máxima ^d A_{gt} %	Diâmetro do pino mm		Coeficiente de conformação superficial mínimo η	
					$\phi < 20$	$\phi \geq 20$	$\Phi > 10$ mm	$\Phi \geq 10$ mm
CA-25	250	1,20 f_y	18	-	2 ϕ	4 ϕ	1,0	1,0
CA-50	500	1,08 f_y	8	5	3 ϕ	6 ϕ	1,0	1,5
CA-60	600	1,05 f_y ^e	5	-	5 ϕ	-	1,0	1,5

^a Valor característico do limite superior de escoamento f_{yk} da ABNT NBR 6118 obtido a partir do LE ou δ_s da ABNT NBR ISO 6892.

^b O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração (LR ou δ_t da ABNT NBR ISO 6892).

^c Φ é o diâmetro nominal, conforme 3.4.

^d O alongamento deve ser atendido através do critério de alongamento após ruptura (A) ou alongamento total na força máxima (A_{gt}).

^e Para efeitos práticos de aplicação desta Norma, pode-se admitir 1 MPa = 0,1 kgf/mm².

^f f_{st} mínimo de 660 MPa.

Tabela 3 - Propriedades mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado

Em relação ao dobramento do aço, como ele será utilizado de diversas formas diferentes, diversas armaduras diferentes serão produzidas, porém, todos os dobramentos devem ser feitos com raios de curvatura que respeitem as características do aço empregado, impedindo, dessa forma, que ocorram fissuras do aço, do lado tracionado da barra. As normas ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 14931 estabelecem as condições e na execução e no controle em obras de concreto armado e, portanto, estabelecem os diâmetros dos pinos a serem utilizados no dobramento de barras (ganchos, estribos e peças longitudinais tracionadas).

2.2 O EMPREGO DE ARMADURAS DE AÇO

Para a real utilização do aço nas estruturas, eles devem estar no formato de gaiolas, ou seja, elas são ligadas entre si formando um conjunto rígido e indeslocável ao qual chamamos de armadura.

Segundo o autor LEONHARDT; MONNIG (1978) às armaduras formadas pelo conjunto de barras, malhas ou telas de aço tem as seguintes funções:

- absorver os esforços de tração em peças estruturais solicitadas à flexão e à tração, contribuindo para a capacidade resistente ou para a estabilidade da estrutura;
- fazer com que as fissuras no concreto, sob a ação de cargas de utilização, permaneçam na ordem de grandeza de capilares (não sejam facilmente visíveis a olho nu);
- limitar a abertura das fissuras devido a estados de tensão produzidos por efeitos de coação, tais como o impedimento à deformação, no caso de variação de temperatura, de retração, de estruturas hiperestáticas etc.
- em peças comprimidas, aumentar a capacidade resistente do concreto à compressão (por exemplo, no caso de pilares) ou a segurança de peças comprimidas esbeltas contra a flambagem.

De acordo com o autor FUSCO (1995) é de extrema importância que se conheça profundamente às características da armação, tornando assim possível uma maximização de suas qualidades, com soluções específicas e pontuais, além de dar embasamento para uma melhoria na relação entre o concreto e o aço.

Classificação das Armaduras	Subdivisão	Função
1. Armaduras de equilíbrio geral	1.1 Armaduras longitudinais 1.2 Armaduras transversais	São dispostas ao longo da peça e frequentemente são chamadas de armadura de tração, ou de flexão. No caso das vigas as armaduras transversais resistem às forças cortantes. Nas lajes são as armaduras de flexão. Nos pilares inexistem.
2. Armaduras auxiliares	2.1 Armaduras de montagem 2.2 Armaduras de pele 2.3 Armaduras complementares	Servem para facilitar a montagem geral da armadura, como é o caso dos porta-estribos das vigas, ou para permitir a manutenção da posição das demais armaduras durante a concretagem da peça. Impedirem uma fissuração superficial exagerada da peça, nas condições de utilização normal. São usualmente empregadas em vigas altas e em peças em que o cobrimento da armadura principal é excessivo. Podem ter função de armadura de equilíbrio ou armadura de pele.
3. Armaduras de equilíbrio local (solidarização)	3.1 Armaduras de costura	São empregadas quando a solidarização depende da absorção de esforços tangenciais que agem ao longo de um dado plano ou de uma outra superfície qualquer interna da peça. Ancoragens e emendas das barras são exemplos de situações em que são necessárias armaduras de costura.

	3.2 Armaduras contra o fendilhamento	São necessárias quando a solidarização depende de absorção de esforços de tração decorrentes de uma compressão localizada (por exemplo, nas ancoragens feitas por meio de dobras ou de ganchos).
	3.3 Armaduras contra a flambagem das barras comprimidas	Permitem levar as barras comprimidas até o escoamento. Essas armaduras garantem a solidarização das armaduras comprimidas ao concreto que as envolve. Os estribos dos pilares são essencialmente armaduras de solidarização contra a flambagem das barras longitudinais.
	3.4 Armaduras de equilíbrio dos desvios dos esforços longitudinais	Garantem a integridade da peça, seja na presença de desvios do banzo comprimido das mesmas, seja na de barras tracionadas curvilíneas que tendem a se destacar do concreto.
	3.5 Armaduras de suspensão	Necessárias nos cruzamentos de vigas, quando uma delas se apoia sobre a outra, fazendo com que haja a necessidade de um verdadeiro tirante interno de suspensão.

Tabela 4 - Classificação das Armaduras

2.3 O PROCESSO DE ARMAÇÃO

De acordo com FREIRE (2001) a definição de armação se refere ao conjunto de operações que envolvem a preparação e o posicionamento do aço na estrutura. Já em relação as etapas do processo da mesma, é muito importante citar KALIAN et al. (2000) que define três etapas:

1. Projeto;
2. Fabricação e fornecimento;

3. Construção.

Como no presente trabalho estamos focados na diferença de produtividade entre armaduras moldadas in loco e armaduras pré cortadas e pré dobradas, detalharemos as etapas 2 e 3.

2.3.1 A FABRICAÇÃO DE PEÇAS/ARMADURAS

O autor ARAUJO, LUIS (2005) detalha o processo de fabricação. De acordo com ele, envolve as operações de corte e dobra das barras para a produção de peças, que podem ser posteriormente unidas, através de soldas e/ou amarrações, dando origem às armaduras.

Ainda de acordo com o mesmo autor, as operações de corte e dobra podem ser desenvolvidas dentro ou fora dos canteiros de obras. Quando realizadas fora dos canteiros, elas se dão ora em centrais de armação, que podem ser mantidas por construtoras, ora em ambientes fabris, pertencentes a empresas especialistas na preparação das peças/armaduras. Nestes casos, principalmente nas fábricas especializadas, faz-se o uso intensivo de máquinas, com alto grau de automação, capazes de minimizar significativamente intervenções manuais ao longo das operações. Os produtos dessas operações podem ser de quatro tipos principais: i) peças; ii) telas soldadas; iii) rolos (ou carpetes) de aço; iv) gaiolas pré-montadas. Diz-se, neste caso, que as peças/armaduras são fabricadas.

Já as operações de corte e dobra do aço, quando desenvolvidas dentro do canteiro de obras, caracterizam-se pelo uso intensivo da mão-de-obra. Os produtos dessas operações são as peças. Diz-se, neste caso, que as peças/armaduras são manufaturadas.

Desta forma, utilizaremos o termo fabricação para quando a preparação (corte, dobra e união) de peças e armaduras ocorra em fábricas especializadas e, quando a preparação ocorrer no canteiro de obra, será tratada como se fizesse parte do processo de armação.

Existem diferentes abordagens sobre qual tipo de fornecimento escolher para uma obra. Para ABCP (2002) “a escolha “estratégica” está relacionada ao sistema de fornecimento do aço. Em função da análise de algumas variáveis, cada obra optará pelo sistema de armadura mais adequado à sua realidade. Cada sistema possui suas particularidades, sendo que, para cada solução adotada, o tempo entre o pedido do material e o seu recebimento é diferente. Além disso, as etapas inerentes, em cada processo, são distintas, sendo importante

considerar todos esses fatores durante o planejamento do serviço”. A ABCP (2002) destaca também, que o fluxo do aço bem como a área a disponibilizar no canteiro para suas diferentes etapas pode, em alguns casos, determinar o tipo de fornecimento do aço.

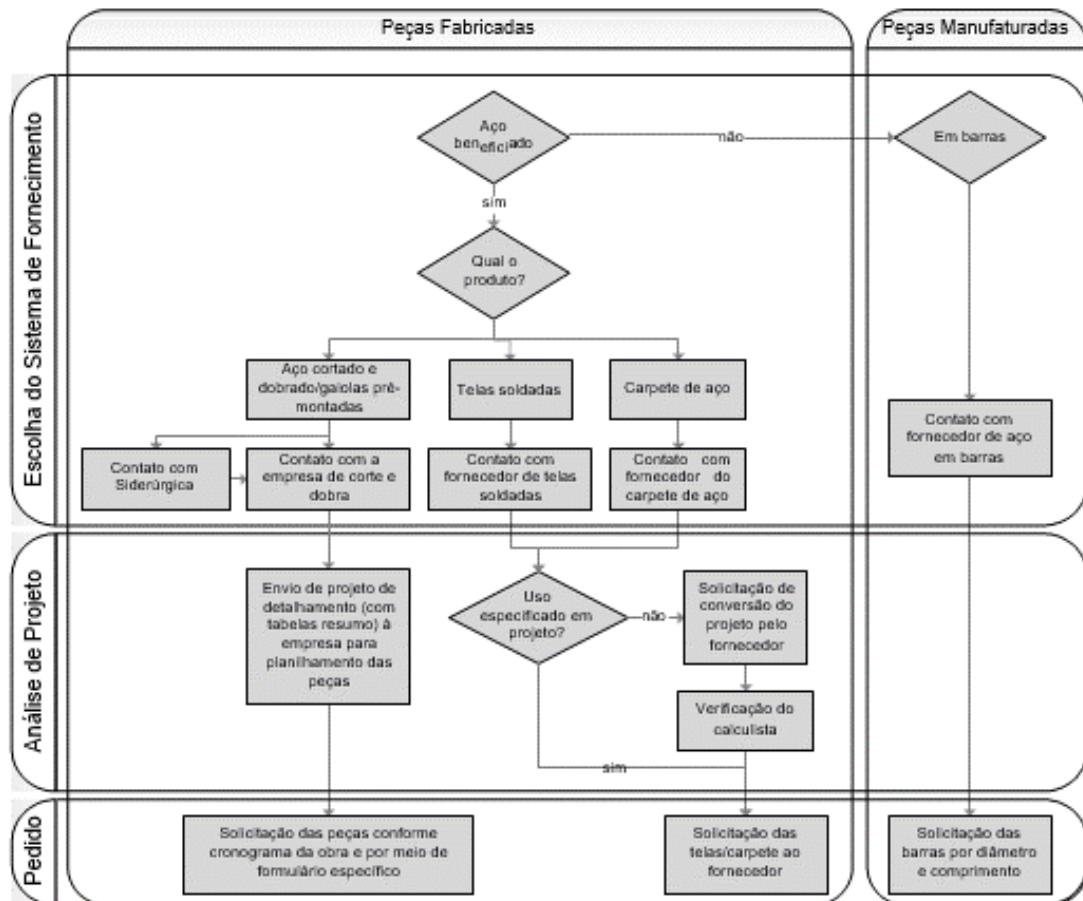


Figura 2 - Sistema de Fornecimento de Aço - ARAUJO, LUIS (2005)

Outra abordagem para a definição de qual sistema de fornecimento adotar se relaciona com o estudo proposto pelo presente trabalho, ou seja, analisar as diferenças entre as produtividades de cada método e os ganhos decorrentes como menor mão de obra, canteiro menos complexo, etc.

É importante ressaltar que apesar de no Brasil ser mais comum a armação manufaturada, KALIAN et al. (2000-b) lembra que, no Reino Unido, a prática de cortar e dobrar o aço no canteiro é raramente utilizada. Além disso, nos EUA, as operações manuais de corte e dobra de aço, executadas nos canteiros de obras, não são recomendadas.

Focando no uso de gaiolas pré-montadas fora do canteiro de obras é raro e concentrado em trabalhos específicos e em áreas especializadas. As armaduras pré-montadas não são favorecidas devido ao custo elevado do transporte e à maior responsabilidade quanto ao seu desempenho estrutural.

As gaiolas pré-montadas têm sido ofertadas por empresas que, até então, forneciam às obras as peças cortadas e dobradas. “Além de a obra receber estribos e barras cortados e dobrados, ela passa a receber peças pré-montadas como vigas, pilares, tubulões e blocos, de acordo com o projeto estrutural, e prontas para serem colocadas nas fôrmas”.

Os processos de montagem de gaiolas, nessas empresas, visando atender obras de edifício, são semelhantes aos processos de pré-montagem encontrados nos canteiros de obras, ou seja, são processos muito manuais.

2.3.2 O SERVIÇO DE FABRICAÇÃO DA ARMADURA

No Brasil, a etapa de fabricação das peças começa com a quantificação dos projetos de detalhamento das armaduras, pelo contratante, para que seja efetuado o fechamento do contrato entre as partes (fornecedor e contratante). O fornecedor estabelece valores para o serviço de corte e dobra, expressos em reais por tonelada de aço (R\$/ton.), estes valores variam de forma não regular devido a diferença da complexidade dos projetos. Assim, projetos mais complexos (com, por exemplo, elevado número de peças distintas, que induzem piores produtividades das máquinas) custam, para o contratante, o mesmo valor, em R\$/ton., que projetos mais simples (maior número de peças repetidas, com diâmetros maiores, por exemplo).

Fechado o contrato, a contratante encaminha, para o fornecedor, os projetos de detalhamento das armaduras, para que ele inicie o “planilhamento” dos projetos cujas peças serão fabricadas. Importante ressaltar que um cronograma deve ser passado ao fornecedor para que ele faça o planilhamento e fabrique as peças de acordo com sequência de execução da obra.

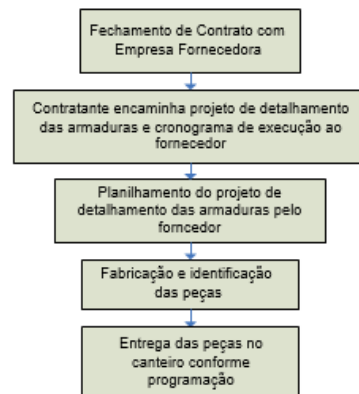


Figura 3 - Fluxograma da etapa de fabricação das armaduras

2.3.3 O SERVIÇO DE ARMAÇÃO

A etapa de armação no âmbito do processo de concepção e produção de armaduras, envolve um conjunto de atividades que começam pela administração de um conjunto documentos que irão proporcionar as condições para o desenvolvimento das etapas seguintes do processo. Alguns exemplos dos documentos são:

- Projetos,
- Certificados de ensaios de aço,
- Formulários de pedidos,
- Procedimentos de inspeção, execução e treinamentos.

De posse dos documentos, como, por exemplo, o cronograma da obra, pode-se elaborar o planejamento das microatividades. Com a programação liberada, parte-se para o conjunto de operações de produção, sequenciais, que têm seu início marcado pelo recebimento do material no canteiro, e o final, determinado pela liberação para a inspeção das armaduras.

Dentre as atividades comentadas acima, focaremos nas que estão relacionadas com as operações de produção, tais como o recebimento do material, a estocagem deste material, o corte e a dobra das barras, a pré-montagem das peças, o transporte das barras/peças/armaduras pré-montadas e a montagem final. O conjunto destas operações, ordenada segundo uma determinada sequência executiva, constitui o método de trabalho. A associação de operações com características distintas, constitui, portanto, métodos de trabalho distintos (por exemplo, diz-se que uma obra que apresenta um sistema de descarregamento manual possui um método de trabalho distinto de outra que faz o descarregamento com o auxílio de uma grua). Em razão das diferentes possibilidades de se

2.3.3.1 O RECEBIMENTO DO AÇO NO CANTEIRO DE OBRAS

O recebimento do aço, no canteiro de obras, contempla as atividades de conferência e descarregamento do aço.

Através da atividade de conferência, a contratante deverá checar: i) se o carregamento de aço que está sendo recebido é condizente com a discriminação apresentada na nota fiscal de entrega do aço disponibilizado pelo fornecedor; ii) se o material está condizente com as características determinadas por normas específicas (NBR 7480 e NBR 7841), bem como pelas prescrições dos procedimentos da contratante (por exemplo, o aspecto geral das peças no que diz respeito à integridade dos formatos, a presença de esfoliações e sinais de corrosão etc.).

A operação de descarregamento varia significativamente (em relação à mão-de-obra envolvida, aos tempos gastos etc.) em função do sistema de transporte presente na obra e da logística de canteiro, que determinará a acessibilidade e o posicionamento do caminhão em relação ao equipamento de transporte e ao local em que o aço será depositado.

2.3.3.2 A ESTOCAGEM DO AÇO NO CANTEIRO DE OBRAS

O aço, no canteiro de obras, trata-se de um material que precisa ser deslocado várias vezes (desloca-se, dentro do canteiro, num número de vezes diretamente proporcional ao número de operações em que participa). O aço em barras é aquele que mais vezes é deslocado e, portanto, estocado dentro do canteiro de obras. É estocado após ser descarregado e, novamente, após as operações de corte, dobra e pré-montagem. Para cada um destes momentos, bem como para cada tipo de fornecimento (em barras, em telas, em rolos, cortado e dobrado) é necessária uma configuração específica do local de estocagem. Chama-se a atenção para o fato de o nível de dificuldade de se estocar o aço no canteiro aumentar à medida em que o aço é manufaturado. Esta dificuldade é função das áreas disponibilizadas (maiores para as peças fabricadas) bem como do próprio arranjo organizacional do aço (o aço cortado e dobrado, por exemplo, requer uma preocupação maior com a sua estocagem).

As baias devem ser alocadas em terrenos planos. A base na qual serão depositadas as barras deve ser tal que impeça o contato do aço com o solo e, por conseguinte, com impurezas. Devem, ainda, prever dispositivos que permitam separar as barras de aço por diâmetro.

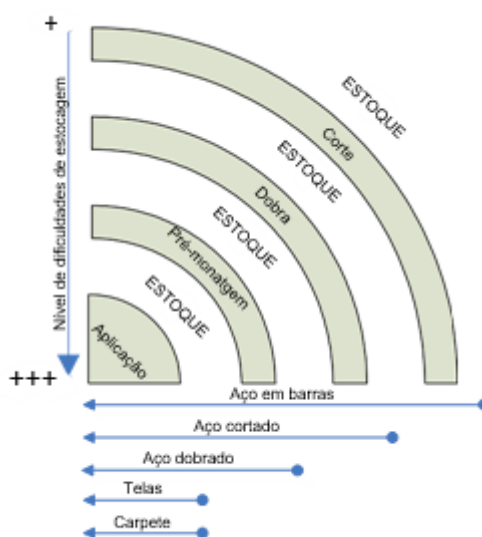


Figura 5 - Estágios da estocagem do aço no canteiro de obras

2.3.3.3 O CORTE DAS BARRAS DE AÇO NO CANTEIRO DE OBRAS

O corte se trata da primeira operação de transformação das barras de aço visando a produção das armaduras. A operação, que quando feita na fábrica é desempenhada por máquinas automatizadas, pode ser também executada nos canteiros de obras. Embora, em países como os EUA, o corte das barras seja desaconselhado quanto a ser feito no canteiro (CRSI) e, de fato, pouco ocorra (como também é o caso de países como a Inglaterra, França e Alemanha), nos canteiros de obras brasileiros trata-se de uma prática bastante comum, principalmente em cidades situadas distantes de grandes centros, e, por conseguinte, de empresas especializadas em fornecer o aço beneficiado.

Trata-se de uma operação que requer cuidados especiais. Na escolha do sistema de corte das barras adotado pela obra (tipos, quantidades e disposição dos equipamentos de corte) devem-se considerar os materiais que serão trabalhados e o volume de serviço especificado, ponderando os custos associados aos equipamentos e sua disponibilidade no mercado.

A precisão do corte é uma das condições para que a peça assuma a configuração prevista no detalhamento e depende, significativamente, da habilidade e dos cuidados tomados pelo operário responsável por conduzir a operação. Numa equipe de armadores a realização do corte é geralmente desenvolvida por operários especificamente treinados para operar os equipamentos que irão efetuar o corte das barras. Normalmente estes operários só

trabalham nesta operação. Junto ao equipamento de corte deve constar a identificação pessoal de armadores habilitados para a operar os equipamentos.

Os equipamentos de corte são posicionados numa bancada, denominada “bancada de corte”, que deve estar, preferencialmente, posicionada num local próximo à baía de aço, de maneira que um armador consiga, com um mínimo esforço, trazer as barras para a bancada. A bancada de corte representa uma das partes de uma central de armação.

As bancadas de corte utilizadas nas obras são, costumeiramente, confeccionadas pelos próprios armadores. Normalmente, uma bancada de corte tem comprimento total de 14m e largura de 0,80m, com altura de 1,05m (NR 18). O tabuleiro é confeccionado com tábuas de madeira. Os cavaletes que sustentam o tablado podem ser executados com pontaletes de madeira. O equipamento de corte é disposto na parte central da bancada.

Os equipamentos e ferramentas de corte, mais comumente utilizados, são de três tipos, classificados segundo a forma com que são acionados, conforme apresentados a seguir:

- Manuais: utilizados geralmente em obras com pouco volume de serviço e/ou como apoio, principalmente durante o posicionamento das armaduras nas lajes (no corte, por exemplo, de posições variáveis), devido à sua mobilidade e facilidade relativa de manuseio.
- Elétricos: utilizados em obras com volume de serviço significativo, tratam-se dos equipamentos mais comumente encontrados nas obras. O principal deles é a “policorte”.
- Hidráulicos: utilizados mais frequentemente em obras com maiores volumes de serviço, tratam-se de equipamentos especificamente projetados para o corte de barras de aço. São mais eficientes e oferecem mais segurança ao operador, durante sua operação, quando comparados com os equipamentos elétricos. Seu uso é restrito devido aos custos mais elevados de compra e/ou locação do equipamento quando comparados à policorte, por exemplo.

2.3.3.4 A DOBRA DAS BARRAS DE AÇO NO CANTEIRO DE OBRAS

“Dobrar ferros é uma operação que consiste em moldar ferros retos nas medidas e ângulos, conforme desenho de armação”. (CNI, 1980)

A operação do dobramento das barras de aço, quando realizada no canteiro de obras, requer uma atenção especial, em função da preocupação em se respeitarem as características

do aço empregado, impedindo, desta forma, que ocorram fissuras do mesmo na parte tracionada.

Daí a necessidade de se considerarem, na operação de dobramento, as prescrições da norma NBR 6118, que estabelece o diâmetro correto do pino de dobramento usado nas bancadas de dobra (que variam em função do diâmetro e da classe do aço). Tais indicações da referida norma visam a obtenção de um produto final (aço dobrado) seguro, prevenindo quebra ou fragilidade na região da dobra e não expondo a construção a riscos.

O dobramento, em obra, é realizado, normalmente, em uma mesa de dobra, onde são fixados os pinos de dobramento. Os pinos são de dois tipos: i) pinos suporte: servem de apoio quando se faz força para dobrar a barra e impedem que ela escape da mesa; ii) pino principal (para o qual a norma NBR 6118 estabelece os diâmetros): é o ponto onde se faz o dobramento da barra (o diâmetro interno da dobra será aproximadamente igual ao diâmetro do pino).

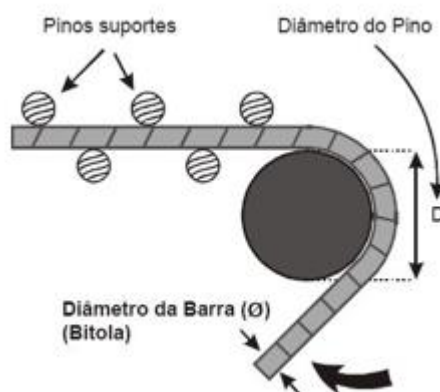


Figura 6 - Desenho esquemático de mesa de dobramento. Fonte: BELGO, 2003b

As mesas, ou bancadas de dobra, utilizadas nas obras são, assim como as bancadas de corte, costumeiramente confeccionadas pelos próprios armadores. As dimensões destas bancadas, com exceção da altura (aproximadamente 1,05 m), costumam variar em função: i) dos tamanhos das barras que serão dobradas; ii) dos espaços disponíveis na central de armação; iii) das peças que serão produzidas (é comum encontrarem-se, nas obras, bancadas específicas para a dobra de peças como caranguejos, estribos e ganchos ou podem-se utilizar, também, bancadas únicas, em que são dobrados todos os tipos de peças (desde que, é claro, sejam usados pinos com diâmetros adequados a cada caso)); iv) do sistema de dobramento utilizado: manual ou com auxílio de máquinas eletro-hidráulicas.

Em se tratando de sistemas manuais, o dobramento das barras é feito mediante o uso de “chaves de dobra”, que são ferramentas confeccionadas em aço, compostas por um cabo (alavanca de dobra), associado a uma chave.



Figura 7 - Chaves de dobra

A Figura 8 ilustra uma máquina de dobra de funcionamento manual, que traz associados, numa única peça, os pinos de dobramento, que podem ser substituídos pelo diâmetro conveniente, e o braço de alavanca. Entre as vantagens deste tipo de máquina, quando comparado a situação acima, está o fato de garantir maior segurança do operário durante a operação, pelo fato da chave não “escapar” no momento da dobra, além de maior qualidade da peça a ser dobrada.



Figura 8 - Máquina de dobramento manual

Em se tratando de sistemas auxiliados por máquinas eletro-hidráulicas, o esforço necessário para o dobramento não provém mais do armador, e sim do equipamento. Não se elimina, porém, o trabalho do armador, que continua o responsável direto pela qualidade das peças produzidas, em razão de ser ele quem: i) determina os pinos que serão usados na máquina (em função dos diâmetros a serem dobrados); ii) faz as marcações na bancada,

através das quais será dada a conformação, prescrita no projeto, à peça (dimensões e formatos).

As máquinas eletro-hidráulicas são geralmente locadas, pelos subempreiteiros, em empresas especializadas em equipamentos para a Construção Civil. Os subempreiteiros costumam utilizar tais máquinas em obras com grande volume de aço a ser beneficiado em curtos espaços de tempo, ou, ainda, em situações em que se tenha que dobrar significativa quantidade de barras com diâmetros mais elevados (maiores que 16mm). As máquinas, desde que operadas por funcionários capacitados, são capazes de melhorar a produtividade da operação de dobramento e a qualidade das peças produzidas.



Figura 9 - Máquina de dobra elétrica

2.3.3.5 A PRÉ-MONTAGEM

Na pré-montagem das armaduras, as peças de um determinado elemento estrutural são unidas, seguindo-se as prescrições do projeto de detalhamento das armaduras, dando origem a gaiolas, que são posteriormente posicionadas nas fôrmas, podendo ser complementadas com demais peças ou não.

A pré-montagem das armaduras costuma ser executada em locais distintos dos canteiros de obras, porém normalmente com as seguintes particularidades, como: i) a proximidade ao local onde as peças estejam estocadas; ii) a proximidade ao equipamento de transporte vertical; iii) a proteção contra intempéries e de quedas de objetos.

A união das peças para a confecção de uma gaiola é feita, nas obras, através de “amarrações”, onde o armador, com o auxílio de uma ferramenta conhecida como torquês e usando pedaços de arame recozido dá um “ponto”, envolvendo e, portanto, amarrando duas peças. É muito importante que a amarração seja bem feita, garantindo que as peças permaneçam em suas posições durante as demais operações da etapa de armação, bem como durante, também, a concretagem do elemento estrutural.

As ferramentas usadas pelo armador na operação de pré-montagem são basicamente duas: i) o metro ou trena, utilizado para assegurar o espaçamento entre as peças, prescrito no projeto (o armador costuma apontar as medidas, seja nas próprias barras ou na fôrma (em se tratando da armadura das lajes) com giz ou gesso); ii) a torquês, que se trata de uma ferramenta de corte, fabricada em aço carbono, com as arestas de corte das mandíbulas em aço temperado.

A torquês utilizada pelo armador é semelhante à torquês do carpinteiro, porém costuma possuir cabo mais longo para permitir: i) a aplicação de uma força maior sobre as mandíbulas, necessária para cortar arames e apertar os nós dos pontos que prendem as peças; ii) o alcance às partes da gaiola onde o braço do armador não chega, ou tem o acesso restringido pela densidade de aço na armadura. Para o “ponteamto” da armadura das lajes, os armadores costumam usar torquês com braços mais curtos.

A pré-montagem das armaduras é sempre desejável, pois através desta operação, consegue-se: i) otimizar o ciclo de execução da estrutura ao se eliminar o tempo que seria gasto com a montagem das armaduras no pavimento em execução; ii) antecipar a confecção de gaiolas para elementos dos trechos seguintes, diminuindo as chances de atrasar uma atividade que é caminho crítico da obra; iii) garantir, ao armador, frente de serviço nos momentos em que ele não está envolvido nas operações de montagem; iv) aumentar a qualidade das armaduras produzidas; v) aumentar o tempo em que os armadores permanecem sob melhores condições (locais protegidos, posições ergonômicas) de trabalho; vi) minimizar as situações de trabalho em locais de maior risco de acidentes etc.

A pré-montagem exige alguns cuidados especiais em razão da movimentação da gaiola durante o seu transporte, como por exemplo: i) pontos reforçados que impeçam que as peças saiam de suas posições, ii) enrijecimento da gaiola durante o transporte.

2.3.3.6 A MONTAGEM

A operação de montagem das armaduras trata-se da última operação da etapa de armação. É caracterizada pela colocação da armadura na fôrma, dando-se por finalizada ao ter-se posicionado e amarrado a última peça a ela. Mais que o contato direto da armadura com a fôrma, a operação de montagem das armaduras proporciona a interação entre esses dois serviços, que a partir deste momento e até a concretagem, seguirão juntos.

Nas situações em que houve a pré-montagem da armadura, a operação de montagem compreende, basicamente, o posicionamento da armadura na fôrma (que poderá, ainda, ser complementada com algumas peças ou não). Quando a pré-montagem da armadura não ocorreu, a operação de montagem será, naturalmente, mais complexa, caracterizando-se pelo posicionamento das peças que, depois de amarradas, constituirão a armadura.

A operação de montagem apresenta, também, distinções em função do elemento cuja armadura se deseja montar (se pilar, viga ou laje). A montagem das armaduras das vigas, por exemplo, costuma ser mais complexa, principalmente em projetos em que há situações de interferências entre os elementos estruturais (como viga chegando em viga, pilares intermediários às vigas etc.).

2.4 O SERVIÇO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

As fases de execução da estaca tipo hélice contínua são: posicionamento do equipamento, introdução da hélice, concretagem e colocação da armadura. A norma que regula a estaca hélice contínua é a ABNT NBR 6122.

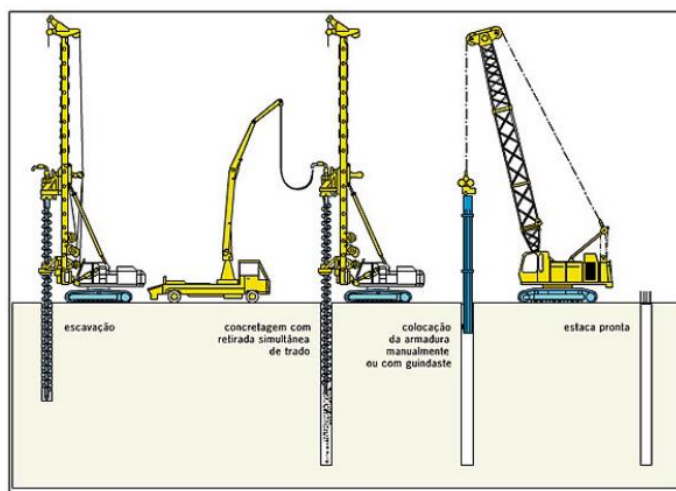


Figura 10 - Fases de Execução da estaca de hélice contínua

2.4.1 O POSICIONAMENTO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

O correto posicionamento do eixo é fundamental para que a excentricidade seja mínima, ou seja, a diferença entre o eixo da estaca executada e o eixo da estaca de projeto (Lázaro, 2003).

Para posicionar o eixo da hélice no ponto de correto é utilizado um prumo de centro e a verticalidade da torre é controlada por sensores de prumo instalado no equipamento.

2.4.2 INTRODUÇÃO DA HÉLICE NO TERRENO

Antes de iniciar a introdução da hélice no terreno é necessário programar o sistema de monitoração para registrar esta fase da execução. A introdução da hélice é feita rotação e pelo peso da hélice em conjunto com a mesa rotativa dotada de motores hidráulicos e redutores, em que a hélice está conectada em sua extremidade superior.

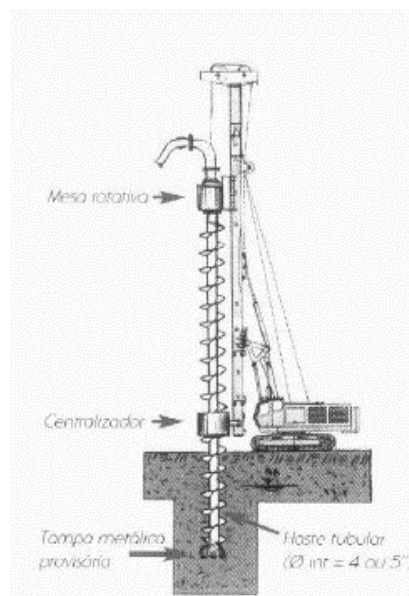


Figura 11 - Esquema da introdução da hélice

Durante a introdução da hélice o sistema de monitoração registra instantaneamente parâmetros como: profundidade, velocidade de rotação da hélice, velocidade de avanço e pressão do sistema hidráulico. A partir desses dados é possível realizar uma série de análises como da coesão do solo por exemplo.

O projeto do trado depende do tipo de solo a ser perfurado (PENNA et al, 1999). As características mais importantes do trado são o tipo e a inclinação da lâmina de corte. Estas características vão influir na velocidade de perfuração, na capacidade de atravessar camadas resistentes e na maior ou menor retirada de solo durante a descida do trado.

A principal característica da hélice contínua é não permitir o alívio significativo do terreno e isso só é possível pela perfuração contínua sem a retirada da hélice do furo. Dessa forma, torna-se possível a sua execução tanto em solos coesivos quanto arenosos, na presença ou não de lençol freático. Esta característica da estaca permite a sua execução em terrenos bem resistentes, com valores de SPT acima de 50.

2.4.3 CONCRETAGEM

Atingida a profundidade desejada, paralisa-se a perfuração e programa-se a monitoração da fase de concretagem.

Ao iniciar a concretagem, simultaneamente, ergue-se o trado cerca de 30 cm para permitir a abertura da tampa do tubo superior. A partir desse instante, segue-se com a retirada do trado de forma lenta e contínua, garantindo-se que, até o final da concretagem, haja sempre um sobre consumo de concreto e a pressão sobre o mesmo seja sempre positiva ou, no mínimo, zero (PENNA et al, 1999).

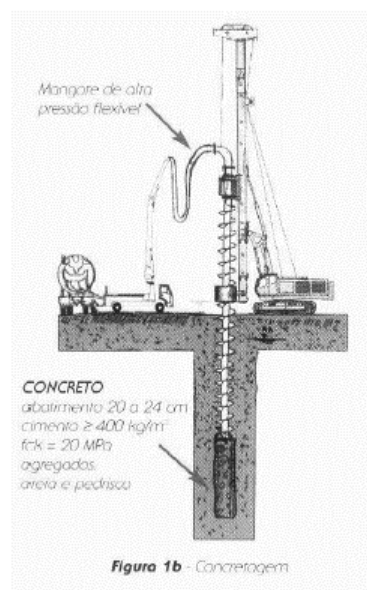


Figura 12 - Esquema concretagem na hélice contínua

Algumas características importantes da ABNT NBR 6122 em relação ao concreto utilizado nesse serviço:

- Consumo de cimento não inferior a 400 kg/m³;
- Abatimento ou slump test igual a 22 +- 3cm, conforme ABNT NBR NM 67;
- Fator água cimento < 0,6;
- Fck >= 20 Mpa aos 28 dias, conforme ABNT NBR 6118, ABNT NBR 5738 e ABNT NBR 5739.

2.4.4 COLOCAÇÃO DA ARMADURA

O método de execução da estaca tipo hélice contínua exige que suas armaduras sejam instaladas apenas ao final do processo, ou seja, após a concretagem. Para eficiência da desse processo, é necessário que a armadura esteja na forma de gaiola e projetada de modo a ter um peso e rigidez compatíveis com o seu comprimento.

A introdução da armadura é feita manualmente ou com o auxílio de algum equipamento com o objetivo de fazer uma força vertical para baixo na armadura.

Deve-se sempre armar a cabeça da estaca para garantir sua integridade estrutural e é de responsabilidade do engenheiro projetista de fundações o dimensionamento da armadura necessária para a estaca.

No caso de armações longas, as gaiolas devem ser constituídas de barras grossas e estribo espiral soldado na armação longitudinal para evitar a sua deformação durante a sua introdução no fuste da estaca (CAPUTO et al, 1999).

De acordo com o autor LÁZARO (2003), na prática, dois fatores são fundamentais para o sucesso da colocação da armadura

- O abatimento do concreto que deve sempre estar próximo de 24 cm;
- O tempo decorrido entre o término da concretagem e o início colocação da armadura, que deve ser o menor possível.

2.5 O SERVIÇO DE BLOCO DE FUNDAÇÃO

Conforme a Norma Brasileira ABNT NBR 61181, no item 22.7, Projeto de Estruturas de Concreto, “Blocos de Fundação são estrutura de volume usadas para transmitir às estacas e aos tubulões as cargas de fundação, podendo ser considerados rígidos ou flexíveis.”

Os blocos de fundações podem ser para qualquer número de estacas, dependendo principalmente da capacidade da estaca e das características do solo. Blocos de fundações sobre uma ou duas estacas são mais comuns em construções de pequeno porte, como residências térreas e de dois pavimentos (sobrado), galpões, etc., onde a carga vertical proveniente do pilar é geralmente de baixa intensidade.

Nos edifícios de vários pavimentos, como as cargas podem ser altas, a quantidade de estacas é geralmente superior a duas. Há também o caso de blocos sobre um tubulão, quando o bloco atua como elemento de transição de carga entre o pilar e o fuste do tubulão. O bloco de fundações trabalha à flexão nas duas direções, mas com trações essencialmente concentradas nas linhas sobre as estacas.

Para a execução dos serviços de Blocos de Fundação, existem basicamente 8 serviços para a implantação do mesmo, sendo eles:

- 1) Escavação e preparação da base
- 2) Arrasamento das estacas
- 3) Execução de lastro em concreto magro
- 4) Locação e posicionamento
- 5) Montagem da forma de madeira
- 6) Montagem da armadura
- 7) Concretagem da peça estrutural
- 8) Desforma

2.5.1 ESCAVAÇÃO E PREPARAÇÃO DA BASE

O primeiro passo no processo de execução de blocos de fundação envolve a determinação do posicionamento dos blocos de fundação e da escavação, que envolve investigações geotécnica-geológicas, além do indispensável levantamento topográfico do terreno de áreas vizinhas e de redes públicas do contorno como define a ABNT NBR 9061. Além disso, quando se tem blocos de grande volume pode-se utilizar a escavação mecanizada para o maior volume e em seguida fazer a escavação manual para garantir a cota correta para o apoio da base.

2.5.2 ARRASAMENTO DAS ESTACAS

Após a escavação, devemos arrasas as estacas na cota desejada. As estacas devem ser arrasadas até a cota de 5 cm acima do fundo do bloco ou conforme recomendado em projeto.

O arrasamento geralmente é feito com martelete, empregando equipamento leve para o acerto final nos últimos 30 cm.



Figura 13 - Processo de Arrasamento das Estacas

2.5.3 EXECUÇÃO DO CONCRETO MAGRO

O fundo da escavação do bloco deve ser recoberto com uma camada de concreto magro, nas espessuras definidas em projeto (em torno de 5 cm). A camada de concreto magro deve ser nivelada na cota de fundo de bloco e preferencialmente 40 a 60 cm maior que as dimensões em planta do bloco para que elementos de fixação das formas sejam instalados.

A principal função do concreto magro é fornecer uma superfície uniforme para a concretagem das fundações (radier, sapata isolada, entre outras) e também, prevenir o contato direto do concreto da fundação com o solo, pois a umidade e alguns agente químicos presente no solo, como sulfatos, podem danificar o concreto da fundação e enfraquecê-lo, fazendo com que não atinja a resistência necessária.



Figura 14 - Execução do Concreto Magro

2.5.4 LOCAÇÃO E POSICIONAMENTO

O próximo passo é a locação dos blocos de fundações. A locação é feita utilizando o gabarito de obra e esticando os arames nos eixos do pilar. Cabe ressaltar que é necessário atenção nessa etapa pois alguns dos projetos mostram somente o eixo dos pilares, sendo assim, será necessário fazer o cálculo da distância entre os eixos até a face de cada uma das extremidades. Observar também que, quando o bloco de fundação está associando dois ou mais pilares, os eixos do bloco passam pelo Centro de Cargas do conjunto.

Após esticar os arames de eixo, é necessário a utilização de um prumo de centro para posicionar cada um dos painéis laterais. Após esta conferência, a equipe de carpintaria poderá ser liberada para montagem e travamento da forma dos blocos de fundações.



Figura 15 - Posicionamento das formas dos Blocos de Fundação

2.5.5 MONTAGEM DA FÔRMA DE MADEIRA

A montagem da forma estando liberada, deverá ser feita sobre o concreto magro. O posicionamento das laterais deverá ser feito através de gualho e sarrafo guia, garantindo assim o posicionamento exato.

Os painéis laterais são compostos por chapa de compensado resinado de no mínimo 18 mm de espessura. Já os travamentos podem ser feitos com pontaletes na posição vertical e vigas de 20 x 5 cm na posição horizontal ou travamentos metálicos. Após posicionar todo o travamento, deve-se furar a forma a cada 50 cm no sentido vertical e horizontal e utilizar tensores para amarração juntamente com Aço CA-25 de 6,3 mm.

2.5.6 MONTAGEM DA ARMADURA

A montagem da armadura do bloco deve ser feita seguindo projeto específico para cada um dos blocos de fundações, sendo necessário também se atentar a limpeza da armadura e também a utilização correta dos espaçadores plásticos, a fim de evitar o contato da ferragem com a forma de madeira e garantir o cobrimento da armadura conforme projeto.

Em alguns casos quando o bloco de fundação é de pequena dimensão, a armadura pode ser montada do lado de fora e colocado dentro da forma após a liberação. No entanto, quando temos blocos de fundações de grandes volumes, a montagem da armadura é feita peça por peça, dentro da forma.



Figura 16 - Armadura pré-montada de um Bloco de Fundação

2.5.7 CONCRETAGEM DO BLOCO

Após a montagem e conferência da armadura, deve-se programar a concretagem dos blocos de fundações, sendo necessário verificar: *(i) as dimensões em planta de fundações; (ii) altura máxima e mínima dos elementos; (iii) resistência característica do concreto a ser utilizado conforme o projeto; e (iv) conferência da alteração em termos de tipos de aço, espaçamentos, posicionamento e bitolas, caso tenha ocorrido alguma modificação.*



Figura 17 - Concretagem do Bloco de Fundação

Lembrando que antes do lançamento do concreto, o bloco deve estar isento de materiais finos (sujeiras) e deverá ter sido molhado, a fim de que não haja absorção de água do concreto fresco.

2.5.8 DESFORMA DO BLOCO

A última etapa, após a concretagem, refere-se a desforma dos blocos de fundação, que acaba ocorrendo no dia seguinte, com um acompanhamento e supervisão da cura do concreto, sua proteção e verificação de possíveis problemas como retração do concreto e calor de hidratação.



Figura 18 - Blocos de Fundação finalizados

3. FATORES ASSOCIADOS À PRODUTIVIDADE NA PRODUÇÃO DE ARMADURAS

3.1 ANÁLISE DOS FATORES ASSOCIADOS À PRODUTIVIDADE NA PRODUÇÃO DE ARMADURAS

Considera-se que a ineficiência no ambiente de produção de armaduras esteja associada a três fatores principais, a saber: projeto de armaduras; método de trabalho; organização do trabalho. Acredita-se que estes sejam os fatores que influenciam diretamente na produtividade na produção de armaduras no canteiro de obras. Nos parágrafos seguintes, faz-se uma melhor explanação sobre cada fator.

3.1.1 FATORES RELACIONADOS AO MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho habitualmente varia em função de aspectos técnicos e financeiros que são considerados em sua definição. A partir do momento em que se configura o método de trabalho, configura-se também a produtividade potencial da mão de obra para o processo de produção, bem como influencia o padrão de qualidade para que o serviço seja ou não alcançado.

A compreensão do método de trabalho pode ser facilitada quando se divide cada uma das operações que o constituem. Isso favorece a identificação de especificidades de cada operação. Assim, ainda que o processo global seja positivo, é possível identificar subprocessos que tenham sido negativos, ambos analisados sob a ótica da produtividade. De tal forma que as operações isoladas possam ser corrigidas ou aperfeiçoadas para maximização da produtividade.

As operações que serão apresentadas a seguir têm maior ou menor tendência de influenciar na produtividade da mão de obra na produção de armaduras, ou mesmo ter influência nula ou desprezível. Ainda assim, serão consideradas no levantamento de dados, pois supõe-se que haja relação entre os indicadores de produtividade e as operações a descritas a seguir. Contudo, como a amostra de dados deste trabalho não possui grande envergadura, para fins de análises estatísticas, não se pretende estabelecer correlação entre as operações e os indicadores. Não haverá, pois, conclusão explícita sobre o peso de cada operação na construção dos indicadores.

A tabela 4 expõe as operações supracitadas.

OPERAÇÃO	FATOR
RECEBIMENTO	Tipo de aço recebido
	Carregamento preparado para descarregamento
	Acessibilidade do caminhão ao canteiro
	Descarregamento
ESTOCAGEM	Distância entre áreas de descarregamento e estocagem
	Estoques intermediários até estocagem definitiva
	Acessibilidade à área de estocagem
	Localização e identificação das Estocagens intermediárias (peças/armaduras)
	Porções de obras servidas a partir de um mesmo estoque
	Restrição de áreas no canteiro para estocagem
Corte	Distância entre área de estoques e bancadas de corte
	Equipamentos de corte das barras
	Planejamento prévio das peças a serem cortadas
Dobra	Distância entre áreas de estoques e bancadas de dobra
	Uso de equipamentos com sistema de dobramento
	Ordem de dobra
Pré-montagem	Armaduras pré-montadas (% do total)
	Sistema de Transporte vertical
	Posicionamento das armaduras
Montagem	Configuração/disposição dos espaçadores para armadura negativa
	Complementação da armadura após posicionamento da gaiola (% do total da armadura)

Tabela 4 - Descrição dos fatores associados a cada operação na produção de armaduras

3.1.2 FATORES RELACIONADOS À ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Verificou-se, em um levantamento feito por ARÁUJO, SOUZA (2003), que o esforço da mão de obra assume valores distintos para cada uma das operações que compõem o método de trabalho na produção de armaduras para a estrutura de edifícios. Conforme se nota na figura a seguir, tem-se a maior parte do tempo associado à pré-montagem.

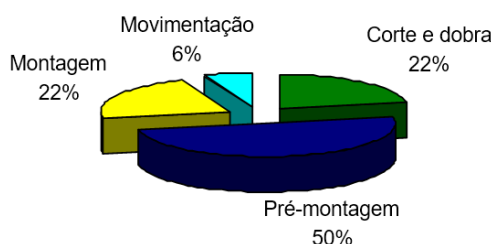


Figura 19 - Distribuição percentual do esforço da mão-de-obra (em termos do tempo dedicado) nas operações que compõem o método de trabalho do processo de produção de armaduras

Considerando-se o modo de produção de armaduras no canteiro de obras, pode-se distinguir três tipos distintos. O primeiro é caracterizado pela produção total de armadura sendo realizada no canteiro de obras, pois o aço, neste caso, chega ao canteiro exclusivamente em barras, de tal forma que as etapas de corte, dobra e pré-montagem são realizadas (todas) no próprio canteiro. No segundo tipo, tem-se a produção parcial da armadura realizada no canteiro de obras, pois, neste caso, o aço chega ao canteiro já cortado e dobrado. Ocorre,

portanto, apenas a pré-montagem da armadura no canteiro. O terceiro tipo, que é o processo de produção mais recente entre os três, caracteriza-se pela produção total da armadura fora do canteiro de obras, isto é, o corte, a dobra e a pré-montagem do aço ocorrem em plantas fabris especializadas, o aço chega à obra na configuração de gaiolas.

Com o advento das novas tecnologias, particularmente o aço na conformação de gaiolas, poder-se-ia supor que parte do esforço da mão de obra fosse retirado do canteiro de obras, e, com isso, ocorresse diminuição da ineficiência e dos problemas intrínsecos às operações da produção da armadura no canteiro (operações com alto grau de acidentes de trabalho, ausência de qualidade das peças beneficiadas no canteiro, grande desperdício de material, etc). Considerando-se esta suposição, não seria estranho chegar à conclusão de que o advento destas tecnologias culminaria no aumento da produtividade da mão de obra na produção de armaduras. Contudo, ARAÚJO (2000), ao comparar valores de produtividade de mão-de-obra de armação entre obras que trabalhavam com o aço pronto (aço cortado e dobrado) e obras que cortavam e dobravam o aço no canteiro, chegou a valores de produtividade melhores para as obras que adotaram o beneficiamento do aço no canteiro. A justificativa está principalmente associada a problemas de ociosidade da mão de obra nas obras que trabalharam com o aço pronto. O problema associado à ociosidade da mão de obra provavelmente também ocorrerá para o aço fornecido em gaiolas. Essa afirmativa será verificada neste trabalho, em que serão analisadas as diferentes configurações de aço no que tange a produtividade da mão de obra.

A organização do trabalho no canteiro de obras, tal como se fez para o método de trabalho anteriormente, pode ser decomposta em fatores distintos. O objetivo aqui é o de decompor as variáveis que afetam a produtividade da mão de obra na produção de armaduras no canteiro de obras sob a ótica da organização do trabalho.

A análise da organização do trabalho não deve estar dissociada da ocupação dos colaboradores. Para o serviço de produção de armaduras, particularmente, será utilizada a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), documento que descreve a realidade dos profissionais do mercado de trabalho brasileiro. A família ocupacional que se irá utilizar é a de número 7153 (Montadores de estruturas de concreto armado). Faz-se ainda a menção de que esta categoria se divide em: 7153-05 armador de estrutura de concreto; 7153-10 – moldador de corpos de prova em usinas de concreto; 7153-15 armador de estruturas de

concreto armado. A descrição sumária CBO para esta categoria: preparam a confecção de armações e estruturas de concreto e de corpos de prova. Cortam e dobram ferragens de lajes. Montam e aplicam armações de fundações, pilares e vigas. Moldam corpos de prova.

A tabela 5 apresentada a seguir traz as fichas de descrição da CBO2002, tomando por base a família ocupacional 7153.

Aspectos	Descrição	
Títulos	7153 - 15 Armador de estrutura de concreto armado - Armador de ferragens na construção civil, Armador de ferros, Ferreiro armador na construção civil.	
Descrição	Preparam a confecção de armações e estruturas de concreto e de corpos de prova. Cortam e dobram ferragens de lajes. Montam e aplicam armações de fundações, pilares e vigas. Moldam corpos de prova	
Condições gerais do serviço	Atuam nas indústrias de construção como assalariados com carteira assinada. Os Armadores de estrutura de concreto e de concreto armado trabalham em equipe e o Moldador de corpos de prova em usinas de concreto trabalha individualmente. Todos atuam com supervisão ocasional. O trabalho é realizado a céu aberto, durante o dia. Os armadores de estrutura de concreto e de concreto armado realizam suas atividades em posições desconfortáveis durante longos períodos, em grandes alturas e estão expostos a ruído intenso. O Moldador de corpos de prova em usinas de concreto está sujeito à exposição de materiais tóxicos	
Formação e experiência	Para o exercício dessas ocupações requer-se escolaridade entre quarta e sétima séries do ensino fundamental e curso básico de qualificação profissional com carga horária superior a quatrocentas horas. O exercício pleno das atividades ocorre após um a dois anos de experiência profissional	
Áreas de atividades	A. Preparar a confecção de armações de estruturas de concreto	Interpretar projetos de arquitetura e estrutural
		Definir o local de trabalho
		Montar bancadas
	A. Preparar a confecção de armações de estruturas de concreto	Montar máquinas de corte
		Relacionar materiais para armação de ferragens
		Selecionar vergalhões

Áreas de atividades		Medir ferragens e armações
	B. Cortar ferragens	Analisar medidas das peças para corte
		Esboçar o processo de corte
		Definir o corte nas barras conforme o comprimento das peças
		Montar gabaritos para corte
		Serrar peças conforme o projeto
		Cortar peças conforme o projeto
	C. Dobrar ferragens	Analisar as características de armações (ângulos e medidas)
		Fixar pinos em bancadas
		Montar gabarito para dobragem
		Avaliar o diâmetro da ferragem
		Posicionar a chave de dobragem (cano ou cantoneira)
		Girar a chave de dobragem conforme o ângulo pedido
Áreas de atividades	D. Montar armações	Identificar as barras de distribuição de armações
		Montar barras de distribuição
		Emendar barras de distribuição
	D. Montar armações	Marcar espaçamentos de estribos
		Fixar os estribos
		Posicionar armações conforme gabaritos

E. Aplicar armações	Identificar as posições de montagem das vigas
	Fixar espaçadores externos às armações
	Unir armações de fundações e pilares
	Unir armações de vigas e pilares
	Amarrar ferragens de lajes em vigas

Tabela 5 - Ficha de descrição da CBO2002

4. ESTUDOS DE CASO

4.1 PROJETO APOGEE – R. YAZBEK

Com 2.834 m² de área de terreno, o empreendimento Apogee, localizado na Av. Senador Casemiro da Rocha, na Vila Mariana, São Paulo-SP, terá 17 pavimentos, com um total de 68 unidades de 131 m² e 4 unidades por andar. A fundação da obra analisada, como explicitado no item 1.2 do trabalho, foi feita em **estaca hélice em gaiola** ou **estaca pronta**.



Figura 20 - Imagem da Fachada - Projeto Apogee



Figura 21 - Vista Aérea do Canteiro de Obras

Dada as características da obra e o processo de execução da fundação, todo o processo de logística dos materiais seguiu as etapas elencadas a seguir:

- Chegada dos materiais em obra via caminhão
- Retirada dos materiais do veículo feita manualmente

- Transporte das armaduras feito manualmente para o local de estocagem (indicado na planta também adiante).
- Movimentação das armaduras do local de estocagem para a região de execução da fundação
- Transporte das armaduras a serem utilizadas via máquina para o local de implantação das armaduras

Como apresentado acima, as armaduras podem ser dispostas no caminhão de 5 maneiras distintas, sendo que, de acordo com o arranjo escolhido o total em massa de armaduras transportadas, a quantidade de peças e o diâmetro das peças alocadas difere significativamente, como é demonstrado pela tabela 6 abaixo.

Arranjo	Diâmetros alocados cm			Qtd. de peças de 400 cm	kg peça	kg total
A	100	-	-	8	137	1094
B	100	-	-	6	137	820
C	35	-	-	72	41	2925
D	35	-	-	78	41	3169
E	100	70	35	8	249	1995
E	100	70	35	24	249	5986

Tabela 6 - Detalhamento do arranjo de armaduras no caminhão

4.1.1 LOGÍSTICA DO CANTEIRO DE OBRAS

O processo logístico para a organização do canteiro de obras do projeto Apogee é dado como elencado abaixo, sendo dividido em 3 etapas: **i) Recebimento das armaduras; ii) Estocagem; iii) Execução dos Serviços de Armação.**

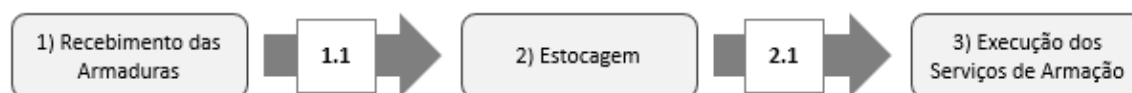


Figura 22 - Processo logístico do canteiro do projeto Apogee

De acordo com os itens elencados, segue abaixo um maior nível de detalhe em cada uma das etapas.

1) Recebimento das armaduras: Todos os materiais, incluindo as armaduras são recebidas no ponto 2, destacado no esquema do canteiro indicado na figura 27. A entrega era feita através de um caminhão, como apresentado nas imagens abaixo.



Figura 23 - Recebimento das Armaduras no Canteiro de Obras

Vale a pena levantar alguns pontos extremamente importantes visto nesta etapa que acabam afetando diretamente o tempo dispendido no processo de entrega e, consequentemente, na execução da armadura.

O primeiro ponto refere-se a má disposição do ponto de entrega das armaduras e um espaço relativamente reduzido para a movimentação do material. Considerando que o caminhão se dispunha lateralmente ao ponto de entrega e que cada uma das peças possuía cerca de 400 cm de comprimento e a entrada para a entrega do material no canteiro de obras tinha cerca de 3 a 4 metros de largura, quase sempre era necessário rotacionar a peça a fim de permitir sua entrada no canteiro de obras, além, é claro, do próprio peso de cada uma das peças, que, como apresentado na tabela 6 poderia chegar a quase 249 kg, tornando o processo ainda mais complicado, dado que o deslocamento das peças tinha que ser feito manualmente.

Isso acabava ocasionando dois problemas que influenciavam direta ou indiretamente no cálculo da produtividade na execução das armaduras. O primeiro deles refere-se ao tempo gasto para o deslocamento das peças desde o caminhão até o canteiro de obras. Considerando que não se tinha uma boa disposição do automóvel, cerca de $\frac{3}{4}$ do tempo era dispendido apenas para a retirada do material do caminhão, com os trabalhadores se apoiando no próprio veículo para o deslocamento do mesmo, o que em períodos de chuva (que, inclusive, ocorreu em um dos dias de análise), poderia ocasionar problemas nas

peças ou acidentes de trabalho, ou ainda tendo que se utilizar de estruturas provisórias para a alocação das peças, como apresentado na figura 24 abaixo.



Figura 24 - Deslocamento manual do caminhão ao canteiro de obras

Um segundo ponto extremamente relevante é o fato de que houve, pelo menos em duas ocasiões no período de análise, problemas de solda nas peças, fato ocasionado pelos fatores já elencados, como má disposição do veículo e do local de entrega, além do deslocamento manual do material até o canteiro de obras. Este problema acaba ocasionando uma diminuição do estoque, que pode levar a postergação dos serviços de armação devido à falta de peças, ou mesmo a necessidade de correção da solda das peças in loco, perdendo-se assim, parcialmente, o ganho de produtividade que se tem com peças pré-moldadas em relação às moldadas in loco.

1.1) Transporte das armaduras a região de estocagem: Do ponto 2, o material é transferido manualmente para o ponto 3 indicado na figura 27, a área de estocagem das armaduras, explicitada nas imagens abaixo.



Figura 25 - Estocagem da Armadura no Canteiro

- 2) **Estocagem:** As armaduras eram dispostas próximo a região 4 da figura 27, zona de execução dos serviços de armação.

2.1) Transporte das armaduras a zona de execução dos serviços de armação: Do ponto 3 as armaduras eram transferidas por escavadeiras até o ponto exato de execução dos serviços de armação, indicada pela zona 4, como mostrado nas imagens abaixo.



Figura 26 - Transporte das Armaduras dentro do Canteiro de Obras

- 3) **Execução dos serviços de armação:** Uma vez que a fundação foi executada por hélice contínua, durante o processo de armação dos pilares foram utilizadas máquinas para a colocação das armaduras após o processo de concretagem. É importante destacar que ao longo da execução da concretagem, como será explicitado no **item 7** do trabalho, os serviços mais relevantes no processo eram executados apenas por duas ou três pessoas, o operador da máquina de escavação para o deslocamento das armaduras até a região de execução dos serviços de armação, representando cerca de 11% do tempo dispendido no serviço de estaca, e pelo auxílio no manuseio do mangote durante a execução da estaca, serviço que representa cerca de 12% do mesmo período para o caso analisado. Já o tempo ocioso representava cerca de 47% do mesmo período, o que demonstra que, apesar de haver uma economia de tempo com a execução dos serviços de armaduras pré-moldadas em relação as moldadas in loco, o mesmo não era aproveitado, dado que a maior parte da mão de obra ficava ociosa durante a execução do serviço.



Figura 27 - Disposição do canteiro de obras do projeto Apogee

Legenda

- Portaria e Escritório Central
- Zona de recebimento dos materiais/armaduras
- Zona para disposição das armaduras
- Zona de execução da obra
- Marcenaria
- Estande de vendas

4.2 ELECON – CAIEIRAS

Localizado na Av. Marcelino Bressiani – Trevo do Serpa – em Caieiras, SP, o empreendimento possuirá 4 torres, cada uma com 15 pavimentos, quatro unidades por andar, sendo as mesmas de 47m² e 62m², além de 3.500 m² de área total do terreno. O empreendimento ainda está em suas fases iniciais, com apenas 15% da fundação executada e apenas 3% da infraestrutura do condomínio concluída.

O empreendimento em questão teve serviços de armação de **estaca hélice moldada in loco**. O recebimento dos materiais se deu de maneira análoga ao caso anterior, uma vez que o processo de armação também é em hélice contínua. No entanto, algumas das dificuldades encontradas no projeto da R.Yasbek, como problemas no processo de entrega do material no canteiro, não se manifestaram no empreendimento da Elecon, dado que a área do terreno era relativamente maior, o que permitia o deslocamento dos próprios caminhões dentro do canteiro de obras para a entrega e disposição do material.



Figura 28 - Imagem da fachada do projeto da Elecon em Caieiras

Como é possível perceber abaixo, o processo de recebimento de novos produtos é extremamente semelhante, com a única diferença que no caso anterior, as armaduras eram dispostas próximas da região de execução do serviço de armação e da zona de execução/construção da obra.

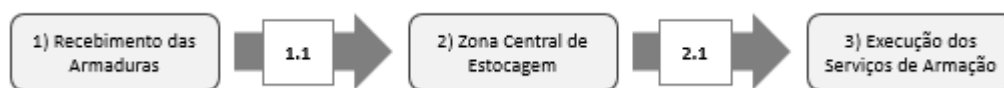


Figura 29 - Processo logístico do canteiro

De acordo com os itens elencados, segue abaixo um maior nível de cada uma das etapas.

1) Recebimento das armaduras: As armaduras foram recebidas no ponto 2 indicado na figura 32 do esquema do canteiro abaixo. E dado que o processo de armação também é em hélice contínua, as armaduras devem estar dispostas num local próximo de onde os serviços de armação serão usados, estando dispostos, portanto, no ponto 3 do mesmo esquema.

1.2) Transporte das armaduras a região de estocagem: Considerando que havia um espaço maior em relação ao Projeto Apogee para o deslocamento de veículos, boa parte da alocação do material não era feita manualmente, acelerando o processo de entrega e evitando os problemas indicados no caso anterior.



Figura 30 - Estocagem das Armaduras no Canteiro

2) Estocagem: Assim como no caso do Projeto Apogee, com fundações em estaca hélice em gaiola, os materiais ficavam dispostos no ponto 3, próximo ao local de entrega e a zona de execução da fundação.

2.1) Transporte das armaduras a zona de execução dos serviços de armação: Do ponto 3 as armaduras eram transferidas por máquinas até o ponto exato de execução dos serviços de armação dentro da zona de obra, indicada pela zona 4, sendo que, no caso da armação dos pilares, assim como no projeto Apogee

(da R. Yazbek), as máquinas também auxiliam no posicionamento das armaduras na estrutura concretada.



Figura 31 - Estocagem das Armaduras no Canteiro



Figura 32 - Disposição do canteiro de obras do projeto da Elecon em Caieiras

Legenda

- Portaria e Escritório Central
- Zona de recebimento dos materiais/armaduras
- Zona para disposição das armaduras
- Zona de execução da obra
- Zona de Estocagem
- Estande de vendas

4.3 TARJAB

O empreendimento visitado para esta tecnologia é composto por uma torre de 20 pavimentos, duas unidades por andar e uma área total de 2.900 metros quadrados de terreno.

Neste caso, para os serviços de armação, foram utilizados blocos de fundação em gaiola, também chamado de bloco pronto e, apesar do tipo de fundação distinto, o processo de recebimento e execução da fundação é extremamente semelhante.

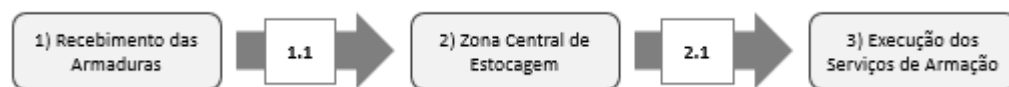


Figura 33 - Processo logístico do canteiro

Segue abaixo um detalhamento maior de cada uma das etapas do processo logístico do canteiro, desde o recebimento das armaduras até a execução dos serviços de armação:

- 1) **Recebimento das armaduras:** As armaduras foram recebidas no ponto 2 indicado na imagem do esquema do canteiro da figura 34.
- 1.1) **Transporte das armaduras a região de estocagem:** Do ponto 2, o material é transferido manualmente para o ponto 3, a área de estocagem da armadura, indicada na figura 34.
- 2) **Estocagem:** As armaduras eram alocadas para o ponto 3, ponto este próximo da zona de execução da obra e também próximo da zona de estocagem da obra
- 2.1) **Transporte das armaduras a zona de execução dos serviços de armação:** Do ponto 3 as armaduras eram transferidas até o ponto exato de execução dos serviços de armação dentro da zona de obra, indicada pela zona 4.



Figura 34 - Disposição do canteiro de obras do Empreendimento da Tarjab

Legenda

- Portaria e Escritório Central
- Zona de recebimento dos materiais/armaduras
- Zona para disposição das armaduras
- Zona de execução da obra
- Zona de Estocagem
- Estande de vendas

5. LEVANTAMENTO DE DADOS

Para se realizar o levantamento de dados, utilizar-se-á de um método simplificado, em que se faz uma pesquisa que abrange os fatores (projeto, método de trabalho e organização do trabalho) a nível do canteiro de obras, bem como se estabelece um método de coleta de produtividade em intervalos de tempo definidos para cada etapa de trabalho.

5.1 MÉTODO DE COLETA

O método de coleta no canteiro de obras tem como objetivo descrever, em intervalos de tempo especificados, as atividades dos colaboradores que estiverem disponíveis para o trabalho de produção de armaduras dentro do canteiro de obras.

O intervalo de tempo considerado para se analisar as atividades foi de 5 minutos, de tal forma que, ao passar o período especificado, deve-se registrar, numa planilha, a atividade que o colaborador está ou esteve desempenhando. A lógica de coleta fica esclarecida ao se analisar a tabela 7 de exemplo.

Deve-se lembrar ainda que há um desmembramento das atividades na produção, para que se caracterize qual é a operação que tem maior ou menor produtividade, considerando-se o ciclo completo da atividade.

COLABORADORES	07:00	07:05	07:10	07:15	07:20	...	17:30
COLABORADOR_1	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE
COLABORADOR_2	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE
COLABORADOR_3	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE
(...)	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE
COLABORADOR_N	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE	ATIVIDADE

Tabela 7 - Tabela exemplo para coleta no canteiro de obras

Na tabela 7 apresentada, exibe-se colaboradores como pertencentes ao ciclo de um determinado processo. O período para se analisar a atividade de cada colaborador é de cinco minutos. Quanto menor for o período, melhor será a precisão dos indicadores de produtividade, pois tempos ociosos, por exemplo, podem assim ser mais bem percebidos do que se fosse utilizado um período superior a cinco minutos.

As atividades preenchidas na tabela podem ser tão detalhadas quanto necessário. A título de exemplo, considere-se a utilização de armaduras, na conformação de gaiolas, na execução de fundação em estaca hélice contínua. As atividades (ou etapas) nesse processo poderiam ser as seguintes: preparação do solo e marcação do ponto de escavação; movimentação das armaduras (por guindaste, por esforço manual, etc.); manipulação do mangote durante a escavação e concretagem; manuseio da máquina de escavação; movimentação do excesso de terra oriundo da escavação com trado; posicionamento e fixação das armaduras; finalização e marcação da estaca executada. Vale dizer que os tempos de espera ou de ociosidade também são registrados na tabela, pois se considera, na análise da produtividade, os tempos produtivos e improdutivos, como já se antecipou em parágrafos anteriores.

A premissa que conduz o levantamento de dados é a de se registrar o máximo de situações possíveis. Se for o caso de determinadas atividades não serem relevantes para a análise da produtividade, pode-se fazer um agrupamento para atividades maiores, isto é, diminui-se o nível de detalhamento do processo para que os valores de cada etapa sejam significativos. A definição de um nível aceitável de significância de cada etapa, que leve a um detalhamento suficiente para a compreensão do processo, será realizada após o levantamento de dados.

6. PROCESSAMENTO DE DADOS

A etapa de processamento dos dados consiste em descrever todos os fatores e os indicadores gerados a partir do levantamento de dados, gerando bases que possibilitem a comparação das produtividades de cada tipo de aço, levando-se em conta os fatores de projeto, método de trabalho e organização do trabalho. Deverão ser guardadas as particularidades de cada caso estudado, para que os indicadores se mostrem mais fiéis às realidades analisadas. Serão utilizadas planilhas de comparação, em que serão listados os indicadores e os principais fatores para estabelecer comparações qualitativas e, eventualmente quantitativas, da influência dos fatores sobre os indicadores.

7. VISITA ÀS OBRAS E COLETA DE DADOS

Conforme o escopo do trabalho, a etapa de visita a obras teve que abarcar quatro tipos de tecnologias, a saber: bloco de fundação pré-cortado e pré-dobrado (montado in loco); bloco de fundação pré-montado (pronto); estaca hélice contínua pré-cortada e pré-dobrada (montada in loco) e estaca hélice pré-montada (pronta ou em gaiola).

A coleta de dados para todos os tipos de tecnologias supracitadas se deu em empreendimentos residenciais, variando entre quinze e vinte o número de pavimentos. A escolha por empreendimentos semelhantes foi importante para se ter soluções próximas de fundações entre as obras analisadas. Naturalmente que não são desprezadas as particularidades de cada empreendimento, como o tipo de solo e o tipo de estrutura de cada um.

7.1 ESTACA HÉLICE EM GAIOLA

O acompanhamento da execução das estacas em gaiola ocorreu por cinco dias consecutivos. Houveram alguns problemas na execução das fundações em alguns dias, como problema no encaixe do mangote da máquina de perfuração e atrasos excessivos dos caminhões de concretagem. Estes casos, considerados excepcionais, foram analisados com perícia para o cálculo da média global de produtividade. Como não houve problemas singulares como estes nas demais obras analisadas, os dias em que ocorreram ociosidade demasiada foram desconsiderados na análise, sendo considerados os valores dos dias em que o processo ocorreu de maneira regular comparativamente.

A coleta de dados nesta obra ocorreu em três dias distintos. No primeiro dia, foi possível coletar dados durante todo o dia de serviço, que ocorreu das 7:00 às 17:00. Nos dois dias seguintes, a coleta de dados ocorreu durante meio período de expediente, das 07:00 às 12:00. Como a coleta se deu no intervalo de cinco em cinco minutos, muitas etapas foram identificadas na execução das fundações. Para facilitar a identificação das etapas no tempo, faz-se a seguir o detalhamento das atividades que ocorreram na execução das fundações em armadura soldada. As atividades foram identificadas, entre parêntesis, por legendas.

- Posicionamento do aço na posição final da fundação (AÇO POS);
- Preparo do aço no estoque. Colocação de espaçadores e ganchos de carregamento. (AÇO PREP);

- Seleção da gaiola a ser executada e transporte desta até o local de posicionamento. (AÇO TR);
- Transporte manual do aço. Peças menores eram carregadas por operários sem a utilização de equipamentos. (AÇO TR ARM);
- Considera-se, nessa atividade, os movimentos de organização do estoque para atender à sequência de execução das estacas. (AÇO TR ESTOQ);
- Operário ocioso. (ARM OC);
- Descarregamento das peças do caminhão até o estoque. (DESC);
- Desmontagem do equipamento. (DESMONT EQUIP);
- Posicionamento do eixo da broca para perfuração (EIX);
- Atividades relacionadas à armadura, mas não restritas a uma única estaca foram denotadas de atividade geral. (EST GERAL);
- Percebeu-se dois tipos de ociosidade. A primeira é quando nenhuma estaca estava sendo executada, designada por ARM OC. A segunda é quando havia alguma estaca sendo executada mas, ainda assim, o operário não estava desempenhando nenhuma atividade. Esta ociosidade será denotada por (EST OC);
- Auxílio no manuseio do mangote durante a execução da estaca. (MANG AUX);
- Montagem do mangote. (MANG MONT);
- Movimentação do equipamento de perfuração (MOV EQUIP);
- Tempos ociosos oriundos de atrasos do caminhão betoneira foram designados por (OC ESP BT);
- Limpeza do trado durante a escavação. (PERF LIMP);
- Operador executando máquina de escavação. (PERF MAQ);
- Uso de enxada para retirar o excesso de terra sobre a estaca executada. (PREP LOCAL);
- Troca do trado para mudança de diâmetro de perfuração (TROCA BR);
- A ociosidade que ocorre durante o início das atividades foi denotada por (Finício);

A coleta de dados ocorreu em intervalos de cinco minutos com o objetivo de detectar com melhor precisão as atividades desenvolvidas pelos operários. Naturalmente, a maioria das atividades duravam mais que cinco minutos. Em razão exclusiva da melhor exibição dos dados de coleta, optou-se por agrupar os períodos de cinco minutos para as atividades que permaneceram as mesmas no tempo. Também em razão da melhor apresentação dos dados, inverteu-se a tabela de coleta dos dados apresentada na descrição do método de coleta

anteriormente. As atividades identificadas, seguindo a legenda explicitada acima, são exibidas na tabela a seguir.

Período	Encarregado	Ajudante 1	Ajudante 2	Ajudante 3	Ajudante 4
07:00	Finício	Finício	Finício	Finício	Finício
07:15	Finício	Finício	Finício	Finício	Finício
07:20	TROC BR	TROC BR	TROC BR	TROC BR	Finício
07:55	TROC BR	TROC BR	TROC BR	TROC BR	Finício
08:20	TROC BR	OC GERAL	OC GERAL	OC GERAL	OC GERAL
08:25	TROC BR	OC GERAL	OC GERAL	OC GERAL	OC GERAL
08:30	OC GERAL	TROC BR	OC GERAL	OC GERAL	OC GERAL
08:35	TROC BR	TROC BR	TROC BR	OC GERAL	OC GERAL
08:45	TROC BR	TROC BR	TROC BR	TROC BR	OC GERAL
08:50	EST OC 1	MOV EQUIP 1	EIX 1	AÇO PREP 1	EST OC 1
08:55	EST OC 1	MOV EQUIP 1	EIX 1	AÇO PREP 1	EST OC 1
09:00	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1	EST OC 1
09:10	EST OC 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1
09:15	EST OC 1	EST OC 1	EST OC 1	EST OC 1	EST OC 1
09:25	PERF MAQ 1	MANG AUX 1	MANG AUX 1	EST OC 1	EST OC 1
09:45	PERF MAQ 1	MANG AUX 1	MANG AUX 1	EST OC 1	EST OC 1
09:50	EST OC 1	PREP LOCAL 1	AÇO TR 1	EST OC 1	EST OC 1
09:55	MOV EQUIP 2	PREP LOCAL 1	PREP LOCAL 1	AÇO POS 1	AÇO POS 1
10:00	PERF MAQ 2	AÇO PREP 2	AÇO PREP 2	EST OC 2	MANG AUX 2
10:05	PERF MAQ 2	MANG AUX 2	MANG AUX 2	EST OC 2	MANG AUX 2
10:15	PERF MAQ 2	EST OC 2	MANG AUX 2	EST OC 2	EST OC 2
10:20	MOV EQUIP 3	MOV EQUIP 3	PREP LOCAL 2	MOV EQUIP 3	MOV EQUIP 3
10:25	EST OC 3	EIX 3	PREP LOCAL 2	EST OC 3	AÇO TR 2
10:30	PERF MAQ 3	AÇO POS 2	AÇO POS 2	EST OC 3	EST OC 3
10:35	PERF MAQ 3	AÇO POS 2	AÇO POS 2	EST OC 3	EST OC 3
10:55	EST OC 3	EST OC 3	EST OC 3	PERF MAQ 3	EST OC 3
11:00	MANG AUX 3	EST OC 3	MANG AUX 3	EST OC 3	MANG AUX 3
11:05	EST OC 3	PREP LOCAL 3	EST OC 3	EST OC 3	EST OC 3
11:10	EST OC 3	AÇO TR 3	AÇO TR 3	AÇO POS 3	EST OC 3
11:15	MOV EQUIP 4	MOV EQUIP 4	MOV EQUIP 4	MOV EQUIP 4	EST OC 4
11:20	PREP LOCAL 4	EIX 4	EST OC 4	MANG AUX 4	PREP LOCAL 4
11:25	EST OC 4	EST OC 4	EST OC 4	PERF MAQ 4	MANG AUX 4

Tabela 8 - Atividades por operador em cada horário (Estaca Hélice em Gaiola)

Período	Encarregado	Ajudante 1	Ajudante 2	Ajudante 3	Ajudante 4
11:30	EST OC 4	EST OC 4	EST OC 4	PERF MAQ 4	EST OC 4
11:35	EST OC 4	EST OC 4	MANG AUX 4	PERF MAQ 4	EST OC 4
11:50	EST OC 4	EST OC 4	AÇO PREP 4	PERF MAQ 4	EST OC 4
11:55	EST OC 4	EST OC 4	AÇO PREP 4	EST OC 4	EST OC 4
12:10	EST OC 4	PERF MAQ 4	AÇO TR 4	AÇO POS 4	EST OC 4
12:15	EST OC 4	MANG AUX 4	MANG AUX 4	EST OC 4	EST OC 4
12:45	MOV EQUIP 5	MOV EQUIP 5	MOV EQUIP 5	MOV EQUIP 5	EST OC 5
12:50	PERF MAQ 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5	EST OC 5	EST OC 5
12:55	PERF MAQ 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5	EST OC 5	EST OC 5
13:00	PERF MAQ 5	AÇO PREP 5	AÇO PREP 5	EST OC 5	AÇO PREP 5
13:15	PERF MAQ 5	AÇO PREP 5	AÇO PREP 5	EST OC 5	AÇO PREP 5
13:20	PERF MAQ 6	AÇO TR 5	MANG AUX 6	MANG AUX 6	EIX 6
13:25	PERF MAQ 6	AÇO POS 5	MANG AUX 6	PREP LOCAL 5	EST OC 6
13:30	EST OC 6	EST OC 6	EST OC 6	EST OC 6	EST OC 6
13:35	PERF MAQ 6	EST OC 6	MANG AUX 6	EST OC 6	EST OC 6
13:40	EST OC 6	AÇO PREP 6	AÇO PREP 6	EST OC 6	EST OC 6
13:45	EST OC 6	AÇO TR 6	PREP LOCAL 6	EST OC 6	EST OC 6
13:50	EST OC 6	AÇO POS 6	AÇO POS 6	EST OC 6	EST OC 6
13:55	AÇO TR ESTOQ	AÇO TR ESTOQ	AÇO TR ESTOQ	OC GERAL	OC GERAL
14:00	OC GERAL	AÇO TR ESTOQ	AÇO TR ESTOQ	OC GERAL	OC GERAL
14:35	OC GERAL	AÇO TR ESTOQ	AÇO TR ESTOQ	OC GERAL	OC GERAL
14:40	MANG MONT 7	MANG MONT 7	MANG MONT 7	MOV EQUIP 7	MANG MONT 7
16:00	EST OC 7	EST OC 7	MANG AUX 7	PERF MAQ 7	EST OC 7
16:05	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7	PERF MAQ 7	EST OC 7
16:10	EST OC 7	EST OC 7	MANG AUX 7	PERF MAQ 7	EST OC 7
16:15	EST OC 7	EST OC 7	MANG AUX 7	PERF MAQ 7	EST OC 7
16:20	MOV EQUIP 8	AÇO PREP 7	PREP LOCAL 7	MOV EQUIP 8	MOV EQUIP 8
16:25	EST OC 8	AÇO TR 7	AÇO TR 7	PERF MAQ 8	MANG AUX 8
16:45	EST OC 9	AÇO POS 8	AÇO POS 8	PERF MAQ 9	MANG AUX 9
16:50	EST OC 9	EST OC 9	EST OC 9	PERF MAQ 9	MANG AUX 9
16:55	EST OC 9	AÇO PREP 9	AÇO PREP 9	EST OC 9	EST OC 9

Tabela 8 – Continuação da Tabela 8 – Atividades por operador em cada horário

Como existiam estacas distintas sendo executadas nos dias das visitas, fez-se necessário a associação dos serviços a cada estaca, uma vez que a quantidade de serviço (kg de aço ou metro de estaca) para o serviço completo era diferente para estacas distintas. A referência a cada estaca é exibida com números após cada atividade. Por exemplo, AÇO POS 6 refere-se ao posicionamento da estaca 6.

A quantidade de homem hora foi calculada a partir da contagem dos períodos e da quantidade de trabalhadores envolvidos naquela atividade. Para elucidar e tornar mais tangível, considere-se o período entre 12:55 e 13:00. Tem-se 0,0833 homem hora desempenhando a atividade de PERF MAQ 5, ou seja, nesse intervalo de tempo foram despendidos 0,0833 homem hora na atividade de perfurar o solo com o uso de máquina.

Analogamente, para o mesmo período e para a mesma estaca, foram despendidos 0,1667 homem hora no auxílio do mangote durante a escavação.

O segundo dia de coleta é ilustrado na tabela 9 indicada abaixo.

Período	Encarregado	Ajudante 1	Ajudante 2
07:00	Finício	Finício	Finício
07:10	Finício	Finício	Finício
07:15	OC GERAL	SERV AUX	OC GERAL
07:20	EST OC 1	AÇO PREP 1	AÇO PREP 1
07:25	EIX 1	EIX 1	EIX 1
07:30	EST OC 1	EST OC 1	EST OC 1
07:35	EST OC 1	EST OC 1	EST OC 1
07:40	MOV EQUIP 1	MOV EQUIP 1	EIX 1
07:45	SERV AUX 1	PERF MAQ 1	PERF MAQ 1
07:50	EST OC 1	EIX 1	EIX 1
08:45	EST OC 2	EIX 2	EST OC 2
08:50	EST OC 2	EST OC 2	EST OC 2
08:55	MOV EQUIP 2	MOV EQUIP 2	EST OC 2
09:00	PERF MAQ 2	PREP LOCAL 1	MANG AUX 2
09:05	PERF MAQ 2	PREP LOCAL 1	MANG AUX 2
09:10	PERF MAQ 2	AÇO POS 1	AÇO POS 1
09:15	PERF MAQ 2	EST OC 2	MANG AUX 2
09:20	PERF MAQ 2	EST OC 2	MANG AUX 2
09:25	EST OC 2	EST OC 2	EST OC 2
09:30	OC ESP BT 2	OC ESP BT 2	OC ESP BT 2
09:35	EST OC 2	EST OC 2	EST OC 2
09:40	PERF MAQ 2	EIX 3	MANG AUX 2
09:45	EST OC 3	EST OC 3	PREP LOCAL 2
09:50	MOV EQUIP 3	MOV EQUIP 3	MOV EQUIP 3
09:55	PERF MAQ 3	MANG AUX 3	AÇO POS 2
10:15	PERF MAQ 3	MANG AUX 3	EST OC 3
10:20	OC ESP BT 3	OC ESP BT 3	OC ESP BT 3
10:25	EST OC 3	EST OC 3	EST OC 3
10:30	PERF MAQ 3	MANG AUX 3	EIX 4
10:35	PERF MAQ 3	MANG AUX 3	PREP LOCAL 3
10:40	MOV EQUIP 4	MOV EQUIP 4	AÇO POS 3
10:45	MOV EQUIP 4	MOV EQUIP 4	EST OC 4
10:50	PERF MAQ 4	MANG AUX 4	SERV AUX 4
11:25	OC ESP BT 4	OC ESP BT 4	OC ESP BT 4
11:30	PERF MAQ 4	AUX MANG 4	SERV AUX 4
11:35	MOV EQUIP 5	EIX 5	EIX 5
11:40	EST OC 5	AÇO POS 4	AÇO POS 4

Tabela 9 - Segundo dia de Coleta de Dados - Atividades por Operador

Considerando-se o primeiro dia de coleta, em que o acompanhamento ocorreu durante todo o expediente, foram executadas nove estacas. Todas as estacas deste dia tinham 60 mm de diâmetro e peso 58,10 kg. A determinação do peso das estacas foi feita pelos projetos

disponibilizados pela construtora. A seguir, faz-se a apresentação da quantidade de homem hora despendidos na execução de cada estaca por cada atividade.

	ESTACAS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MOV EQUIP	0,1667	0,0833	0,3333	0,3333	0,3333	0,0000	0,0833	0,2500	0,0000
EIX	0,1667	0,0000	0,0833	0,0833	0,0000	0,0833	0,0000	0,0000	0,0000
MANG MONT	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	0,0000
PERF MAQ	0,4167	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	0,2500	0,3333	0,2500	0,2500
MANG AUX	0,8333	0,5833	0,2500	0,4167	0,3333	0,3333	0,2500	0,2500	0,2500
PERF LIMP	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
AÇO PREP	0,1667	0,1667	0,0000	0,2500	1,0000	0,1667	0,0833	0,1667	0,1667
PREP LOCAL	0,2500	0,1667	0,0833	0,1667	0,0833	0,0833	0,0833	0,0000	0,0000
AÇO TR	0,0833	0,0833	0,1667	0,0833	0,0833	0,0833	0,1667	0,1667	0,0000
AÇO POS	0,1667	0,3333	0,0833	0,0833	0,0833	0,1667	0,1667	0,1667	0,0000
EST OC	2,5000	0,5833	2,6667	3,5000	0,7500	1,5000	1,0833	0,2500	0,6667

Tabela 10 - Primeiro Dia de Coleta de Dados - Serviço por Estaca

	ESTACAS				
	1	2	3	4	5
MOV EQUIP	0,1667	0,1667	0,2500	0,3333	0,0833
EIX	0,5000	0,0833	0,0833	0,0833	0,1667
MANG MONT	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PERF MAQ	0,5833	0,5000	0,5833	0,6667	0,5500
MANG AUX	0,4167	0,4167	0,5833	0,6667	0,5500
PERF LIMP	0,0833	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
AÇO PREP	0,1667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PREP LOCAL	0,1667	0,0833	0,0833	0,0000	0,0000
AÇO TR	0,4167	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
AÇO POS	0,1667	0,0833	0,0833	0,1667	0,1300
EST OC	1,2500	1,1667	0,7500	0,3333	0,2800

Tabela 11 - Segundo Dia de Coleta de Dados - Serviço por estaca

	ESTACAS			
	1	2	3	4
MOV EQUIP	0,4167	0,1667	0,0833	0,4167
EIX	0,2500	0,0000	0,0000	0,3333
MANG MONT	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PERF MAQ	0,5000	0,7500	0,6667	0,0000
MANG AUX	1,0000	0,3333	0,3333	0,2500
PERF LIMP	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
AÇO PREP	0,2500	0,0833	0,4167	0,0000
PREP LOCAL	0,1667	0,2500	0,0833	0,0000
AÇO TR	0,0000	0,0000	0,0833	0,0000
AÇO POS	0,0833	0,3333	0,2500	0,0000
EST OC	4,6667	2,5833	3,5833	1,5833

Tabela 12 - Terceiro Dia de Coleta de Dados - Serviço por Estaca

O quadro resumo das quantidades de homem hora e das quantidades de serviço, em toneladas, para cálculo das RUPs de todos os dias de coleta está ilustrado a seguir.

PESO (kg)	Diametro (cm)	HH	ESTACAS	COLETA	RUP (Hh por tonelada)
59	60	5,8	1	DIA 1	97,4
59	60	2,3	2	DIA 1	39,5
59	60	4,0	3	DIA 1	67,7
59	60	5,4	4	DIA 1	91,7
59	60	3,2	5	DIA 1	53,6
59	60	2,7	6	DIA 1	45,1
59	60	2,6	7	DIA 1	43,7
59	60	1,5	8	DIA 1	25,4
59	60	1,3	9	DIA 1	22,6
118	90	3,9	1	DIA 2	33,3
118	90	2,5	2	DIA 2	21,2
118	90	2,4	3	DIA 2	20,5
118	90	2,3	4	DIA 2	19,1
118	90	1,8	5	DIA 2	15,3
139	100	7,3	1	DIA 3	52,7
139	100	4,5	2	DIA 3	32,3
139	100	5,5	3	DIA 3	39,5
139	100	2,6	4	DIA 3	18,6

Tabela 13 - Resumo dos dias de coleta e cálculo das RUPs

Para facilitar a discussão sobre os resultados que ocorrerá mais adiante, apresenta-se os valores das RUPs em forma gráfica.

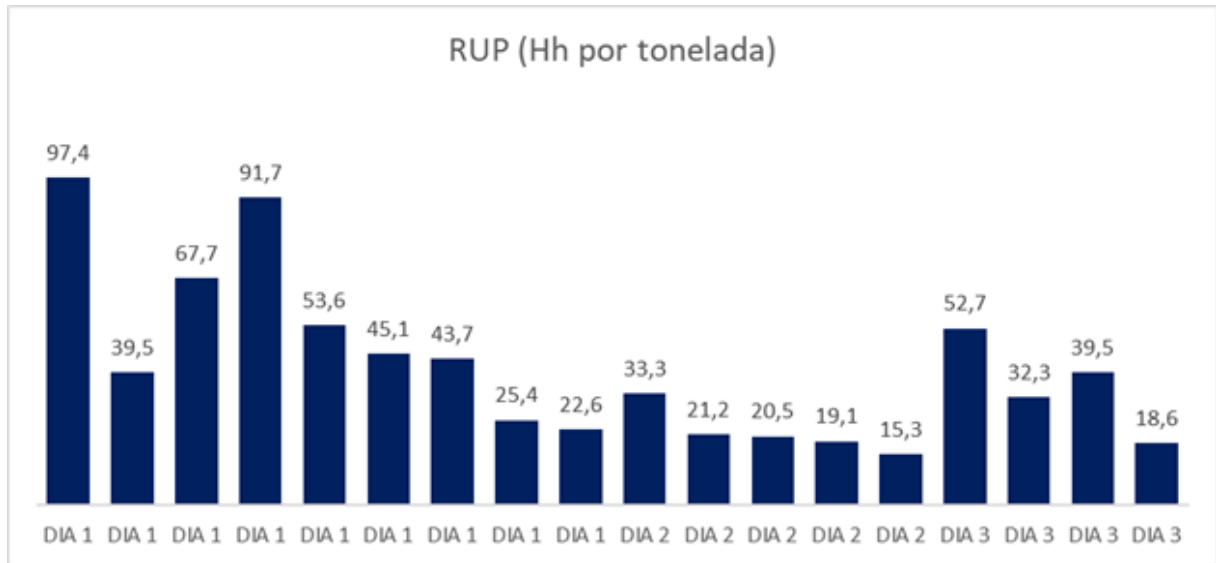


Figura 35 - RUP (Hh por ton.) para estaca hélice em gaiola

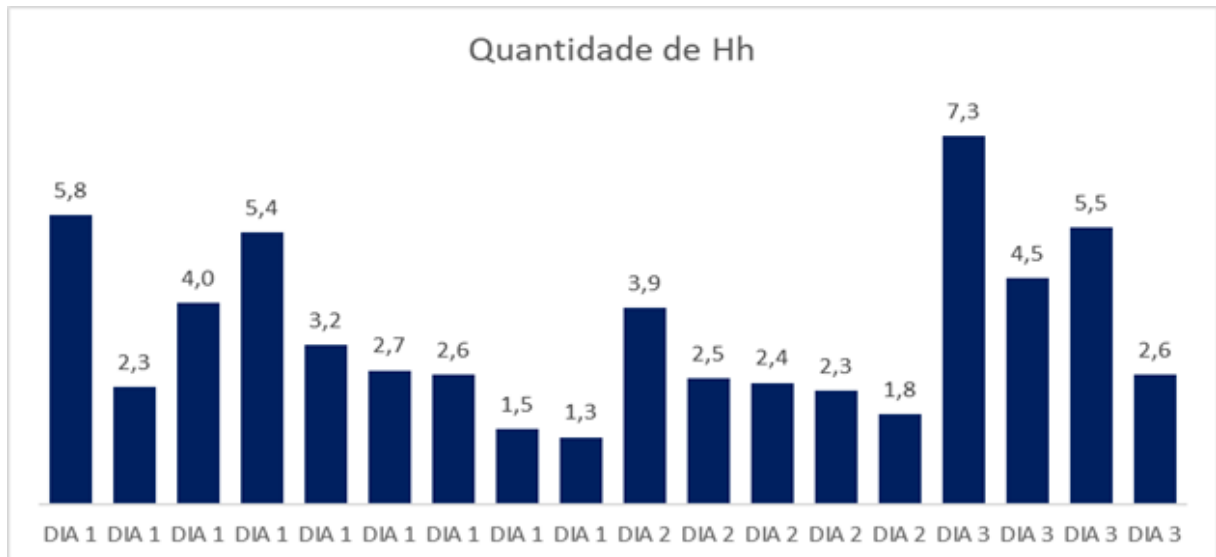


Figura 36 - Quantidade de Hh para estaca hélice em gaiola

7.2 ESTACA HÉLICE MONTADA IN LOCO

O empreendimento no qual se deram as visitas para estudo da estaca hélice montada in loco é composto por quatro torres, cada uma com 15 pavimentos, quatro unidades por andar e 3.500 metros quadrados de área total do terreno. A coleta de dados se deu de forma análoga ao caso anterior: houve discretização do processo em intervalos de cinco minutos.

A coleta de dados nesta obra também ocorreu em três dias distintos. A legenda de execução da fundação permanece a mesma. Faz-se, analogamente, a exibição das atividades agrupadas por período de execução do serviço.

Período	Motorista do equipamento	ajudante 1	ajudante 2	ajudante 3	ajudante 4
07:00	Finício	Finício	Finício	Finício	Finício
07:25	Finício	Finício	Finício	Finício	Finício
07:35	Finício	Finício	Finício	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP
07:40	MOV EQUIP 1	Finício	Finício	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP
07:45	OC GERAL	EIX 1	MANG MONT 1	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP
07:50	PERF MAQ 1	OC GERAL	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP
07:55	OC GERAL	AJUSTE EQUIP 1	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP
08:00	AJUSTE EQUIP 1	AJUSTE EQUIP 1	AJUSTE EQUIP 1	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP
08:05	PERF MAQ 1	MANG AUX 1	MANG AUX 1	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP
08:20	PERF MAQ 1	MANG AUX 1	MANG AUX 1	DESMONT EQUIP	DESMONT EQUIP
08:25	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1
08:35	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1	MANG MONT 1
08:40	PERF MAQ 1	MANG AUX 1	MANG AUX 1	PERF LIMP 1	PERF LIMP 1
08:45	PERF MAQ 1	MANG AUX 1	MANG AUX 1	EST OC 1	MANG AUX 1
08:50	OC ESP BT 1	OC ESP BT 1	OC ESP BT 1	OC ESP BT 1	OC ESP BT 1
08:55	PERF MAQ 1	EST OC 1	MANG AUX 1	ABAST EQUIP 1	MANG AUX 1
09:00	MOV EQUIP 2	MANG AUX 2	EIX 2	MANG AUX 2	MANG AUX 2
09:05	MOV EQUIP 2	MANG AUX 2	EIX 2	MANG AUX 2	MANG AUX 2
09:20	PERF MAQ 2	MANG AUX 2	MANG AUX 2	MANG AUX 2	MANG AUX 2
09:25	EST OC 2	AJUSTE EQUIP 2	EST OC 2	EST OC 2	EST OC 2

Tabela 14 - Tabela de atividades por operador para estaca hélice montada in loco

Período	Motorista do equipamento	ajudante 1	ajudante 2	ajudante 3	ajudante 4
09:40	AJUSTE EQUIP 2	AJUSTE EQUIP 2	EST OC 2	EST OC 2	EST OC 2
09:45	PERF MAQ 2	EST OC 2	PERF LIMP 2	MANG AUX 2	EST OC 2
09:50	PERF MAQ 2	EST OC 2	PERF LIMP 2	MANG AUX 2	EST OC 2
09:55	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT
10:00	PERF MAQ 2	EST OC 2	EST OC 2	MANG AUX 2	MANG AUX 2
10:05	PERF MAQ 2	EST OC 2	EST OC 2	MANG AUX 2	MANG AUX 2
10:10	MOV EQUIP 3	MANG AUX 3	MANG AUX 3	MANG AUX 3	MANG AUX 3
10:15	PERF MAQ 3	EST OC 3	MANG AUX 3	EIX 3	MANG AUX 3
10:35	PERF MAQ 3	PERF LIMP 3	PERF LIMP 3	EST OC 3	EST OC 3
10:40	PERF MAQ 3	PERF LIMP 3	PERF LIMP 3	MANG AUX 3	EST OC 3
10:45	PERF MAQ 3	EST OC 3	PERF LIMP 3	MANG AUX 3	EST OC 3
10:50	MOV EQUIP 4	MANG AUX 4	MANG AUX 4	PREP LOCAL	EST OC 4
10:55	EST OC 4	EST OC 4	PREP LOCAL	EST OC 4	EST OC 4
11:00	EST OC 4	EST OC 4	EST OC 4	EST OC 4	EST OC 4
11:05	PERF MAQ 4	EIX 4	Outros	MANG AUX 4	MANG AUX 4
11:10	PERF MAQ 4	EST OC 4	MANG AUX 4	MANG AUX 4	EST OC 4
11:15	PERF MAQ 4	EST OC 4	EST OC 4	MANG AUX 4	EST OC 4
11:20	PERF MAQ 4	EST OC 4	EST OC 4	MANG AUX 4	EST OC 4
11:25	PERF MAQ 4	EST OC 4	EST OC 4	MANG AUX 4	EST OC 4
11:40	PERF MAQ 4	PERF LIMP	PERF LIMP	PERF LIMP	EST OC 4
11:45	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT
11:50	PERF MAQ 4	MANG AUX 4	EST OC 4	EST OC 4	EST OC 4

Tabela 14 – Continuação da tabela de atividades por operador para estaca hélice montada in loco

Período	Motorista do equipamento	ajudante 1	ajudante 2	ajudante 3	ajudante 4
11:55	MOV EQUIP 5	PERF LIMP 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5
12:00	PERF MAQ 5	EIX 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5	EST OC 5
12:05	PERF MAQ 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5	EST OC 5
12:10	PERF MAQ 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5	MANG AUX 5	EST OC 5
12:45	PERF MAQ 5	PERF LIMP 5	PERF LIMP 5	MANG AUX 5	EST OC 5
12:50	EST OC 5	AÇO POS 5	AÇO POS 5	EST OC 5	EST OC 5
12:55	MOV EQUIP 6	EIX 6	EST OC 6	EST OC 6	EST OC 6
13:00	PERF MAQ 6	MANG AUX 6	MANG AUX 6	MANG AUX 6	EST OC 6
13:05	PERF MAQ 6	MANG AUX 6	MANG AUX 6	MANG AUX 6	MANG AUX 6
13:10	PERF MAQ 6	PERF LIMP 6	PERF LIMP 6	EST OC 6	EST OC 6
13:15	PERF MAQ 6	PERF LIMP 6	PERF LIMP 6	EST OC 6	EST OC 6
13:20	PERF MAQ 6	MANG AUX 6	PERF LIMP 6	EST OC 6	EST OC 6
13:25	OC ESP BT 6	OC ESP BT 6	OC ESP BT 6	OC ESP BT 6	OC ESP BT 6
13:30	PERF MAQ 6	EST OC 6	EST OC 6	MANG AUX 6	EST OC 6
13:35	MOV EQUIP 7	PERF LIMP 7	EST OC 6	MANG AUX 6	EST OC 6
13:40	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7
13:45	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7
13:50	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7	EST OC 7
13:55	MOV EQUIP 7	EST OC 7	EST OC 7	MANG AUX 7	EST OC 7
14:00	EST OC 7	AÇO TR 6			
14:05	PERF MAQ 7	EIX 7	MANG AUX 7	MANG AUX 7	MANG AUX 7
14:35	PERF MAQ 7	PERF LIMP 7	PERF LIMP 7	EST OC 7	EST OC 7
14:40	MOV EQUIP 8	EIX 8	PREP LOCAL 7	EIX 8	EST OC 8
14:45	PERF MAQ 8	MANG AUX 8	MANG AUX 8	EST OC 8	EST OC 8
15:10	PERF MAQ 8	EST OC 8	EST OC 8	EST OC 8	EST OC 8
15:15	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT	OC ESP BT
15:20	PERF MAQ 8	MANG AUX 8	EST OC 8	EST OC 8	EST OC 8
15:25	PERF MAQ 8	MANG AUX 8	EST OC 8	EST OC 8	EST OC 8
15:30	MOV EQUIP 9	PERF LIMP 9	AÇO TR 8	PERF LIMP 9	EST OC 8

Tabela 14 – Continuação da tabela de atividades por operador para estaca hélice montada in loco

Considerando-se o primeiro dia de coleta, em que o acompanhamento ocorreu durante todo o expediente, foram executadas nove estacas. Todas as estacas deste dia tinham 40mm de diâmetro e peso 41,30 kg. A determinação do peso das estacas foi feita pelos projetos disponibilizados pela construtora. A seguir, faz-se a apresentação da quantidade de homem hora despendidos na execução de cada estaca por cada atividade.

	ESTACAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MOV EQUIP	0,08	0,17	0,08	0,08	0,08	0,08	0,17	0,08	0,08	0,17
EIX	0,08	0,17	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,17	0,17	0,00
MANG MONT	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERF MAQ	0,67	0,58	0,58	0,75	0,83	0,50	0,58	0,67	0,67	0,08
MANG AUX	1,25	1,92	1,17	0,83	1,75	0,83	0,58	1,00	1,08	0,42
AJUSTE EQUIP	0,33	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ABAST EQUIP	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERF LIMP	0,17	0,17	0,42	0,00	0,25	0,42	0,58	0,00	0,17	0,00
AÇO PREP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PREP LOCAL	0,08	0,00	0,08	0,00	0,17	0,08	0,17	0,00	0,08	0,00
AÇO TR	0,17	0,08	0,17	0,25	0,08	0,17	0,17	0,25	0,08	0,00
AÇO POS	0,17	0,17	0,00	0,17	0,25	0,33	0,17	0,17	0,08	0,00
EST OC	0,17	1,75	1,00	2,25	0,58	1,25	2,83	2,00	1,67	2,58

Tabela 15 - Primeiro Dia de Coleta de Dados - Quantidade de Hh na execução de cada estaca

	ESTACAS				
	1	2	3	4	5
MOV EQUIP	0,083333	0,083333	0,083333	0,333333	0,083333
EIX	0,083333	0,083333	0,083333	0,166667	0,083333
MANG MONT	0,083333	0	0	0	0
PERF MAQ	0,75	0,75	0,666667	0,75	0,75
MANG AUX	1,75	1,166667	1,25	1,5	1,416667
AJUSTE EQUIP	0,416667	0,166667	0,333333	0,333333	0
ABAST EQUIP	0	0	0	0	0
PERF LIMP	0	0	0,166667	0	0,083333
AÇO PREP	0	0	0	0	0
PREP LOCAL	0,166667	0,083333	0,25	0,083333	0,083333
AÇO TR	0,083333	0,083333	0,166667	0,083333	0,083333
AÇO POS	0,166667	0,083333	0,083333	0,166667	0,083333
EST OC	2,083333	1,416667	3,333333	1,333333	0,75

Tabela 16 - Segundo Dia de Coleta de Dados - Quantidade de Hh na execução de cada estaca

	ESTACAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MOV EQUIP	0,083333	0,166667	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,166667	0,083333	0,083333	0,166667
EIX	0,083333	0,166667	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,166667	0,166667	0
MANG MONT	1,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PERF MAQ	1	0,583333	0,583333	0,75	0,833333	0,5	0,583333	0,666667	0,666667	0,083333
MANG AUX	2	1,916667	1,166667	0,833333	2	0,916667	0,416667	1	1,083333	0,416667
AJUSTE EQUIP	0,333333	0,583333	0	0	0	0	0	0	0	0
ABAST EQUIP	0,083333	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PERF LIMP	0,166667	0,166667	0,416667	0	0,333333	0,416667	0,416667	0	0,166667	0
AÇO PREP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PREP LOCAL	0,083333	0	0,083333	0	0,166667	0,083333	0,166667	0	0,083333	0
AÇO TR	0,166667	0,083333	0,166667	0	0,083333	0,166667	0,166667	0,25	0,083333	0
AÇO POS	0,166667	0,166667	0	0	0,25	0,333333	0,166667	0,166667	0,083333	0

Tabela 17 - Terceiro Dia de Coleta de Dados - Quantidade de Hh na execução de cada estaca

O quadro resumo das quantidades de homem hora e das quantidades de serviço, em toneladas, para cálculo das RUPs de todos os dias de coleta está ilustrado a seguir.

PESO	Diametro (cm)	HH	ESTACAS	COLETA	RUP (Hh por tonelada)
41	40	4,6	1	DIA 1	111
41	40	5,6	2	DIA 1	135
41	40	3,6	3	DIA 1	87
41	40	4,4	4	DIA 1	107
41	40	4,1	5	DIA 1	99
41	40	3,8	6	DIA 1	91
41	40	3,9	7	DIA 1	94
41	40	4,3	8	DIA 1	105
41	40	4,1	9	DIA 1	99
41	40	3,3	10	DIA 1	79
63	50	4,1	1	DIA 2	66
63	50	3,5	2	DIA 2	56
63	50	4,1	3	DIA 2	66
63	50	4,3	4	DIA 2	68
63	50	3,1	5	DIA 2	49
74	70	5,4	1	DIA 3	73
74	70	4,9	2	DIA 3	66
74	70	3,1	3	DIA 3	42
74	70	3,5	4	DIA 3	47
74	70	3,9	5	DIA 3	52
74	70	3,3	6	DIA 3	44
74	70	4,7	7	DIA 3	64
74	70	3,8	8	DIA 3	51
74	70	3,6	9	DIA 3	48
74	70	2,8	10	DIA 3	38

Tabela 18 - Quadro resumo de Hh e quantidade de serviço

Para facilitar a discussão sobre os resultados que ocorrerá mais adiante, apresenta-se os valores das RUPs em forma gráfica.

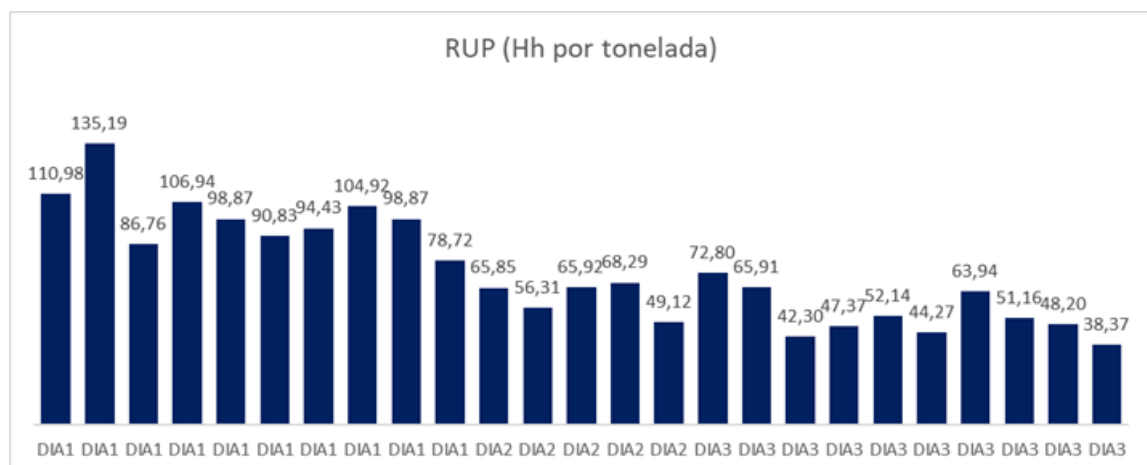


Figura 37 - RUP (Hh por tonelada) para estaca hélice montada in loco

7.3 BLOCO DE FUNDAÇÃO EM GAIOLA

O empreendimento visitado para esta tecnologia é composto por uma torre de 20 pavimentos, duas unidades por andar e uma área total de 2.900 metros quadrados de terreno. Tal como se fez anteriormente, faz-se a descrição resumida das principais etapas na produção do bloco de fundação.

- Armando as barras dos blocos. (ARM BLOCO);
- Separando barras no estoque. (ESTC SEP AÇO);
- Posicionando peça pré-armada no fundo do bloco/posicionando bloco pré-armado. (POS ARM PR);
- Auxiliando a armação do bloco/ entregando barras para armadores dentro do bloco. (AUX ARM);
- Separando as barras do bloco. (SEP AÇO);
- Preparo do arranque da estaca para receber as barras do bloco. (PREP AR EST);
- Transporte de barras / peças de aço. (TR AÇO);
- Lendo projeto/orientando/etc. (SERV AUX);
- Marcando os espaçamentos das barras. (MARC ESP);
- Regularizando a superfície do fundo das estacas. (PREP LOCAL);
- Armando o arranque do pilar dentro do bloco. (ARM AR P);
- Reparo nas peças do bloco. (REP PEÇAS);
- Pré-montando estribo do bloco. (MONT ESTR B);
- Pré-armando bloco. (P ARM B);
- Armador dobrando estribo. (DOB ESTR);
- Armador auxiliando a dobrar o estribo. (AUX DOB ESTR);
- Eixo do bloco. (EIX BLOCO);

De forma análoga ao que se fez para as estacas, faz-se a elucidação dos dados coletados para o bloco de fundação moldado in loco (recebido em obra pré-cortado e pré-dobrado).

Período	Armador 1	Armador 2	Armador 3	Armador 4
07:00	Finício	Finício	Finício	Finício
07:05	Finício	Finício	Finício	Finício
07:10	ESTC SEP AÇO	ESTC SEP AÇO	Finício	Finício
07:15	ESTC SEP AÇO	OC	Finício	Finício
07:20	ESTC SEP AÇO	OC	Finício	Finício
07:25	TR AÇO	OC	Finício	Finício
07:30	TR AÇO	TR AÇO	Finício	Finício
07:35	OC	OC	OC	OC
07:40	TR AÇO	TR AÇO	OC	TR AÇO
07:45	TR AÇO	TR AÇO	SERV AUX	TR AÇO
07:50	TR AÇO	OC	ESTC SEP AÇO	TR AÇO
07:55	TR AÇO	OC	ESTC SEP AÇO	TR AÇO
08:00	TR AÇO	PREP AR EST	ESTC SEP AÇO	PREP AR EST
08:05	TR AÇO	PREP AR EST	ESTC SEP AÇO	PREP AR EST
08:10	TR AÇO	PREP AR EST	ESTC SEP AÇO	PREP AR EST
08:15	TR AÇO	PREP AR EST	ESTC SEP AÇO	PREP AR EST
08:20	POS ARM PR 1	POS ARM PR 1	POS ARM PR 1	POS ARM PR 1
08:25	OC	ARM BLOCO 1	TR AÇO	ARM BLOCO 1
08:30	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	SEP AÇO 1	ARM BLOCO 1
08:35	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	SEP AÇO 1	ARM BLOCO 1
08:40	TR AÇO	ARM BLOCO 1	SEP AÇO 1	ARM BLOCO 1
08:45	OC	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
08:50	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
08:55	AUX ARM 1	OC	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:00	AUX ARM 1	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:05	TR AÇO	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:10	TR AÇO	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1

Tabela 19 - Atividades por operador a cada horário para bloco de fundação em gaiola

Período	Armador 1	Armador 2	Armador 3	Armador 4
09:15	OC	Outros	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:20	AUX ARM 1	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:25	AUX ARM 1	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:30	AUX ARM 1	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:35	AUX ARM 1	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:40	AUX ARM 1	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1
09:45	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1	TR AÇO
09:50	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1	TR AÇO
09:55	AUX ARM 1	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 1	TR AÇO
10:00	AUX ARM 1	OC	ARM BLOCO 1	TR AÇO
10:05	AUX ARM 1	OC	ARM BLOCO 1	OC
10:10	OC	OC	OC	OC
10:15	OC	TR AÇO	MARC ESP 1	OC
10:20	AUX ARM 1	TR AÇO	ARM BLOCO 1	PREP AR EST 2
10:25	AUX ARM 1	TR AÇO	ARM BLOCO 1	TR AÇO
10:55	AUX ARM 1	OC	ARM BLOCO 1	PREP AR EST 2
11:00	AUX ARM 1	PREP AR EST STR	ARM BLOCO 1	PREP AR EST STR
11:15	AUX ARM 1	PREP AR EST STR	ARM BLOCO 1	PREP AR EST STR
11:20	OC	OC	OC	OC
11:25	AUX ARM 1	PREP AR EST STR	ARM BLOCO 1	PREP AR EST STR
11:30	AUX ARM 1	PREP AR EST STR	ARM BLOCO 1	PREP AR EST STR
11:35	AUX ARM 1	PREP AR EST 2	ARM BLOCO 1	PREP AR EST 2
11:40	AUX ARM 1	PREP AR EST 2	ARM BLOCO 1	PREP AR EST 2
11:45	POS ARM PR 2	POS ARM PR 2	OC	POS ARM PR 2
11:50	TR AÇO	ARM BLOCO 2	ARM BLOCO 1	ARM BLOCO 2

Tabela 19 – Continuação da tabela de atividades por operador por horário

A seguir, faz-se a apresentação da quantidade de homem hora despendidos na execução de cada bloco por cada atividade.

BLOCOS >>>	1	2	3
ARM BLOCO	6,58	5,50	1,83
POS ARM PR	0,33	0,25	0,33
AUX ARM	3,25	2,17	0,83
MARC ESP	0,17	0,00	0,00
PREP LOCAL	0,00	0,00	0,33

Tabela 20 - Primeiro Dia de Coleta de Dados - Quantidade de Hh despendidos na execução de cada bloco

BLOCOS >>>	1	2	3
ARM BLOCO	0,42	0,00	3,50
POS ARM PR	0,33	1,00	0,33
AUX ARM	0,00	0,00	1,08
MARC ESP	0,00	0,00	0,00
PREP LOCAL	0,00	0,00	0,00

Tabela 21 - Segundo Dia de Análise de Dados - Quantidade de Hh despendidos na execução de cada bloco

O quadro resumo das quantidades de homem hora e das quantidades de serviço, em toneladas, para cálculo das RUPs de todos os dias de coleta está ilustrado a seguir.

PESO (ton)	HH	DIA	BLOCO	RUP (Hh por tonelada)
0,85	13,69	23/10/2019	1	16,10
0,95	11,28	23/10/2019	2	11,86
0,56	6,69	23/10/2019	3	11,88
1,28	22,42	24/10/2019	4	17,52
0,77	12,03	25/10/2019	5	15,63
0,42	7,17	25/10/2019	6	17,07
0,85	11,86	25/10/2019	7	13,96

Tabela 22 - Quadro-resumo das quantidades de Hh e quantidades de serviço

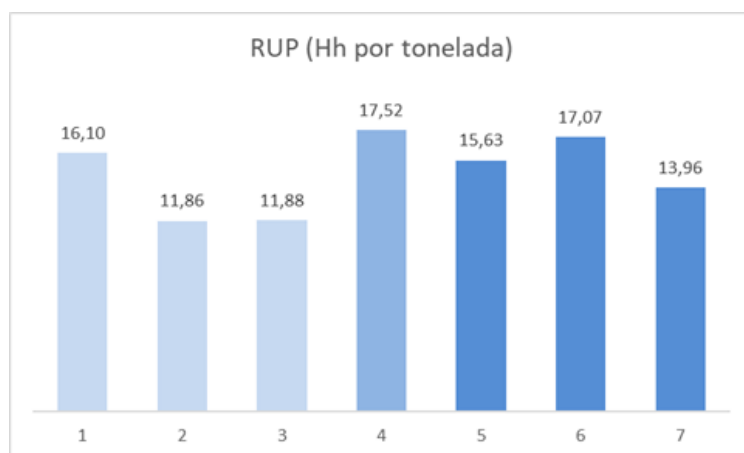


Figura 38 - RUP (Hh por tonelada) para bloco de fundação em gaiola

7.4 BLOCO DE FUNDAÇÃO MONTADO IN LOCO

O empreendimento em que foram realizadas as coletas do bloco de fundação montado in loco é o mesmo da coleta da estaca hélice montada in loco. Os serviços que compõem a execução do bloco são apresentados a seguir.

- Armandando as barras dos blocos. (ARM BLOCO);
- Separando o aço no estoque. (ESTC SEP AÇO);
- Posicionando peça pré-armada no fundo do bloco/posicionando bloco pré-armado. (POS ARM PR);
- Auxiliando a armação do bloco/ entregando barras para armadores dentro do bloco. (AUX ARM);
- Separando as barras do bloco. (SEP AÇO);
- Preparo do arranque da estaca para receber as barras do bloco. (PREP AR EST);
- Transporte de barras / peças de aço. (TR AÇO);
- Lendo projeto/orientando/etc. (SERV AUX);

- Marcando os espaçamentos das barras. (MARC ESP);
- Regularizando a superfície do fundo das estacas. (PREP LOCAL);
- Armandando o arranque do pilar dentro do bloco. (ARM AR P);
- Reparo nas peças do bloco. (REP PEÇAS);
- Pré-montando estribo do bloco. (MONT ESTR B);
- Pré-armando bloco. (P ARM B);
- Armador dobrando estribo. (DOB ESTR);
- Armador auxiliando a dobrar o estribo. (AUX DOB ESTR);
- Eixo do bloco. (EIX BLOCO);

Período	Armador 1	Armador 2
07:15	Ainício	Aau
07:20	Ainício	Ainício
07:25	Ainício	Ainício
07:30	OC	Ainício
07:35	OC	OC
07:50	PREP AR EST 109	PREP AR EST 109
07:55	SEP BL PRONT 109	SEP BL PRONT 109
08:00	PREP AR EST 109	REP PEÇAS BL P 109
08:05	REP PEÇAS BL P 109	REP PEÇAS BL P 109
08:10	POS BL P 109	POS BL P 109
08:15	POS BL P 109	POS BL P 109
08:20	PREP AR EST 110	PREP AR EST 110
08:25	OC	OC
08:30	OC	OC
08:50	AJUST BL P 109	AJUST BL P 109
08:55	AJUST BL P 109	AJUST BL P 109
09:00	GAST P BL P 109	GAST P BL P 109
09:05	GAST P BL P 109	GAST P BL P 109
09:10	GAST P BL P 109	GAST P BL P 109
09:15	PREP AR EST 110	PREP AR EST 110
09:20	POS BL P 110	POS BL P 110
09:25	POS BL P 110	POS BL P 110
09:30	PREP AR EST 111	PREP AR EST 111
09:35	POS BL P 111	POS BL P 111
09:40	POS BL P 111	POS BL P 111
09:45	TR BL PRONT 116	BUSC FER 116
09:50	PREP AR EST 116	PREP AR EST 116
09:55	PREP GERAL BL P 116	PREP GERAL BL P 116
10:00	POS BL P 116	POS BL P 116
10:05	OC	OC
10:10	PREP AR EST 116	PREP AR EST 116
10:15	OC	OC
10:20	PREP AR EST 116	PREP AR EST 116
10:25	TR BL PRONT 117	TR BL PRONT 117
10:30	PREP LOCAL 117	PREP LOCAL 117
10:35	POS BL P 117	POS BL P 117
10:40	OC	OC
10:45	PREP AR EST 118	PREP AR EST 118
10:50	PREP AR EST 118	PREP AR EST 118

Tabela 23 - Atividades por operador por horário de bloco de fundação montado in loco

PESO (ton)	HH	DIA	BLOCO	RUP (Hh por tonelada)
0,08	2,61	16/09/2019	1	34,31
0,05	1,69	16/09/2019	2	33,18
0,06	1,44	16/09/2019	3	22,81
0,07	1,61	16/09/2019	4	23,97
0,07	1,28	16/09/2019	5	19,49
0,08	1,11	16/09/2019	6	13,70

Tabela 24 - Quadro-resumo da RUP (Hh por tonelada) para bloco de fundação montado in loco

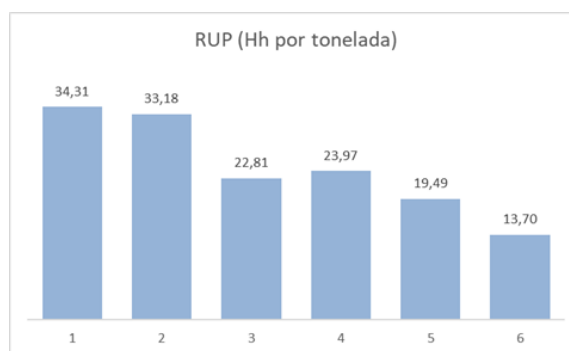


Figura 39 - RUP em Hh por tonelada para Bloco de Fundação Moldado in loco

8. RESULTADOS DOS INDICADORES

Os próximos gráficos ilustram os resultados obtidos para as RUPs para os quatro tipos de tecnologias avaliadas.

Para o caso do bloco de fundação, nota-se que a produtividade da mão de obra, em homem hora por tonelada, é melhor para o caso em que o aço é fornecido em gaiola. Considerando que, para as obras que foram analisadas de bloco em gaiola, a armadura é transportada por máquinas (escavadeira), e que o indicador RUP utilizado é bastante sensível ao peso da armadura executada, pode-se dizer que a melhor produtividade verificada é influenciada pela utilização de máquinas na execução das fundações em bloco. Isso é justificado quando se percebe que o serviço de transportar o aço, com a utilização de máquinas, do estoque até a sua posição final, é o mesmo independente do peso da armadura, ou seja, a mesma quantidade de homem hora é despendida para executar quantidades distintas de serviço. Esse fato não se verifica quando o transporte da armadura é feito manualmente, por operários, pois estes são sensíveis a pesos maiores e, portanto, a quantidade de mão de obra necessária para executar armaduras de pesos diferentes também tende a ser diferente. É conclusivo também que para o caso do bloco em gaiola, como a atividade era, em suma, colocar o bloco em sua posição final, a produtividade da mão de obra aumenta no decorrer

da execução dos blocos, o que se deve a uma melhor organização da mão de obra ao longo do processo.

Para as estacas, concluiu-se que, de forma geral, a produtividade da mão de obra do aço em gaiola supera a do aço beneficiado in loco. Deve-se salientar que as peças de aço analisadas na execução das estacas em loco eram predominantemente mais leves do que as analisadas de aço pronto. Assim, para um mesmo processo de execução da fundação, o indicador para este caso tende a ser melhor, pois é maior a quantidade de serviço por estaca executada. As primeiras peças do dia também apresentam piores valores de produtividade, fato que pode ser explicado pela organização da mão de obra ir melhorando ao longo do processo.

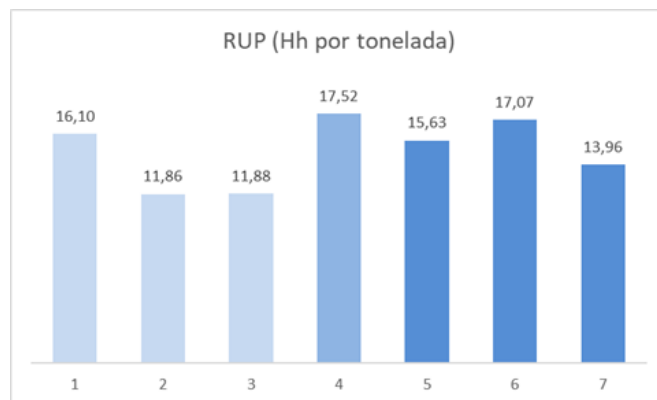


Figura 40 - RUPs em Hh por tonelada para Bloco Pronto

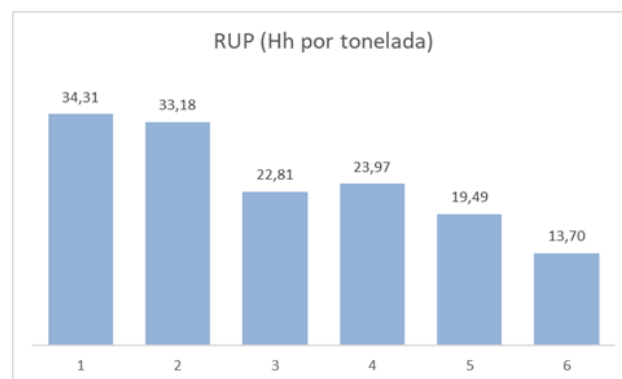


Figura 41 - RUPs em Hh por tonelada para Bloco Moldado in loco

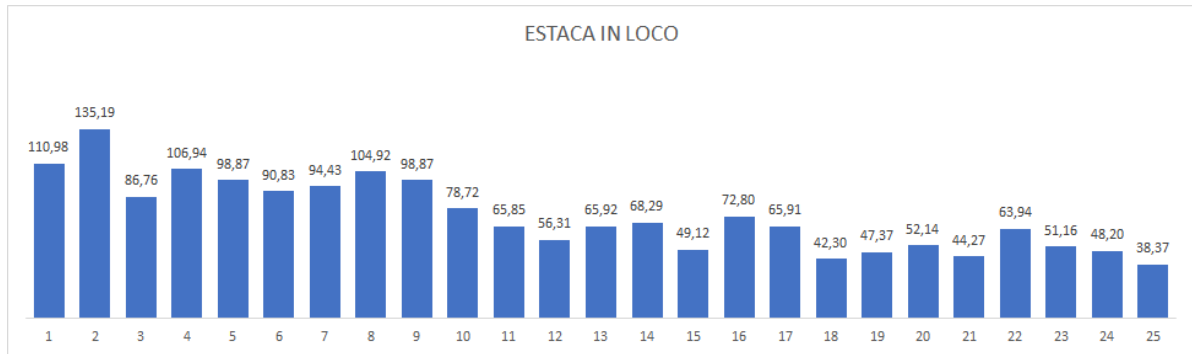


Figura 42 - RUPs em Hh por tonelada para Estaca Moldada in loco



Figura 43 - RUPs em Hh por tonelada para Estaca Pronta

9. SUGESTÕES DE MELHORIAS

Com os dados e resultados em mãos, realizamos debates com foco no que poderia ser melhorado nas obras que recebem as armaduras prontas para o uso e, dessa forma, obter um aumento na produtividade. Com isso, destacamos em cada etapa do serviço alguns pontos que foram considerados cruciais e com sugestões sobre o que pode ser feito para obter uma melhora.

- Recebimento
 - Qualidade do produto entregue pelos fornecedores - estar presente no contrato cláusula para tratar sobre eventuais atrasos e despesas extras decorridos por falta de qualidade do produto entregue (ou até mesmo pelo atraso do recebimento do produto, caso ocorra), complementando esse ponto, ter teste de qualidade da solda para realizar no momento da entrega, visando não haver conflitos futuros sobre a situação do produto na entrega.
 - Dificuldade de locomoção das peças - visto o tamanho e peso das peças pré-montadas, surge uma dificuldade de transporte das mesmas para o local no qual serão estocadas, dessa forma seria muito útil um conjunto de ganchos que facilitem o manuseio tanto no caso de ser manual ou por máquinas.

- Local de parada do caminhão - devido a necessidade de caminhões de grande porte para o fornecimento das gaiolas pré-montadas, torna-se necessário um espaço adequado para o recebimento do mesmo e que possibilite o descarrego dele da forma mais eficaz possível, seja de forma manual ou por auxílio de máquinas.
- Estocagem e movimentações internas
 - Grandes áreas de estocagem - entregas parceladas para não ter de estocar uma quantidade muito grande de uma só vez, visto principalmente que muitas obras não possuem disponíveis essas áreas.
 - Ordem da estocagem - cada peça já deve ter seu fluxo traçado para o momento no qual chega à obra até o momento de sua utilização. Deve-se planejar, portanto, a ordem de entrega das mesmas, a ordem de descarregamento, a ordem de estocagem e a ordem de utilização, visto que todas elas estão relacionadas no quesito de diminuir movimentações internas e consequente esforços de transporte tempo gasto.
- Procedimentos do serviço
 - Funcionários sem tarefas - distribuição de mini times, os quais executam do início ao fim de cada serviço (umas estacas ou um bloco por exemplo) e cada funcionário teria funções pré-estabelecidas e apenas ele possa executá-las no mini time.
 - Ociosidade por falta de matéria prima e equipamentos - planejar cuidadosamente o fornecimento de produtos indispensáveis ao serviço, dessa forma garantindo que a obra não pare por falta de concreto ou gasolina por exemplo e deteriorando assim a produtividade global do serviço.
 - Falta de racionalização em todas as etapas dos serviços - para que seja notável a diferença de produtividade em um determinado serviço é de suma importância que todas as suas etapas tenham um nível de racionalização superior à forma anterior na qual era executado. Para isso além de por exemplo seguir algumas das indicações que trazemos neste trabalho, seria algo muito positivo buscar novas tecnologias que interagem de forma direta e/ou indireta com o serviço, como por exemplo o sistema BIM, o qual promove uma grande racionalização aos projetos, promovendo uma melhora no planejamento dos cronogramas e utilização de matérias primas.

10. CONCLUSÕES

O uso de novas tecnologias deve ser acompanhado pela racionalização do processo de produção focado em melhorar a gestão de pessoas. Verifica-se que as facilidades oferecidas pelas novas tecnologias não estão sendo integralmente percebidas nos serviços que foram acompanhados, o que em parte se explica pela não utilização de todo o potencial que as novas tecnologias têm a oferecer, uma vez que parte do tempo que é suprimido pela tecnologia se transforma em tempo ocioso da mão de obra.

ARAÚJO (2000), ao comparar valores de produtividade de mão-de-obra de armação entre obras que trabalhavam com o aço pronto (aço cortado e dobrado) e obras que cortavam e dobravam o aço no canteiro, chegou a valores de produtividade melhores para as obras que adotaram o beneficiamento do aço no canteiro. A justificativa também está associada a problemas de ociosidade da mão de obra nas obras que trabalharam com o aço pronto. Apesar de termos chegado em resultados que indicam melhores produtividades nos casos com armadura pronta, estamos alinhados com Araujo nesse sentido.

Verificou-se que, tanto para a estaca quanto para o bloco de fundação, a produtividade da mão de obra ao longo de um dia de serviço tende a aumentar, pois os trabalhadores vão se organizando melhor no decorrer do processo, desempenhando atividades diferentes a cada bloco executado, o que confirma que o gargalo na execução das fundações está associado à gestão da mão de obra no uso destas tecnologias.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. N. Logística aplicada: suprimentos e distribuição física. 3º ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

ARAÚJO, L.O.C. Método para a previsão e controle da produtividade da mão-deobra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria. São Paulo, 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. Manual de estruturas de concreto armado. São Paulo: ABCP.

ARAUJO, L.O.C.; SOUZA, U.E.L. Gestão do serviço de armação: a organização do trabalho para a produção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, São Carlos, 2003. Anais. São Carlos: UFSCar, 2003. CD-ROM

ARAÚJO, L.O.C.; RIBEIRO, M.H.; SOUZA, U.E.L. A padronização do projeto de detalhamento das armaduras como facilitadora da produção. In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, I, São Paulo, 2004. Anais. São Paulo: EPUSP, 2004. CD-ROM.

BATLOUNI NETO, J. Projeto de estruturas de concreto armado: diretrizes para otimização do desempenho e do custo do edifício. 2000. 166p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2003.

CARRARO, F. Produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria. São Paulo, 1998. 226p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

COELHO, G.P., Logística Aplicada a Layout de Canteiro de Obra. Rio de Janeiro, 2015. 88 p. Projeto de Graduação, 2015. UFRJ. Rio de Janeiro, 2015

FREIRE, T. M. Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo. 2001. 325p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

FUSCO, P. B. Estrutura de concreto. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1975.

FUSCO, P. B. Técnica de armar as estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1995. 382 p.

GOMES, C.F.S – Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação. São Paulo, 2004.

ILLINGWORTH, J.R. - Construction: methods and planning. London, E&FN Spon, 1993.

KALIAN, A.; THORPE, A.; AUSTIN, S. A. Best practice guides for in-situ concrete frame buildings: improving rebar and information supply. United Kingdom, British Cement Association, 2000(b). ISBN 0 7210 1555 7.

KALIAN, A.; THORPE, A.; AUSTIN, S.A. Improving rebar and information supply. United Kingdom: Building Research Establishment, 2000. (Technical Report).

LÁZARO, A.A. Estacas hélice contínua: correlações entre a monitoração e características dos solos. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003. São Paulo. 256 p.

LEONHARDT, F; MONNIG, E. Construções de concreto. Rio de Janeiro: Interciência, 1978.

PELIZZARI, R. Cresce mercado de estruturas metálicas. O Estado de São Paulo, 2001. Caderno Construção.

PENNA, A.S.D.; CAPUTO, AN.; MAIA, C; PALERMO, G.; GOTLIEB, M; PARAÍSO, S.C.; ALONSO, U.R. A estaca hélice contínua – A experiência atual. 1ª ed., 1999, São Paulo: FALCONI, F.F. & MARZIONNA, J.D. (Ed.). ABMS/ABEF/IE, 162 p.

SOUZA, U.E.L. - Projeto e implantação do canteiro – Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras - São Paulo, 2000.