



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – DEC
ÁREA DE GEOTECNIA

PROF. ORIENTADOR: Luiz Carlos Sampaio da Silveira
ENG. ORIENTADOR: Ayrton Lins Falcão Filho
ALUNO: Fernando Silva Albuquerque
MATRÍCULA: 2.961.1040

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – DEC
ÁREA DE GEOTECNIA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Fernando Silva Albuquerque
ALUNO ESTAGIÁRIO



Luiz Carlos Sampaio da Silveira
PROFESSOR SUPERVISOR
ORIENTADOR



Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta o processo de aprendizado do aluno Fernando Silva Albuquerque, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB – Campus II) em seu estágio supervisionado na empresa de construção civil Santa Bárbara Engenharia S/A, com sede no estado da Paraíba. A sua duração compreendeu as datas 01 de Março de 2000 e 03 de Dezembro de 2000.

A obra onde realizou-se o estágio foi a de Urbanização e Construção do Canal de Bodocongó, na cidade de Campina Grande (PB), na qual foram realizados diversos serviços, mas, em especial, os de terraplanagem, concretagem de “obras de arte” (pontes), concretagem de partes integrantes do canal (parede e piso) em concreto ciclópico e de drenagem pluvial urbana.

No decorrer deste trabalho apresenta-se, com o detalhamento necessário para o entendimento, os procedimentos e tarefas realizadas no referente estágio.

SUMÁRIO

<u>I – INTRODUÇÃO</u>	02
<u>II – OBJETIVOS DO ESTÁGIO</u>	03
<u>III – ATIVIDADES REALIZADAS NO ESTÁGIO</u>	04
1.0 - Serviço de Terraplanagem	05
1.1 - Índices Físicos	05
1.1.1 - Relações entre Pesos e Volumes Necessários na Compactação de Aterros	06
• Peso Específico do Solo Seco	06
• Umidade	06
1.1.2 - Ensaio Necessários para Determinação dos Índices Físicos em Campo no Processo de Compactação de Aterros	06
• Determinação da Umidade	07
• Determinação do peso Específico do Solo	07
1.2 - Determinação da umidade ótima e peso específico do solo seco máximo em Laboratório	08
1.3 - Procedimentos de compactação	10
1.3.1 - Equipamentos de compactação	10
1.3.1.1 - Rolos estático	11
a) Pé-de-carneiro	11
b) Rolo Liso	12
c) Rolos Vibratórios	12
1.4 - Controle de compactação	13
1.5 - Procedimentos utilizados no processo de terraplanagem na Obra do Canal de Bodocongó	14
2.0 - Serviço de Concretagem	17
2.1 - Procedimentos necessários quando se opta por Concreto Dosado em Central	17
• Preparação e Cuidados para o Recebimento do Concreto	18
• Fôrmas, Armaduras e Escoramento	18
• Pedido e Programação do Concreto	19
• Recebimento do Concreto	20
• Ensaio de Abatimento (Slump Test)	21
• Amostragem do Concreto	22
• Transporte do Concreto	23
• Cuidados na Aplicação e Adensamento do Concreto	24

• Cura do Concreto	24
• Retirada de Fôrmas e Escoramentos	25
• Resistência do Concreto	26
2. 2 - Execução das partes integrantes do canal	27
2.1.1 - Piso	27
2.1.2 - Parede	29
2. 3 - Concreto Estrutural	30
2. 4 - Controle Tecnológico do Concreto	31
2.5 - Controles volumétricos do concreto e seus componentes	32
3.0 - Serviço de Drenagem	35
3.1 - Especificações técnicas da etapa de Drenagem Pluvial	35
• Materiais da canalização	35
• Condições gerais	35
• Execução	36
3.2 - Disposição das canalizações de drenagem pluvial	38
4.0 - Programa de Qualidade	40
4.1 - Noções básicas sobre Qualihab, PBQP-H e ISO – 9000	40
4.2 - Procedimentos necessários no processo de Certificação	43
4.3 - Procedimentos adotados pela Santa Bárbara Engenharia	45
<u>IV – RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES</u>	47
1.0 - Resultados	47
2.0 - Conclusões	49
<u>V – BIBLIOGRAFIA</u>	50

FIGURAS

Figura 1.1 – Representação esquemática das fases constituintes do solo	05
Figura 1.2.1 – Ensaio de compactação (Proctor Normal)	09
Figura 1.2.2 – Curva de Compactação	10
Figura 1.3.1 – Rolo Pé-de-carneiro	11
Figura 1.3.2 – Rolo Liso	12
Figura 1.3.3 – Rolo vibratório	13
Figura 1.5 – Esquema do processo de terraplanagem	16
Figura 2.1 – Descarga de concreto de central	18

Figura 2.2 – Verificação das fôrmas	19
Figura 2.3 – Slump Test	21
Figura 2.4 – Moldagem dos corpos-de-prova para ensaio de resistência	22
Figura 2.5 – Transporte de concreto através de carrinhos de mão	23
Figura 2.6 – Vibrador para adensamento do concreto	24
Figura 2.7 – Cura do concreto	25
Figura 2.8 – Detalhe de fôrmas com escoramento	28
Figura 2.9 – Prensa para rompimento de corpos de prova	27
Figura 2.10 - Panorama da concretagem de piso	28
Figura 2.11 - Panorama da concretagem de parede 45°	30
Figura 2.12 - Panorama da concretagem de parede vertical	30
Figura 2.13 - Panorama da concretagem de pontes	31
Figura 2.14 – Acompanhamento diário de concreto recebido da central	34
Figura 2.15 – Controle de concreto ciclópico na obra	34
Figura 3.1 – Esquema da rede de drenagem pluvial	39
Figura IV.1 – Panorama do primeiro trecho de concretagem finalizado	47
Figura IV.2 – Panorama do canal nos meses de chuva	48

I – INTRODUÇÃO

A Obra de Urbanização e Construção do Canal de Bodocongó, executada pela empresa Santa Bárbara Engenharia, foi promovida para atender as comunidades carentes com um sistema de saneamento básico adequado para o seu pleno bem estar social e sanitário.

Devido a grandes variedades de atividades realizadas pela empresa, seria necessária a presença de estagiários que ajudariam no monitoramento dessas atividades.

Após o ingresso no estágio várias etapas construtivas foram concretizadas, sendo, primeiramente, as etapas de terraplanagem e nivelamento de terreno para que se pudesse realizar a concretagem do canal.

Com o trecho pronto, as etapas de microdrenagem eram realizadas para que se atendessem o fluxo da água de chuvas das ruas transversais ao canal.

Pontes eram construídas para servir de ligação entre as vias do próprio canal como também para ligar ruas transversais de maior tráfego.

O monitoramento das tarefas se dava com a observação da execução dos serviços e identificação e correção de possíveis falhas antes que fosse preciso a intervenção da fiscalização designada a acompanhar a obra.

No decorrer desta obra coincidiu-se a implantação, pela empresa Santa Bárbara Engenharia, de um programa de qualidade na obra, tendo todas as tarefas mencionadas anteriormente seguirem as normas de controle de execução para elas existentes, pois a sua não conformidade acabaria por atrapalhar o processo de certificação da empresa.

Em especial, o serviço de concretagem era o que sofria maior monitoramento por parte da direção da obra. Com isso era preciso que se fizesse um controle de volume das peças integrantes do canal de modo que se observasse possíveis desperdícios de concreto na sua execução.

Para tanto, havia um controle diário de entrada de concreto e de peças concretadas em planilhas de Excel.

No decorrer deste trabalho pode-se observar como se processava o controle dos serviços de execução com maiores detalhes, bem como o controle de concreto.

II – OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O objetivo principal do estágio supervisionado pode-se afirmar que é o de promover o aprendizado do aluno de graduação no campo profissional que ele escolheu para atuar no decorrer de sua profissão.

Os objetivos específicos do estágio aqui relatado são os listados abaixo:

- Obter conhecimentos práticos nas áreas de terraplanagem, concretagem estrutural e com concreto ciclópico e drenagem pluvial;
- Participar no processo de implantação do programa de qualidade na obra;
- Obter conhecimentos na área de gerenciamento de obras de construção civil.

III – ATIVIDADES REALIZADAS NO ESTÁGIO

As tarefas realizadas no estágio e uma pequena abordagem sobre o seus processos podem ser observadas a seguir.

Para tanto, vai-se demonstrar como se realizavam e quais deveriam ser os controles a serem feitos para que se garantissem os serviços realizados com a devida qualidade exigida.

Também será apresentada uma abordagem teórica sobre o programa de qualidade que está sendo implantado na empresa Santa Bárbara.

A seguir irão ser realizadas abordagens sobre os seguintes temas abaixo listado, respectivamente:

- 1.0 – Serviço de Terraplanagem
- 2.0 – Serviço de Concretagem
- 3.0 – Serviço de Drenagem
- 4.0 – Programa de Qualidade

1.0 - Serviço de Terraplanagem

Terraplanagem, segundo Aurélio Século XXI, é o conjunto de operações de escavação, transporte, depósito e compactação de terras, necessárias à realização de uma obra; movimento de terra.

Antes de mais nada é necessário conhecer um pouco sobre os índices físicos mais utilizados e necessários quando na execução de obras de terraplanagem. Na seqüência, após índices físicos, será exposto os elementos vitais no serviço de terraplanagem, como: determinação da umidade ótima e peso específico do solo seco máximo em laboratório; procedimentos de compactação; e controle de compactação.

1.1 - Índices Físicos

Segundo Machado (1997), o comportamento de um solo depende da quantidade relativa de cada uma de suas três fases (sólidos, água e ar). Diversas relações são empregadas para expressar as proporções entre elas. Na fig. 1.1 mostrada a seguir estão representadas, de modo esquemático, as três fases que normalmente ocorrem nos solos, ainda que, em alguns casos, todos os vazios possam estar ocupados pela água.

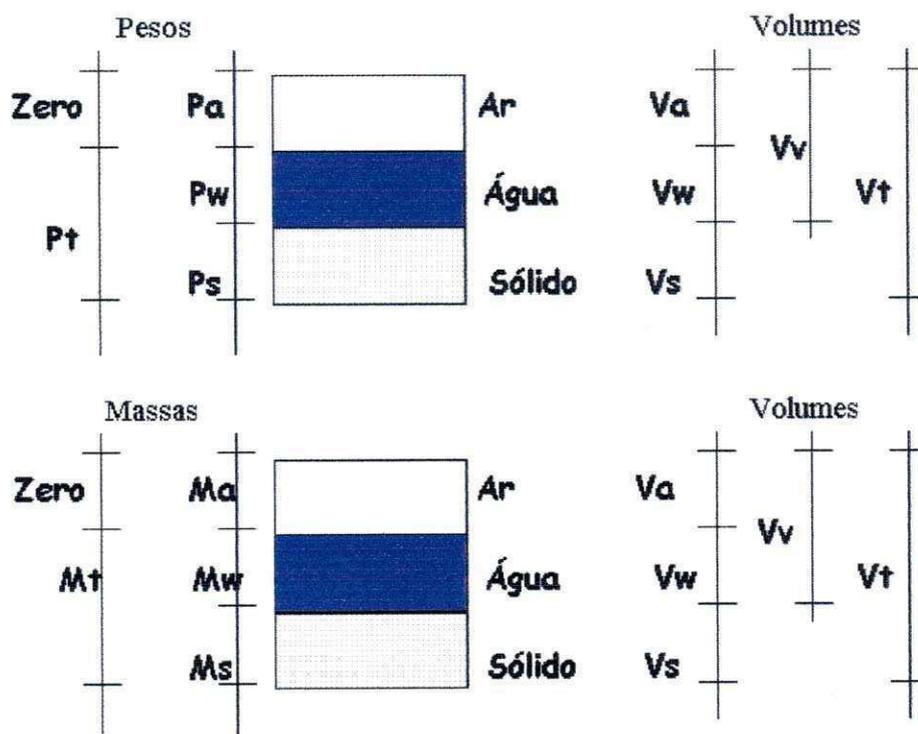


Figura 1.1 – Representação esquemática das fases constituintes do solo.

1.1.1 - Relações entre Pesos e Volumes Necessários na Compactação de Aterros

- **Peso Específico do Solo Seco**

Corresponde a um caso particular do peso específico do solo, obtido para $S_r = 0$ (grau de saturação do solo, que é a relação entre o volume de água no solo e o volume de vazios do mesmo).

$$\gamma_d = \frac{P_s}{V_t}$$

Equação 1.1

- **Umidade**

É definida como a relação entre o peso da água e o peso dos sólidos em uma porção do solo, sendo expressa em percentagem.

$$w = \frac{P_w}{P_s}$$

Equação 1.2

1.1.2 - Ensaios Necessários para Determinação dos Índices Físicos em Campo no Processo de Compactação de Aterros

Para estimativa dos índices físicos necessários no processo de compactação de aterros efetuam-se as seguintes determinações:

- Umidade
- Peso específico do solo (γ)

- **Determinação da Umidade**

Os principais métodos para a determinação da umidade em campo estão listados abaixo.

Speedy (campo)

Para a determinação da umidade no campo utiliza-se normalmente o umidímetro denominado “Speedy”. Este aparelho consiste em um recipiente metálico, hermeticamente fechado, onde são colocadas duas esferas de aço, a amostra do solo da qual se quer determinar a umidade e uma ampola de carbureto (carbonato de cálcio (CaC_2)). Para a determinação da umidade, agita-se o frasco, a ampola é quebrada pelas esferas de aço e o CaC_2 combina-se com a água contida no solo, formando o gás acetileno, que exercerá pressão no interior do recipiente, acionando o manômetro localizado na tampa do aparelho. Com o valor de pressão medido, os valores de umidade são obtidos através de uma tabela específica, que correlaciona a umidade em função da pressão manométrica e do peso da amostra de solo.

Fogareiro à Álcool (campo)

Existem outros métodos também utilizados para determinar a umidade no campo, tais como a queima do solo com a utilização de álcool ou de uma frigideira. Quando possível, deve-se procurar utilizar a estufa.

Sonda de nêutrons (campo)

TDR (campo)

- **Determinação do peso Específico do Solo**

São listados a seguir os principais métodos utilizados em campo para determinação do peso específico do solo.

Cravação do cilindro de Hilf

Método do frasco de areia

Para a determinação do peso específico seco do solo compactado, o método mais empregado é o do frasco de areia. Faz-se um cavidade na camada do solo compactado, extraíndo-se o solo e pesando-o em seguida. Para se medir o volume da cavidade, coloca-se o frasco de areia com a parte do funil para baixo, sobre a mesma e abre-se a torneira do frasco, deixando-se que a areia contida no frasco encha a cavidade por completo. O volume de areia que saiu do frasco é igual ao volume de solo escavado, de modo que o peso específico do solo pode ser determinado.

Método do balão de borracha

Sonda de nêutrons.

1. 2 - Determinação da umidade ótima e peso específico do solo seco máximo em laboratório

O ensaio que determina a umidade ótima e peso específico do solo seco máximo em laboratório é o ensaio de compactação, o qual foi desenvolvido pelo Eng. norte-americano Ralph Proctor, com uma determinada energia de compactação conhecida como “Proctor Normal”. Segundo Machado (1997), os seus procedimentos são os seguintes:

- Ao se receber uma amostra de solo (no caso, deformada) para a realização de um ensaio de compactação, o primeiro passo é colocá-la em bandejas de modo que a mesma adquira a umidade higroscópica (secagem ao ar). O solo então é destorroado e passado na peneira # 4, após o que adiciona-se água na amostra para a obtenção do primeiro ponto da curva de compactação do solo. Para que haja uma perfeita homogeneização de umidade em toda a massa de solo, é recomendável que a mesma fique em repouso por um período de aproximadamente 24 hs.
- Após preparada a amostra de solo, a mesma é colocada em um recipiente cilíndrico com volume igual a 1000ml e compactada com um soquete de 2500g, caindo de uma altura de aproximadamente 30cm, em três camadas com 25 golpes do soquete por camada, como mostra a fig. 1.2.1.
- Este processo é repetido para amostras de solo com diferentes valores de

umidade utilizando-se em média 5 pontos para a obtenção da curva de compactação

- De cada corpo de prova assim obtido, determina-se o peso específico do solo seco e o teor de umidade de compactação.
- Após efetuados os cálculos dos pesos específicos secos e das umidades, plotam-se esses valores (γ_d, w) em um par de eixos cartesianos, tendo nas ordenadas os pesos específicos do solo seco e nas abscissas os teores de umidade, como se observa na fig. 1.2.2.

Proctor Normal – 3 camada

25 golpes

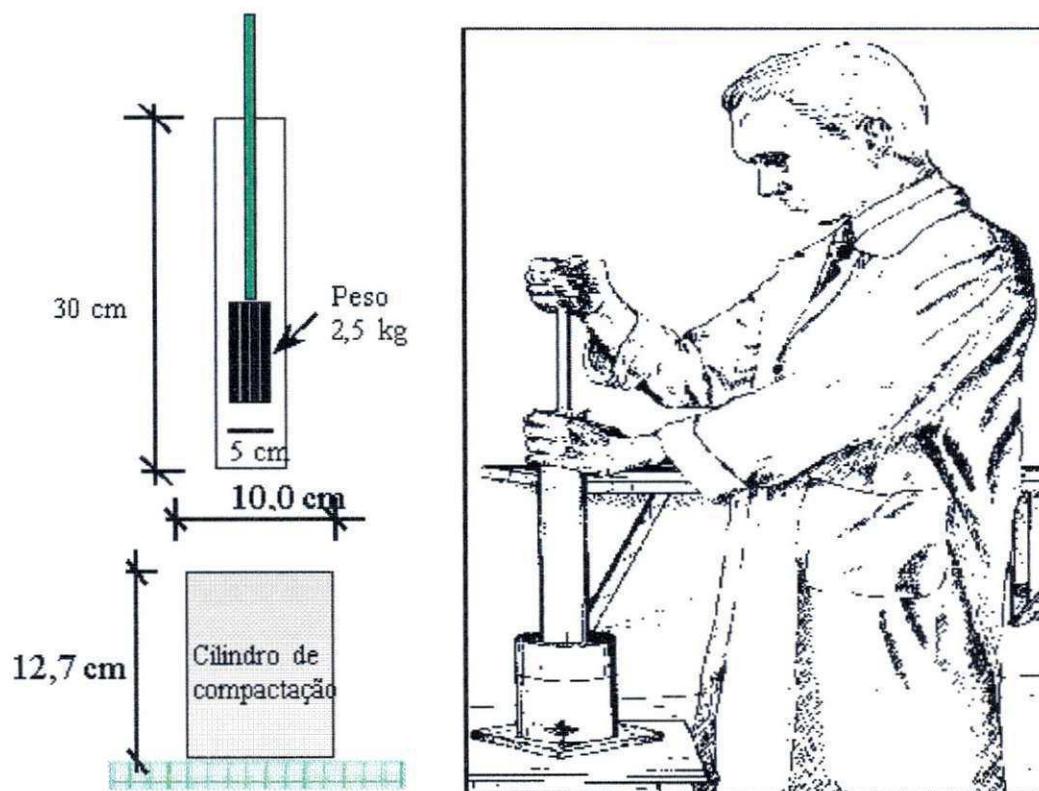


Figura 1.2.1 – Ensaio de compactação (Proctor Normal).

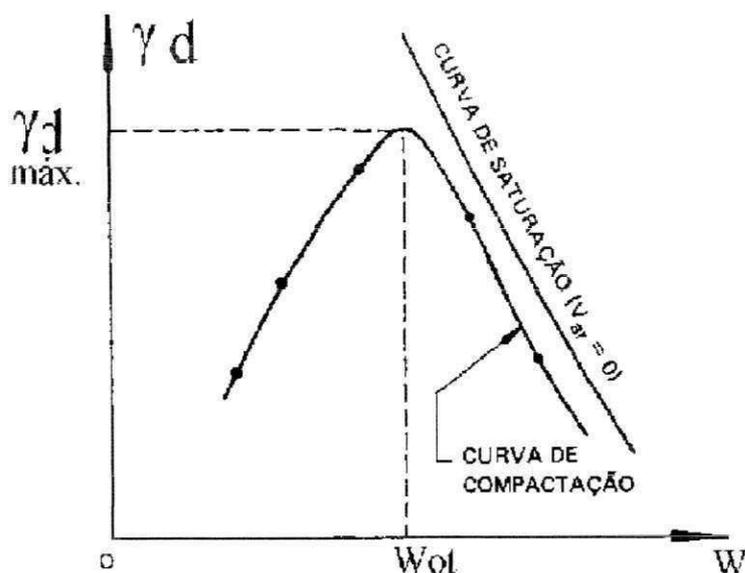


Figura 1.2.2 – Curva de Compactação.

A partir dos pontos experimentais obtidos conforme descrito anteriormente, traça-se a curva de compactação do solo, apresentada na fig. 1.2.2. Nota-se que na curva de compactação o peso específico seco aumenta com o teor de umidade até atingir um valor máximo, decrescendo com a umidade a partir daí. O teor de umidade para o qual se obtém o maior valor de γ_d ($\gamma_{d\ máx.}$) é denominado de teor de umidade ótimo (ou simplesmente umidade ótima). Então esses dois valores são os determinados para a utilização em campo no processo de compactação da terraplanagem.

1.3 - Procedimentos de compactação

1.3.1 - Equipamentos de compactação

Os princípios que estabelecem a compactação dos solos no campo são essencialmente os mesmos discutidos anteriormente para os ensaios em laboratório. Assim, os valores de peso específico seco máximo obtidos são fundamentalmente função do tipo do solo, da quantidade de água utilizada e da energia específica aplicada pelo equipamento que será utilizado, a qual depende do tipo e peso do equipamento e do número de passadas sucessivas aplicadas.

A compactação de campo se dá por meio de esforços de pressão, impacto, vibração ou por uma combinação destes. Os processos de compactação de campo geralmente combinam a vibração com a pressão, já que a vibração utilizada isoladamente se mostra pouco

eficiente, sendo a pressão necessária para diminuir, com maior eficácia, o volume de vazios interpartículas do solo. Na Obra do Canal de Bodocongó os principais equipamentos utilizados na compactação de aterros foram os seguintes.

1. 3.1.1 - Rolos estático

a) Pé-de-carneiro

É um tambor metálico com protuberâncias (patas) solidarizadas, em forma tronco-cônica e com altura de aproximadamente de 20cm. Podem ser auto propulsivos ou arrastados por trator. E indicado na compactação de outros tipos de solos que não a areia e promove um grande entrosamento entre as camadas compactadas.

A camada compactada possui geralmente 15cm, com número de passadas variando entre 4 e 6 para solos finos e de 6 a 8 para os solos grossos. A figura 1.3.1 ilustra um rolo compactador do tipo pé-de-carneiro.

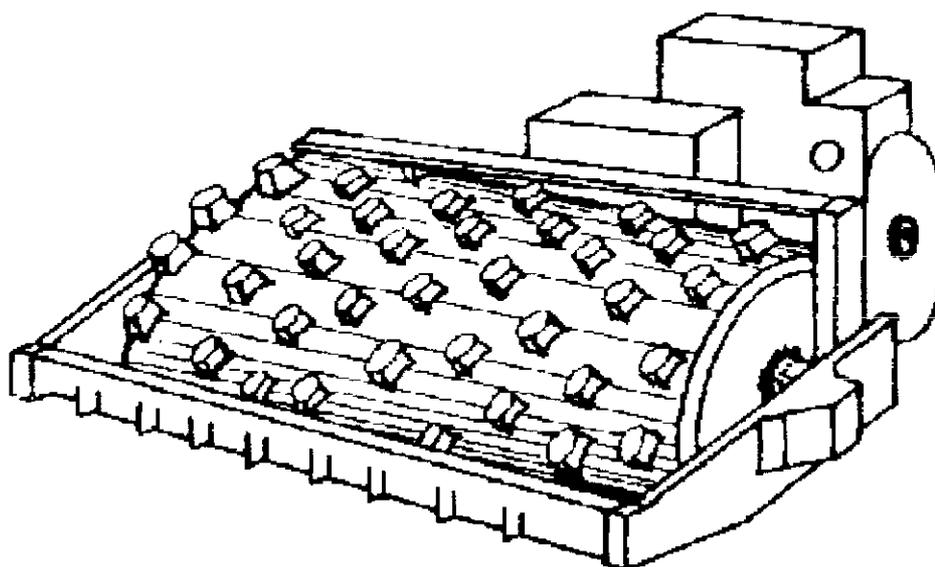


Figura 1.3.1 – Rolo Pé-de-carneiro

b) Rolo Liso

Trata-se de um cilindro oco de aço, como pode-se observar na fig. 1.3.2, podendo ser preenchido por areia úmida ou água, a fim de que seja aumentada a pressão aplicada. São usados em bases de estradas, em capeamentos e são indicados para solos arenosos, pedregulhos e pedra britada, lançados em espessuras inferiores a 15cm.

Este tipo de rolo compacta bem camadas finas de 5 a 15cm com 4 a 5 passadas. Os rolos lisos possuem pesos de 1 a 20t e frequentemente são utilizados para o acabamento superficial das camadas compactadas. Para a compactação de solos finos utilizam-se rolos com três rodas com pesos em torno de 7t, para materiais de baixa plasticidade e 10t, para materiais de alta plasticidade.

Os rolos lisos possuem certas desvantagens como:

- Pequena área de contato.
- Em solos moles afundam demasiadamente dificultando a tração.

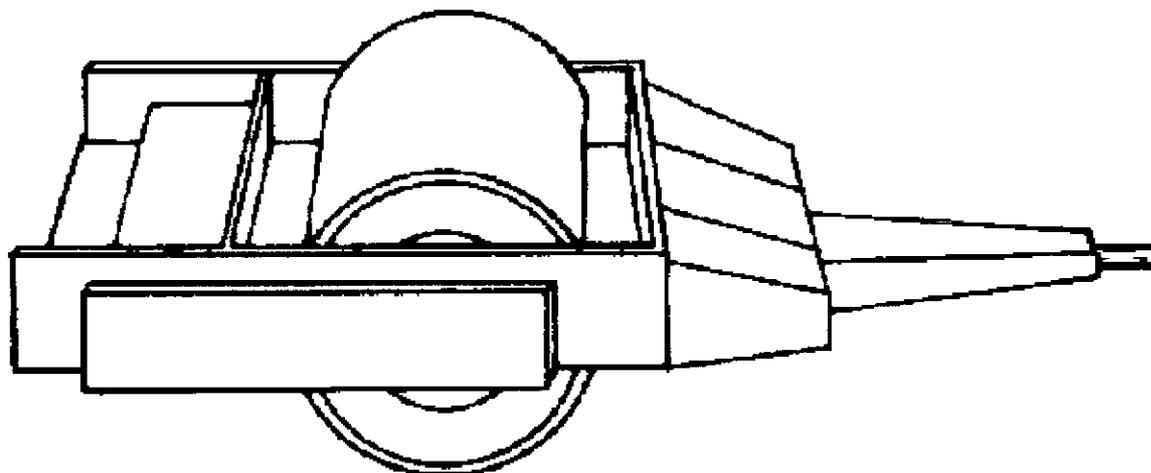


Figura 1.3.2 – Rolo Liso

c) Rolos Vibratórios

Nos rolos vibratórios, fig. 1.3.3, a frequência da vibração influi de maneira extraordinária no processo de compactação do solo. São utilizados eficientemente na compactação de solos granulares (areias), onde os rolos pneumáticos ou pé-de-carneiro não atuam com eficiência. A espessura máxima da camada é de 15cm.

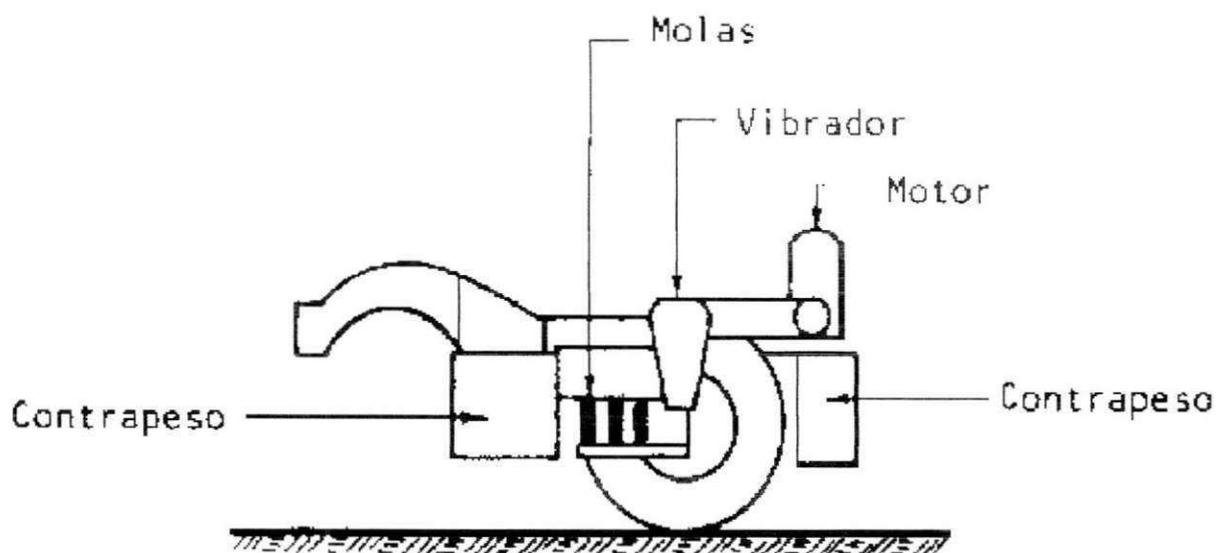


Figura 1.3.3 – Rolo vibratório

1.4 - Controle de compactação

Para que se possa efetuar um bom controle da compactação do solo em campo, temos que atentar para os seguintes aspectos:

- tipo de solo
- espessura da camada
- entrosamento entre as camadas
- número de passadas
- tipo de equipamento
- umidade do solo
- grau de compactação alcançado

Assim, alguns cuidados devem ser tomados:

- 1) A espessura da camada lançada não deve exceder a 30cm, sendo que a espessura da camada compactada deverá ser menor que 20cm;
- 2) Deve-se realizar a manutenção da umidade do solo o mais próximo possível da umidade ótima;
- 3) Deve-se garantir a homogeneização do solo a ser lançado, tanto no que se

refere umidade quanto ao material.

Na prática, o procedimento usual de controle da compactação é o seguinte:

- Coletam-se amostras de solo da área de empréstimo e efetua-se em laboratório o ensaio de compactação. Obtêm-se a curva de compactação e daí os valores de peso específico seco máximo e o teor de umidade ótimo do solo.
- No campo, à proporção em que o aterro for sendo executado, deve-se verificar, para cada camada compactada, qual o teor de umidade empregado e compará-lo com a umidade ótima determinada em laboratório, através do método do aparelho de Speedy. Este valor deve atender a seguinte especificação: $w_{\text{campo}} - 2\% < w_{\text{ot}} < w_{\text{campo}} + 2\%$.
- Determina-se também o peso específico seco do solo no campo, através do método do frasco de areia, comparando-o com o obtido no laboratório. Define-se então o grau de compactação do solo, dado pela razão entre os pesos específicos secos de campo e de laboratório ($GC = \gamma_{d \text{ campo}} / \gamma_{d \text{ máx.}} \times 100$). Deve-se obter sempre valores de grau de compactação superiores a 95%.
- Caso estas especificações não sejam atendidas, o solo terá de ser revolvido, e uma nova compactação deverá ser efetuada.

1.5 - Procedimentos utilizados no processo de terraplanagem na Obra do Canal de Bodocongó

Esses procedimentos consistem justamente na escolha da jazida adequada a obtenção de material para ser utilizada na terraplanagem para a obra, que foi de acordo com a sua qualidade e distância desta. A jazida escolhida era localizada na Alsa Sudoeste, no município de Campina Grande, e a uma distância de 6,5 Km, em média, da obra.

De posse do projeto que contém o perfil do terreno e dispondo da equipe de topografia, realizava-se o procedimento de levantamento planimétrico e altimétrico do trecho para que se pudesse marcar com piquetes os pontos que determinavam as regiões de remoção de material (corte) e a altura do aterro necessário. Com tais valores seria possível determinar-se os volumes de ambos, corte e aterro.

Todo o material proveniente de corte teria destino de expurgo e se obtia material para aterro da jazida já mencionada.

A sequência dos procedimentos básicos nesse processo de terraplanagem propriamente dito eram os seguintes:

- Corte:

- Escavação: utilizando-se máquinas de porte, como Retro-escavadeira, Carregadeiras, etc.
- Carga do Material Escavado: é o enchimento da caçamba com material escavado.
- Transporte: é o percurso da caçamba com o material escavado da obra até o local de despejo.

- Aterro:

- Carga do Material de empréstimo: é o enchimento da caçamba com material que servirá para aterro na obra proveniente da jazida.
- Transporte: é o percurso da caçamba com o material para aterro da jazida até a obra.
- Descarga e Espalhamento: é a execução do aterro propriamente dito, utilizando-se de máquinas apropriadas, como a Patrol, para o espalhamento; carro-pipa, para a adição da água ao aterro; trator com arador, para homogeneizar o material; e o rolo compactador, para prover maior resistência ao solo.

O controle de compactação foi realizado ao final de cada camada compactada, com a verificação da umidade e do peso específico seco do solo compactado a cada 100m do percurso compactado, e com furos alternados da esquerda para a direita da via de acesso.

A figura 1.5 apresenta um esquema das máquinas realizando a terraplanagem.

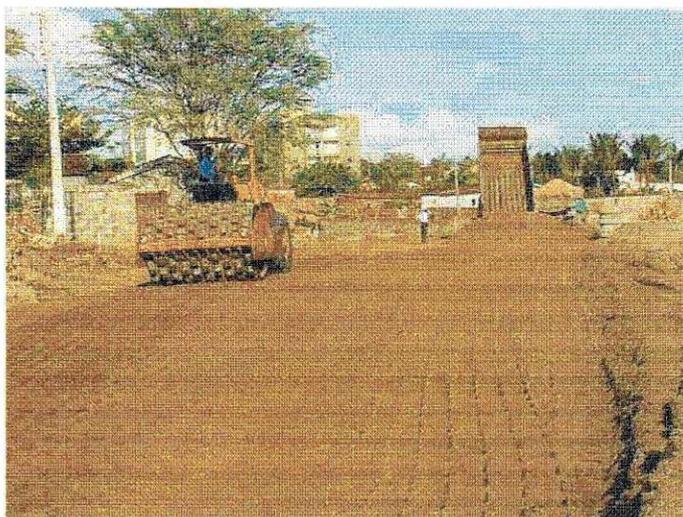


Figura 1.5 – Esquema do processo de terraplanagem.

2.0 - Serviço de Concretagem

Na Obra do Canal de Bodocongó existe dois tipos de concreto utilizado, que seriam justamente o concreto ciclópico, consistindo na utilização conjugada de 70% de concreto com resistência de 16 Mpa mais 30% de pedra rachão e é empregado na confecção das paredes e pisos do canal. Já o outro tipo de concreto utilizado é o concreto de cimento portland, empregado na concretagem de pontes que servem de acesso as vias do canal.

2.1 - Procedimentos necessários quando se opta por Concreto Dosado em Central

Na construção do Canal de Bodocongó a Santa Bárbara Engenharia optou por concreto usinado e fornecido por sua parceira, a Supermix.

Esta opção foi justamente para que se eliminasse as perdas de areia, brita e cimento no canteiro da obra, além da diminuição do número de operários na obra, com conseqüente diminuição dos encargos sociais. Além disto tudo, a equipe de trabalho, sem se preocupar com a produção de concreto, teoricamente ganharia maior agilidade e produtividade. Ao final disto tudo teria-se a garantia da qualidade do concreto utilizado, pois o controle adotado pelas centrais é bem mais rígido.

Esta opção traria também a redução do controle de suprimentos, materiais e equipamentos e a eliminação de áreas de estoque.

Isto tudo acarreta na verdade a redução do custo total da obra.

Mas os procedimentos de utilização deste tipo de concreto é um pouco diferente do convencional, ou seja, outros tipos de atitudes devem ser tomadas antes e após o seu recebimento.

Segundo a ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem), os Princípios Básicos do Concreto Dosado em Central são os listados a seguir.

- **Preparação e Cuidados para o Recebimento do Concreto**

Na obra, o trajeto a ser percorrido pelo caminhão betoneira até o ponto de descarga do concreto deve estar limpo e ser realizado em terreno firme, evitando, assim, o atolamento e as manobras difíceis que podem atrasar a concretagem em andamento.

A circulação dos caminhões deve ser facilitada, de modo que o caminhão seguinte não impeça a saída do caminhão vazio.

A descarga do concreto, figura 2.1, deve ocorrer no menor prazo possível; quando for lançado por meio de bombeamento ou quando grande número de caminhões estiver circulando, deve-se prever um local próximo à concretagem para que os caminhões possam aguardar o momento do descarregamento.

Deve-se verificar se a disposição de vibradores é suficiente, se os acessos e os equipamentos para o transporte de concreto estão em bom estado - guinchos, carrinhos etc.- e se a equipe operacional está dimensionada para o volume e o prazo de concretagem previsto.

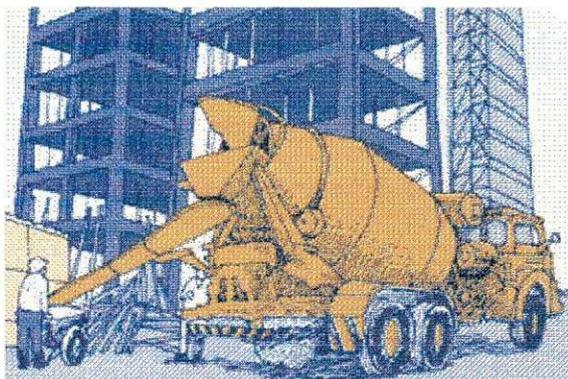


FIGURA 2.1 – Descarga de concreto de central.

- **Fôrmas, Armaduras e Escoramento**

Antes de solicitar o concreto, confere-se as medidas e a posição das formas, verificando se suas dimensões estão dentro das tolerâncias previstas no projeto, figura 2.2. Certifica-se de que estão limpas e de que suas juntas estejam vedadas para evitar a fuga da pasta. As fôrmas e o travamento deverão apresentar rigidez suficiente para resistir a esforços que ocorrem durante o processo de concretagem.

Quanto às fôrmas absorventes, é preciso molhá-las até a saturação antes de aplicar o concreto.

Quando necessita-se de desmoldantes, estes devem ser de qualidade tal, que não sejam prejudiciais ao concreto e devem ser aplicados antes da colocação da armadura.

As armaduras, quando na concretagem das pontes, deveriam estar posicionadas de acordo com as especificações do projeto, obedecendo linearidade e distância entre barras, com espaçadores que garantam os cobrimentos mínimos estabelecidos e ainda garantir que, mesmo em locais de grande concentração, sejam envolvidas pelo concreto.

O escoramento deve ser dimensionado de forma a suportar o peso das fôrmas, ferragens e do concreto a ser aplicado, bem como das cargas que venham a ocorrer durante a concretagem - movimentação de pessoal, transporte do concreto etc. - e ainda impedir deformações que venham a alterar as dimensões da peça recém-concretada.

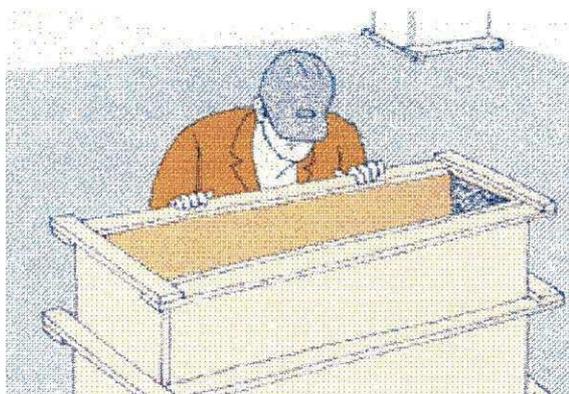


FIGURA 2.2 – Verificação das fôrmas.

- **Pedido e Programação do Concreto**

Antes de solicitar os serviços de uma central dosadora de concreto deve-se ter em mãos todos os dados necessários, tais como:

- indicações precisas da localização da obra.
- o volume calculado medindo-se as fôrmas.
- a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) que consta do projeto estrutural, ou seu consumo de cimento - quantidade de cimento por m^3 de concreto, quando necessário.

- o tamanho do agregado graúdo a ser utilizado, pedras 1 ou 2, em função das dimensões da peça e distância entre armaduras.
- o abatimento (slump test) adequado ao tipo de peça a ser concretada.

A programação deve incluir também o volume por caminhão a ser entregue, bem como o intervalo de entrega entre caminhões, dimensionado em função da capacidade de aplicação do concreto, pela equipe da obra.

A programação deve ser feita com antecedência, de modo a evitar atrasos, especificando horário de início da concretagem e intervalo de fornecimento.

• **Recebimento do Concreto**

Com a chegada do caminhão na obra, antes do descarregamento, deve-se verificar todas as características especificadas no pedido e conseqüentemente no documento de entrega do concreto, que deve conter informações como:

- volume do concreto;
- abatimento (slump test);
- resistência característica do concreto à compressão (fck) ou o consumo de cimento;
- aditivo, quando utilizado.

Antes da descarga do caminhão deve-se avaliar se a quantidade de água existente no concreto está compatível com as especificações, não havendo falta ou excesso de água. A falta de água dificulta a aplicação do concreto, criando "nichos" de concretagem, e o excesso de água, embora facilite sua aplicação, diminui consideravelmente sua resistência. Esta avaliação é feita por meio de um ensaio simples, denominado ensaio de abatimento do concreto (slump test).

As regras para a reposição de água perdida por evaporação são especificadas pela norma técnica brasileira NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento. De uma forma geral, a adição de água permitida não deve ultrapassar a medida do abatimento solicitada pela obra e especificada no documento de entrega do concreto.

- **Ensaio de Abatimento (Slump Test)**

A simplicidade do ensaio de abatimento (slump test), figura 2.3, o consagrou como o principal controle de recebimento do concreto na obra e, para que ele cumpra este importante papel, é preciso executá-lo corretamente, como a seguir:

- coleta-se a amostra de concreto depois de descarregar 0,5 m³ de concreto do caminhão e em volume aproximado de 30 litros;
- coloca-se o cone sobre a placa metálica bem nivelada e apoia-se com os pés sobre as abas inferiores do cone;
- preenche-se o cone em 3 camadas iguais e aplica-se 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada;
- adensa-se a camada junto à base, de forma que a haste de socamento penetre em toda a espessura. No adensamento das camadas restantes, a haste deve penetrar até ser atingida a camada inferior adjacente;
- após a compactação da última camada, retira-se o excesso de concreto e alisa-se a superfície com uma régua metálica;
- retira-se o cone içando-o com cuidado na direção vertical;
- coloca-se a haste sobre o cone invertido e mede-se a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, expressando o resultado em milímetros.



FIGURA 2.3 – Slump Test.

- **Amostragem do Concreto**

Depois do concreto ser aceito por meio do ensaio de abatimento (slump test), deve-se coletar uma amostra que seja representativa do concreto para o ensaio de resistência.

A retirada de amostras do concreto deve seguir as especificações constantes nas normas brasileiras.

Não é permitido tirar amostras tanto no princípio quanto no final da descarga da betoneira. A amostra deve ser colhida no terço médio da mistura.

A amostra deve ser coletada cortando o fluxo de descarga do concreto, utilizando-se para isso um recipiente ou "carrinho de mão" e, em seguida, remexida para assegurar sua uniformidade.

Retira-se uma quantidade suficiente, 50% maior que o volume necessário, e nunca menor que 30 litros.

A moldagem é descrita a seguir, como pode-se observar na figura 2.4:

- preenche-se os moldes em quatro camadas iguais e sucessivas, aplicando 30 golpes em cada camada, distribuídos uniformemente. A última conterá um excesso de concreto; retire-o com régua metálica;
- deixa-se os corpos-de-prova nos moldes, sem sofrer perturbações e em temperatura ambiente por 24 horas;
- após este período deve-se identificar os corpos-de-prova e transferi-los para o laboratório, onde serão rompidos para atestar sua resistência.



FIGURA 2.4 – Moldagem dos corpos-de-prova para ensaio de resistência.

- **Transporte do Concreto**

Compreende o transporte do concreto desde o caminhão betoneira até o destino final (fôrmas), e pode ser feito de dois modos, como descritos a seguir:

CONVENCIONAL

O concreto é transportado até as fôrmas por meio de carrinhos de mão (figura 2.5), giricas, caçambas, calhas, guias, correias transportadoras etc.

BOMBEÁVEL

Neste caso é utilizado um equipamento denominado "bomba de concreto", que transporta o concreto através de uma tubulação metálica desde o caminhão betoneira até a peça a ser concretada, vencendo grandes alturas ou grandes distâncias horizontais.

A bomba de concreto tem capacidade de lançar volumes elevados de concreto em curto espaço de tempo. Enquanto no transporte convencional se atingem 4 a 7 m³ de concreto por hora, com a bomba de concreto se alcançam produções de 35 a 45 m³ por hora. Este tipo de transporte foi o escolhido para a concretagem das pontes.

A utilização de bombas de concreto permite racionalizar mão-de-obra e, ainda, sendo o concreto bombeado mais plástico, necessitará de menor energia de vibração.

Isso se traduz em menores custos para a obra, menor quantidade de equipamentos e grande produtividade.



FIGURA 2.5 – Transporte de concreto através de carrinhos de mão.

- **Cuidados na Aplicação e Adensamento do Concreto**

Uma boa concretagem deve garantir que o concreto chegue à fôrma coeso, que preencha todos os seus cantos e armadura e seja adequadamente vibrado.

Este objetivo será atingido se forem observados os seguintes cuidados:

- procura-se o menor percurso possível para o concreto;
- no lançamento convencional, as rampas não devem ter inclinação excessiva e os acessos deverão ser planos, de modo a evitar a segregação decorrente do transporte do concreto até a fôrma;
- preenche-se uniformemente a forma, evitando o lançamento em pontos concentrados que possam causar deformações;
- não lança-se o concreto de altura superior a três metros, nem jogá-lo a grande distância com pá para evitar a separação da brita. Quando a altura for muito elevada deve-se utilizar anteparos ou funil;
- preenche-se as fôrmas em camadas de, no máximo, 50 cm para se obter um adensamento adequado (figura 2.6).

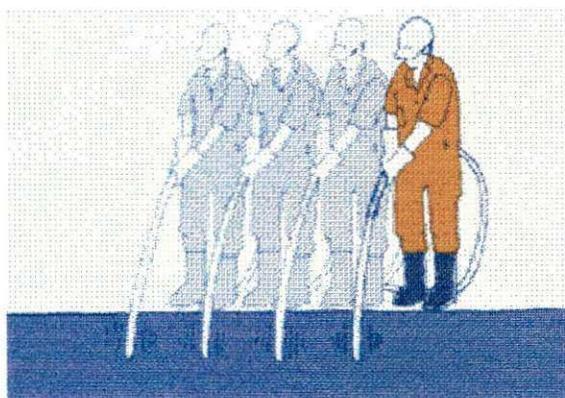


FIGURA 2.6 – Vibrador para adensamento do concreto.

- **Cura do Concreto**

Após o endurecimento do concreto, este continua a ganhar resistência, mas para que isto ocorra deve-se iniciar o último, mas não o menos importante, procedimento da fase de concretagem de uma peça de concreto: a cura.

A evaporação prematura da água pode provocar fissuras na superfície do concreto e, ainda, reduzir em até 30% sua resistência.

Podemos então afirmar que quanto mais perfeita e demorada for a cura do concreto tanto melhores serão suas características finais.

Destacamos, abaixo, os procedimentos mais recomendados para a cura do concreto:

- molhar continuamente a superfície do concreto, como na figura 2.7, logo após o endurecimento, durante os 7 primeiros dias;
- manter uma lâmina d'água sobre a peça concretada, sendo este método limitado a lajes, pisos ou pavimentos;
- manter a peça umedecida por meio de uma camada de areia úmida, serragem, sacos de aniagem ou tecido de algodão, como na figura 2.7;
- utilizar membranas de cura, que são produtos químicos aplicados na superfície do concreto que evitam a evaporação precoce da água;
- deixar o concreto nas fôrmas, mantendo-as molhadas.

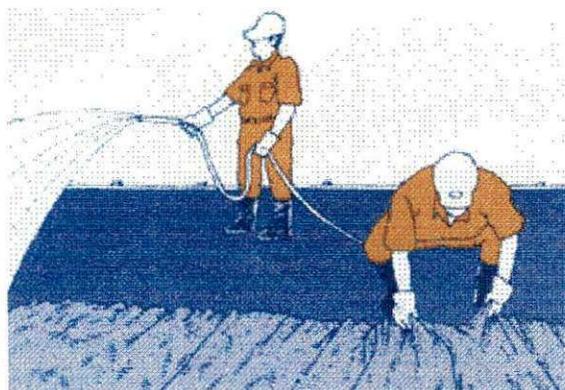


FIGURA 2.7 – Cura do concreto.

- **Retirada de Fôrmas e Escoramentos**

As formas e os escoramentos só poderão ser retirados quando o concreto resistir com segurança e sem sofrer deformações, ao seu peso próprio e às cargas atuantes.

De uma forma geral, quando se tratar de concreto convencional, sem a utilização de cimento de alta resistência inicial, deve-se respeitar os seguintes prazos para a retirada das formas e escoramentos:

- face lateral da forma : 3 dias
- faces inferiores, mantendo-se os pontaletes bem encunhados e convenientemente espaçados: 14 dias
- faces inferiores, sem pontaletes: 21 dias

Os apoios devem ser retirados gradualmente, de modo que a peça entre em carga progressivamente e de forma uniforme (figura 2.8).

Deve-se retirar as formas com cuidado, sem choques ou a utilização de ferramentas que danifiquem a superfície do concreto.

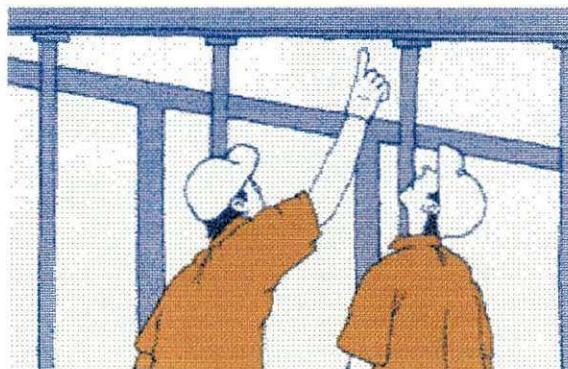


FIGURA 2.8 – Detalhe de fôrmas com escoramento.

• Resistência do Concreto

Uma vez obedecidas todas as práticas recomendadas anteriormente, é necessário verificar se a resistência especificada em projeto pelo calculista foi atingida. No ensaio de ruptura por compressão, os corpos-de-prova que foram moldados na obra são submetidos a um carregamento uniforme, em prensas especiais, figura 2.9, até seu rompimento.

Após a ruptura dos corpos-de-prova, e de posse dos resultados dos ensaios, é realizado o "controle estatístico da resistência do concreto", para certificar a aceitação da estrutura concretada sob o ponto de vista estrutural.

Este controle é de suma importância como testemunho da segurança da estrutura que será futuramente utilizada.

Ao se adquirir o concreto dosado em central, a empresa concreteira é responsável por garantir a qualidade do concreto, segundo as exigências das normas técnicas brasileiras. Isto é conseguido não só pela garantia da resistência do concreto, mas também por procedimentos de execução de acordo com os especificados em projeto.

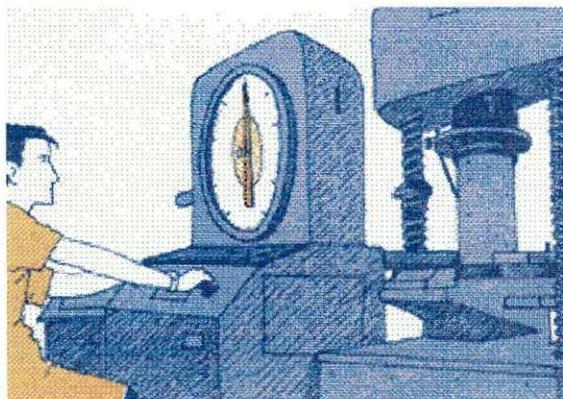


FIGURA 2.9 – Prensa para rompimento de corpos de prova.

2.2 - Execução das partes integrantes do canal

O tipo de concreto utilizado na execução deste foi o concreto ciclópico, como já mencionado, sendo que a sua parte composta de concreto simples era processado pela usina de concreto Supermix.

2.1.1 - Piso

Os pisos do canal foram executados, quase em sua totalidade, com espessura de 30cm, 8,12m de largura e com 20m de comprimento, respeitando a divisão do percurso do canal em estacas que era de mesmo comprimento do piso, as quais deveriam ser divididas por uma junta de dilatação, com isopor, ao término de cada estaca.

Sua concretagem sugere a utilização de quatro camadas diferentes, sendo elas:

- Primeira camada de pedras rachão (pedra de mão), deixando-as um pouco espaçadas uma das outras;
- Primeira camada de concreto, apenas para que se possa cobrir as pedras com posterior procedimento de vibração do mesmo com o auxílio de equipamento adequado;
- Segunda camada de pedras rachão dispostas da mesma maneira da anterior e com o cuidado de deixar um cobrimento de concreto com relação ao nível do qual o piso deve ficar, para que as pedras não fiquem expostas;
- Segunda camada de concreto disposta da mesma maneira das anterior e nivelando a cota do piso.

Um dos cuidados de que se deve ter é em não exceder com concreto o nível dos piquetes que marcam a altura do piso em mais ou menos 2cm para a não formação de regiões de retenção d'água e para que não se obtenha um consumo além do estipulado de concreto na execução do mesmo, o que onera os custos.

No projeto ainda constava a colocação de barbacões espaçados por 2 m uns dos outros e em todas as direções, e, ainda, dispostos em fila.

Abaixo do piso propriamente dito, de concreto ciclópico, foi colocada uma camada de areia, servindo de dreno, para que se proporcione o fluxo de água, que eventualmente se encontra no solo. Essa drenagem, de forma ascendente, deve ser efetuada pelos barbacões contidos no piso de concreto ciclópico e que estão em contato também com a camada de areia.

A figura 2.10 apresenta um panorama da concretagem de piso.



Figura 2.10 - Panorama da concretagem de piso.

2.1.2 - Parede

As paredes, quase em sua totalidade eram inclinadas 45° com a vertical e de espessura de 40cm e altura no sentido da inclinação de 3,96m. Existiam também paredes verticais com espessuras variáveis e destinadas a servir de apoio para as pontes que ligam uma via a outra do canal, e ainda paredes que ficaram conhecidas por transições, ou seja, que ligam uma parede com inclinação de 45° a uma parede vertical.

A execução de paredes inclinadas se dá após a regularização do solo que irá servir de apoio para esta. Eram colocadas fôrmas laterais cada 5m, dividindo-se assim as estacas em 4 placas com os mesmos 5m de distância. Da mesma forma do piso, as juntas de dilatação deveriam estar ao final de cada estaca e ser confeccionadas com isopor.

Sua concretagem segue as mesmas etapas empregadas no piso, ou seja:

- Primeira camada de pedras rachão (pedra de mão), deixando-as um pouco espaçadas uma das outras;
- Primeira camada de concreto, apenas para que se possa cobrir as pedras com posterior procedimento de vibração do mesmo com o auxílio de equipamento adequado;
- Segunda camada de pedras rachão dispostas da mesma maneira da anterior e com o cuidado de deixar um cobrimento de concreto com relação ao nível do qual o piso deve ficar, para que as pedras não fiquem expostas;
- Segunda camada de concreto disposta da mesma maneira da anterior e nivelando a cota do piso.

A colocação de barbacões em paredes também era realizada, com espaçamento de 2 m de um para o outro e apenas em uma fileira situada a uma altura aproximada de 40 cm da base da parede.

As figuras 2.11 e 2.12 apresentam, respectivamente, o panorama da concretagem de parede 45° e parede vertical.

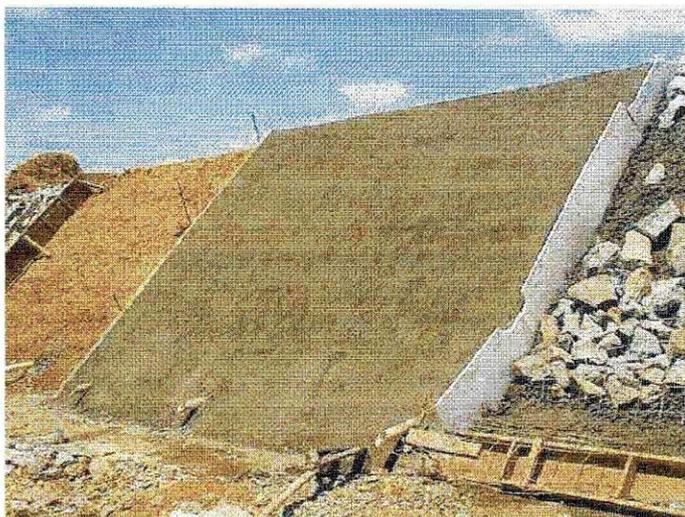


Figura 2.11 - Panorama da concretagem de parede de 45°.

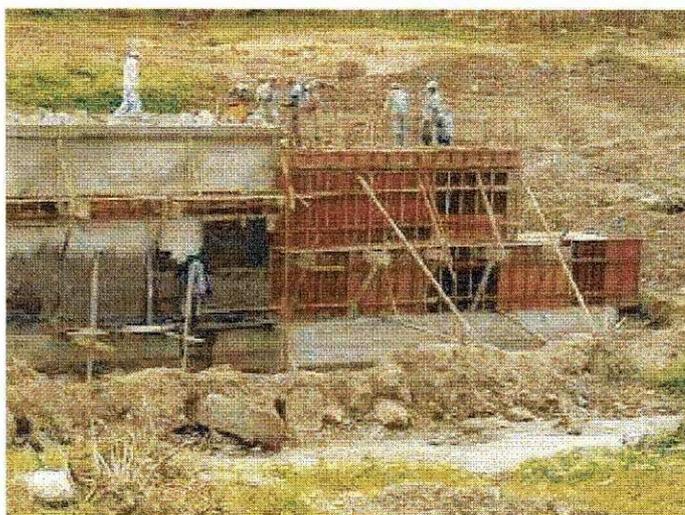


Figura 2.12 - Panorama da concretagem de parede vertical.

2.3 - Concreto Estrutural

Este tipo de concreto é utilizado para a confecção de pontes e servindo, em pequenos trechos, para a concretagem de lajes de base das vias do canal por consequência de aberturas de acesso dos efluentes dos canais auxiliares que seguem cursos de pequenos riachos que deságuam no Canal de Bodocongó.

A resistência a compressão axial aos 28 dias do concreto utilizado nesses processos foi normalmente de 20 Mpa e era lançado após toda a armação da ferragem que compõe a estrutura das “obras de arte” (pontes).

Por opção construtiva, a ferragem já era pedida totalmente cortada e dobrada, segundo o projeto, a fornecedora selecionada, sendo o único trabalho realizado na obra o de montagem e a colocação das cocadas, garantindo o cobrimento mínimo.

Disponha-se, também, de um acessório construtivo que era o concreto bombeado, aumentando, assim, a dinâmica do lançamento e diminuindo as horas gastas nessa operação e gastos também com mão de obra e conseguinte hora extra.

A medida que o concreto era lançado equipes responsáveis pela vibração do concreto entravam em ação para a concretização desta tarefa, como pode-se observar na figura 2.13.



Figura 2.13 - Panorama da concretagem de pontes.

2. 4 - Controle Tecnológico do Concreto

Após toda a atividade realizada utilizando-se concreto era necessário a confecção de corpos de prova para serem rompidos com 7, 14 e 28 dias em uma frequência de 6 corpos de prova para cada caminhão de concreto lançado na obra, justamente para que se verificasse se o concreto atingiu a resistência mínima requerida nos prazos de tempo mencionados anteriormente. Os corpos de prova deveriam ser encaminhados para o laboratório responsável pela execução do ensaio, o qual era a Atecel, localizada na UFPB (Universidade Federal da Paraíba) Campus II.

A Atecel foi responsável também pela definição do traço pelo método experimental, da NBR-6118, para que se atingisse um concreto com uma pasta de trabalhabilidade adequada com a resistência no mínimo igual a requerida em projeto,

além do consumo de cada componente do concreto em traço com relação a quantidade de cimento.

Outro ensaio, este realizado na própria obra e a cada concreto produzido, era o Slump Test, ou teste de abatimento do concreto, verificando, assim, se o concreto realmente se apresentava com o abatimento na faixa do especificado para a sua trabalhabilidade.

Este teste serve para que se verifique se o processo de cura já se deu início antes que houvesse a concretagem, o que iria acarretar em prejuízo a peça.

2.5 - Controles volumétricos do concreto e seus componentes

Em particular, o concreto era o produto que mais sofria controle por parte do sistema de gerenciamento da obra e era essa uma das funções administrativas realizadas no estágio, pois era este, justamente, o produto que acarretava no maior custo entre os utilizados nesta na construção do Canal de Bodocongó. Este controle se dava da seguinte forma:

- controle do volume de concreto usinado recebido era realizado ao final de cada dia, onde se teria o cuidado de se catalogar em planilha de Excel a data da entrega do material, o número da nota fiscal do concreto recebido e o volume que veio na betoneira, como na planilha da figura 2.14. Com este procedimento ficava mais fácil de se observar o volume total de concreto recebido a qualquer momento.
- controle do concreto ciclópico se dava observando todo o volume concretado até o momento específico do andamento da obra e comparava-se o volume de concreto simples que seria necessário (equivalente a 70% do volume de todo o volume ciclópico) com o volume de concreto usinado utilizado na mesma (recebido da central), como pode-se observar na planilha da figura 2.15. Para que se tivesse êxito era necessário que se tivesse o máximo possível de precisão no cálculo das peças concretadas, sendo que em algumas a utilização de dados topográficos era imprescindível.
- Outro dado comparativo que poderia ser observado seria o volume de pedra rachão recebido e o que seria necessário na peça de concreto ciclópico. Para que se obtivesse êxito na comparação do volume necessário de pedra e o que foi utilizado foi adotado um valor que serviria para demonstrar a equivalência do volume de

pedra rachão recebida em uma caçamba (em estado solto) e o seu correspondente volume real (sem vazios). Para tanto foi encontrada a relação entre a massa específica no estado solto da pedra rachão e a massa específica absoluta da pedra granítica que compõem a pedra rachão. Através desta relação, todo o volume cubado e recebido por caçambas que transportam a pedra rachão deveria ser multiplicado pelo o valor obtido da relação para que se tivesse o volume real de pedras recebidas (sem os vazios). Esta necessidade é dada pelo fato de que o volume medido de pedras utilizadas no concreto ciclópico é o volume em termos reais.

- O último controle a ser realizado era na usina produtora de concreto, a Supermix, na qual era obtida a cubagem de dois materiais utilizados para a confecção do concreto e que eram fornecidos pela Santa Bárbara a concreteira. Esses materiais eram a areia e a brita e eram armazenados na própria usina de concreto, com suas cubagens devendo ser realizadas em uma média de 15 dias de intervalo. Com o volume cubado em estoque procedia-se a os cálculos de volume de materiais que deveriam ser utilizados na confecção do concreto pela usina (dividindo-se a massa de cada material utilizada para a confecção do concreto pelo seu correspondente peso específico) e a quantidade de materiais que eram recebidos para estoque (valor cubado pelo responsável do recebimento de materiais nas caçambas). O saldo da entrada e da saída deveria ser igual ao do volume cubado. Caso contrário alguma irregularidade foi encontrada.

Após esses procedimentos, era entregue pelo estagiário o relatório de acompanhamento de concreto, em intervalos quinzenais, constando todos os dados medidos com base nos tópicos acima citados. As irregularidades encontradas deveriam ser informadas diretamente a gerência da obra.

3.0 - Serviço de Drenagem

A drenagem é um conjunto de obras construídas com a finalidade de evitar inundações freqüentes. Um sistema de drenagem é composto basicamente pelas bocas de lobo, galerias pluviais, rios e canais que atravessam a cidade.

A água das chuvas que escoam pelas ruas, calçadas e sarjetas é captada pelas bocas de lobo e vai para a galeria de águas pluviais.

Os mecanismos de drenagem urbana pluvial utilizados foram determinados no decorrer da obra, ou seja, pela necessidade apresentada para cada caso, pois o projeto realizado para atender a este fim teve que ser adequado por modificações requeridas por parte da fiscalização da obra.

O diâmetro dos coletores dependiam da contribuição que as ruas transversais e as vias do próprio canal ofereciam ao mesmo. Foram empregados os de 400 mm, 600 mm, 800 mm e 1000 mm.

Os seus métodos construtivos adotados obedeceram as etapas listadas a seguir.

3.1 - Especificações técnicas da etapa de Drenagem Pluvial

- Materiais da canalização

Toda a tubulação foi executada com tubos de concreto armado, apropriados para a drenagem urbana pluvial.

O seu transporte, armazenagem, montagem, etc., deverão seguir as recomendações do fabricante e do corpo técnico responsável (encarregados e engenheiros).

- Condições gerais

Nas obras de execução da rede de drenagem foram obedecidas às plantas, desenhos e detalhes mostrados no projeto, às recomendações específicas dos fabricantes dos materiais que foram empregados e aos demais elementos que a Fiscalização vinha a fornecer, mas os aspectos particulares, omissos ou complementos não previstos neste projeto foram detalhados e especificados pela Santa Bárbara em consenso com a Fiscalização desde que não prejudicassem o projeto original.

- Execução

No decorrer da obra de drenagem pluvial manteve-se a frente dos trabalhos, um profissional habilitado encarregado da execução deste trabalho.

A equipe de topografia realizava os serviços de levantamentos topográficos, demarcações e assentamentos.

O remanejamento do tráfego foi feito de acordo com as necessidades executivas e com a abertura das frentes de trabalho.

Os serviços de locação, sinalização, remoção de pavimentação, escavação, escoramento, esgotamento, assentamento, disposição do fundo das valas, envolvimento dos tubos, confecção das juntas e reenchimento das valas, seguiram às normas específicas da ABNT, obedecendo o traçado exposto na planta e recomendações dos fabricantes dos materiais empregados. Esses serviços seguiram as seguintes etapas:

- locação com erro máximo no contranivelamento de 5 mm/Km;
- sinalização isolando local de trabalho, deixando passagens livres e protegidas para pedestres e, se possível, para automóveis;
- abertura da vala segundo a linha do eixo, de jusante para montante, mecânica e/ou manualmente;
- todas as cavas tiveram largura mínima do espaço a ser ocupado pela tubulação mais 30 cm para cada lado, com o material escavado colocado de um só lado da escavação e a pelo menos 1,00 m da borda;
- o tipo de escoramento ficou a critério da Santa Bárbara e condicionado à aprovação da Fiscalização;
- foi obrigatório o emprego de escoramentos em taludes de escavações superiores a 1,50 m de profundidade, mesmo que aparentemente não houvesse perigo de desmoronamentos, no tipo indicado pela Fiscalização;
- o escoramento pôde ser retirado desde que o reenchimento tenha atingido 0,60 m acima da geratriz externa do tubo coletor ou menos de 1,50 m abaixo da superfície natural do terreno, caso não haja perigo de desmoronamentos, do contrário o mesmo só seria retirado após completado o reaterro;
- dever-se-ia manter o terreno permanentemente drenado;
- o assentamento foi efetivado empregando-se o método do gabarito com régua horizontais distanciadas de, no máximo, 10 metros;

- antes do assentamento os tubos foram examinados visualmente e por percussão e limpos para que não fossem assentados tubos trincados ou com outros defeitos que estivessem em desacordo com as normas oficiais;
- o envolvimento dos tubos garantiu que o mesmo fique continuamente apoiado e envolto em material de granulometria fina, não compressível, devendo ser bem socado manualmente até uma altura de, pelo menos, 20 centímetros acima da geratriz superior externa do tubo, em camadas de até 15 cm de espessura;
- o assentamento foi executado de jusante para montante com as bolsas voltadas para montante;
- o reaterro foi executado com material isento de pedras e material orgânico, em camadas sucessivamente apiloadas manual ou mecanicamente a cada 20 a 30 cm de espessura, com equipamentos leves o suficiente para não prejudicarem a estabilidade da tubulação.

Os poços de visita seguiram alguns critérios de execução que estão listados abaixo:

- Os poços de visita foram construídos nas posições indicadas em plantas, de conformidade com as normas da ABNT, compondo-se de uma laje de fundo, câmara de trabalho, laje com furo excêntrico, chaminé e tampão;
- A laje de fundo e a almofada foram construídas em concreto, apoiadas em um nivelamento com brita 38 mm, coberto com uma camada de 2 a 5 cm de brita 19 mm e cascalhinho para evitar o escoamento da argamassa;
- Sobre a laje de fundo foram construídas calhas de concordância ligando os trechos de chegada com o de saída. O piso sobre a almofada, deveria ter inclinação de 2 a 5 % em direção às canaletas;
- Canaletas e almofada foram revestidas com argamassa de cimento e areia, alisada e queimada a colher de pedreiro;
- Sob as laterais da base do fundo foram assentadas as paredes da câmara de trabalho, que deveriam ser iniciadas em concreto moldado no local, com 0,20 m de largura, até uma altura mínima correspondente ao nível da geratriz superior externa do tubo afluente mais alto, para evitar o rompimento dos anéis de concreto armado a serem empregados na construção do restante das paredes verticais;

- Todas as superfícies expostas em alvenaria, bem como as emendas dos anéis, foram revestidas com argamassa de cimento e areia, alisadas a colher de pedreiro e devidamente impermeabilizadas;
- Para todos os trechos a câmara de trabalho teve um diâmetro mínimo útil de 1,00 m, encimada por uma laje pré-moldada, com furo excêntrico, com desconto para a colocação da chaminé de $h = 0,30$ m e do tampão com o aro de apoio;
- A abertura excêntrica teve diâmetro mínimo de 0,60 m e posicionada de modo que seu centro ficasse localizado sobre o eixo do coletor principal, na posição de montante;
- As chaminés dos poços de visita foram confeccionadas com anéis pré-moldados de concreto armado com diâmetro mínimo de 0,60 m por 0,30 de altura, podendo ser empregados anéis complementares de 0,08 ou 0,15 m de altura para nivelamento com as cotas do terreno;
- Em quaisquer circunstâncias, a altura mínima da chaminé foi de 0,30 m para permitir a reposição ou futura colocação do pavimento rígido e máxima de 1,00 m por questões de operacionalidade;
- As chaminés foram fechadas com um tampão de ferro fundido, padronizado pela concessionária local e de acordo com norma específica da ABNT, assentado de modo que externamente dê continuidade, obrigatoriamente, ao plano do pavimento em volta;

3.2 – Disposição das canalizações de drenagem pluvial

A tubulação de drenagem pluvial segue este esquema básico ilustrado na fig. 3.1, onde deve-se existir bocas coletoras em ambas laterais das ruas, em seus pontos mais críticos, de modo a se recolher águas de chuvas escoadas nas suas duas laterais.

Tubos de ligação de concreto ligariam as bocas coletoras as caixas mortas, as quais, através de novos tubos de concreto seriam ligadas até o poço de visita.

Após o poço de visita a água é ligada ao canal de onde segue o seu curso normal.

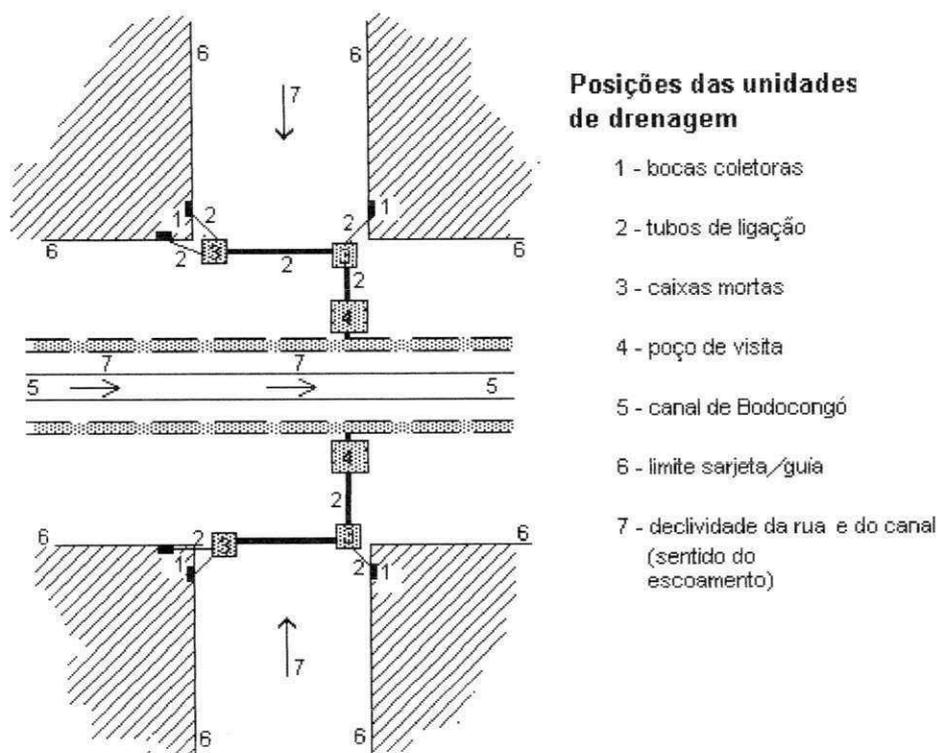


FIGURA 3.1 – Esquema da rede de drenagem pluvial.

4.0 - Programa de Qualidade

A Santa Bárbara Engenharia começou a implantar o programa de qualidade total voltado para as empresas do ramo de construção civil em Julho do ano de 2000. Este programa é conhecido como uma junção do Qualihab (Programa de Qualidade da Construção Habitacional), ISO – 9000 (International Organization for Standardization) e PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Habitação), visando atender as tendências da construção civil brasileira de implantação de qualidade na obra.

Para atender aos critérios de avaliação do programa, a empresa teve que colocar em prática vários controles internos. Esse controles, resumidamente, foram: de execução de algumas serviços e recebimento, inspeção e estocagem de materiais.

A seguir pode-se conhecer melhor o que significa este programa de qualidade.

4.1 - Noções básicas sobre Qualihab, PBQP-H e ISO - 9000

O Qualihab é um programa que foi elaborado para qualificar as empresas a participarem de concorrências de obras públicas, no Estado de São Paulo. Ele é uma adaptação da ISO para a construção civil, com uma diferença: sua certificação ocorre em níveis evolutivos. Esses níveis são conhecidos como Níveis D, C, B e A respectivamente. Quando a empresa atinge o Nível A, o mais elevado, ela ganha o certificado de “Empresa de Qualidade”. Desta forma busca-se uma padronização que, não espera ser válida apenas para se ter um certificado de qualidade, mas sim para garantir aos seus clientes externos e internos a satisfação com o produto obtido.

Para que a empresa receba o certificado é necessário que todas as suas filiais estejam engajadas no mesmo processo, como é o caso da Santa Bárbara, onde sua matriz é em Minas Gerais, mas possui várias filiais pelo Brasil, como na Paraíba.

O programa é baseado no conceito de evolução gradativa, implementando alguns requisitos da **NBR ISO 9001** ao longo do tempo. Todos os sistemas baseados no conceito da evolução recebem o nome de Sistemas Evolutivos.

Mesmo após a empresa adquirir a certificação ela continuará recebendo as auditorias para que seja observado se houve uma regressão do programa, ou seja, se a empresa adquiriu alguma não conformidade.

O PBQP-H é um programa instituído pelo Governo Federal, originado pelo PBQP, que tem como objetivo geral "apoiar o esforço brasileiro de modernidade pela promoção da qualidade e produtividade do setor da construção habitacional, com vistas a aumentar a competitividade de bens e serviços por ele produzidos, estimulando projetos que melhorem a qualidade do setor".

Seus objetivos específicos são:

- Estimular o inter-relacionamento entre agentes do setor;
- Promover a articulação internacional com ênfase no Cone Sul;
- Coletar e disponibilizar informações do setor e do PBQP-H;
- Fomentar a garantia de qualidade de materiais, componentes e sistemas construtivos;
- Fomentar o desenvolvimento e a implantação de instrumentos e mecanismos de garantia de qualidade de projetos e obras;
- Estruturar e animar a criação de programas específicos visando a formação e a requalificação de mão-de-obra em todos os níveis;
- Promover o aperfeiçoamento da estrutura de elaboração e difusão de normas técnicas, códigos de práticas e códigos de edificações;
- Combater a não conformidade intencional de materiais, componentes e sistemas construtivos;
- Apoiar a introdução de inovações tecnológicas;
- Promover a melhoria da qualidade de gestão nas diversas formas de projetos e obras habitacionais;
- É considerado como condição básica para o sucesso do programa o estabelecimento de parcerias entre o setor público e o setor privado.

A ISO – 9000 é uma entidade não governamental criada em 1947 com sede em Genebra - Suíça. O seu objetivo é promover, no mundo, o desenvolvimento da normalização e atividades relacionadas com a intenção de facilitar o intercâmbio internacional de bens e de serviços e para desenvolver a cooperação nas esferas intelectual, científica, tecnológica e de atividade econômica. Com as atuais tendências de globalização da economia (queda de barreiras alfandegárias: MCE, Mercosul, NAFTA), torna-se necessário que clientes e

fornecedores, a nível mundial, usem o mesmo vocabulário no que diz respeito aos sistemas da qualidade.

Para evitar conflitos desta natureza, foram emitidas, pela ISO, normas internacionais sobre sistemas de gestão da qualidade. Essas normas são as seguintes:

- ISO 9001: esta norma é um modelo de garantia da qualidade que engloba as áreas de projeto/desenvolvimento, produção, instalação e assistência técnica.
- ISO 9002: esta norma é um modelo de garantia da qualidade que engloba a produção e a instalação.
- ISO 9003: esta norma é um modelo de garantia da qualidade em inspeção e ensaios finais.

A seguir segue uma breve descrição dos 20 elementos das normas ISO 9000, as quais todos os outros processos de implantação de qualidade se baseiam:

- Responsabilidade da administração: requer que a política de qualidade seja definida, documentada, comunicada, implementada e mantida. Além disto, requer que se designe um representante da administração para coordenar e controlar o sistema da qualidade.
- Sistema da qualidade: deve ser documentado na forma de uma manual e implementado.
- Análise crítica de contratos: os requisitos contratuais devem estar completos e bem definidos. A empresa deve assegurar que tenha todos os recursos necessários para atender às exigências contratuais.
- Controle de projeto: todas as atividades referentes à projetos (planejamento, métodos para revisão, mudanças, verificações, etc.) devem ser documentadas.
- Controle de documentos: requer procedimentos para controlar a geração, distribuição, mudança e revisão em todos os documentos.
- Aquisição: deve-se garantir que as matérias-primas atendam às exigências especificadas. Deve haver procedimentos para a avaliação de fornecedores.
- Produtos fornecidos pelo cliente: deve-se assegurar que estes produtos sejam adequados ao uso.
- Identificação e rastreabilidade do produto: requer a identificação do produto por item, série ou lote durante todos os estágios da produção, entrega e instalação.

- Controle de processos: requer que todas as fases de processamento de um produto (gerado pelo serviço específico de engenharia) sejam controladas (por procedimentos, normas, etc.) e documentados.
- Inspeção e ensaios: requer que as matérias-primas sejam inspecionadas (por procedimentos documentados) antes de sua utilização.
- Equipamentos de inspeção, medição e ensaios: requer procedimentos para a calibração/aferição, o controle e a manutenção destes equipamentos.
- Situação da inspeção e ensaios: deve haver, no produto, algum indicador que demonstre por quais inspeções e ensaios ele passou e se foi aprovado ou não.
- Controle de produto não-conforme: requer procedimentos para assegurar que o produto não conforme aos requisitos especificados é impedido de ser utilizado inadvertidamente.
- Ação corretiva: exige a investigação e análise das causas de produtos não-conformes e adoção de medidas para prevenir a reincidência destas não-conformidades.
- Manuseio, armazenamento, embalagem e expedição: requer a existência de procedimentos para o manuseio, o armazenamento, a embalagem e a expedição dos produtos.
- Registros da qualidade: devem ser mantidos registros da qualidade ao longo de todo o processo de produção. Estes devem ser devidamente arquivados e protegidos contra danos e extravios.
- Auditorias internas da qualidade: deve-se implantar um sistema de avaliação do programa da qualidade.
- Treinamento: devem ser estabelecidos programas de treinamento para manter, atualizar e ampliar os conhecimentos e as habilidades dos funcionários.
- Assistência técnica: requer procedimentos para garantir a assistência à clientes.
- Técnicas estatísticas: devem ser utilizadas técnicas estatísticas adequadas para verificar a aceitabilidade da capacidade do processo e as características do produto.

4.2 - Procedimentos necessários no processo de Certificação

Para que se possa adquirir a certificação, além de procurar sempre atender as normas de qualidade, é necessário também que a empresa documente tudo que faz. Desta forma pode-se comprovar que realmente a empresa atingiu a condição de qualidade total.

A documentação de um sistema de qualidade pode ser dividida em dois tipos:

- Os documentos da qualidade, que descrevem o processo, ou seja, como os procedimentos devem ser executados na obra.
- Os registros da qualidade, que registram os resultados do processo, evidenciando que a empresa seguiu as ações descritas nos documentos da qualidade.

Os documentos da qualidade documentam o processo, enquanto os registros da qualidade fornecem evidências de que as instruções contidas nos documentos da qualidade foram executadas.

É necessário que se observe as vantagens de se implementar um sistema de gestão de qualidade baseado nas normas ISO 9000. Entre elas pode-se destacar:

- Aumento da credibilidade da empresa frente ao mercado consumidor.
- Aumentar a competitividade do produto ou serviço no mercado, especialmente em processos de licitação.
- Evitar e prevenir a ocorrência de deficiências.
- Evitar riscos comerciais, tais como: reivindicações de garantia e responsabilidades pelo produto.

Analisando-se estas vantagens, pode-se imaginar que o desejo de implantação de um sistema de qualidade parte da direção da empresa que, desta maneira, pretende aprimorar o seu processo produtivo.

A maior parte das não-conformidades detectadas durante as auditorias do sistema de qualidade dizem respeito à inapropriada documentação do sistema. Por outro lado, deve-se tomar o cuidado de não exagerar na quantidade de documentação, correndo o risco de tornar o sistema de qualidade excessivamente burocratizado.

A empresa uma vez certificada, deve zelar pela manutenção deste, pois perder um certificado pode ser muito mais danoso para uma empresa do que não tê-lo.

Os sistemas de gestão da qualidade propostos (baseados nas normas da ISO série 9000) são avaliados por auditorias. As características e particularidades destas auditorias são:

- Devem ser autorizadas pela administração superior.
- Devem avaliar as práticas reais, evidentes, comparadas com requisitos estabelecidos.
- Têm métodos e objetivos específicos.
- São programadas com antecedência.
- São realizadas com prévio conhecimento e na presença das pessoas cujo trabalho será auditado;
- Realizadas por pessoal experiente, treinado e independente da área auditada.
- Os resultados e recomendações são examinados e, em seguida, acompanhados para verificar o cumprimento das ações corretivas.
- Não têm ação punitiva, mas corretiva e de aprimoramento.

Para tanto, independentemente do tipo de auditoria a ser realizada, a própria empresa deve estar sempre monitorando os seus serviços e funcionários, não pressionando-os, mas demonstrando a eles a devida importância do assunto, e deste modo estar preparada para receber a qualquer auditoria.

A empresa certificada é periodicamente avaliada por auditorias de acompanhamento (realizadas de 6 em 6 meses). Estas auditorias são feitas para verificar se a empresa continua atendendo aos requisitos estabelecidos e verificados em auditorias anteriores. No caso de a empresa não atender aos requisitos estabelecidos anteriormente, duas atitudes podem ser tomadas pelo órgão certificador:

- Se forem encontradas não-conformidades razoáveis, é determinado um prazo para uma nova auditoria.
- Se forem encontradas não-conformidades graves, a empresa pode perder o certificado.

4.3 - Procedimentos adotados pela Santa Bárbara Engenharia

A empresa Santa Bárbara Engenharia adotou alguns procedimentos de inspeção de materiais e de execução de serviços.

Para os materiais vindo de fornecedores existe um procedimento e uma documentação a ser seguida que é conhecida por CIR (Certificado de Inspeção no Recebimento).

Para que a empresa atingisse o Nível “C” os materiais que devem ser monitorados eram os 6 listados abaixo:

- Areias para concreto e argamassa;
- Brita;
- Concreto dosado em central;
- Chapas de madeiras compensadas;
- Pontaletes;
- Tábuas e vigas de madeira.

Os serviços de execução da obra monitorados são os seguintes:

- Espalhamento e compactação de aterro;
- Locação e nivelamento topográfico;
- Concreto ciclópico em parede de canal;
- Concreto ciclópico em fundo de canal;
- Fundação direta;
- Montagem de formas para concreto armado;
- Montagem de armaduras para estruturas de concreto armado;
- Concretagem de peça estrutural.

Caso fosse encontrado algum problema de execução ou de inspeção de materiais, ou, ainda, se algum desses serviços tivessem sido realizados sem que se seguisse as especificações requeridas por alguma causa qualquer, deveria colocar o produto gerado por este serviço em observação para uma avaliação futura e a determinação dos procedimentos a serem adotados.

Para tanto era necessário o acompanhamento constante dos serviços por parte de estagiários em intercâmbio com os engenheiros responsáveis para que se tivesse esse tipo de controle intenso.

Na verdade estagiários participaram como espécie de “fiscais da qualidade”, tanto quanto aos serviços e aos funcionários responsáveis pelo recebimento e fornecimento de materiais na obra, como também com relação aos serviços de execução e os funcionários envolvidos neste.

IV – RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES

1.0 – Resultados

Os serviços anteriormente explanados garantiram o bom andamento da obra construção do Canal de Bobocongó.

Os primeiros meses do ano 2000 representaram um grande avanço nos serviços de concretagem e terraplanagem, pois o clima sem chuvas ajudou bastante para tanto.

Em alguns dias desta época chegou-se a usar aproximadamente 150 m³ de concreto usinado na obra só para a confecção de concreto ciclópico. Este avanço proporcionou o primeiro trecho de concretagem totalmente pronto até Março de 2000, como pode-se observar na figura IV.1.

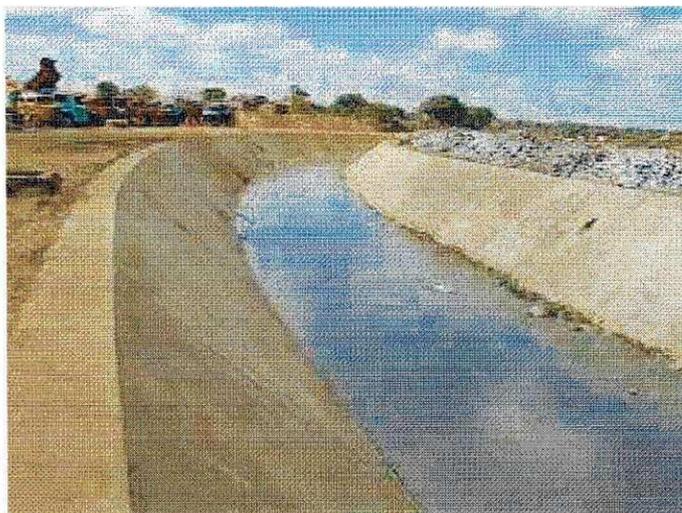


Figura IV.1 – Panorama do primeiro trecho de concretagem finalizado.

Devido ao inverno bastante rigoroso do ano 2000, entre os meses de Abril a Setembro, a obra se manteve um pouco atrasada, com os serviços de terraplanagem bastante prejudicados e com os de concretagem relativamente lentos. Os alagamentos devido as chuvas ocasionou constantes interrupções dos serviços. Em alguns casos teve-se que provocar barreiras as águas por dentro do canal, em forma de trincheiras, para que se pudesse executar os serviços de concretagem. Pode-se observar o aspecto do canal nesta época na figura IV.2, onde a terra em seu interior são as trincheiras para desviar o curso da água.



Figura IV.2 – Panorama do canal nos meses de chuva.

Os serviços de concretagem e terraplanagem só voltaram ao normal nos meses de Outubro de 2000 quando as chuvas cessaram totalmente. Só então é que começou, também, os serviços de drenagem.

Para tanto, houve um grande número de contratações, aumentando bastante o quadro de empregados na obra.

Quanto aos serviços de concretagem de peças estruturais, até o final do estágio foram acompanhadas a concretagem de um total de 5 pontes em toda a obra.

No que diz respeito ao programa de qualidade na obra, após dado início ao mesmo, observou-se resistência por parte dos funcionários ao novo método de gerência implantado. Esta resistência tem uma origem distante, pois há muito tempo os funcionários responsáveis pela controle de execução (encarregados, técnicos, mestres e mesmo os engenheiros) estavam acostumados a um processo já superado. Toda a mentalidade dos funcionários teve que ser mudada para que se obtivesse êxito, e só aí, então, pôde-se observar os resultados desejados.

Todos os controles feitos por documentos adotados na obra logo começaram a ser preenchidos regularmente e o controle pleno da execução da obra pode ser observado.

Com isso os erros de execução puderam ser identificados e corrigidos para que fossem atendidas as exigências do cliente e evitar os erros que denegrir a imagem de qualquer empresa.

No dia 09 de Novembro de 2000 a Santa Bárbara Engenharia atingiu o nível C do programa de qualidade.

Mas para que se dê continuidade ao processo de qualidade total é necessário que não se deixe o funcionalismo se desestimular e pensar que o esforço necessário já foi feito, pois a

qualquer momento, se for utilizada a imprevidência, o posto de empresa com certificação ISO, Qualihab e PBQP-H pode ser perdido e o trabalho que rendeu tantos recursos, financeiro e humano, para a empresa venha a ser perdido.

2.0 – Conclusões

Os resultados obtidos no estágio aqui relatado foram bastante satisfatórios no ponto de vista da soma dos conceitos práticos adquiridos.

Como já observados anteriormente os princípios dos serviços de terraplanagem, concretagem e drenagem foram amplamente seguidos de forma a que se cumprisse criteriosamente o que o programa de qualidade requeria.

Importante também foi a oportunidade de participar de uma implantação de controle de qualidade na obra, pois desta maneira foi possível obter conhecimento dos novos métodos de gerenciamento, de controle de materiais e de execução de serviços, sempre visando atingir a qualidade na construção civil brasileira.

V – BIBLIOGRAFIA

ABESC, Depto. Técnico - **Publicações Diversas**.

ABNT - "**Normas Técnicas e Especificações**".

AZEVEDO NETTO, J. M., ALVAREZ, G. A. - "**Manual de Hidráulica**", Ed. Edgard Blucher Ltda, 7ª Edição, São Paulo, 1982.

BARATA, E. E. **Propriedades mecânicas dos solos**. Ed. Livros técnicos e científicos S.A. Rio de Janeiro, 1984.

BOTELHO, M. H. C. - "**Águas de chuva - Engenharia das Águas de Chuva nas Cidades**", Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1985.

BUENQ, B. S. & VILAR, O. M. **Mecânica dos solos**. Gráfica EESC/USP, vols. 1 e 2. São Carlos, 1985.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Ed. Livros técnicos e científicos S.A, Vols. 1, 2 e 3. Rio de Janeiro, 1981.

COLLEPARDI, M., **Tecnologia de Aditivos, Curso de Aditivos para concreto** - IPT, 1983.

CONCREBRAS, Depto. Técnico, **Vocabulário Técnico**.

CONCRELIX, Depto. Técnico, **Coletânea em dia com o Concreto**.

CONCRETEX, Depto. Técnico, **Falando em Concreto**.

COUTINHO, A. de Souza, **Fabrico e Propriedades do Betão**, LNEC, Lisboa, 1973.

DACACH, N. G. - "**Sistemas Urbanos de Água**", LTC Editora S.A., 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1979.

- DACACH, N. G. - "**Sistemas Urbanos de Esgotos**", Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1984.
- FALCÃO BAUER, L. A., **Materiais de Construção**, Livros Técnicos e científicos Editora S/A - 1985.
- FUGITA, O. e outros - "**Drenagem Urbana - Manual de Projeto**", DAEE/CETESB, 1980.
- GARCEZ, L. N. - "**Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**", Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1969.
- GRUPO de GEOTECNIA DO DCTM – **Notas de aula de mecânica de solos**. Versão anterior existente no DCTM.
- HACILCH, W.; FALCONJ, E. E.; SAES, J. L.; FROTA, R. O. Q.; CARVALHO C. S. e NIYAMA, E. **Fundações – Teoria e prática**. RR, São Paulo, 1996.
- HAMMER, M. J. "**Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos**", LTC Editora S.A., Rio de Janeiro, 1979.
- HWANG, N. H. C. - "**Fundamentos de Sistemas de Engenharia Hidráulica**", Prentice-Hall do Brasil, Rio de Janeiro, 1984.
- LENCASTRE, A. - "**Hidráulica Geral**", Edição Luso-Brasileira da HIDRO - PROJECTO, Lisboa, 1983.
- MACHADO, S. L. **Alguns conceitos de mecânica dos solos dos estados críticos**. Gráfica EESC/LSP. São Carlos, 1997.
- MACINTYRE, A. J. - "**Bombas e Instalações de Bombeamento**", Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.

- MEDEIROS F, C. F. - "**Micro-Drenagem: Estudo para Dimensionamento de Pequenos Projetos**", DEC/CCT/UFPB, Campina Grande, Pb, 1985.
- NEVES, E. T. - "**Curso de Hidráulica**", Editora Globo, 4ª Edição, Porto Alegre, 1974.
- NEVILLE, A. M., **Propriedades do Concreto**, Editora Pini, São Paulo, 1982.
- NINA, A. D. - "**Construção de Redes de Esgotos Sanitários**", CETESB, São Paulo, 1975.
- ORTIGÃO, I. A. R. **Introdução à mecânica dos solos dos estados críticos**. Ed. Livros técnicos e científicos S. A., Rio de Janeiro, 1993.
- PETRUCCI, E-G-R-, **Concreto de Cimento Portland**, 5ª edição, Editora Globo, Porto Alegre, 1973.
- PIMENTA, C. F. - "**Curso de Hidráulica Geral**", Centro Tecnológico de Hidráulica, 3ª Ed., São Paulo, 1977.
- PINTO, N. L. S. [e outros] - "**Hidrologia Básica**", Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1976.
- SANTA BÁRBARA ENGENHARIA S^a **Panfletos para a Implantação da Qualidade na Empresa**.
- SILVESTRE, P. - "**Hidráulica Geral**", LTC Editora S.A., Rio de Janeiro, 1973.
- STEEL, E. W. - "**Abastecimento de Água - Sistema de Esgotos**", Ed. Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, 1966.
- TARTUCE, R., **Dosagem Experimental do Concreto**, Editora Pini, São Paulo, 1989.
- TARTUCE, R., GIOVANETTI, E., **Princípios Básicos sobre Concreto de Cimento Portland**, Editora Pini São Paulo, 1990.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. Ed. Mcgraw-Hill, USP, 1977.

WILKEN, P. S. - "**Engenharia de Drenagem Superficial**", CETESB, São Paulo, 1978.