



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

Relatório do Estágio Supervisionado

Prof^º Supervisor: *João Batista Queiroz de Carvalho*

Aluno: *Leandro Eudes dos Santos Medeiros*
Matricula: *20021060*

*Campina Grande – PB
10 de Agosto de 2007*



Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2021.

Sumé - PB

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter chegado até o fim deste curso, aos meus pais por ter me concebido a oportunidade de estudar, ao professor Dr. João Batista de Carvalho Queiroz, ao Gerente da Gerencia de Obras da Unidade da Borborema da CAGEPA o engenheiro civil Dr. Simão Araújo Barbosa de Almeida, por ter me concebido a oportunidade de estagiar neste órgão. Agradeço também ao Engenheiro Civil da CAGEPA, Dr. Robevando Veras de Oliveira e ao técnico em saneamento, Ivson Praxedes de Souza, por ter prestado esclarecimentos quando foi necessário e por ter tirado dúvidas sobre a prática e os procedimentos necessários na execução de obras de grande porte na construção civil.

E finalmente, uma palavra de agradecimento a todos os meus professores e laboratoristas que contribuíram na minha vida acadêmica e para o enriquecimento da minha formação profissional, por fim aos meus colegas, amigos, que me ajudaram direta ou indiretamente durante toda minha vida acadêmica.

Apresentação

É grande a importância do planejamento em todas as fases de uma obra. Este relatório mostra os conceitos teóricos que poderão ser aplicados, para minimizar os imprevistos e garantir uma obra planejada e sem riscos.

Ele define, em primeiro lugar, a descrição das obras que serão citadas neste, depois as atividades desenvolvidas durante o estágio, como a situação em que da Ampliação do sistema, de abastecimento d'água das cidades de Lagoa Seca, Esperança e Alagoa Nova e a construção do reservatório na cidade de Lagoa Seca, encontrava-se antes do estágio, a quantidade de km de tubos assentados as estruturas de concreto armado do reservatório e por fim as considerações finais do relatório.

Espera-se que as descrições do que foi visto no estágio e passadas para este relatório sejam, claras, objetivas e suficientes para mostrar o que foi visto durante o período que estagiei na Ampliação do sistema, de abastecimento d'água das cidades de Lagoa Seca, Esperança e Alagoa Nova.

Índice

Agradecimentos	2
Apresentação	3
Introdução	6
Revisão Teórica	7
1. <i>Estudos Preliminares</i>	7
2. <i>Fases da Construção</i>	7
2.1 <i>Trabalhos Preliminares</i>	7
2.2 <i>Trabalhos de Execução</i>	7
2.3 <i>Trabalhos de Acabamento</i>	8
3. <i>Trabalhos Preliminares</i>	8
3.1 <i>Terraplanagem</i>	8
4. <i>Instalação de Canteiro de Serviços ou Canteiros de Obras</i>	9
4.1 <i>Locação da Obra</i>	10
4.2 <i>Observações Importantes</i>	11
4.3 <i>Noções de Segurança para Movimentação de Terra</i>	11
5. <i>A Água</i>	11
5.1 <i>A Água na Natureza</i>	11
6. <i>Capitação</i>	14
6.1 <i>Fontes de Água para Abastecimento</i>	14
6.2 <i>Tipos de Mananciais</i>	15
6.3 <i>Águas Superficiais</i>	15
6.4 <i>Águas Subterrâneas</i>	23
7. <i>Adução</i>	26
7.1 <i>Definição</i>	26
7.2 <i>Classificação</i>	26
7.3 <i>Vazão de Dimensionamento</i>	26
7.4 <i>Dimensionamento Hidráulico para Escoamento Livre</i>	26
7.5 <i>Dimensionamento Hidráulico para Escoamento Forçado</i>	27
7.6 <i>Materiais e Peças Especiais das Canalizações</i>	29
8. <i>Bombas Centrifugas</i>	32
8.1 <i>Maquinas Hidraulicas</i>	32
8.2 <i>Bombas</i>	32
8.3 <i>Operacionalidade das Bombas Centrifugas</i>	49
8.4 <i>Informações Complementares</i>	50
9. <i>Característica do Encanamento</i>	52
9.1 <i>Curvas Características do Encanamento</i>	52
9.2 <i>Ponto de Trabalho das Bombas</i>	55
9.3 <i>Noções Sobre Motores</i>	56
9.4 <i>Recomendações para Projetos de Elevatorias</i>	61
10. <i>Fundações do Reservatório</i>	62
10.1 <i>Sondagens</i>	63
10.2 <i>Observações Importantes</i>	63
11. <i>Concretagem do Reservatório</i>	63
12. <i>Cura do Concreto e Desforma</i>	64
12.1 <i>Observações Importantes</i>	64
12.2 <i>Noções de Segurança</i>	64

<i>13. Detalhe de Execução em Obras com Concreto Armado</i>	<i>64</i>
<i>13.1 Materiais Empregados em Concreto Armado</i>	<i>65</i>
<i>13.2 Sistema de Fôrmas e Escoramentos Convencionais</i>	<i>70</i>
<i>13.3 Aplicação do Concreto em Estruturas</i>	<i>75</i>
<i>13.4 Cobrimento da Armadura</i>	<i>77</i>
<i>13.5 Cura</i>	<i>77</i>
<i>13.6 Desforma</i>	<i>79</i>
Atividades Desenvolvidas durante o Estágio	
<i>14 Situação da Adutora</i>	<i>80</i>
<i>15 Escavação, aterramento de Valas e Assentamento de Tubos</i>	<i>81</i>
<i>16 Estrutura de Concreto Armado</i>	<i>81</i>
<i>17 Considerações Finais</i>	<i>82</i>
<i>18 Referências Bibliográficas</i>	<i>83</i>
Anexo	

Introdução

O presente relatório tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas durante o período de Estágio Supervisionado do Aluno Leandro Eudes dos Santos Medeiros, regularmente matriculado no curso de graduação de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais desde o período 2000.2 na Universidade Federal de Campina Grande. O estágio foi iniciado em 29 de maio de 2007 e teve fim no dia 15 de Agosto de 2007, dispondo assim o estagiário de 8 horas diárias e 40 horas por semana, totalizando 240 horas de estágio.

As atividades desenvolvidas pelo estagiário na Ampliação do sistema, de abastecimento d'água das cidades de Lagoa Seca, Esperança e Alagoa Nova, tendo como executores das obras as Construtoras Queiroz Galvão e GABARITO, como órgão fiscalizador a CAGEPA, engloba um processo de aprendizagem, no qual as atividades no decorrer deste, diz respeito à verificação de:

- Levantamento Topográfico;
- Escavação de valas;
- Caracterização do solo escavado;
- Assentamento da tubulação, em ferro com diâmetro de 350mm, 300mm e em PVC com diâmetro de 300mm, 250mm e 200mm;
- Reaterro, compactação de valas, com aproveitamento do material e com material de empréstimo;
- Análise de plantas e projetos do reservatório apoiado;
- Quadro de Ferragens;
- Montagem e colocação das armaduras e fôrmas;
- Questões de prumo e esquadro;
- Concretagem;
- Retirada de fôrmas;
- Montagem de uma estação elevatória com dois conjuntos, motor bomba composto bomba centrífuga, com potencia de 200cv e capacidade de vazão de 70l/s e altura manométrica de 125,21m;
- Confecção de ordem de serviço.

Este estágio supervisionado tem por objetivo:

- Aplicação, dos conhecimentos teóricos adquiridos no curso até o momento na prática;
- Aquisição de novos conhecimentos gerais e termos utilizados no cotidiano da construção civil;
- Desenvolver a capacidade de analisar e solucionar possíveis problemas que possam vir a surgir no decorrer das atividades;
- Promover e desenvolver um bom relacionamento profissional com as pessoas envolvidas no trabalho.

Revisão Teórica

1. Estudos Preliminares

Sabemos que para se executar qualquer projeto deve-se antes de tudo, realizar uma visita ao terreno ou percurso, em caso de adutoras e saneamento, antes de iniciarmos a execução do projeto.

A obra de construção de adutoras e reservatórios tem seu início propriamente dito, com a implantação do canteiro de obras. Isso requer um projeto específico, que deve ser cuidadosamente elaborado a partir das necessidades da obra e das condições do local de implantação. Porém, antes mesmo do início da implantação do canteiro, algumas atividades prévias, comumente necessárias, podem estar a cargo do engenheiro de obras. Tais atividades são usualmente denominados "Serviços Preliminares" e envolvem, entre outras atividades: a verificação da disponibilidade de instalações provisórias; as demolições, quando existem construções remanescentes no local onde ira passar a adutora; o movimento de terra necessário para o assentamento dos tubos e obtenção do nível de terreno desejado para o assentamento.

2. Fases da Construção

No ato da construção, podemos distinguir três fases:

- a) Trabalhos Preliminares;
- b) Trabalhos de Execução;
- c) Trabalhos de Acabamento.

2.1. Trabalhos Preliminares

São os iniciais, os que precedem a própria execução da obra. Na ordem em que se sucedem, são os seguintes:

- Programa;
- Escolha do trecho;
- Desapropriação de terreno se necessário;
- Estudo do projeto;
- Concorrência;
- Ajuste de execução;
- Organização da praça de trabalho;
- Aprovação do projeto;
- Estudo do sub-solo.

2.2. Trabalhos de Execução

Estes são os trabalhos da construção propriamente dita. Pertencem a essa categoria:

- Abertura das valas;
- Assentamento de tubos;
- Reaterro;

- Fundação da obra de concreto;
- Aplicação de dreno no reservatório com uma cama de brita de 40cm;
- Aplicação de concreto magro de 15cm;
- Fabricação da armadura do reservatório;
- Armação dos andaimes;
- Revestimento das paredes do reservatório.

2.3. Trabalhos de Acabamento

Estes trabalhos compreendem as obras finais da construção, como sejam: o tratamento realizado na parte de dentro do reservatório como a impermeabilização, e a parte e fora para que não fique exposta a armadura do reservatório evitando a oxidação da armadura, pintura geral, limpeza geral e arremate final.

3. Trabalhos Preliminares

Efetuada o levantamento planimétrico, temos condições de elaborar os projetos e iniciar sua execução.

Começamos pelo levantamento topográfico do terreno.

3.1. Terraplenagem

Podemos executar, conforme o levantamento altimétrico, cortes, aterros, ou ambos:

Cortes: No caso de cortes, deverá ser adotado um volume de solo correspondente à área da seção multiplicada pela altura média, acrescentando-se um percentual de empolamento. O empolamento é o aumento de volume de um material, quando removido de seu estado natural e é expresso como uma porcentagem do volume no corte. Relacionamos abaixo alguns empolamentos.

MATERIAIS	%
Argila natural	22
Argila escavada, seca.	23
Argila escavada, úmida.	25
Argila e cascalho seco	41
Argila e cascalho úmido	11
Rocha decomposta	
75% rocha e 25% terra	43
50% rocha e 50% terra	33
25% rocha e 75% terra	25
Terra natural seca	25
Terra natural úmida	27
Areia solta, seca.	12
Areia úmida	12
Areia molhada	12
Solo superficial	43

OBS: Quando não se conhece o tipo de solo, podemos considerar o empolamento entre 30 a 40%.

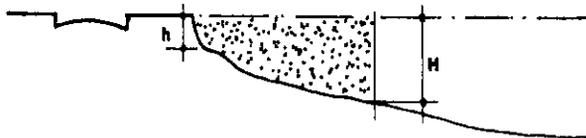


$$h_m = \frac{H+h}{2}$$

$$V_c = A_b \cdot h_m \cdot 1,4$$

O corte é facilitado quando não se tem construções vizinhas, podendo mesmo fazê-lo maior, mas quando efetuado nas proximidades de edificações ou vias públicas, devemos empregar métodos que evitem ocorrências, como: ruptura do terreno, descompressão do terreno de fundação ou do terreno pela água.

- Aterros e reaterros: No caso de aterros, deverá ser adotado um volume de solo correspondente a área da seção multiplicada pela altura média, acrescentando em 30% devido à contração considerada que o solo sofrerá, quando compactado.



$$h_m = \frac{H+h}{2}$$

$$V_a = A_b \times h_m \times 1,3$$

Para os aterros as superfícies deverão ser previamente limpas, sem vegetação nem entulhos. O material escolhido para os aterros e reaterros devem ser de preferência areia ou terra, sem detritos, pedras ou entulhos, em camadas sucessivas de no máximo 30 cm, devidamente molhadas e apiloadas manual ou mecanicamente.

4. Instalação de Canteiro de Serviços ou Canteiro de Obras

O canteiro é preparado de acordo com as necessidades, depois do terreno limpo e com o movimento de terra executado. Deverá ser localizado e feito um barracão de madeira, chapas compensadas, ou então de tijolos assentados com argamassa de barro, geralmente usando-se materiais usados. Nesse barracão serão depositados os materiais e ferramentas, servindo também para o guarda-noturno da obra.

O dimensionamento do canteiro compreende o estudo geral do volume da obra. Este estudo pode ser dividido como segue:

- Área disponível para as instalações;
- Empresas empreiteiras previstas;
- Máquinas e equipamentos necessários;
- Serviços a serem executados;
- Materiais a serem utilizados;
- Prazos a serem atendidos.

Deverá ser providenciada a ligação de água e construído o abrigo para o cavalete e respectivo hidrômetro.

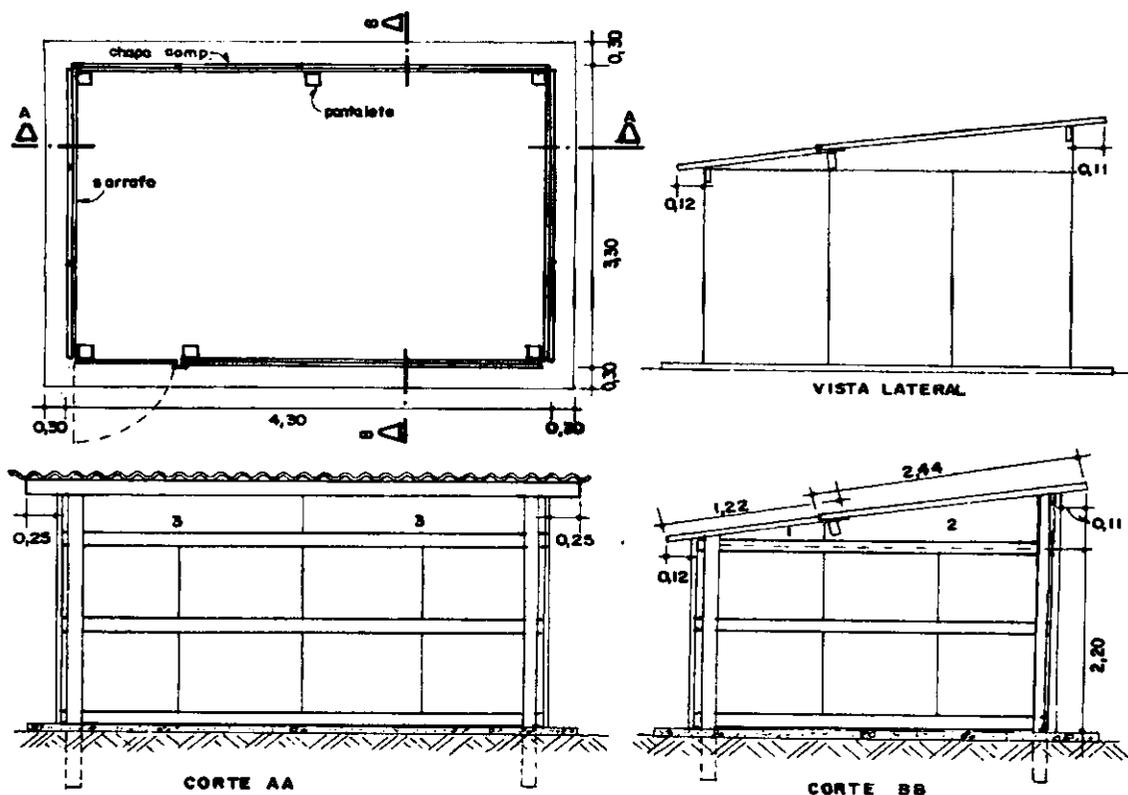
Deve-se providenciar a ligação de energia se necessário.

No barracão será depositados o cimento e a cal, para protegê-los da intempérie.

Áreas para areia, pedras, tijolos, madeiras, ferro, etc, deverão se escolhidos locais para esse fim, próximo a ponto de utilização, tudo dependendo do vulto da obra, sendo que nela também poderão ser construídos escritórios, alojamento para operários, refeitório e instalação sanitária, bem como distribuição de máquinas, se houver.

Exemplo de barracão para obra de pequeno porte

Utilizando chapas compensadas, pontalete de eucalipto ou caibros 8x8, e telha de fibrocimento pode montar um barracão de pequenas dimensões, desmontável para utilizar em obras, como segue:



4.1. Locação da Obra

Podemos efetuar a locação da obra, nos casos de obras de pequeno porte, com métodos simples, sem o auxílio de aparelhos, que nos garantam uma certa precisão. No entanto, os métodos descritos abaixo, em caso de obras de grande área, poderão acumular erros, sendo conveniente, portanto, o auxílio da topografia.

Os métodos mais utilizados são:

- 1 - Processo dos cavaletes;
- 2 - Processo da tábua corrida (gabarito).

4.2. Observações Importantes

1. Nos cálculos dos volumes de corte e aterro, os valores são mais precisos se o número de seções for maior;
2. Na utilização do gabarito, deve se ter a medida certa;
3. A locação da obra deve, de preferência, ser efetuada pelo engenheiro ou conferido pelo mesmo;
4. A marcação pelo eixo, além de mais precisa, facilita a conferência pelo engenheiro;
5. Constatar no terreno a existência ou não de obras subterrâneas (galerias de águas pluviais, ou redes de esgoto, elétrica) e suas implicações.

4.3. Noções de Segurança para Movimentação de Terra

Depositar os materiais de escavação a uma distância superior à metade da profundidade do corte;

Sinalizar os locais de trabalho com placas indicativas;

Somente deve ser permitido o acesso à obra de terraplenagem de pessoas autorizadas.

5. A Água

5.1. A Água na Natureza

- Generalidades

- Quantificação

A água é a substância simples mais abundante no planeta Terra e pode ser encontrada tanto no estado líquido, gasoso ou sólido, na atmosfera, sobre ou sob a superfície terrestre, nos oceanos, mares, rios e lagos. Também o constituinte inorgânico mais presente na matéria viva: cerca de 60% do peso do homem é constituído de água e em certos animais aquáticos esta porcentagem alcança 98% (SPERLING, 1996, p. 12). Cientistas estimam que o nosso planeta tem *três quartos* de sua massa só de água ($1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$ segundo SPERLING, 1996, p. 12), ou seja, 1 trilhão e 360 bilhões de quilômetros cúbicos, com $1,5 \times 10^{12}$ metros cúbicos em estado livre no planeta (A. NETTO *et alli*, 1998, p. 536). Os mares e os oceanos contêm cerca de 97,4 % de toda essa massa, formada pela água salgada. 2 % da água total está estocada sob a forma de neve ou gelo, no topo das grandes cadeias de montanhas ou nas zonas polares. Assim apenas cerca de 0,6 % do total encontra-se disponível como água doce nos aquíferos subterrâneos (0,5959 %), os rios e lagos superficiais (0,0140 %) e na atmosfera na forma de vapor d'água (0,001 %). A maior parte das águas subterrâneas encontra-se em condições inadequadas ao consumo ou em profundezas que inviabilizam sua exploração. Diante desta situação é de importância fundamental para o futuro da humanidade, e sua própria sobrevivência, que se valorize a preservação dos recursos hídricos do planeta em suas condições naturais.

- O ciclo hidrológico

Conhecida a distribuição da água na Terra, é importante também que se saiba como ela se movimenta no planeta. Ao seu permanente movimento de mudanças de estado (sólido, líquido ou gasoso) ou de posição (superficial, subterrânea ou atmosférica) em relação à superfície da Terra, denominou-se de *ciclo hidrológico*. Por definição, então, *ciclo hidrológico* é a descrição do comportamento natural da água em volta do globo terrestre. Essencial para o desenvolvimento da vida na Terra, é composto de três fenômenos principais: evaporação para a atmosfera, condensação em forma de nuvens e precipitação, mais freqüentemente em forma de *chuva*, sobre a superfície terrestre, onde ela se dispersa sobre as mais variadas maneiras, de acordo com a superfície receptora, escoando sobre a superfície, infiltrando-se e/ou evaporando-se.

A cada ano, a energia do Sol faz com que um volume de aproximadamente 500.000 Km³ de água se evapore, especialmente dos oceanos, embora também de águas e rios. Essa água retorna para os continentes e ilhas, ou para os oceanos, sob a forma de precipitações: chuva ou neve. Os continentes e ilhas têm um saldo positivo nesse processo. Estima-se que eles “retirem” dos oceanos perto de 40.000 Km³ por ano. É esse saldo que alimenta as nascentes dos rios, recarrega os depósitos subterrâneos, e depois retorna aos oceanos pelo deságüe dos rios.

A água é encontrada na atmosfera mais freqüentemente sob a forma de vapor ou de partículas líquidas, embora não seja raro sob a forma de *neve* ou de *gelo*. Para que ocorra uma precipitação é necessário que o vapor atmosférico sofra condensação em gotículas que, ao atingir determinado peso, não podem continuar em suspensão, caindo em forma de chuva. Se durante essa precipitação essas gotas atravessarem camadas atmosféricas com temperaturas negativas poderá ocorrer o congelamento e a precipitação ocorrer na forma de partículas de gelo, o *granizo*. Se essa condensação ocorrer sob temperaturas de congelamento, a precipitação se dará em forma de *neve*.

Embora sem importância para estudos de abastecimento de água, em função de sua insignificante contribuição para a formação de escoamentos superficiais, ainda se pode registrar que quando a condensação for originada do contato do vapor atmosférico com uma superfície sólida, o solo por exemplo, e em temperaturas do ar circundante muito baixas, não necessariamente de congelamento, ocorre a formação do *orvalho* ou das *geadas*. A ocorrência destes tipos de condensação é de extrema importância em áreas agrícolas, assim como a precipitação em forma de *granizo*.

Resumindo, as precipitações pluviométricas podem ocorrer tanto da forma mais comum conhecida como chuva, como em formas mais moderadas como neblinas, garoas ou geadas, ou mais violentas como acontecem nos furacões, precipitações de granizo, nevascas, etc.

Quando a chuva alcança o solo, parte da água se infiltra e parte fica temporariamente sobre a superfície, em função da intensidade da chuva e da capacidade de infiltração do solo. Da parcela superficial parte é retida, passa do estado líquido para o gasoso pelo processo de evaporação natural, e volta a atmosfera. A intensidade desse fenômeno natural depende da temperatura ambiente, da ventilação e da umidade relativa do ar. O restante escoar sobre a superfície livre do terreno indo abastecer os corpos receptores naturais como rios lagos e oceanos. Da parcela infiltrada, a que fica retida nos interstícios próximos à superfície volta a atmosfera na forma de vapor e o restante penetra mais profundamente e vai abastecer o lençol freático e outros aquíferos subterrâneos. A Figura III.1 representa esquematicamente o ciclo hidrológico com seus principais componentes.

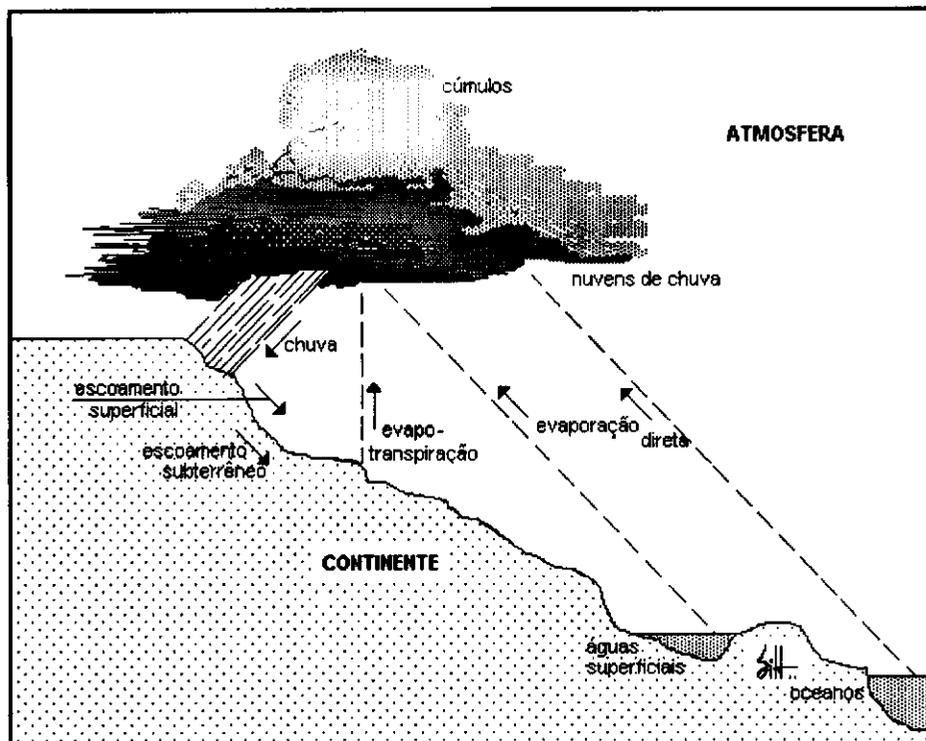


Figura III.1 – Principais fases do ciclo hidrológico

Em áreas cobertas por densa vegetação o volume de água que é transferido para a atmosfera, através do fenômeno de transpiração, pode ser bastante significativo, em função da dimensão dessa área. Nesse processo a água é retirada do solo pelas raízes, transferida para as folhas e, então, evaporada. Assim, numa área de floresta, por exemplo, a superfície de exposição das folhas é muito grande e em função da temperatura ambiente e da insolação, pode se tornar o fator determinante do teor de umidade atmosférica (numa área equatorial, por exemplo).

Evidentemente o ciclo hidrológico, embora seja um fenômeno contínuo da natureza, não tem comportamento uniforme em cada uma de suas fases, principalmente quanto à evaporação e à precipitação. Essas variam de intensidade aleatoriamente com o tempo, principalmente ao longo das estações climáticas. Na realidade qualquer observação sistemática de chuvas em determinado local caracterizar-se-á por notáveis variações nas quantidades precipitadas anualmente e não mostrará ocorrências cíclicas dos fenômenos. A maior quantidade de observações ao longo de um tempo mais longo (mais de trinta anos) permitirá condições de se apurar valores médios mais consistentes. A fase atmosférica do fenômeno das precipitações é de interesse dos meteorologistas, porém a partir do momento em que ela atinge o solo, torna-se o elemento fundamental dos estudos ligados à *Hidrologia*. Segundo o United States Federal Council of Science and Technology, Committee for Scientific Hidrology (1962), *Hidrologia* é a ciência que estuda a água da terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e suas reações com o meio-ambiente, incluindo suas relações com a vida (Villela & Mattos, 1975, p. 1), ou seja, é a ciência que estuda a presença da água na natureza. Ainda denomina-se de Hidrologia de superfície o estudo referente ao movimento da água sobre o solo, isto é, do escoamento superficial das águas, que é o que interessa para projetos de drenagem superficial. Pode-se dizer que como ciência é um estudo recente, pois seus fundamentos teóricos só começaram a se formar nos

tempos do cientista italiano Leonardo da Vinci (1452-1519), com a concepção do ciclo hidrológico, e só foi aceita como disciplina específica em fins do século XIX, embora os antigos egípcios já ensaiassem o controle das cheias do Rio Nilo, a cerca de 3000 anos antes de Cristo (Pinto et alli, 1976, p. 2).

No entanto, o ritmo acelerado de desmatamentos das últimas décadas, e o crescimento urbano e industrial, que necessita sempre de mais água, vem alterando esse ciclo hidrológico. Estudos da ONU mostraram que o desmatamento e o pastoreio excessivo diminuem a capacidade do solo em atuar como uma grande esponja, absorvendo águas das chuvas e liberando seus conteúdos lentamente. Na ausência de coberturas vegetais, e com solos compactados, a tendência das chuvas é escorrer pela superfície e escoar rapidamente pelos cursos de água, o que traz como consequência as inundações, aceleração no processo de erosão e diminuição das estabilidade dos cursos de água, que ficam diminuídos fora do período de cheias, comprometendo assim a agricultura e a pesca. Não faltam sinal de escassez de água doce. O nível dos lençóis freáticos baixa constantemente, muitos lagos encolhem e pântanos secam. Na agricultura, na indústria e na vida doméstica, as necessidades de água não param de aumentar, paralelamente ao crescimento demográfico e ao aumento nos padrões de vida, que multiplicam o uso da água. Nos anos 50, por exemplo, a demanda de água por pessoa era de 400 m³ por ano, em média no planeta, ao passo que hoje essa demanda já é de 800 m³ por indivíduo. Em países cada vez mais populosos, ou com carência em recursos hídricos, já se atingiu o limite de utilização de água. Constatou-se que atualmente 26 países, a maioria situada no continente africano, totalizando 235 milhões de pessoas, sofrem de escassez de água. As outras regiões do mundo também não são poupadas. Sintomas de crises já se manifestam em países que dispõem de boas reservas. Nos locais onde o nível de bombeamento (extração) das águas subterrâneas é mais intenso que sua renovação natural, se constata um rebaixamento do nível de lençóis freáticos, que, por esse motivo, exigem maiores investimentos para serem explorados e ao mesmo tempo vão se tornando mais salinos.

6. Captação

6.1. Fontes de Água para Abastecimento

O homem possui dois tipos de fontes para seu abastecimento que são as águas superficiais (rios, lagos, canais, etc.) e subterrâneas (lençóis subterrâneos). Efetivamente essas fontes não estão sempre separadas. Em seu deslocamento pela crosta terrestre a água que em determinado local é superficial pode ser subterrânea em uma próxima etapa e até voltar a ser superficial posteriormente.

As águas de superfície são as de mais fácil captação e por isso havendo, pois, uma tendência a que sejam mais utilizadas no consumo humano. No entanto temos que menos de 5% da água doce existente no globo terrestre encontram-se disponíveis superficialmente, ficando o restante armazenado em reservas subterrâneas.

Logicamente que nem toda água armazenada no subsolo pode ser retirada em condições economicamente viáveis, principalmente as localizadas em profundidades excessivas e confinadas entre formações rochosas.

Quanto a sua dinâmica de deslocamento as águas superficiais são freqüentemente renovadas em sua massa enquanto que as subterrâneas podem ter séculos de acumulação em seu aquífero, pois sua renovação é muito mais lenta pelas dificuldades óbvias, principalmente nas camadas mais profundas.

6.2. Tipos de Mananciais

A captação tem por finalidade criar condições para que a água seja retirada do manancial abastecedor em quantidade capaz de atender o consumo e em qualidade tal que dispense tratamentos ou os reduza ao mínimo possível. É, portanto, a unidade de extremidade de montante do sistema.

Chama-se de manancial abastecedor a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender a demanda. No caso da existência de mais de um manancial, a escolha é feita considerando-se não só a quantidade e a qualidade mas, também, o aspecto econômico, pois nem sempre o que custa inicialmente menos é o que convém, já que o custo maior pode implicar em custo de operação e manutenção menor.

Na escolha de manancial, também deve-se levar em consideração o consumo atual provável, bem como a previsão de crescimento da comunidade e a capacidade ou não de o manancial satisfazer a este consumo. Todo e qualquer sistema é projetado para servir, por certo espaço de tempo, denominado período de projeto. Estes reservatórios podem dos seguintes tipos: superficiais (rios e lagos), subterrâneos (fontes naturais, galerias filtrantes, poços) e águas pluviais (superfícies preparadas). Embora, como citado anteriormente, os mananciais de superfície pareçam de mais fácil utilização, as águas subterrâneas são aproveitadas desde a antigüidade. Egípcios e chineses já eram peritos na escavação do solo com a finalidade exclusiva de obterem água, a mais de 2000 anos antes de Cristo. A própria Bíblia Sagrada do Cristianismo revela fatos como o bíblico poço de José, no Egito, com cerca de 90 metros de profundidade cavado na rocha, e o gesto de Moisés criando uma fonte na rocha.

6.3. Águas Superficiais

Devido a água ser essencial para subsistência humana (nosso organismo necessita ser reabastecido com cerca de 2,5 litros desse líquido por dia) normalmente temos as comunidades urbanas formadas às margens de rios ou desembocaduras destes. Quando estudamos dados geográficos ou históricos das grandes cidades percebemos sua associação com um ou mais rios, por exemplo, Londres-Tâmisa, Paris-Sena, Roma-Pó, Lisboa-Tejo, Nova Iorque-Hudson, Buenos Aires-Prata, São Paulo-Tietê, Recife-Capibaribe/Beberibe, Manaus-Negro, Belém-Amazonas, Teresina-Parnaíba, Natal-Potengi, etc. Ruínas de comunidades de mais de 5000 anos, escavadas na Índia, revelaram a existência de sistemas de abastecimento de água e de drenagem construídos com alvenaria de pedras trabalhadas, que incluíam inclusive piscinas para banhos coletivos e práticas de natação. Os egípcios, também por volta de 3000 anos antes de Cristo, já construíam barragens de pedras com até mais de dez metros de altura para armazenamento de água potável para abastecimento doméstico e irrigação. Também historicamente é registrado que o rei Salomão, bíblicamente famoso, promoveu de forma intensa a construção de aquedutos. Agricultores árabes aproveitavam as águas armazenadas em crateras de vulcões extintos como reservatórios para irrigação.

6.3.1. Condições para captação

6.3.1.1. Condições a serem analisadas

As águas superficiais empregadas em sistemas de abastecimento geralmente são originárias de um curso de água natural. Opções mais raras seriam captações em lagos

naturais ou no mar com dessalinização posterior. As condições de escoamento, a variação do nível d'água, a estabilidade do local de captação, etc, é que vão implicar em que sejam efetuadas obras preliminares a sua captação e a dimensão destas obras. Basicamente as condições a serem analisadas são:

1. Quantidade de água;
2. Qualidade da água;
3. Garantia de funcionamento;
4. Economia das instalações;
5. Localização.

6.3.1.2. Quantidade de água

São três as situações que podemos nos deparar quando vamos analisar a quantidade de água disponível no possível manancial de abastecimento:

1. A vazão é suficiente na estiagem;
2. É insuficiente na estiagem, mas suficiente na média;
3. Existe vazão, mas inferior ao consumo previsto.

A primeira situação é a ideal, pois, havendo vazão suficiente continuamente, o problema seguinte é criar a forma mais conveniente de captação direta da correnteza. Esta é a forma mais comum onde os rios são perenes (ou perenizados artificialmente).

A segunda hipótese significa que durante determinado período do ano não vamos encontrar vazão suficiente para cobertura do consumo previsto. Como na média a vazão é suficiente, então durante o período de cheias haverá um excesso de vazão que se armazenado adequadamente poderá suprir o deficit na estiagem. Este armazenamento normalmente é conseguido através das barragens de acumulação que são reservatórios construídos para acumularem um volume tal que durante a estiagem compensem as demandas com o volume armazenado em sua bacia hidráulica. Esta é a forma mais freqüente para sistemas com vazões de consumo para comunidades superiores a 5000 habitantes, no interior do Nordeste Brasileiro, onde é comum o esvaziamento completo dos rios nos períodos de seca.

A terceira situação é a mais delicada quanto ao aproveitamento do manancial. Como não temos vazão suficiente, a solução mais simplista é procurarmos outro manancial para a captação. Se regionalmente não podemos contar com outro manancial que supra a demanda total, então poderemos ser obrigados a utilizarmos mananciais complementares, ou seja, a vazão a ser fornecida pelo primeiro não é suficiente, mas reunida com a captada em um manancial complementar (ou em mais de um) viabiliza-se o abastecimento, dentro das condições regionais. É a situação mais comum no abastecimento dos grandes centros urbanos.

6.3.1.3. Qualidade da água

Na captação de águas superficiais parte-se do princípio sanitário que é uma água sempre suspeita, pois está naturalmente sujeita a possíveis processos de poluição e contaminação. É básico, sob o ponto de vista operacional do sistema, captar águas de melhor qualidade possível, localizando adequadamente a tomada e efetivando-se medidas de proteção sanitária desta tomada, como por exemplo no caso de tomada em

rios, instalar a captação à montante de descargas poluidoras e da comunidade a abastecer.

Especificamente, as tomadas em reservatórios de acumulação não devem ser tão superficiais nem também tão profundas, para que não ocorram problemas de natureza física, química ou biológica. Superficialmente ações físicas danosas podem ter origem através de ventos, correntezas (principalmente durante os períodos de enchentes com extravasão do reservatório) e impactos de corpos flutuantes. Nas partes mais profundas sempre teremos maior quantidade de sedimentos em suspensão, dificultando ou encarecendo a remoção de turbidez nos processos de tratamento.

Agentes químicos poderão estar presentes a qualquer profundidade mas há uma tendência das águas mais próximas da superfície terem maiores teores de gases dissolvidos (CO_2 , por exemplo), de dureza e de ferro e manganês e seus compostos.

Biologicamente, nas camadas superiores da massa de água, temos maior proliferação de algas. Essa ocorrência dá gosto ruim e odor desagradável a estas águas, dificultando o tratamento, principalmente em regiões de clima quente e ensolarado. A profundidade desta lâmina, a partir da superfície livre, dependerá da espessura da zona fótica, que por sua vez vai depender da transparência da água armazenada, visto que o desenvolvimento algológico depende da presença de luz no ambiente aquático, isto é, a espessura da camada vai depender de até onde a luz solar irá penetrar na água. Enquanto isso no fundo dos lagos gera-se uma massa biológica, chamada de plânkton, que também confere características impróprias para utilização da água ali acumulada.

6.3.1.4. Garantia de funcionamento

Para que não hajam interrupções imprevistas no sistema decorrentes de problemas na captação, devemos identificar com precisão, antes da elaboração do projeto da captação, as posições do nível mínimo para que a entrada de sucção permaneça sempre afogada e do nível máximo para que não haja inundações danosas às instalações de captação. A determinação da velocidade de deslocamento da água no manancial também é de suma importância para dimensionamento das estruturas de captação que estarão em contato com a correnteza e ondas e sujeitas a impactos com corpos flutuantes.

Além da preocupação com a estabilidade das estruturas, proteção contra correntezas, inundações, desmoronamentos, etc., devemos tomar medidas que não permitam obstruções com a entrada indevida de corpos sólidos, como peixes, por exemplo. Esta proteção é conseguida com emprego de grades, telas ou crivos, conforme for o caso, antecedendo a entrada da água na canalização (Figura IV.1).

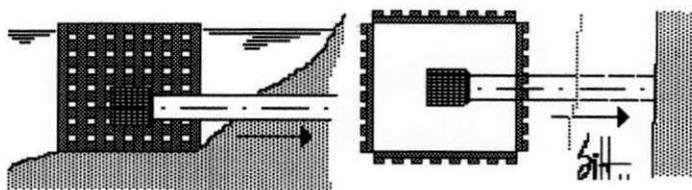


Figura IV.1 - Exemplo de captação com grade e crivo

6.3.1.5. Economia nas instalações

Os princípios básicos da engenharia são a simplicidade, a técnica e a economia. A luz destes princípios o projeto da captação deve se guiar por soluções que envolvam o menor custo sem o sacrifício da funcionalidade. Para que isto seja conseguido devemos

estudar com antecedência, a permanência natural do ponto de captação, a velocidade da correnteza, a natureza do leito de apoio das estruturas a serem edificadas e a vida útil destas, a facilidade de acesso e de instalação de todas as edificações necessárias (por exemplo, a estação de recalque, quando for o caso, depósitos, etc.), a flexibilidade física para futuras ampliações e os custos de aquisição do terreno.

6.3.1.6. Localização

A princípio, a localização ideal é aquela que possibilite menor percurso de adução compatibilizado com menores alturas de transposição pela mesma adutora no seu caminhamento. Partindo deste princípio, o projetista terá a missão de otimizar a situação através das análises das várias alternativas peculiares ao manancial a ser utilizado.

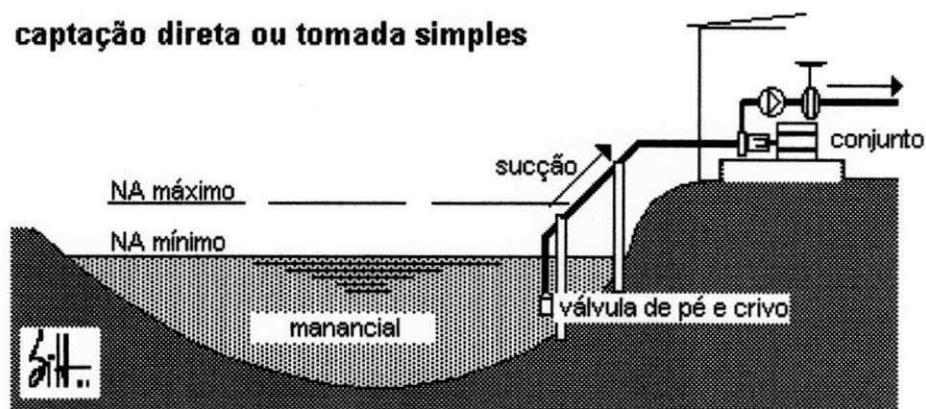
Para melhor rendimento operacional, é importante que, além das medidas sanitárias citadas em 2.1.3., a captação em rios seja em trechos retos, pois nestes trechos há menor possibilidade de assoreamentos. Quando a captação for em trecho curvo temos que na margem côncava haverá maior agressividade da correnteza, enquanto que na convexa maiores possibilidades de assoreamentos, principalmente de areia e matéria orgânica em suspensão. É, portanto, preferível a captação na margem côncava, visto que problemas erosivos podem ser neutralizados com proteções estruturais na instalação, enquanto que o assoreamento seria um problema contínuo durante a operação do sistema.

A captação em barragens deve situar-se o mais próximo possível da maciço de barramento considerando que nestes locais há maior lâmina disponível, correntezas de menores velocidades, menor turbidez, condições mais favoráveis para captação por gravidade, etc. Em lagos naturais as captações devem ser instaladas, de preferência, em posições intermediárias entre as desembocaduras afluentes e o local de extravasão do lago.

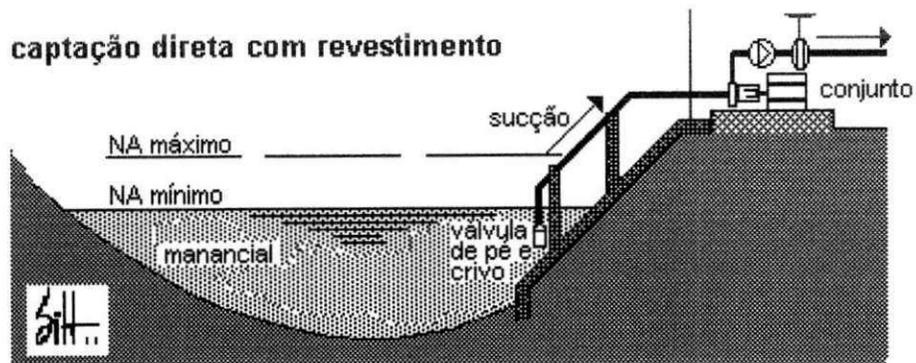
6.3.2. Exemplos de captação (com figuras auto-explicativas)

6.3.2.1. Captação em cursos de água com pequenas vazões e baixa flutuação de nível

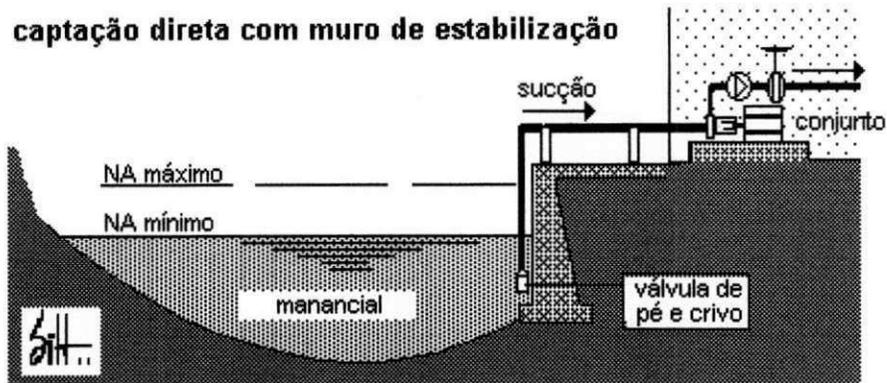
a) Margens estáveis



- b) Margens sujeitas a erosão



- c) Margens instáveis

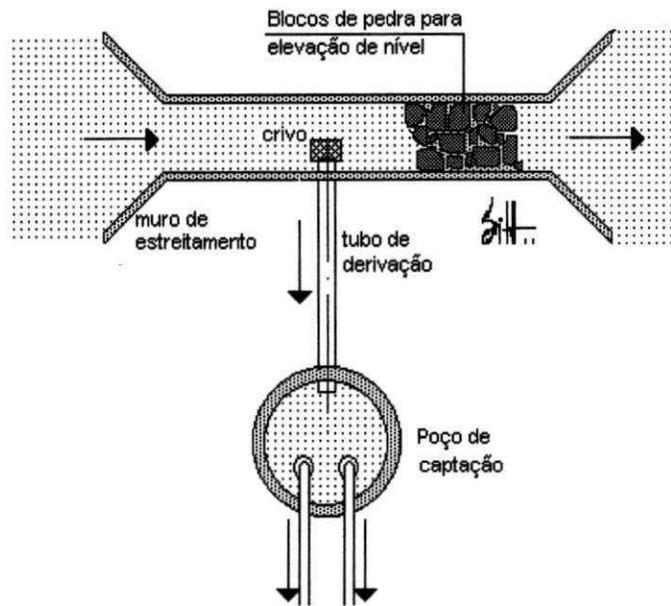


- d) Leitos rochosos com lâmina líquida muito baixa

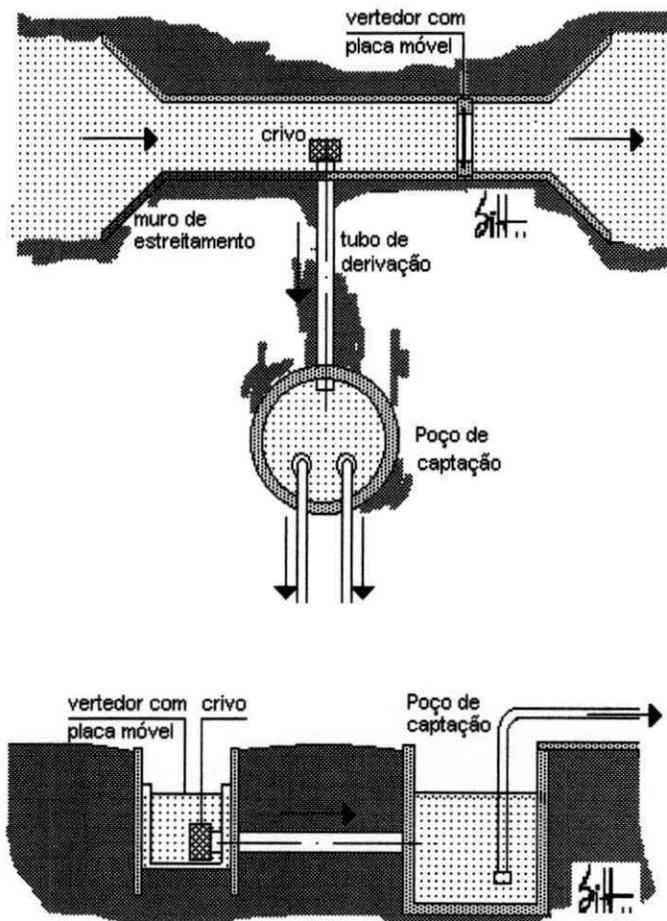


e) Leitos arenosos com lâmina líquida muito baixa

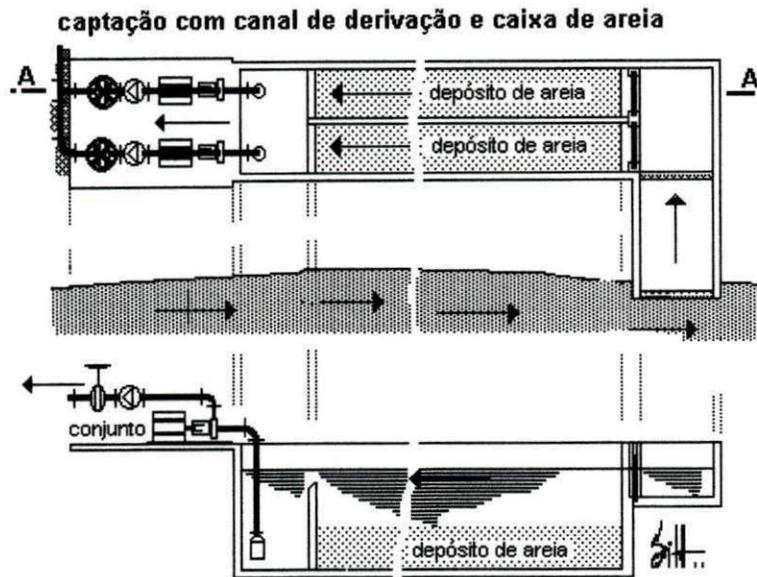
1- Barramento com enrocamento



2- Barramento com vertedouro móvel



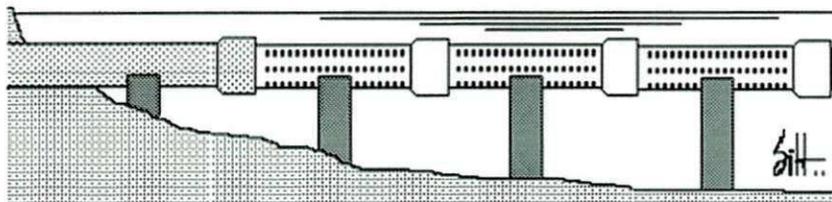
f) Leitos arenosos com areia em suspensão



6.3.2.2. Com pequenas vazões e grande oscilação de nível

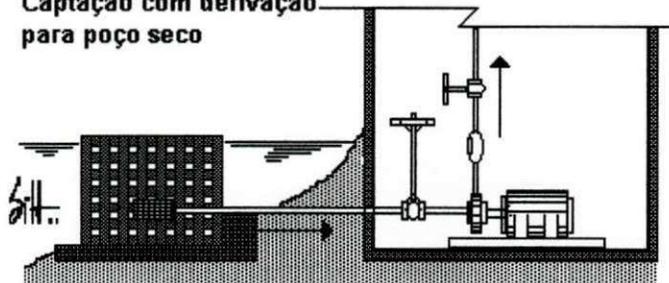
a) em leitos rochosos

captação com tubos furados apoiados em pilares



b) Leitos arenosos

Captação com derivação para poço seco

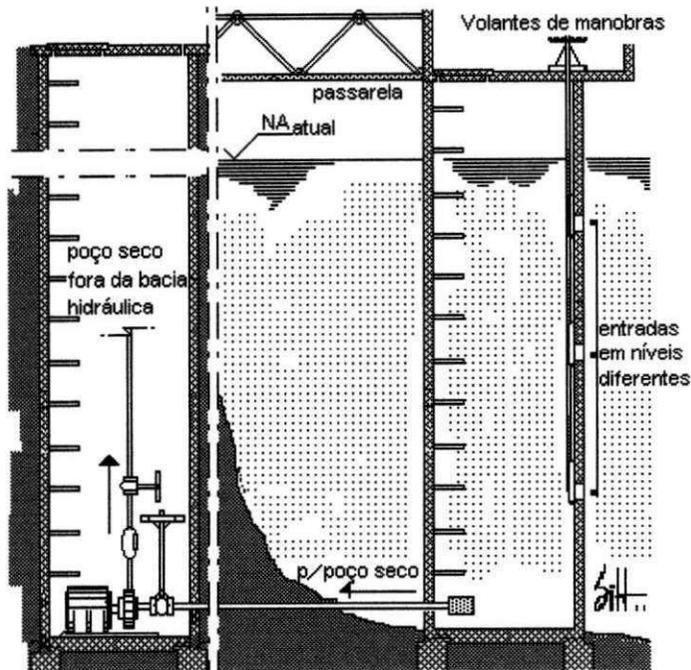


6.3.2.3. Com grandes vazões e pequena oscilação de nível

Neste caso as instalações de captação são similares às de captações mostradas em 2.2.1. a, b e c, provavelmente, com as bombas instaladas afogadas quando as vazões a serem captadas, também, forem significativas.

6.3.2.4. Com grandes vazões e grande oscilação de nível

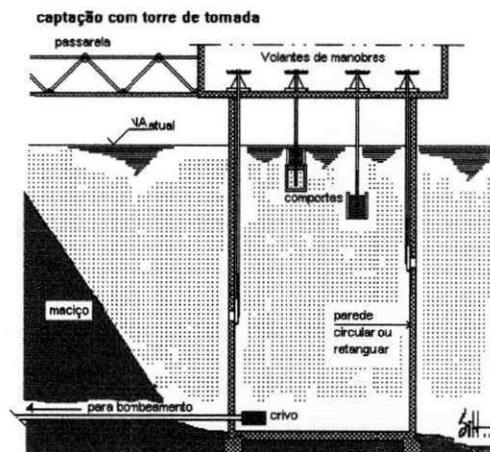
torre de tomada com poço de derivação

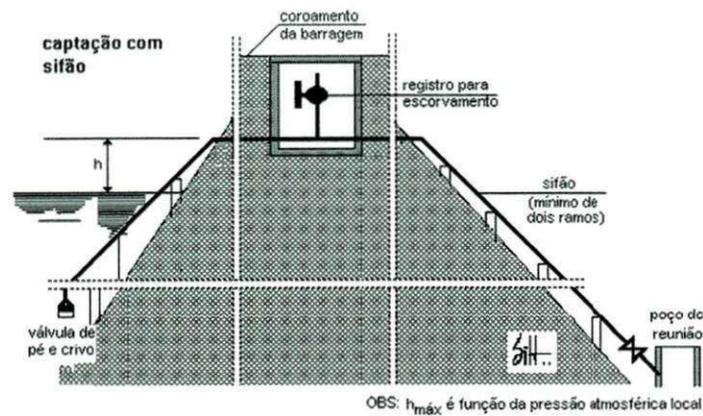


6.3.2.5. Captação em reservatórios de acumulação

Se há necessidade de reservatório de acumulação significa haver variação do nível da água na captação, pois durante o período de estiagem a vazão de entrada será inferior a de saída.

Quando a captação é prevista no projeto do reservatório é comum a construção de torres de tomada com saída através do maciço da barragem. Em caso contrário emprega-se o poço seco de derivação e, para vazões pequenas, sifonamento por sobre o maciço ou a captação com os conjuntos sobre balsas e com a sucção e a parte móvel do recalque em mangotes flexíveis.





6.4. Águas Subterrâneas

6.4.1. Mananciais

Os reservatórios de águas subterrâneas são chamados de lençóis. Essas águas podem estar acumuladas em dois tipos de lençóis: o *freático* ou o *cativo*. O lençol freático caracteriza-se por está assentado sobre uma camada impermeável de sub-solo, rocha por exemplo, e submetido a pressão atmosférica local. O lençol cativo caracteriza-se por está confinado entre duas camadas impermeáveis de crosta terrestre e submetido a uma pressão superior a pressão atmosférica local.

6.4.2. Captações em lençol freático

A captação do lençol freático pode ser executada por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços fráticos. O emprego de galerias filtrantes é característico de terrenos permeáveis (Figura IV.2), mas de pequena espessura (aproximadamente de um a dois metros) onde há necessidade de se aumentar a área vertical de captação para coleta de maior vazão (Figura IV.3). Estas galerias em geral são tubos furados, que convergem para um poço de reunião, de onde a água é retirada em geral por bombeamento, não sendo incomum outros métodos mais rudimentares.

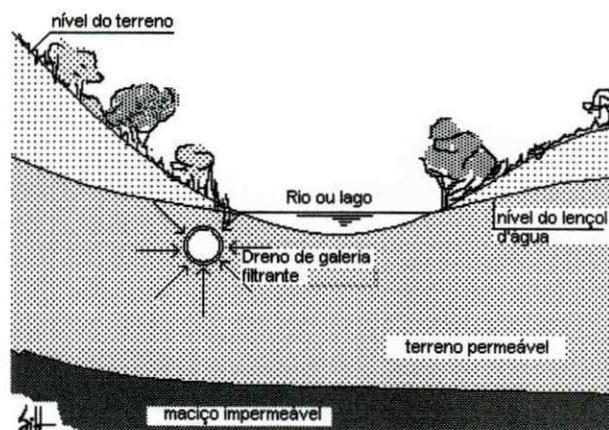


Figura IV.2 - Posição da Galeria Filtrante

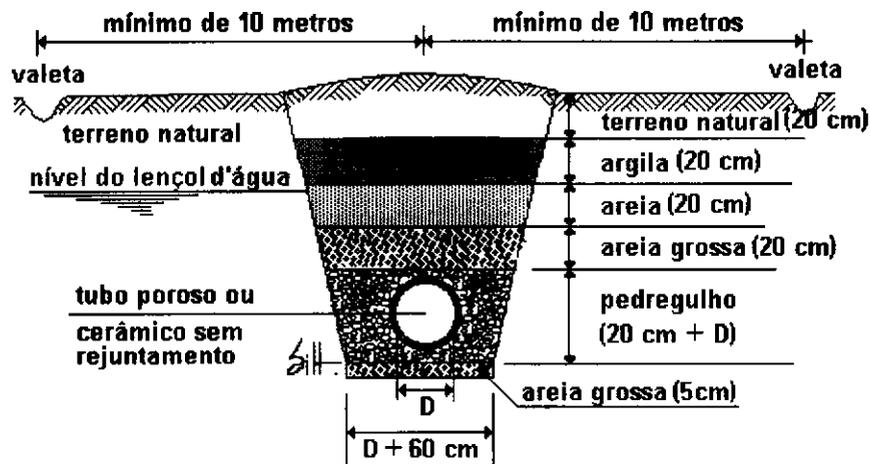


Figura IV.3 - Detalhe para construção da galeria filtrante

Quando o lençol freático é muito superficial, as canalizações coletoras ficam na superfície ou a pequenas profundidades de aterramento, então temos os chamados drenos. Podem ser construídos com tubos furados ou simplesmente com manilhas cerâmicas não rejuntadas. As galerias são mais comuns sob leitos arenosos de rios com grande variação de nível, enquanto que os drenos são mais comuns em áreas onde o lençol é aflorante permanecendo praticamente no mesmo nível do terreno saturado ou sob leitos arenosos de rios com pequena variação de nível.

Os poços são mais freqüentes porque normalmente o lençol freático tem grande variação de nível entre os períodos de chuvas, ou seja, durante os períodos de estiagem, necessitando de maiores profundidades de escavações para garantia da permanência da vazão de captação. Logicamente as camadas permeáveis também são de espessuras consideráveis, podendo em algumas situações ser necessário o emprego de captadores radiais partindo da parte mais profunda do poço para que este tenha rendimento mais efetivo. Os tipos de poços empregados na captação de água do lençol freático são o raso comum, o amazonas e o tubular. O poço raso, popularmente chamado de cacimba ou cacimbão, é um poço construído escavando-se o terreno, em geral na forma cilíndrica, com revestimento de alvenaria ou com peças pré-moldadas (tubulões), com diâmetro da ordem de um a quatro metros por cinco a vinte de profundidade em média, a depender da posição do lençol freático. A parte inferior, em contato com o lençol deve ser de pedra arrumada, de alvenaria furada ou de peças cilíndricas pré-moldadas furadas quando for o caso. Dependendo da estabilidade do terreno o fundo do poço pode exigir o não revestimento (Figura IV.4).

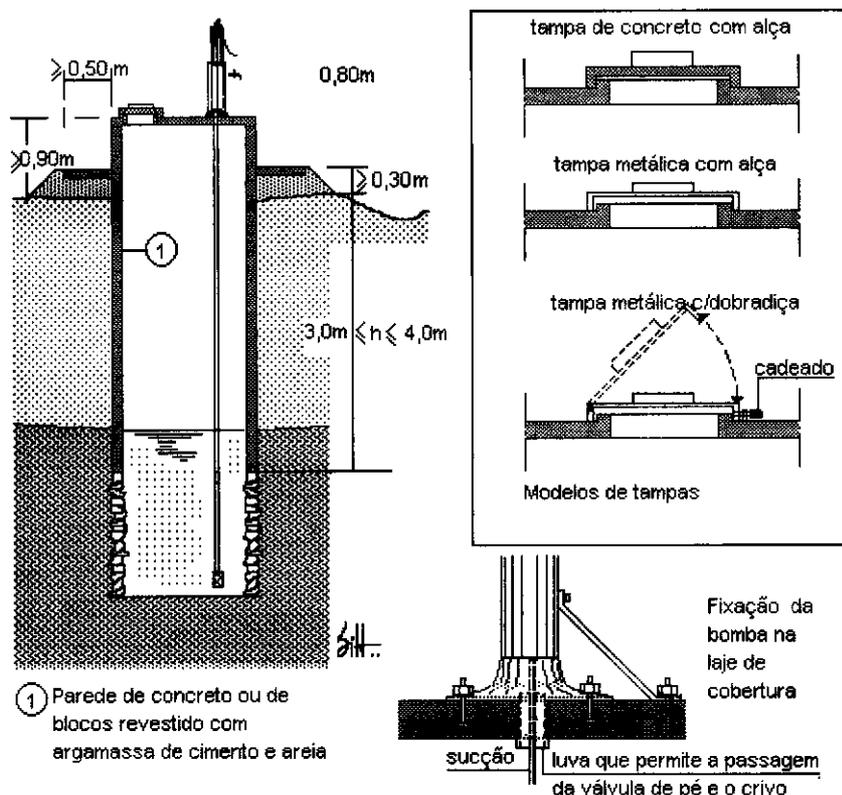


Figura III.4 - Estrutura típica de um poço raso comum

Para evitar o carreamento de areia para o interior dos poço ou mesmo dos orifícios pode-se envolver a área de drenagem com uma camada de pedregulho e areia grossa, externamente. A retirada da água do seu interior deve ser através de bombeamento por medida de segurança sanitária, mas para abastecimentos singelos são frequentes o uso de sarilhos e outras bombas manuais.

O poço amazonas é uma variável do escavado, próprio de áreas onde o terreno é muito instável por excesso de água no solo (areias movediças). Seu método construtivo é que o caracteriza, pois sua construção tem de ser executada por pessoal especializado, empregando peças pré-fabricadas a medida que a escavação vai desenvolvendo-se. Sua denominação deve-se ao fato de ser muito comum na região amazônica em função de que os terrenos terem este comportamento, principalmente nas épocas de enchentes. São poços para pequenas vazões, destinados a abastecerem pequenas comunidades. Dependendo da vazão solicitada e da capacidade do lençol abastecedor os poços freáticos podem ser classificados da seguinte maneira:

a) quanto a modalidade de construção,

escavados (profundidades até 20m, diâmetros de 0,80 a 3,00m, vazão até 20 l/s);
 perfurados;
 cravados.

b) quanto ao tipo de lençol

7. Adução

7.1. Definição

É o conjunto de encanamentos, peças especiais e obras de arte destinados a promover o transporte da água em um sistema de abastecimento entre

- Captação e reservatório de distribuição;
- Captação e ETA;
- Captação a rede de distribuição;
- ETA e reservatório;
- ETA e rede;
- Reservatório à rede;
- Reservatório a reservatório.

7.2. Classificação

- De acordo com a energia de movimentação do líquido: **gravidade, recalque e mista;**
- De acordo com o modo de escoamento do líquido: **livre, forçada e mista;**
- De acordo com a natureza da água: **bruta e tratada** (Figura V.1).

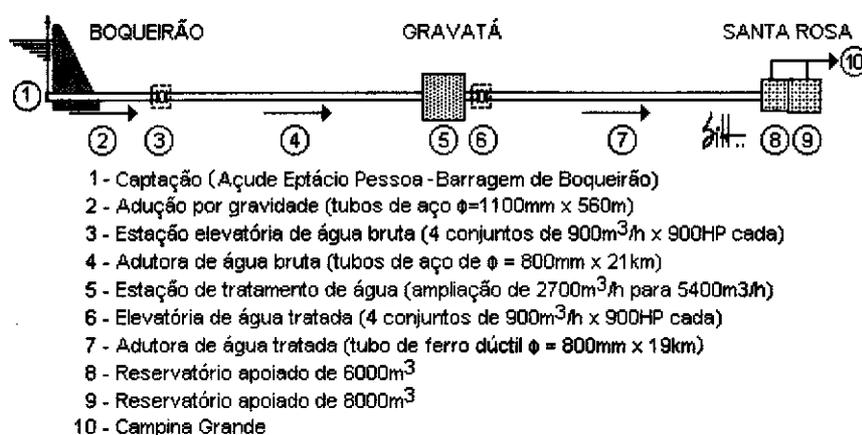


Figura V.1 - Esquema da terceira adutora de Campina Grande

7.3. Vazão de Dimensionamento

- adução contínua sem reservatório $Q = K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot P / 86\,400$ (l/s);
- adução contínua com reservatório $Q = K_1 \cdot q \cdot P / 86\,400$ (l/s).
- adução descontínua com reservatório $Q = K_1 \cdot q \cdot P / n \cdot 3\,600$ (l/s) para "n" horas de funcionamento diariamente.

7.4. Dimensionamento Hidráulico para Escoamento Livre (líquido escoando com superfície livre a pressão atmosférica local - canais a céu aberto, galerias, etc) Chezy: $V = C \sqrt{R \cdot J}$, Manning: $C = R^{1/6} \cdot n^{-1}$, Velocidade: $V = R^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot n^{-1}$, com limites em função da qualidade do líquido e do material de revestimento das paredes do

conduto, por exemplo mínimas de 0,45 m/s para água bruta e de 0,15 m/s para água limpa (tratada). Para outros limites consultar Tabelas 14.4 e 14.5 do Manual de Hidráulica de Azevedo Netto, 7ª edição.

7.5. Dimensionamento Hidráulico para Escoamento Forçado

Com o líquido escoando a pressão diferente da atmosférica externa ao conduto, por exemplo nos recalques, sucções, sifões, trechos com ponto final mais alto etc, recomenda-se trabalhar com velocidades entre 0,60m/s e 0,90m/s. Quando a pressão interna for maior, velocidades superiores a 1m/s em geral requerem justificativas técnicas, especialmente com rigoroso cálculo do golpe de ariete e seus dispositivos de amortecimento.

- Linha piezométrica

a) Fórmula de Darcy (apresentação americana)

$$J = f \cdot [V^2 / (2g \cdot D)] = [8f / (g \cdot \pi^2)] \cdot (Q^2 / D^5)$$

onde "f" é determinado pela expressão semi-empírica de C. F. Colebrook, divulgada em 1938,

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left[\frac{0,27K}{D} + \frac{2,51}{N_R \sqrt{f}} \right]$$

onde K é a rugosidade equivalente (TABELA III.1), ou seja, tamanho das asperezas, e K/D é a rugosidade relativa, grandeza esta de grande significado para se analisar a confiabilidade de uma expressão para cálculo das perdas. Esta equação também é conhecida como Equação Universal de Perdas de Carga.

b) Opicionalmente, em predimensionamentos, Hazen-Williams (aplicada tradicionalmente para diâmetros de 50mm a 3500mm)

$$J = 10,643 \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot Q^{1,85}$$

com os valores de "C" devidamente estimados (TABELA III.3).

- Predimensionamento para recalque

- Para adução contínua: $D = 1,2 \cdot Q^{1/2}$ (fórmula de Bresse)
- Para adução descontínua: $D = 1,3 \cdot (X/24)^{1/4} \cdot Q^{1/2}$, X menor que 24 horas (fórmula de Forchheimer).

Notas

* Jaques Antoine Charles Bresse (1822-1883), nascido em Vienne, Isère, professor de Matemática em Paris.

* Philipp Forchheimer (1852-1933), natural de Vienna, Áustria, professor de Hidráulica em Aachen e Graz.

- Potência

$P = \gamma \cdot Q \cdot H$ para Q em m^3/s ou $P = Q \cdot H / 75$ para Q em L/s e P em CV.

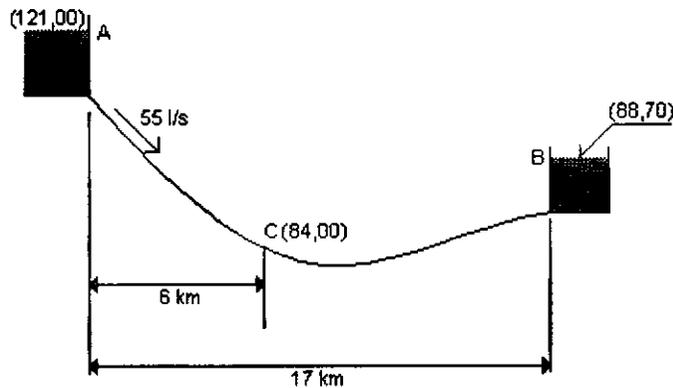


Figura V.2 - Adutora esquematizada do Exemplo 3

a) Perda unitária:

$$J = (121,00 - 88,70) / 17000 = 0,0019 \text{ m/m ou } 0,19 \text{ m /100m.}$$

b) Diâmetro:

Para $J = 0,0019 \text{ m/m}$, então $D = 0,317 \text{ m}$. Como este valor não é comercial, 300mm é insuficiente e toda a linha em 350mm trará um gasto adicional, isto implica em que se deve calcular um diâmetro misto de modo que se tenha uma extensão em 350mm em série com um trecho de 300mm. Assim

$$\begin{aligned} - D = 300 \text{ mm, } Q = 55 \text{ l/s e } C = 120 \quad J = 0,25 \text{ m /100m e} \\ - D = 350 \text{ mm, } Q = 55 \text{ l/s e } C = 120 \quad J = 0,12 \text{ m /100m ou } 0,0019 = 10,643 \cdot 120^{-1,85} \cdot \\ D^{-4,87} \cdot Q^{1,85} \end{aligned}$$

c) Extensão de cada trecho:

$$\begin{aligned} L_{300} \times J_{300} + L_{350} \times J_{350} &= 0,0019 \times 17000 \\ L_{300} \times 0,0025 + (17000 - L_{300}) \times 0,0012 &= 0,0019 \times 17000 \\ \text{donde } L_{300} &= 9154 \text{ m e } L_{350} = 7846 \text{ m.} \end{aligned}$$

d) Pressão em "C":

$$\begin{aligned} - \text{estática - PE} &= 121,00 - 84,00 = 37,00 \\ - \text{dinâmica - PD} &= 121,00 - 0,0012 \times 6000 - 84,00 = 29,80 \text{ m.} \end{aligned}$$

4. Se houver necessidade de um reforço de 15,0 l/s, verificar a velocidade, calcular a potência dos conjuntos elevatórios e esboçar o novo traçado da linha piezométrica.

a) velocidade no trecho de 300mm: $V = 0,070 / (\pi \cdot 0,15^2 / 4) = 0,99 \text{ m/s}$ (aceitável!, menor que 1,0 m/s).

b) Perdas: $h_f = 9154 \times 0,0039 + 7846 \times 0,0018 = 49,82 \text{ m.}$

7.6. Materiais e Peças Especiais das Canalizações

7.6.1. Categorias

Os materiais empregados nas canalizações de adução, costumam ser agrupados em três categorias principais, a saber:

- Tubulações;
- Conexões;
- Peças Especiais.

Na realidade estes materiais são utilizados em todas as unidades do sistema, de acordo com suas características específicas. O projetista deve estar atualizado com as potencialidades e novidades do mercado, especialmente através de catálogos convencionais ou eletrônicos dos fabricantes e com as normas técnicas em vigor.

No processo de aprendizagem é fundamental que, além do estudo teórico, haja um programa de visualização do material em estudo, pois dada a sua grande variedade estrutural e mercadológica desses materiais, esta etapa metodológica torna-se indispensável, além das possíveis ilustrações do texto. Uma visita a um almoxarifado de uma companhia concessionária seria uma sugestão.

7.6.2. Tubulações

As tubulações (canalizações construídas com tubos) são classificadas segundo o material de fabricação dos tubos, do tipo de junta e da pressão de serviço. Os tubos, as peças pré-moldadas que vão constituir as canalizações, podem ser de:

- Polietileno de Alta Densidade (PAD);
- Cloreto de Polivinil (PVC);
- Ferro Fundido Dúctil (F^ºF^º);
- Aço Soldado ou Rebitado;
- Concreto Simples ou Armado;
- Fibra de Vidro;
- Fibro-Cimento (em desuso).

A escolha do material dos tubos depende primariamente das pressões de serviço (a pressão interna quando em funcionamento hidráulico) que as tubulações vão ser submetidas. Além dos diversos materiais, os fabricantes oferecem, para um mesmo material, diversas opções para pressões de serviço e de ruptura, em geral mediante condições normalizadas oficialmente. Esses tubos de diferentes resistências estão divididos em grupos geralmente denominados de *classes*. Por exemplo: *PVC Classe 20* significa que este tubo deve trabalhar a uma pressão máxima de 10 kgf/cm². Outros aspectos também podem ser bastante relevantes na especificação do tubo, tais como:

- Facilidade de montagem (transporte, armazenagem, peso, corte, número de juntas e rapidez na sua execução etc);
- Resistência aos esforços externos (reaterros, cargas, pancadas acidentais etc);
- Funcionamento hidráulico, manutenção e durabilidade;
- Custos de aquisição e montagem.

As juntas podem ser do tipo *flexível* ou *elástica* com anéis de boracha (as mais comuns, especialmente para tubulações enterradas), soldadas (para PVC embutidas e com adesivo próprio), soldadas com solda elétrica em tubulações de aço, e flangeadas (Figura V.4), travadas ou mecânicas para tubos de ferro fundido. Tubos metálicos normalmente são empregados para trechos de alta pressão e, obrigatoriamente, para trechos expostos e sujeitos a cargas acidentais.

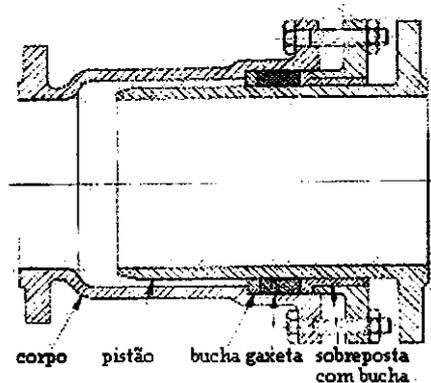


Figura V.4 - Junta de dilatação para tubos de ferro fundido com juntas de flanges

7.6.2.1. Tubos de PVC

Sendo materiais bem mais econômicos e muitas vezes mais adequados que os tubos metálicos, os tubos de PVC são fabricados a partir de matérias-primas como carvão, cal e cloreto de sódio. Prova da adequação desse material, tem-se notícia da fabricação, no exterior uma tubulação com vários quilômetros de extensão, desprovida de junta, o que foi obtido com o deslocamento da máquina à medida que o conduto ia se formando. O processo químico que envolve a fabricação do PVC é a seguinte: o carvão, agindo com a cal, forma o carbureto de cálcio e este, com a água, o acetileno que se combinado com o ácido clorídrico produzido pela eletrólise do cloreto de sódio vai formar o cloreto de vinila e este o de polivilina. Trabalhando-se este material obtém-se os tubos propriamente ditos.

Segundo Dacach, pelas normas brasileiras, os tubos de plástico rígidos (PVC) podem ser fabricados para as classes 8, 10, 12, 15, 20, cujas pressões de ensaio são os mesmos número de kg/cm². As pressões de trabalho, que devem ser a metade daquelas pressões quando transformadas em colunas de água, transformam-se nos seguintes valores:

Classe	Pressão de serviço (kgf/cm ²)
8	40
10	50
12	60
15	75
20	100

Os valores das pressões máximas de serviço decrescem com o aumento da temperatura na base de 20% para cada mais 10o.C.

Possuem ótima resistência à corrosão, pois sendo compostos por matérias essencialmente não corrosivos, a tubulações de plástico, são sem dúvida alguma, as que menos ficam sujeitas ao ataque da água e de terreno agressivos. Todavia, esta afirmação só é válida para temperaturas até 60°C no máximo. Vale salientar que esses tubos também são imunes à corrosão eletrolítica.

As suas paredes lisas beneficiam a sua capacidade de escoamento, sendo, sob as mesmas condições de trabalho e para mesmo diâmetro, capaz de fornecer uma vazão 1,4 vezes maior que o ferro fundido.

Normalmente são fabricados com juntas elásticas, sendo estas, para 60 e 300 mm de diâmetro, os mais comuns nos sistemas públicos de abastecimento de água. Essas juntas compõem-se de um anel de borracha que fica comprimido entre a ponta de um tubo e a bolsa do outro com o qual se une. Em geral o fabricante passa as seguintes recomendações: Antes da execução da junta, cumpre verificar se a bola, os anéis de borracha e as extremidade dos tubos a ligar se acham bem secos e limpos (isentos de areia, terra, lama, óleo, etc.). Realizada a junta, deve-se provocar uma folga de, no mínimo, um centímetro entre as extremidades, para permitir eventuais deformações, o que se consegue, por exemplo, imprimindo à extremidade livre do tubo recém-unido vários movimentos circulares. Em seguida deve-se verificar a posição dos anéis que devem ficar dentro da sede para isso disposta. Qualquer material usado pode favorecer o deslocamento no anéis de borracha, deverá ter características que não afetem a durabilidade dos mesmo e dos tubos de PVC rígido.”

7.6.3. Conexões

Estas peças são destinadas a ligarem tubos ou seguimentos de tubos entre si, permitindo mudanças de direção, derivações, alterações de diâmetros etc, e são fabricadas nas classes e juntas compatíveis com a tubulação. As mais comuns são:

- Curvas (mudanças de direção);
- Tês (derivação simples);
- Cruzetas derivação dupla;
- Reduções (mudanças de diâmetro);
- Luvas (ligação entre duas pontas);
- CAPS (fechamento de extremidades);
- Junções (derivações inclinadas) etc.

7.6.3. Peças especiais

São peças com finalidades específicas, tais como controle de vazões, esgotamento de canalizações, retirada de ar ou reenchimento de trechos de tubulação etc. Entre elas as mais comuns são:

- Registros ou válvulas de manobra para controle do fluxo (Figura V.5);
- Válvulas de retenção para impedir retorno do fluxo;
- Ventosas para aliviar o ar das canalizações;
- Crivos para impedir a entrada de material grosseiro nos condutos;
- Válvulas de pé para manter o escorvamento dos conjuntos elevatórios;
- Comportas e Adufas para controle das entradas e saídas de vazão;
- Hidrante para fornecimento de água para combate a incêndios.



Figura V.5 - Registro de gaveta com cabeçote e volante

8. Bombas Centrifugas

8.1. Máquinas Hidráulicas

8.1.1. Definição

Máquinas Hidráulicas são máquinas que trabalham fornecendo, retirando ou modificando a energia do líquido em escoamento.

8.1.2. Classificação

As máquinas hidráulicas podem ser classificadas em:

- *Máquinas operatrizes* - introduzem no líquido em escoamento a energia externa, ou seja, transformam energia mecânica fornecida por uma fonte (um motor elétrico, por exemplo) em energia hidráulica sob a forma de pressão e velocidade (exemplo: bombas hidráulicas);

- *Máquinas motrizes* - transformam energia do líquido e a transferem para o exterior, isto é, transformam energia hidráulica em outra forma de energia (exemplos: turbinas, motores hidráulicos, rodas d'água);

- *Mistas* - máquinas que modificam o estado da energia que o líquido possui (exemplos: os ejetores e **carneiros hidráulicos**).

8.2. Bombas

8.2.1. Definição

Bombas são máquinas operatrizes hidráulicas que fornecem energia ao líquido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro. Normalmente recebem energia mecânica e a transformam em energia de pressão e cinética ou em ambas.

8.2.2. Classificação

As bombas podem ser classificadas em duas categorias, a saber:

- *Turbo-Bombas, Hidrodinâmicas* ou *Rotodinâmicas* - são máquinas nas quais a movimentação do líquido é desenvolvida por forças que se desenvolvem na massa líquida em consequência da rotação de uma peça interna (ou conjunto dessas peças) dotada de pás ou aletas chamada de *roto*;

- *Volumétricas* ou de *Deslocamento Positivo* - são aquelas em que a movimentação do líquido é causada diretamente pela movimentação de um dispositivo mecânico da bomba, que induz ao líquido um movimento na direção do deslocamento do citado dispositivo, em quantidades intermitentes, de acordo com a capacidade de armazenamento da bomba, promovendo enchimentos e esvaziamentos sucessivos, provocando, assim, o deslocamento do líquido no sentido previsto.

São exemplos de bombas rotodinâmicas as conhecidíssimas bombas centrífugas e de bombas volumétricas as de êmbolo ou alternativas e as rotativas (Figura VI.1).

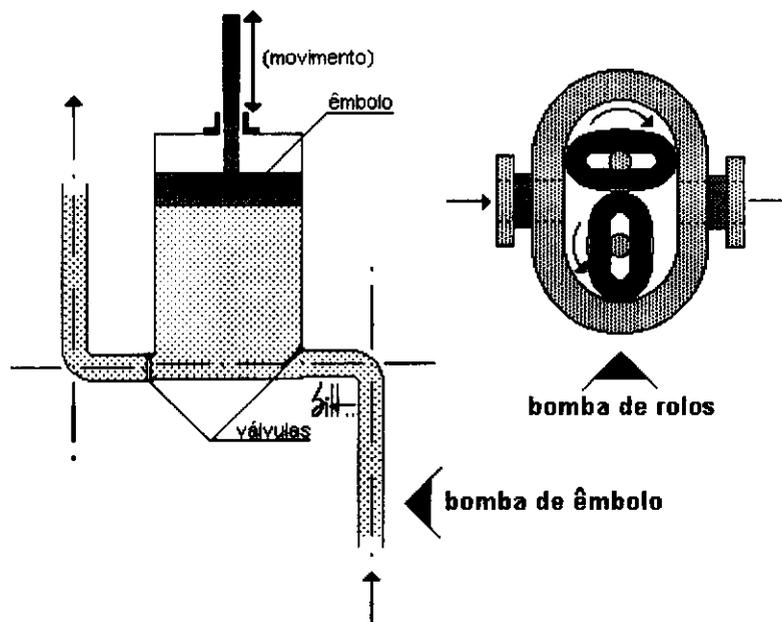


Figura VI.1 - Esquemas de bombas volumétricas

8.2.3. Bombas Centrífugas

8.2.3.1. Definição

Bombas Centrífugas são bombas hidráulicas que têm como princípio de funcionamento a força centrífuga através de palhetas e impulsores que giram no interior de uma carcaça estanque, jogando líquido do centro para a periferia do conjunto girante.

8.2.3.2. Descrição

Constam de uma câmara fechada, carcaça, dentro da qual gira uma peça, o *rotor*, que é um conjunto de palhetas que impulsionam o líquido através da voluta (Figura VI.2). O rotor é fixado no eixo da bomba, este contínuo ao transmissor de energia mecânica do motor. A *carcaça* é a parte da bomba onde, no seu interior, a energia de velocidade é transformada em energia de pressão, o que possibilita o líquido alcançar o ponto final do recalque. É no seu interior que está instalado o conjunto girante (eixo-rotor) que torna possível o impulsionamento do líquido.

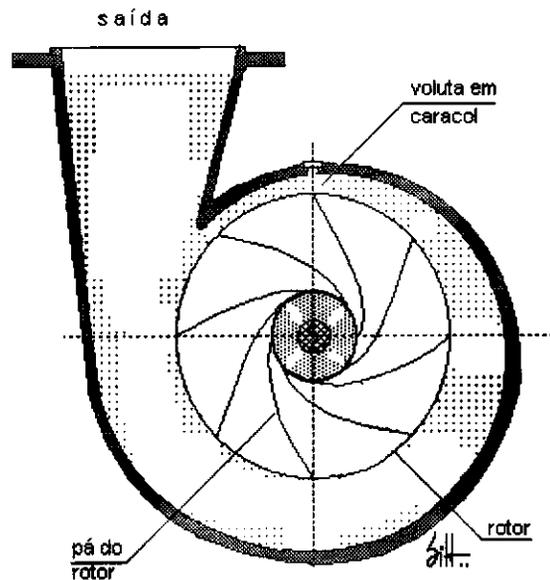


Figura VI.2 - Voluta em caracol

A carcaça pode ser do tipo *voluta* ou do tipo *difusor*. A de *voluta* é a mais comum podendo ser simples ou dupla (Figura VI.3). Como as áreas na voluta não são simetricamente distribuídas em torno do rotor, ocorre uma distribuição desigual de pressões ao longo da mesma. Isto dá origem a uma reação perpendicular ao eixo que pode ser insignificante quando a bomba trabalhar no ponto de melhor rendimento, mas que se acentua a medida que a máquina sofra redução de vazões, baixando seu rendimento. Como consequência deste fenômeno temos para pequenas vazões, eixos de maior diâmetro no rotor. Outra providência para minimizar este *empuxo radial* é a construção de bombas com *voluta dupla*, que consiste em se colocar uma divisória dentro da própria voluta, dividindo-a em dois condutos a partir do início da segunda metade desta, ou seja, a 180° do início da "voluta externa", de modo a tentar equilibrar estas reações duas a duas, ou minimizar seus efeitos.

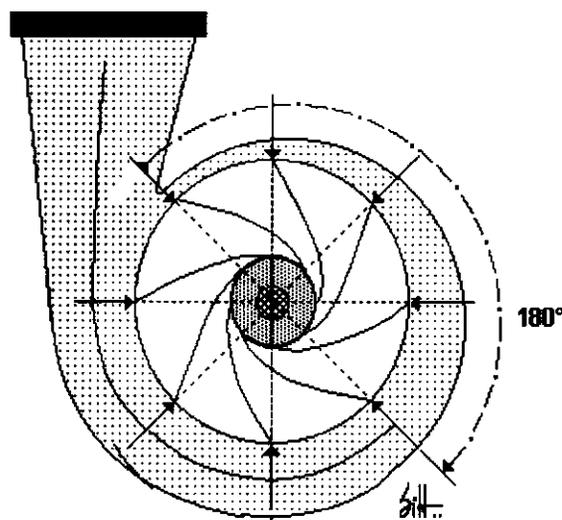


Figura VI.3 - Voluta dupla

Para vazões médias e grandes alguns fabricantes optam por bombas de entrada bilateral para equilíbrio do empuxo axial e dupla voluta para minimizar o desequilíbrio do empuxo radial. A carcaça tipo difusor não apresenta força radial, mas seu emprego é limitado a bombas verticais tipo turbina, bombas submersas ou horizontais de múltiplos estágios e axiais de grandes vazões. A carcaça tipo difusor limita o corte do rotor de modo que sua faixa operacional com bom rendimento, torna-se reduzida.

8.2.3.3. Classificação

A literatura técnica sobre classificação de bombas é muito variada, havendo diferentes interpretações conceituais. Aqui apresentamos uma classificação geral que traduz, a partir de pesquisas bibliográficas e textos comerciais, nossa visão sobre o assunto.

- Quanto a altura manométrica (para recalque de água limpa):

* Baixa pressão ($H \leq 15$ mca);

* Média pressão ($15 < H < 50$ mca);

* Alta pressão ($H \geq 50$ mca).

(OBS: Para recalques de esgotos sanitários, por exemplo, os limites superiores podem ser significativamente menores.

- Quanto a vazão de recalque:

* Pequena ($Q \leq 50$ m³/hora);

* Média ($50 < Q < 500$ m³/hora);

* Grande ($Q \geq 500$ m³/hora).

- Quanto à direção do escoamento do líquido no interior da bomba:
radial ou centrífuga pura, quando o movimento do líquido é na direção normal ao eixo da bomba (empregadas para pequenas e médias descargas e para qualquer altura manométrica, porém caem de rendimento para grandes vazões e pequenas alturas além de serem de grandes dimensões nestas condições);

* Diagonal ou de fluxo misto, quando o movimento do líquido é na direção inclinada em relação ao eixo da bomba (empregadas em grandes vazões e pequenas e médias alturas, estruturalmente caracterizam-se por serem bombas de fabricação muito complexa);

* Axial ou helicoidais, quando o escoamento desenvolve-se de forma paralela ao eixo e são especificadas para grandes vazões - dezenas de m³/s - e médias alturas - até 40 m (Figura VI.4);

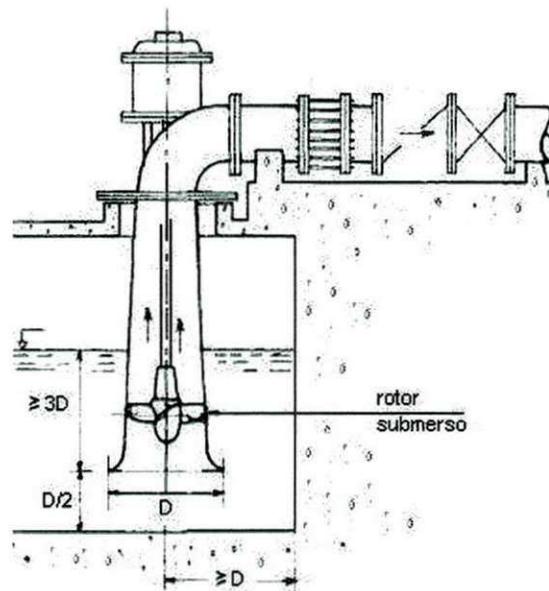
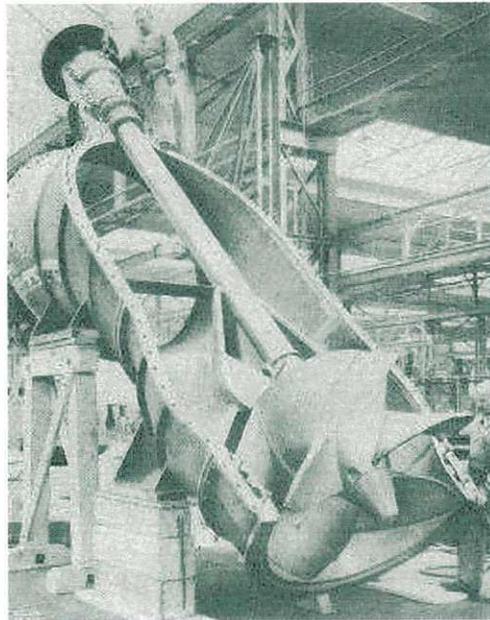


Figura VI.4 - Bomba axial: cortes

- Quanto à estrutura do rotor (Figura VI.5):

- * *Aberto* (para bombeamentos de águas residuárias ou bruta de má qualidade);
- * *semi-aberto* ou *semi-fechado* (para recalques de água bruta sedimentada);
- * *Fechado* (para água tratada ou potável) .

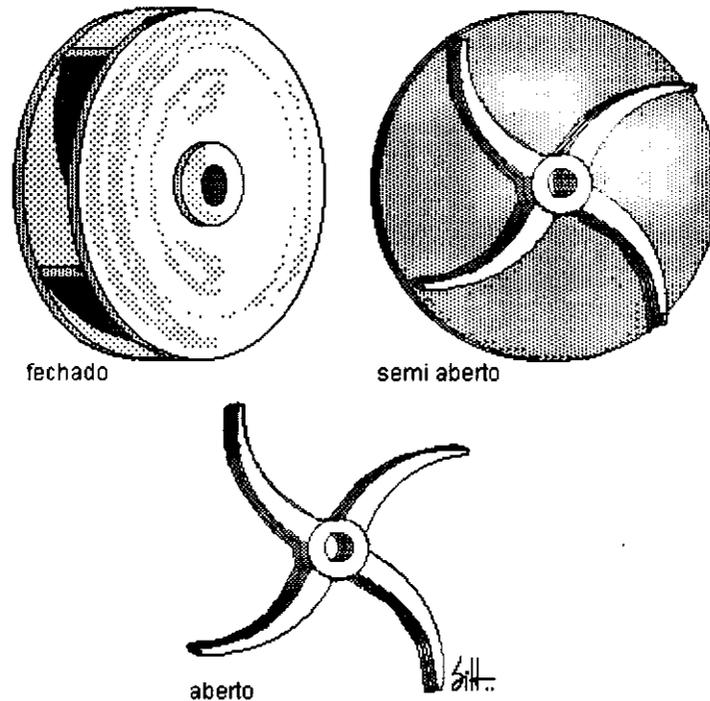


Figura VI.5 - Tipos de rotores

- Quanto ao número de rotores:

- * Estágio único;
- * Múltiplos estágios (este recurso reduz as dimensões e melhora o rendimento, sendo empregadas para médias e grandes alturas manométricas como, por exemplo, na alimentação de caldeiras e na captação em poços profundos de águas e de petróleo, podendo trabalhar até com pressões superiores a 200 kg/cm^2 , de acordo com a quantidade de estágios da bomba).

- Quanto ao número de entradas:

- * Sucção única, aspiração simples ou unilateral (mais comuns);
- * Sucção dupla, aspiração dupla ou bilateral (para médias e grandes vazões).

- Quanto a admissão do líquido:

- * *Sucção axial* (maioria das bombas de baixa e média capacidades);
- * *Sucção lateral* (bombas de média e alta capacidades);
- * *Sucção de topo* (situações especiais);
- * *Sucção inferior* (bombas especiais).

- Quanto a posição de saída:

- * De topo (pequenas e médias);
- * Lateral (grandes vazões)
- * Inclinada (situações especiais).
- * Vertical (situações especiais).

- Quanto a velocidade de rotação:

- * *Baixa rotação* ($N < 500\text{rpm}$);
- * *média* ($500 \leq N \leq 1800\text{rpm}$);
- * *Alta* ($N > 1800\text{rpm}$).

OBS: As velocidades de rotação tendem a serem menores com o crescimento das vazões de projeto, em função do peso do líquido a ser deslocado na unidade de tempo. Pequenos equipamentos, trabalhando com água limpa, têm velocidades da ordem de 3200rpm. Para recalques de esgotos sanitários, por exemplo, em virtude da sujeira abrasiva na massa líquida, os limites superiores podem ser significativamente menores: $N < 1200\text{rpm}$.

- Quanto à posição na captação (Figura VI.6):

- * *Submersas* (em geral empregadas onde há limitações no espaço físico - em poços profundos por exemplo);
- * *Afogadas* (mais frequentes para recalques superiores a 100 l/s);
- * *Altura positiva* (pequenas vazões de recalque).

- Quanto à posição do eixo (Figura VI.6):

- * *Eixo horizontal* (mais comuns em captações superficiais);
- * *Eixo vertical* (para espaços horizontais restritos e/ou sujeitos a inundações e bombas submersas em geral).

8.2.3.4. Grandezas características

Uma bomba destina-se a elevar um volume de fluido a uma determinada altura, em um certo intervalo de tempo, consumindo energia para desenvolver este trabalho e para seu próprio movimento, implicando, pois, em um rendimento característico. Estas, então, são as chamadas *grandezas características* das bombas, isto é, *Vazão Q*, *Altura manométrica H*, *Rendimento η* e *Potência P*.

8.2.3.5. Altura manométrica ou Carga - H

Altura manométrica de uma bomba é a carga total de elevação que a bomba trabalha. É dada pela expressão

$$H = h_s + h_{fs} + h_r + h_{fr} + (v_r^2/2g) \quad \text{Eq. 1}$$

onde:

- H = altura manométrica total;
- h_s = altura estática de sucção;
- h_{fs} = perda de carga na sucção (inclusive NPSH_r);
- h_r = altura estática de recalque;
- h_{fr} = perda de carga na linha do recalque;

$v_r^2/2g$ = parcela de energia cinética no recalque (normalmente desprezível em virtude das aproximações feitas no cálculo da potência dos conjuntos elevatórios (Figura VI.8).

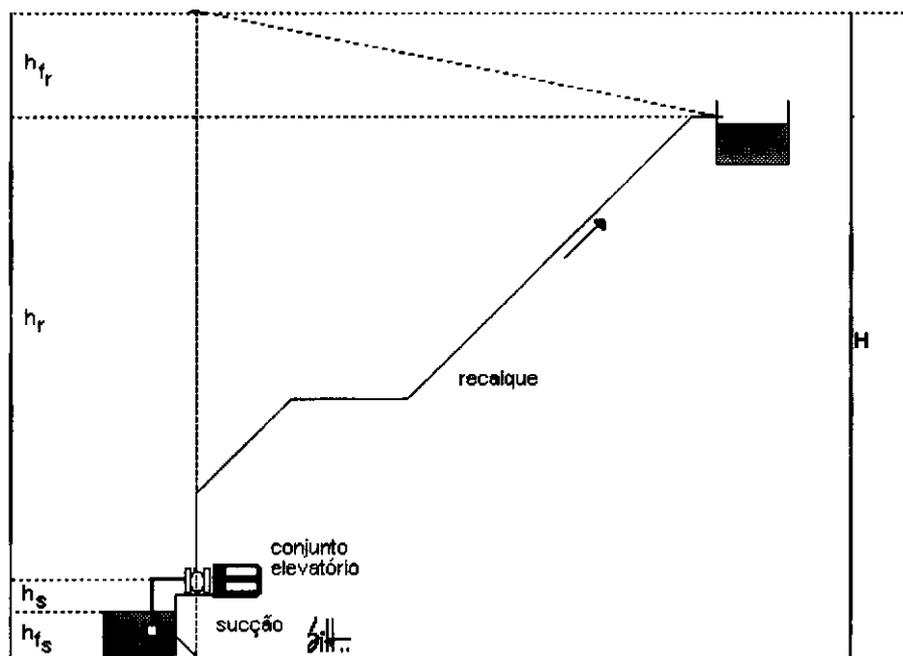


Figura VI.8 - Elementos da altura manométrica

8.2.3.6. Rendimentos

8.2.3.6.1. Perdas de Energia

A quantidade de energia elétrica a ser fornecida para que o conjunto motor-bomba execute o recalque, não é totalmente aproveitada para elevação do líquido, tendo em vista que não é possível a existência de máquinas que transformem energia sem consumo nesta transformação. Como toda máquina consome energia para seu funcionamento, então, haverá consumo no motor, na transformação da energia elétrica em mecânica e na bomba na transformação desta energia mecânica em hidráulica (Figura VI.9).

8.2.3.6.2. Rendimentos da bomba - η_b

Rendimento de uma bomba é a relação entre a potência fornecida pela bomba ao líquido (potência útil) e a cedida a bomba pelo eixo girante do motor (potência motriz). Uma bomba recebe energia mecânica através de um eixo e consome parcela desta energia no funcionamento de suas engrenagens, além do que parte da energia cedida pelo rotor ao líquido perde-se no interior da própria bomba em consequência das perdas hidráulicas diversas, da recirculação e dos vazamentos, de modo que só parte da energia recebida do motor é convertida em energia hidráulica útil.

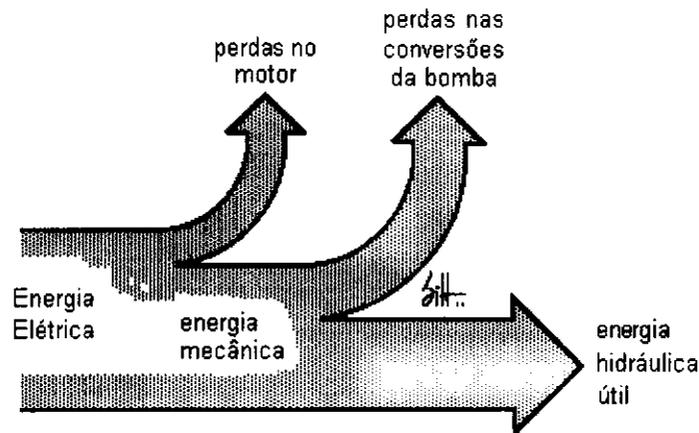


Figura VI.9 - Esquema das demandas de energia nos conjuntos

A relação entre a energia útil, ou seja, aproveitada pelo fluido para seu escoamento fora da bomba (que resulta na potência útil) e a energia cedida pelo rotor é denominada de *rendimento hidráulico interno da bomba*. A relação entre a energia cedida ao rotor e a recebida pelo eixo da bomba é denominada de *rendimento mecânico da bomba*. A relação entre a energia útil, ou seja, aproveitada pelo fluido para seu escoamento fora da bomba (potência útil) e a energia inicialmente cedida ao eixo da bomba é denominada *rendimento hidráulico total da bomba* e é simbolizada por η_b (Tabela VI.1).

Tabela VI.1 - Rendimentos hidráulicos aproximados das bombas centrífugas

Q (l/s)	5,0	7,5	10	15	20	25	30	40	50	80	100	200
η_b (%)	55	61	64	68	72	76	80	83	85	86	87	88

A relação entre a energia cedida pelo eixo do motor ao da bomba (que resulta na potência motriz) e a fornecida inicialmente ao motor é denominada de *rendimento mecânico do motor*, η_m (Tabela VI.2). A relação entre a energia cedida pelo rotor ao líquido (que resulta na potência de elevação) e a fornecida inicialmente ao motor é chamada de *rendimento total*. É o produto $\eta_b \cdot \eta_m = \eta$. Este rendimento é tanto maior quanto maior for a vazão de recalque para um mesmo tipo de bomba.

Tabela VI.2 - Rendimentos mecânicos médios

CV	1	2	3	5	6	7,5	10	15
%	72	75	77	81	82	83	84	85
CV	20	30	40	60	80	100	150	250
%	86	87	88	89	89	90	91	92

8.2.3.7. Potência solicitada pela bomba - P_b

Denomina-se de potência motriz (também chamada de potência do conjunto motor-bomba) a potência fornecida pelo motor para que a bomba eleve uma vazão Q a uma altura H . Nestes termos temos:

$$P_b = (\gamma \cdot Q \cdot H) / \eta, \quad \text{Eq. VI.2}$$

Onde,

P_b = potência em Kgm/s,

γ = peso específico do líquido.

Q = vazão em m^3/s ,

H = altura manométrica,

η = rendimento total ($= \eta_b \cdot \eta_m$).

Se quisermos expressar em cavalos-vapor - CV (unidade alemã)

$$P_b = (\gamma \cdot Q \cdot H) / (75 \cdot \eta), \quad \text{Eq. VI.3}$$

ou em horse-power - HP (unidade inglesa)

$$P_b = (\gamma \cdot Q \cdot H) / (76 \cdot \eta). \quad \text{Eq. VI.4}$$

Nota: Embora sendo $1CV \approx 0,986HP$, esta diferença não é tão significativa, pois a folga final dada ao motor e o arredondamento para valores comerciais de potência praticamente anulam a preocupação de se trabalhar com CV ou HP. Como γ é aproximadamente igual 1000 Kg/m^3 para água, então podemos empregar

$$P_b = (Q \cdot H) / (75 \cdot \eta), \quad \text{Eq. VI.5}$$

para Q em litros por segundo.

8.2.3.8. Curvas características da bomba

É a representação gráfica em um eixo cartesiano da variação das grandezas características (Figura VI.10).

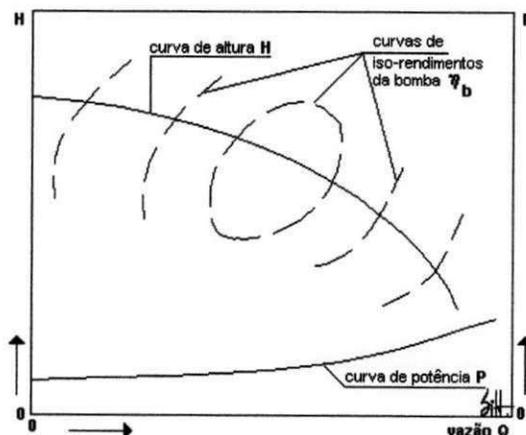


Figura VI.10 - Representação gráfica de uma curva característica

De acordo com o traçado de $H \times Q$ as curvas características podem ser classificadas como:

- *Flat* - altura manométrica variando muito pouco com a variação de vazão;
- *Drooping* - para uma mesma altura manométrica podemos ter vazões diferentes;

Steep - grande diferença entre alturas na vazão de projeto e a na vazão zero (ponto de *shut off*);

Rising - altura decrescendo continuamente com o crescimento da vazão.

As curvas tipo *drooping* são ditas instáveis e são próprias de algumas bombas centrífugas de alta rotação e para tubulações e situações especiais, principalmente em sistemas com curvas de encanamento acentuadamente inclinadas. As demais são consideradas estáveis, visto que estas para cada altura corresponde uma só vazão, sendo a *rising* a de melhor trabalhabilidade (Figura VI.11).

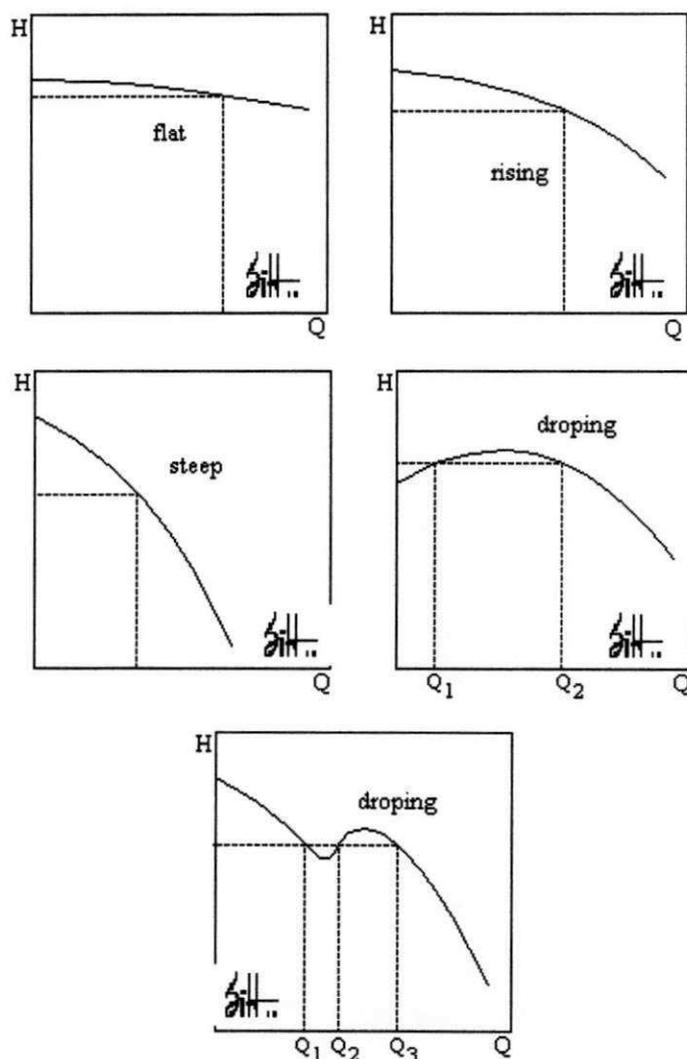


Figura VI.11 - Tipos de curvas características

8.2.3.9. Associação de bombas

A) Associações típicas

Dependendo da necessidade física ou da versatilidade desejada nas instalações elevatórias o projetista pode optar por conjuntos de bombas em série ou em paralelo. Quando o problema é de altura elevada geralmente a solução é o emprego de bombas em série e quando temos que trabalhar com maiores vazões a associação em paralelo é a mais provável. Teoricamente temos que bombas em série somam alturas e bombas em paralelo somam vazões. Na prática, nos sistemas de recalque, isto dependerá do comportamento da curva característica da bomba e da curva do encanamento, como estudaremos adiante.

Para obtermos a curva característica de uma associação de bombas em série somamos as ordenadas de cada uma das curvas correspondentes. Exemplo: se quisermos a curva de duas bombas iguais dobram-se estas ordenadas correspondentes a mesma vazão. Quando a associação é em paralelo somam-se as abscissas referentes a mesma altura manométrica. Nesta situação para duas bombas iguais dobram-se as vazões correspondentes (Figura VI.12).

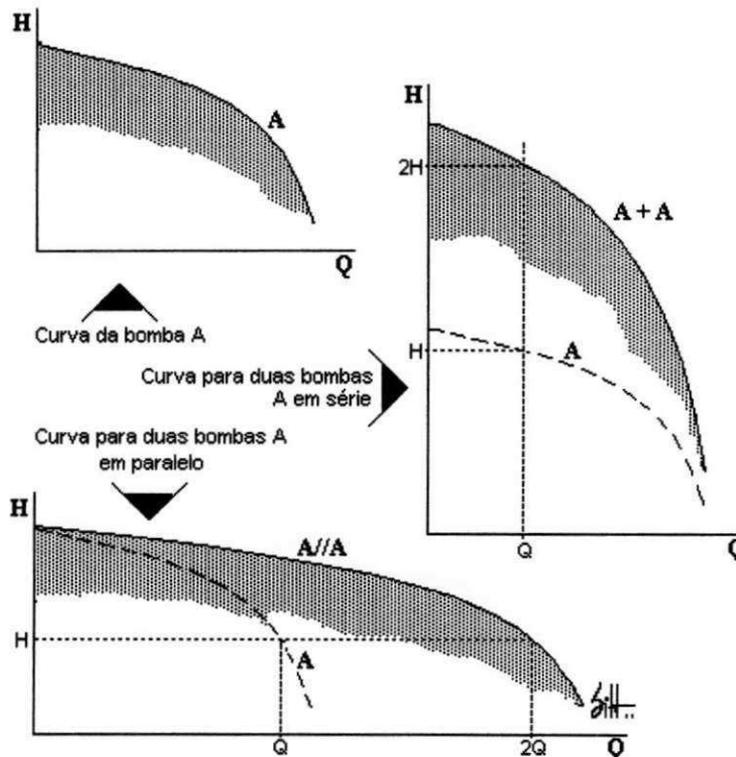


Figura VI.12 - Curvas características de associações de duas bombas iguais

B) Bombas em paralelo

É comum em sistemas de abastecimento de água, esgotamento ou serviços industriais, a instalação de bombas em paralelo, principalmente com capacidades idênticas, porém não exclusivas. Esta solução torna-se mais viável quando a vazão de

projeto for muito elevada ou no caso em que a variação de vazão for perfeitamente predeterminada em função das necessidades de serviço.

No primeiro caso o emprego de bombas em paralelo permitirá a vantagem operacional de que havendo falha no funcionamento em uma das bombas, não acontecerá a interrupção completa e, sim, apenas uma redução da vazão bombeada pelo sistema. No caso de apenas uma bomba aconteceria a interrupção total, pelo menos temporária, no fornecimento. Na segunda situação a associação em paralelo possibilitará uma flexibilização operacional no sistema, pois como a vazão é variável poderemos retirar ou colocar bombas em funcionamento em função das necessidades e sem prejuízo da vazão requerida.

A associação de bombas em paralelo, no entanto requer precauções especiais por parte do projetista. Algumas "lembranças" são básicas para se ter uma boa análise da situação, como por exemplo, quando do emprego de bombas iguais com curvas estáveis:

- *Vazão* - uma bomba isolada sempre fornecerá mais vazão do que esta mesma bomba associada em paralelo com outra igual porque a variação na perda de carga no recalque é diferente (V. estudo de curvas do sistema);

- *NPSH*, - este será maior com uma só bomba em funcionamento, pois neste caso a vazão de contribuição de cada bomba será maior que se a mesma estiver funcionando em paralelo;

- *Potência consumida* - este item dependerá do tipo de fluxo nas bombas, onde temos para o caso de fluxo radial potência maior com uma bomba, fluxo axial potência maior com a associação em completo funcionamento e, no caso de fluxo misto, será necessário calcularmos para as diversas situações para podermos indicar o motor mais adequado.

Para outras situações, como nos casos de associação com bombas diferentes, sistemas com curvas variáveis, bombas com curva drooping, por exemplo, as análises tornam-se mais complexas, mas não muito difíceis de serem desenvolvidas.

C) Bombas em série

Quando a altura manométrica for muito elevada, devemos analisar a possibilidade do emprego de bombas em série, pois esta solução poderá ser mais viável, tanto em termos técnicos como econômicos. Como principal precaução neste tipo de associação, devemos verificar se cada bomba a jusante tem capacidade de suporte das pressões de montante na entrada e de jusante no interior da sua própria carcaça. Para melhor operacionalidade do sistema é aconselhável a associação de bombas idênticas, pois este procedimento flexibiliza a manutenção e reposição de peças.

D) Conclusões

Diante da exposição anterior podemos concluir que:

- Na associação em paralelo devemos trabalhar com bombas com características estáveis, que o diâmetro de recalque seja adequado para não gerar perdas de carga excessivas e que a altura manométrica final do sistema nunca ultrapasse a vazão zero de qualquer uma das bombas associadas (V. curvas do sistema);

- Na associação em série selecionar bombas de acordo com as pressões envolvidas;

- Selecionar bombas iguais para facilitar a manutenção;
- Indicar motores com capacidade de atender todos pontos de trabalho do sistema;

No caso de ampliações, conhecimento prévio das curvas das bombas e do sistema em funcionamento.

E) Recomendações técnicas especiais

Para projetos de elevatórias recomenda-se que, no caso de associações em paralelo, o número fique limitado a três bombas com curvas iguais e estáveis. Se houver necessidade do emprego de um número maior ou de conjuntos diferentes, devemos desenvolver um estudo dos pontos de operação, tanto nas sucções como no ponto (ou nos pontos!) de reunião no recalque, principalmente para que não hajam desníveis manométricos que prejudiquem as hipóteses operacionais inicialmente previstas.

Quanto ao posicionamento das sucções apresentamos na Figura VI.13, algumas situações recomendadas para instalações bem como outras não recomendadas, mas que freqüentemente são encontradas por falta de uma orientação técnica conveniente.

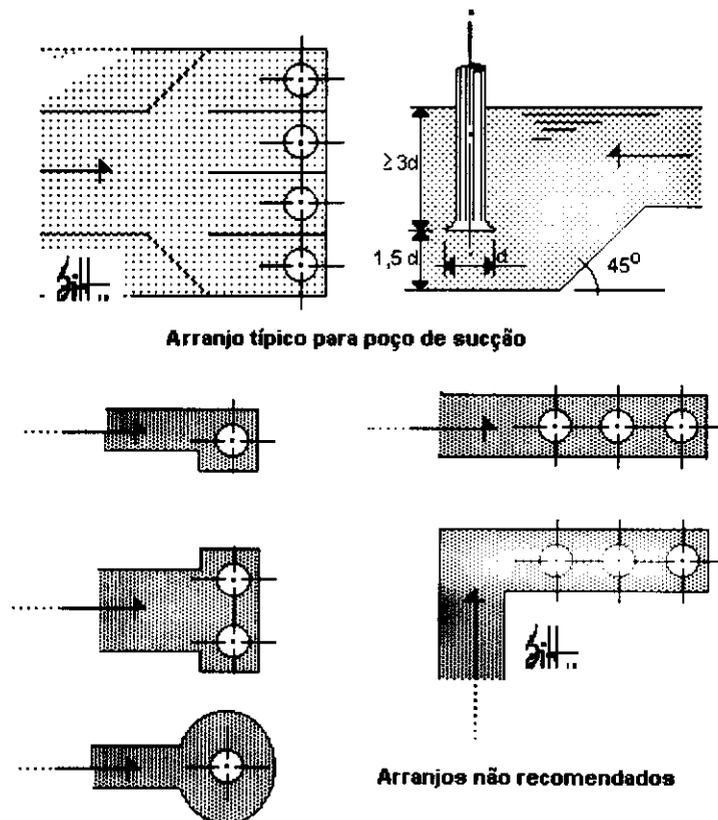


Figura VI.13 - Arranjos de sucções

8.2.4. Cavitação

8.2.4.1. Descrição do fenômeno

Como qualquer outro líquido, a água também tem a propriedade de vaporizar-se em determinadas condições de temperatura e pressão. E assim sendo temos, por

exemplo, entra em ebulição sob a pressão atmosférica local a uma determinada temperatura, por exemplo, a nível do mar (pressão atmosférica normal) a ebulição acontece a 100°C. A medida que a pressão diminui a temperatura de ebulição também se reduz. Por exemplo, quanto maior a altitude do local menor será a temperatura de ebulição (V. Tabela 4). Em consequência desta propriedade pode ocorrer o fenômeno da cavitação nos escoamentos hidráulicos.

Chama-se de cavitação o fenômeno que decorre, nos casos em estudo, da ebulição da água no interior dos condutos, quando as condições de pressão caem a valores inferiores a pressão de vaporização. No interior das bombas, no deslocamento das pás, ocorrem inevitavelmente rarefações no líquido, isto é, pressões reduzidas devidas à própria natureza do escoamento ou ao movimento de impulsão recebido pelo líquido, tornando possível a ocorrência do fenômeno e, isto acontecendo, formar-se-ão bolhas de vapor prejudiciais ao seu funcionamento, caso a pressão do líquido na linha de sucção caia abaixo da pressão de vapor (ou tensão de vapor) originando bolsas de ar que são arrastadas pelo fluxo. Estas bolhas de ar desaparecem bruscamente condensando-se, quando alcançam zonas de altas pressões em seu caminho através da bomba. Como esta passagem gasoso-líquido é brusca, o líquido alcança a superfície do rotor em alta velocidade, produzindo ondas de alta pressão em áreas reduzidas. Estas pressões podem ultrapassar a resistência à tração do metal e arrancar progressivamente partículas superficiais do rotor, inutilizando-o com o tempo.

Quando ocorre a cavitação são ouvidos ruídos e vibrações característicos e quanto maior for a bomba, maiores serão estes efeitos. Além de provocar o desgaste progressivo até a deformação irreversível dos rotores e das paredes internas da bomba, simultaneamente esta apresentará uma progressiva queda de rendimento, caso o problema não seja corrigido. Nas bombas a cavitação geralmente ocorre por altura inadequada da sucção (problema geométrico), por velocidades de escoamento excessivas (problema hidráulico) ou por escorvamento incorreto (problema operacional).

8.2.4.2. NPSH

Em qualquer cálculo de altura de sucção de bombas tem de ser levada em consideração que não deve ocorrer o fenômeno da cavitação e, para que possamos garantir boas condições de aspiração na mesma, é necessário que conheçamos o valor do NPSH (net positive suction head). O termo NPSH (algo como altura livre positiva de sucção) comumente utilizado entre os fornecedores, fabricantes e usuários de bombas pode ser dividido em dois tipos: o requerido ($NPSH_r$) e o disponível ($NPSH_d$).

O $NPSH_r$ é uma característica da bomba e pode ser determinado por testes de laboratório ou cálculo hidráulico, devendo ser informado pelo fabricante do equipamento. Podemos dizer que $NPSH_r$ é a energia necessária para o líquido ir da entrada da bomba e, vencendo as perdas dentro desta, atingir a borda da pá do rotor, ponto onde vai receber a energia de recalque, ou seja, é a energia necessária para vencer as perdas de carga desde o flange de sucção até as pás do rotor, no ponto onde o líquido recebe o incremento de velocidade. Em resumo $NPSH_r$ é a energia do líquido que a bomba necessita para seu funcionamento interno. Normalmente, o $NPSH_r$ é fornecido em metros de coluna de água (mca).

O NPSHr pode ser calculado através da expressão:

$$\text{NPSHr} = \sigma \cdot H_{\text{man}} \quad \text{Eq. VI.8}$$

onde o *coeficiente de cavitação* σ pode ser determinado pela expressão $\sigma = \phi (N_s)^{4/3}$, sendo ϕ um *fator de cavitação* que corresponde aos seguintes valores:

- Para bombas radiais $\Rightarrow 0,0011$;
- Diagonais $\Rightarrow 0,0013$;
- Axiais $\Rightarrow 0,00145$.

O NPSHd é uma característica do sistema e define-se como sendo a disponibilidade de energia que um líquido possui, num ponto imediatamente anterior ao flange de sucção da bomba, acima de sua tensão de vapor. Pode ser calculado através da expressão:

$$\text{NPSHd} = \pm h_s + [(P_{\text{atm}} - h_v) / \gamma] - h_f \quad \text{Eq. VI.9}$$

Em resumo, o NPSH_d é a energia disponível que possui o líquido na entrada de sucção da bomba. Portanto os fatores que influenciam diretamente o NPSH são a altura estática de sucção, o local de instalação, a temperatura de bombeamento e o peso específico, além do tipo de entrada, diâmetro, comprimento e acessórios na linha de sucção que vão influenciar nas perdas de carga na sucção.

Para que não ocorra o fenômeno da cavitação, é necessário que a energia que o líquido dispõe na chegada ao flange de sucção, seja maior que a que ele vai consumir no interior da bomba, isto é, que o NPSH disponível seja maior que o NPSH requerido, $\text{NPSH}_d \geq \text{NPSH}_r$. Teoricamente é recomendado uma folga mínima de 5%, ou seja, $\text{NPSH}_d \geq 1,05 \times \text{NPSH}_r$, sendo esta folga limitada a um mínimo de 0,30m, isto é, $1,05 \times \text{NPSH}_r \geq \text{NPSH}_r + 0,30\text{m}$.

8.2.4.3. Altura de sucção

Chama-se de *altura de sucção* a diferença entre as cotas do eixo da bomba e o nível da superfície livre da água a ser elevada, quando a água na captação está submetida a pressão atmosférica. Neste caso é função da pressão atmosférica do local (Tabela 3). Na realidade a altura de sucção não é limitada somente pela pressão atmosférica local, mas, também, pelas perdas de carga pelo atrito e pela turbulência ao longo da sucção e no interior da bomba até que o líquido receba a energia do rotor e, além disso, pela necessidade de evitar a cavitação. Como as condições de pressão atmosférica variam de acordo com a altitude do local e as de pressão de vapor com a temperatura do fluido a recalcar, os fabricantes não têm condições de fornecer a altura de sucção da bomba, mas devem apresentar a curva de variação do NPSHr, determinada nos laboratórios da indústria (V. Exemplo de cálculo na página seguinte).

8.2.4.4. Vórtice

Denomina-se de *vórtice* o movimento em espiral gerado a partir da superfície livre de um líquido quando este escoar por um orifício, quando este orifício encontra-se a uma profundidade inferior a um determinado limite. Como a entrada de água na sucção de um bombeamento assemelha-se a situação descrita, caso não sejam tomadas

precauções, poderá haver condições favoráveis ao aparecimento do problema. O crescimento contínuo do vórtice pode dar origem a entrada de ar no interior da bomba provocando cavitação no interior da mesma. Portanto o dimensionamento poços de sucção deve ser efetuado de modo a impedir a entrada de ar nas instalações. Algumas recomendações são básicas para se evitar o fenômeno, a saber:

- O bocal de entrada da tubulação de sucção deve distar das paredes pelo menos duas vezes o diâmetro e submerso em pelo menos três vezes (mínimo de 0,50m);
- O bocal deve ter forma alargada (boca de sino) quando não existir válvula de ou crivo e folga mínima para o fundo do poço de 0,5 a 1,5 vezes diâmetro da sucção;
- A largura (ou diâmetro) do poço de sucção multiplicada pela profundidade do líquido acima do bocal equivala a uma área, no mínimo, 10 vezes maior que a seção horizontal do mesmo poço;
- A velocidade de aspiração seja inferior as da Tabela VI.5.

8.2.4.5. Escorvamento

*Escorvar uma bomba é encher de líquido sua carcaça e toda a tubulação de sucção, de modo que ela entre em funcionamento sem possibilidade de bolhas de ar em seu interior. No caso de bombas com sucção positiva este escorvamento é mantido com a utilização das válvulas de pé, principalmente em sucções com diâmetros inferiores a 400mm, sendo o enchimento executado através do *copo de enchimento* para pequenas bombas e de *by pass* na válvula de retenção no recalque. Para grandes instalações recorrem-se às bombas de vácuo ou ejetores. Para grandes valores de NPSHr utilizam-se instalações com bombas afogadas ou submersas, onde temos o chamado *auto-escorvamento*.*

8.2.4.6. Precauções contra o aparecimento de cavitação

Para evitar que aconteça cavitações nas instalações de bombeamento alguns procedimentos são elementares, tanto na fase de projetos como na de operação, a saber:

- Tubulação de sucção a mais curta possível;
- Escorvamento completo;
- $NPSH_d \geq NPSH_r + 0,30m$;
- Medidas antivórtices;
- Limitação da velocidade máxima de aspiração em função do diâmetro (Tabela VI.5);
- Indicação clara da posição de abertura e de fechamento das peças especiais;
- Ligeira inclinação ascendente em direção à entrada da bomba nos trechos horizontalizados (para facilitar o deslocamento das bolhas de ar na fase de escorvamento);
- Conexão da sucção com a entrada da bomba através de uma redução excêntrica (também para facilitar o escorvamento);
- Não projetar registros nas sucções positivas;
- Emprego de crivos ou telas na entrada da sucção;
- Emprego de válvula de retenção nas sucções positivas;

Tabela VI.5 - Máximas velocidades de sucção

Diâmetro (mm)	Velocidade máxima (m/s)
50	0,75
75	1,10
100	1,30
150	1,45
200	1,60
250	1,60
300	1,70
≥ 400	1,80

8.3. Operacionalidade das Bombas Centrífugas

8.3.1. Ocorrências

As bombas centrífugas são equipamentos mecânicos e, portanto, estão sujeitas a problemas operacionais que vão desde uma simples redução de vazão até o não funcionamento generalizado ou colapso completo. Mesmo que o equipamento tenha sido bem projetado, instalado e operado, mesmo assim estará sujeito a desgastes físicos e mecânicos com o tempo. Os problemas operacionais podem surgir das mais diversas origens como imperfeições no alinhamento motor-bomba, falta de lubrificação ou lubrificação insuficiente ou qualidade inadequada do lubrificante, etc, colocação e aperto das gaxetas, localização do equipamento, dimensionamento das instalações de sucção e recalque, bem como suas próprias instalações, fundações e apoios na casa de bombas, qualidade da energia fornecida, etc.

Entrada de ar, sentido de rotação incorreta do rotor e entrada de sólidos no interior das bombas também não são ocorrências raras de acontecerem, principalmente nas fases iniciais de operação do bombeamento.

De um modo geral operar uma bomba com vazão reduzida implica em aumento do empuxo radial e da temperatura do líquido bombeado, além de gerar um retorno de fluxo, extremamente prejudicial a estrutura do rotor. Por outro lado vazões excessivas provocam aumento do NPSHr e redução do NPSHd e, conseqüentemente, aumentando a possibilidade de surgimento de cavitação. Também o excesso de vazão aumentará a potência requerida podendo, com isso, causar danos significativos ao sistema de fornecimento de energia mecânica (motor).

Os principais defeitos que ocorrem em bombas centrífugas são descarga insuficiente ou nula, pressão deficiente, perda da escorva após partida, consumo excessivo de energia, rápidos desgastes dos rolamentos e gaxetas, aquecimentos, vibrações e ruídos. E as principais causas são presença de ar ou vapor d'água dentro do sistema, válvulas pequenas ou inadequadamente abertas, submergência insuficiente, corpos estranhos no rotor, problemas mecânicos, refrigeração inadequada, lubrificação má executada, desgaste dos componentes, desvios de projeto e erros de montagem.

8.3.2. Procedimentos de manutenção preventiva

Em um programa de manutenção na operação de uma estação elevatória, é indispensável que sejam feitas observações e inspeções diárias, mensais, semestrais e anuais, em todas as instalações eletromecânicas.

Diariamente o operador deverá anotar, caso ocorram, variações de corrente, temperaturas excessivas nos mancais da caixa de gaxetas, vibrações anormais e ruídos estranhos. O surgimento de alterações como estas, indicam a necessidade imediata de inspeções corretivas. Como procedimentos preventivos, mensalmente deverão ser verificados o alinhamento do conjunto motor-bomba, a lubrificação das gaxetas, a temperatura dos mancais e os níveis do óleo e corrigi-los, se necessário.

Semestralmente o pessoal da manutenção deverá substituir o engaxetamento, verificar o estado do eixo e das buchas quanto a presença de estrias e, através da caixa de gaxetas, examinar o alinhamento e nivelamento dos conjuntos motor-bombas e verificar se as tubulações de sucção ou de recalque estão forçando indevidamente alguma das bombas e, finalmente, medir as pressões nas entradas e saídas das bombas.

Independente de correções eventuais, anualmente devem ser providenciadas uma revisão geral no conjunto girante, no rotor e no interior da carcaça, verificar os intervalos entre os anéis, medir a folga do acoplamento, substituir as gaxetas, trocar o óleo e relubrificar os mancais. É claro que esse acompanhamento sistemático não dá garantias que não ocorrerá situações emergenciais, mas a certeza que este tipo de ocorrência será muito mais raro é inquestionável.

8.4. Informações Complementares

8.4.1. Número de conjuntos

Um sistema de abastecimento da água não pode sofrer soluções de continuidade sob pena de ter sua eficiência, medida pelo binômio quantidade e qualidade, comprometida. É tecnicamente inadmissível que em linhas por recalque o bombeamento seja interrompido por falta de funcionamento dos equipamentos de pressurização em decorrência de problemas mecânicos normais, de manutenção preventiva, etc.

Para que tal situação não ocorra as estações elevatórias são dimensionadas com conjuntos de reserva de modo que sempre que ocorrer impossibilidade de funcionamento de alguma máquina, esta seja substituída por entre outra de igual capacidade para manter o pleno funcionamento da linha. O número de conjuntos de reserva deve ser compatível com as condições operacionais e deve ser de, pelo menos, um conjunto de reserva.

8.4.2. Seleção

São condições fundamentais para seleção das bombas, as hidráulicas do escoamento, ou seja, o ponto de funcionamento do sistema, a natureza do projeto, as características da água a ser recalçada, os equipamentos existentes no mercado e a similaridade com os já instalados e em operação para flexibilizar a reposição de peças defeituosas ou desgastadas. Além disso, também deve ser elaborado um estudo intensivo da dimensão da obra e etapas de construção, e um programa de que facilite a operação e manutenção dos serviços.

8.4.3. Manual de instruções

Seguir as instruções recomendadas pelos fabricantes dos equipamentos quanto a sua instalação, operação e manutenção é essencial para um bom desempenho e garantia técnica dos conjuntos. Para grandes máquinas os fabricantes, geralmente, além de fornecerem os manuais acompanham supervisionando toda a montagem e o funcionamento inicial visando corrigir eventuais problemas na montagem, tais como desalinhamentos, fundações, apoios, e chumbamentos conexões com as tubulações, operações de partida e manobras das válvulas e parada, etc.

8.4.4. Casa de bombas

As bombas deverão estar alojadas em uma edificação denominada de *casa de bombas*. Este edifício deverá ter dimensões tais que tenham espaços suficientes para permitirem com certa comodidade montagens e desmontagens dos equipamentos e circulação de pessoal de operação e manutenção, de acordo com as normas técnicas em vigor e com as recomendações dos fabricantes. Por exemplo, um espaço mínimo de 1,50m entre cada conjunto. Também deve ter espaço e estrutura para instalação de equipamentos de manutenção e serviço tais como vigas (para instalação de pontes rolantes, roldanas, etc), pórticos (para passagens livres) e aberturas em pisos e paredes.

Estudos sobre a disposição dos equipamentos, drenagem dos pisos são essenciais. Na elaboração de projeto arquitetônico é importante o estudo da iluminação, ventilação e acústica. O emprego de degraus deve ser restrito, mas sempre que for necessário não poderão ser economizados corrimãos.

8.4.5. Acessórios e dispositivos complementares

São procedimentos convencionais o emprego de registro nas sucções afogadas (nunca nas acima do nível da água) e somente em casos justificados poderão não ser indicados registros de manobras e válvulas de retenção após bomba.

Nas sucções positivas torna-se obrigatório o emprego de válvulas de pé (inúteis no caso de bombas afogadas) para manutenção do escorvamento. Qualquer que seja a situação devemos instalar crivos ou telas na entrada da sucção. Instalações de manômetros na entrada da bomba e na saída também são muito importantes nas tarefas de inspeção do equipamento. A conexão da tubulação horizontal de sucção, quando existir, deverá ser conectada a entrada da bomba através de uma redução excêntrica voltada para cima de modo a facilitar o escorvamento do trecho a montante.

Todas as tubulações deverão ser dispostas de maneira que possam permitir reparos e manutenção das peças especiais e conexões com um mínimo de perturbações no sistema, principalmente sem provocar tracionamentos nas demais peças. As aparentes deverão ser em ferro fundido flangeado (juntas rígidas) e com juntas de dilatação e de fácil desmontagem (*juntas gibault*, por exemplo) visto que estas tubulações estão sujeitas as intempéries, vibrações e choques acidentais no dia a dia operacional. Em tubulações com diâmetros inferiores a 100mm poderão ser empregados galvanizados rosqueáveis, por questões econômicas e, normalmente serem instalações mais simples. O projeto das tubulações deve evitar ao máximo alargamento ou reduções bruscas na continuidade das seções.

9. Características do Encanamento de Água

9.1. Curvas Características do Encanamento

9.1.1. Definição

Curvas características do encanamento ou curvas do sistema são funções representativas da variação da altura manométrica com a vazão numa mesma canalização (Figura VII.1). Ou seja, é uma curva obtida da equação da altura manométrica, a qual cresce a medida que a vazão aumenta em função do acréscimo da perda de carga ao longo do conduto. Esta curva é representada pela seguinte equação:

$$H_{\text{man}} = h_g + h_f, \quad \text{Eq. VII.1}$$

onde $h_g = h_s + h_r$ e $h_f = h_{fs} + h_{fr}$, sendo $h_f = (k \times Q^m / D^n) \times L_{\text{virtual}}$. Na prática as perdas localizadas em sistemas de recalques com extensões superiores a quatro mil vezes o diâmetro, isto é, $L > 4000 \times D$, tornam-se insignificantes na determinação da potência final de instalação e, assim procedendo-se temos $L_{\text{virtual}} = L_{\text{real}}$.

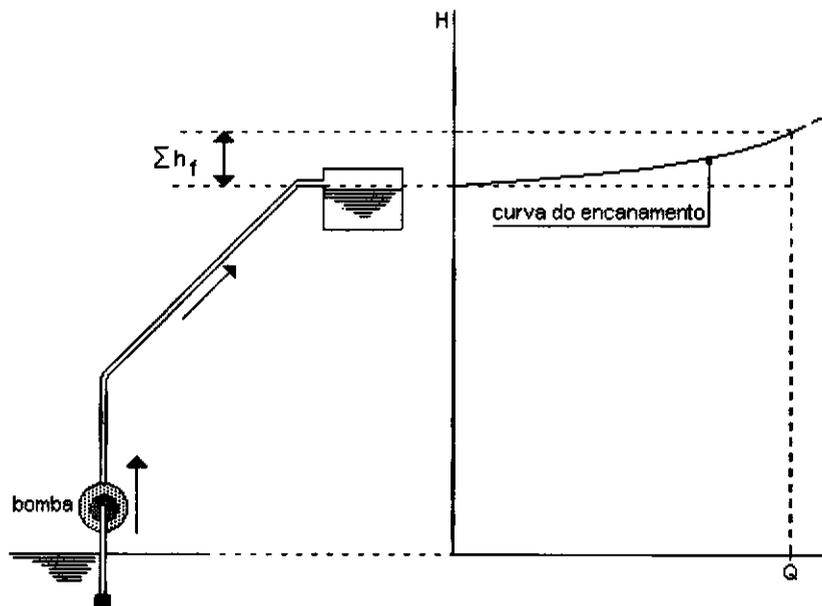


Figura VII.1 - Exemplo de uma curva característica de sistema

9.1.2. Associação de tubulações

9.1.2.1. Associações em série

No caso de associações em série temos em cada ramo a mesma vazão de escoamento, de modo que a perda originada no primeiro ramo (trecho do primeiro diâmetro) soma-se a perda do seguinte e assim sucessivamente, pois o recalque deverá vencer todas elas seguidamente. Assim a perda de carga total é a soma de todas as perdas parciais e a curva do sistema é a resultante da soma do desnível geométrico mais

as ordenadas correspondentes às perdas em cada trecho de diâmetro constante sobre o ponto (Figura VII.2).

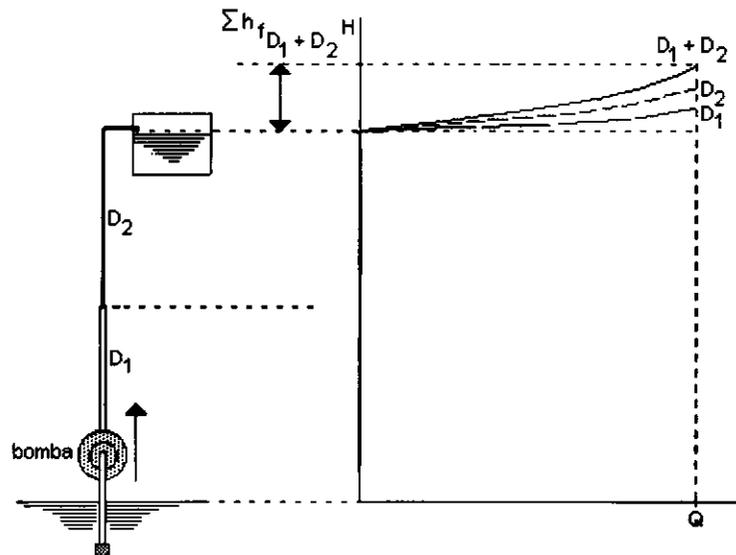


Figura VII.2 - Exemplo de curvas de encanamento de uma associação de tubulações em série

9.1.2.2. Associações em paralelo

Com tubulações paralelas temos também para cada trecho uma perda individual, só que neste caso as vazões são somadas, ou seja, no final temos uma vazão de chegada em cada trecho de montante. Sendo o ponto de chegada um ponto de reunião das vazões, então as perdas em cada ramo são iguais. Logo a curva do sistema será a resultante da soma das abscissas das curvas individuais de cada ramo, para uma mesma altura manométrica (Figura VII.3).

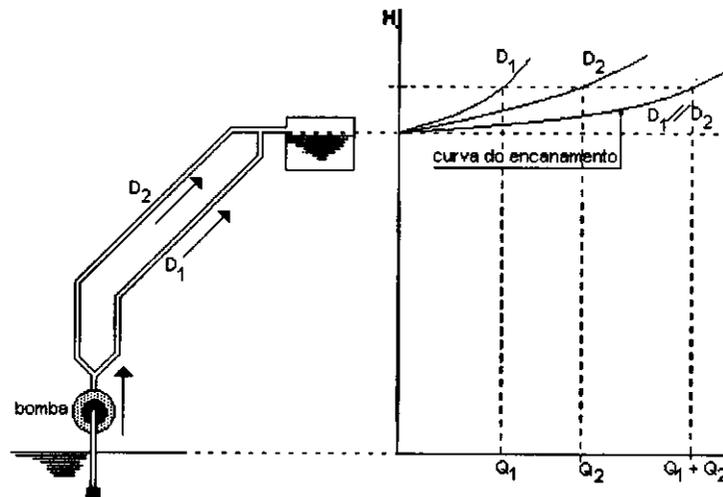


Figura VII.3 - Exemplo de curvas de encanamento de uma associação de tubulações em paralelo

9.1.2.3. Outros exemplos

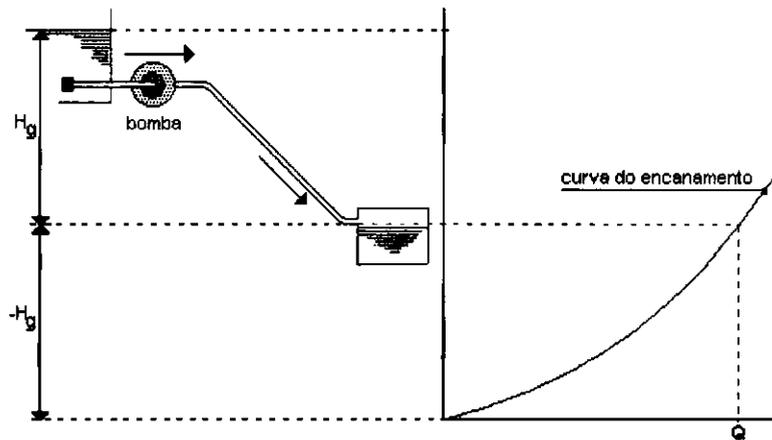


Figura VII.4 - Exemplo de sistema por gravidade ($h_g < 0$) a bomba funciona para vazões superiores a Q

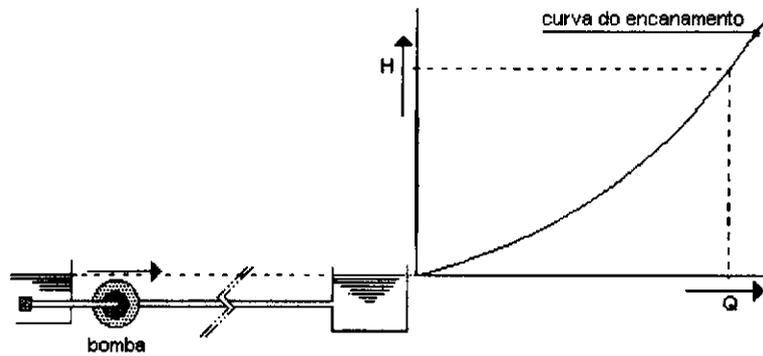


Figura VII.5 - Exemplo de encanamento com altura geométrica nula com a bomba parada os reservatórios têm níveis de água idênticos

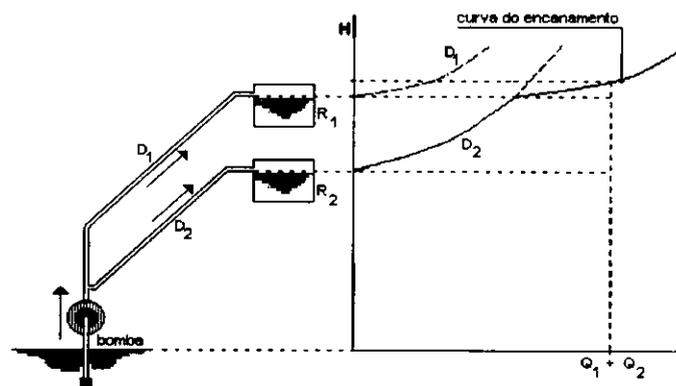


Figura VII.6 - Recalques paralelos com sucção única e reservatórios em níveis diferentes

9.2. Ponto de Trabalho das Bombas

Observando as curvas características estáveis das bombas centrífugas verificamos que para vazão nula a altura de elevação seria máxima. Este ponto, no estudo das bombas é denominado de *shut off*. Após a partida da bomba e a medida que o líquido começa a fluir e, continuamente, a crescer de intensidade por abertura contínua do registro de recalque, a capacidade de elevação vai caindo gradativamente. Isto é fácil de percebermos a partir da expressão do cálculo de potência: $P \sim f (Q \times H)$. Simultaneamente a curva do encanamento inicia sua ascensão, pois a medida que cresce a vazão também cresce as perdas de carga no sistema na velocidade da exponencial da citada vazão. Desde que o ponto de *shut off* seja mais alto que o desnível geométrico, nesta evolução as curvas irão se encontrar e, a partir deste ponto, a vazão não poderá mais evoluir, pois implicaria numa parcela de perda impossível de ser coberta pela capacidade de recalque da bomba. Neste ponto de cruzamento o escoamento torna-se estacionário (registro totalmente aberto) e temos, então, o *ponto de trabalho* ou *ponto de funcionamento* da bomba. Alguns autores distinguem que neste ponto temos a *vazão de trabalho* e a *altura de regime* da bomba (Figura VII.8).

Idealmente o ponto de trabalho de uma bomba deveria ficar na faixa de rendimento máximo. Porém por razões técnicas de produção (é impossível a fabricação de equipamentos para atendimento de todas as alturas manométricas e vazões de projetos) os conjuntos normalmente são especificados para trabalharem em uma faixa aceitável, próxima às vizinhanças do rendimento máximo, onde as bombas possam trabalhar sem inconvenientes técnicos ou mecânicos.

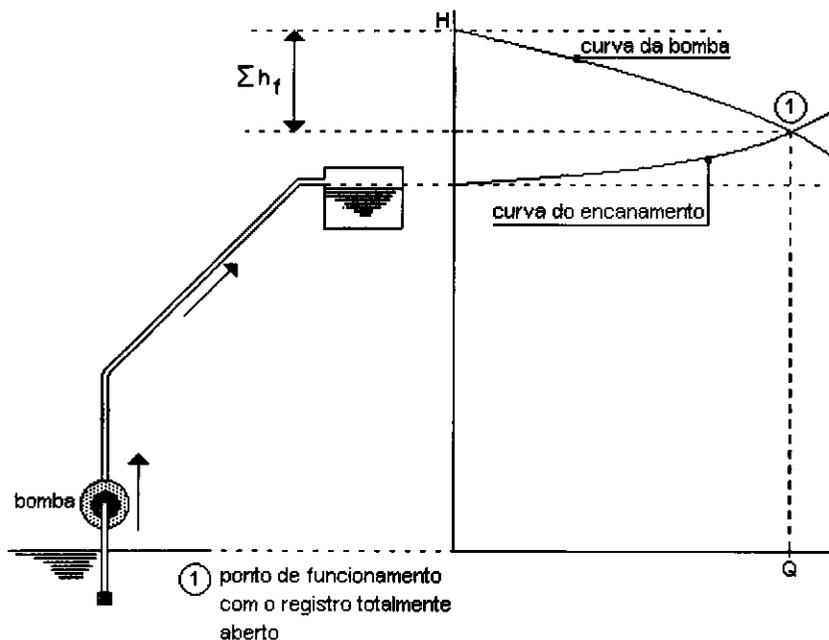


Figura VII.8 - Ponto de trabalho ou ponto de funcionamento da bomba.

Na escolha do equipamento, caso não haja uma prévia definição da linha de produtos a ser especificada, valerão os conhecimentos do projetista em termos de confiança nas marcas de máquinas disponíveis no mercado. Definida a marca e de posse

da vazão e da altura manométrica do recalque consultamos os catálogos de produtos de linha ou linhas escolhidas.

Geralmente os catálogos de bombas contém mapas com campos de utilização de cada equipamento, onde para cada campo corresponderá um agrupamento de homólogos com suas respectivas curvas características.

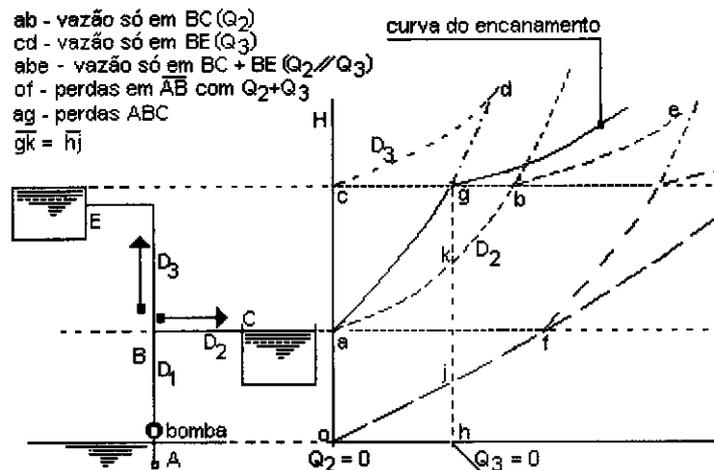


Figura VII.7 - Curva de encanamento para reservatórios em cotas diferentes e com adução com trecho em série e em paralelo até atingir a altura "oc" (ou "hg") há um funcionamento em série do trecho AB com BC e para alturas maiores AB + BE//BC.

9.3. Noções Sobre Motores

9.3.1. Motores

Os motores empregados em bombeamentos normalmente são os *elétricos* e, excepcionalmente, os *térmicos*. Os elétricos são máquinas que transformam energia elétrica em mecânica e são os mais empregados de todos os tipos de motores (mais de 95%), pois combina as vantagens de utilização de energia elétrica pelo seu baixo custo de operação, manutenção e investimento e a grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos.

Os térmicos são os que transformam energia calorífica em mecânica. São também chamados de *máquinas térmicas*. Classificam-se em *de combustão externa* que aproveitam a combustão da mistura ar-combustível transmitindo calor a um outro fluido que por sua vez passa a produzir trabalho (máquinas a vapor) e *de combustão interna* que aproveitam os próprios produtos da combustão para produzir trabalho. Estes classificam-se em *de ignição por centelha*, onde a ignição é feita com auxílio de dispositivos elétricos (exemplo, a gasolina) e *de ignição por compressão*, com a ignição espontânea (os movidos a diesel, por exemplo, estes normalmente mais pesados que os a gasolina porque funcionam a pressões superiores àqueles).

Normalmente as bombas para impulsionamento de água ou de esgotos sanitários são acionadas por motores movidos a eletricidade. Não é raro, porém, o emprego de motores alimentados por outras fontes de energia, como, por exemplo, motores de combustão interna, para que haja garantia de continuidade de funcionamento nos períodos em que ocorram falhas no fornecimento de energia elétrica. O próprio gás

produzido nas estações de tratamento de esgotos poderá ser uma fonte alternativa de energia. Motores movidos a gasolina são mais raros devido aos riscos no armazenamento deste combustível.

9.3.2. Motores elétricos

Os motores elétricos comerciais são do tipo *de corrente contínua* ou *de corrente alternada*. Os de contínua são pouco empregados (cerca de 5% das situações) tendo em vista que a energia elétrica normalmente é fornecida em corrente alternada, necessitando estes, portanto, de dispositivo de conversão de corrente de alternada para contínua encarecendo o equipamento, além do próprio custo do motor ser mais alto que o de corrente alternada. Estes motivos tornam seu uso restrito a instalações especiais como para acionar equipamentos que utilizam tração elétrica, guindastes, compressores, etc.

9.3.3. Classificação motores de corrente contínua

De acordo com sua modalidade construtiva os motores de corrente contínua são do tipo *shunt*, *série* e *compound*. Os *shunt* são empregados quando as características de partida (torque e aceleração) não são muito rígidas como, por exemplo, nas turbobombas, ventiladores, esteiras, etc. Estes motores caracterizam-se, também, por operarem com velocidades mais ou menos constantes. Os modelos *série* são empregados quando o conjugado de partida é muito grande, como nos guindastes, pontes rolantes e compressores. O *compound* emprega-se quando há necessidade de partida elevada e funcionamento constante, ou seja, é um motor com as características dos dois anteriores. São empregados para acionamento de bombas alternativas, comprimidores cilíndricos de lâminas (calandras), etc.

9.3.4. Motores elétricos de corrente alternada

9.3.4.1. Classificação

Os motores elétricos de corrente alternada usualmente utilizados para o acionamento de bombas hidráulicas pertencem a uma das seguintes categorias:

- a) motor síncrono polifásico;
- b) motor assíncrono (ou de indução) nas especificações
 - b.1 - com rotor de gaiola e
 - b.2 - com rotor bobinado.

9.3.4.2. Motor síncrono

O princípio de funcionamento do motor síncrono baseia-se na interação de dois campos magnéticos, ou seja, um campo girante produzido no estator por corrente alternada e um campo fixo no rotor produzido por corrente contínua (rotação do eixo igual a rotação síncrona). Estes motores tem uma velocidade de rotação, denominada de *velocidade de sincronismo*, constante e rigorosamente definida pela frequência da corrente e pelo número de pólos, de conformidade com a seguinte expressão:

$$n = (120 f / p)$$

Eq.VII. 2

sendo:

n - número de rotações por minuto (normalmente de 500 a 1200);

f - frequência da corrente em Hz (no Brasil = 60);

p - número de pólos (em geral 6 a 14).

A estrutura e o mecanismo de operação dos rotores síncronos são relativamente complicados e para o seu funcionamento há necessidade de uma fonte suplementar de energia em corrente contínua destinada à alimentação dos enrolamentos do rotor, visto que o estator recebe corrente alternada. Isto é obtido através de um pequeno gerador (espécie de dínamo) conhecido por *excitatriz*, acionado pelo mesmo eixo do motor. Também não possuem condições próprias de partida necessitando de equipamento auxiliar de partida até atingir a velocidade de sincronismo, em geral, pequenos motores de indução tipo gaiola.

O campo prático de aplicação dos motores síncronos é o das grandes instalações, geralmente quando a potência das bombas ultrapassa de 500HP e as velocidades necessitam ser baixas (até 1800rpm) e constantes. Devido a sua maior eficiência, o dispêndio com a energia elétrica em grandes instalações, passa a ter significativo valor na economia global do sistema. O custo inicial, entretanto, é elevado e a fabricação ainda restrita em no país. São ainda citadas como desvantagens dos síncronos controle relativamente difícil e sua sensibilidade às perturbações do sistema (excesso de carga, por exemplo) podendo provocar saídas do sincronismo que provocam paradas de funcionamento, acarretando prejuízos significativos.

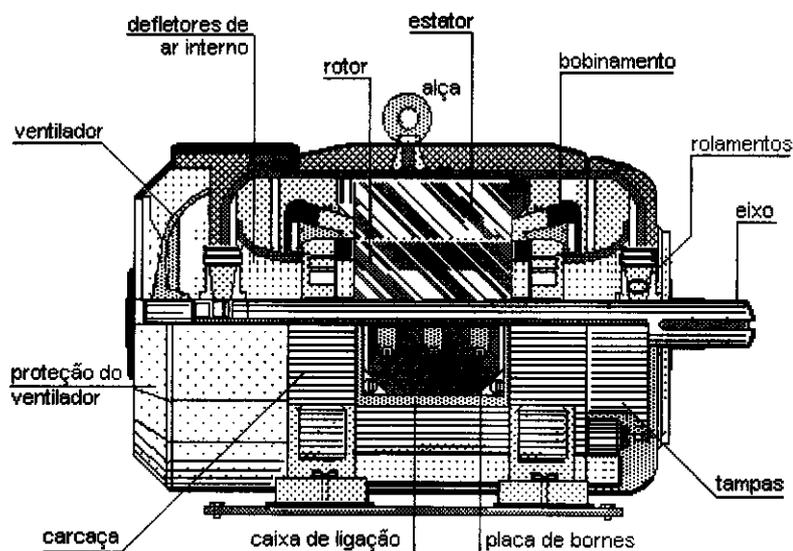


Figura VII.9 - Esquema de um motor elétrico

9.3.4.3. Motor assíncrono

Nos motores de indução ou assíncronos, onde os mais comuns são os trifásicos, o princípio de funcionamento baseia-se na indução de um campo girante com velocidade síncrona, produzido por bobinas alimentadas por um sistema de compensadoras automáticas, sobre espiras curto-circuitadas que possam girar em torno de um eixo. Esta indução cria uma força eletromotriz nas espiras que, por sua vez,

produzem campos girantes que atraem as espiras de modo que cada espira gera um campo reagente com a tendência de anular o efeito do campo girante, cuja somatória de reações elevam a força de atração.

Portanto, são duas as partes essenciais da mecânica de um motor de assíncrono: o estator ou indutor fixo e o rotor ou induzido. O rotor, por sua vez, pode ser do tipo bobinado ou do tipo curto-circuitado (de gaiola).

Nos assíncronos a velocidade de rotação não coincide exatamente com a velocidade de sincronismo já referida. Devido a carga há uma ligeira redução na rotação em decorrência da atração do rotor pelo campo girante, tendendo a atingir a mesma velocidade do campo do estator. A medida que o rotor vai se aproximando da velocidade do campo do estator, a variação começa a desaparecer devido a velocidade relativa. Sendo assim o campo reagente do rotor começa a diminuir sua velocidade e o fenômeno reinicia-se devido a um novo aumento da força de atração. Esta diferença de velocidade, da ordem de 3 a 5%, é conhecida por escorregamento. Exemplo: 1200rpm síncrono corresponde 1170rpm de indução. O motor de indução com motor de gaiola é o tipo de uso mais corrente nas pequenas e médias instalações de bombeamento. O rotor não possui nenhum enrolamento, não existindo contato elétrico do induzido com o exterior.

O rendimento (η_m) do motor assíncrono é elevado (analogamente ao estudado para as bombas, η_m é a relação entre a potência fornecida pelo motor e a absorvida pelo mesmo para fornecer aquela). A partida é feita utilizando-se chaves elétricas apropriadas (estrela-triângulo, chave compensadora, série-paralelo, entre outros). As instalações com bombas da ordem de até 500HP utilizam quase que exclusivamente motores desse tipo.

O motor de indução com rotor bobinado possui um enrolamento de fios também no rotor, com comutação para o exterior através de anéis e coletores, situados na extremidade livre do motor. Na fase de partida são introduzidas resistências reguláveis por meio de reostato, junto aos terminais. A medida que aumenta a velocidade, as resistências são parcialmente retiradas até a total eliminação, quando o motor atinge a velocidade normal.

Os motores de indução com rotor bobinado têm aplicação recomendada quando se tem um conjugado de partida elevado durante toda a fase inicial de movimentação. Não há necessidade de chaves especiais para a partida. Têm sido utilizados com maior frequência em instalações onde as bombas exigem motores acima de 500HP, embora os motores assíncronos com rotor de gaiola sejam também fabricados para potências maiores. São, também, empregados em compressores, guindastes, esteiras transportadoras, etc., sendo que, nestes casos, com conjugados de partida mais potentes. Seu custo é bem maior que os motores assíncronos com rotor de gaiola, requerem maiores cuidados de manutenção e têm pior rendimento. São mais indicados para bombeamento com velocidade variável, opção quando as variações de vazão são excessivas para bombeamentos constantes convencionais.

9.3.5. Frequência

No Brasil as redes de energia elétrica são projetadas para operarem com frequência de 60 Hz. Tecnicamente os motores devem funcionar satisfatoriamente em um intervalo de 5% da frequência nominal. Caso haja variação simultânea da tensão a somatória das duas variações (frequência + voltagem) não deve ultrapassar 10%. Acréscimos além destes valores podem provocar problemas irreparáveis ao

equipamento, tais como aumento excessivo da potência requerida, na corrente e velocidade de rotação e redução nos conjugados e correntes de partida.

9.3.6. Potência a instalar

A potência " P_m " consumida pelo conjunto motor-bomba chamada de potência do conjunto motor-bomba expressa em cavalos-vapor é dada pela expressão:

$$P_m = (\gamma \cdot Q_b \cdot H) / 75\eta, \quad (1 \text{ CV} = 0,986 \text{ HP}) \quad \text{Eq. VII.3}$$

onde $\eta = \eta_b \cdot \eta_m$ e é denominado de rendimento do conjunto.

A potência de placa do motor deve ser o suficiente para cobrir o valor da potência absorvida pela bomba. Convém, entretanto, que seja ligeiramente superior, pois a bomba poderá eventualmente funcionar com vazão maior do que a prevista (tubulação nova que admite escoamento maior devido a perda da carga ser menor que a calculada, tubulação descarregando em cota inferior a prevista, etc) e exigir uma potência maior em seu eixo. Esta potência é denominada de potência com folga " P_f ". Esta folga normalmente é recomendada pelo fabricante do motor e varia entre modelos. De um modo geral, podemos empregar os valores indicados na Tabela VII.1 como recomendação acadêmica, no caso de não dispormos de catálogos de produtos no momento dos cálculos.

Assim, calculada a potência P_m , a potência com folga será

$$P_f = f \cdot P_m \quad \text{Eq. VII.4}$$

Definida a potência com folga, então temos que indicar a potência a ser instalada " P_i ". Este valor vai depender dos motores comercialmente disponíveis (Ver Tabela VII.2) e do número de conjuntos de reserva na elevatória.

Tabela VII.1 - Folga para o motor

Intervalo de potência calculada (CV)	Coefficiente "f" de folga recomendada
até 2	1,50
de 2 a 5	1,30
de 5 a 10	1,20
de 10 a 20	1,15
acima de 20	1,10

Tabela VII.2a - Motores comerciais normalmente disponíveis no mercado nacional

CV	1	2	3	5	7,5	10	12	15	20	25	30	35
CV	40	45	50	60	80	100	125	150	200	250	300	350

Tabela VII.2b - Rendimentos mecânicos médios

CV	1	2	3	5	6	7,5	10	15
%	72	75	77	81	82	83	84	85
CV	20	30	40	60	80	100	150	250
%	86	87	88	89	89	90	91	92

9.4. Recomendações para Projetos de Elevatórias

9.4.1. Número de conjuntos

Um sistema de abastecimento da água não pode sofrer soluções de continuidade sob pena de ter sua eficiência, medida pelo binômio quantidade e qualidade, comprometida. É tecnicamente inadmissível que em linhas por recalque o bombeamento seja interrompido por falta de funcionamento dos equipamentos de pressurização em decorrência de problemas mecânicos normais, de manutenção preventiva, etc.

Para que tal situação não ocorra as estações elevatórias são dimensionadas com conjuntos de reserva de modo que sempre que ocorrer impossibilidade de funcionamento de alguma máquina, esta seja substituída por entre outra de igual capacidade para manter o pleno funcionamento da linha. O número de conjuntos de reserva deve ser compatível com as condições operacionais e deve ser de, pelo menos, um conjunto de reserva.

9.4.2. Seleção

São condições fundamentais para seleção das bombas, as hidráulicas do escoamento, ou seja, o ponto de funcionamento do sistema, a natureza do projeto, as características da água a ser recalçada, os equipamentos existentes no mercado e a similaridade com os já instalados e em operação para flexibilizar a reposição de peças defeituosas ou desgastadas. Além disso, também deve ser elaborado um estudo intensivo da dimensão da obra e etapas de construção, e um programa de que facilite a operação e manutenção dos serviços.

9.4.3. Manual de instruções

Seguir as instruções recomendadas pelos fabricantes dos equipamentos quanta a sua instalação, operação e manutenção é essencial para um bom desempenho e garantia técnica dos conjuntos. Para grandes máquinas os fabricantes, geralmente, além de fornecerem os manuais acompanham supervisionando toda a montagem e o funcionamento inicial visando corrigir eventuais problemas na montagem, tais como desalinhamentos, fundações, apoios, e chumbamentos conexões com as tubulações, operações de partida e manobras das válvulas e parada, etc.

9.4.4. Casa de bombas

As bombas deverão está alojadas em uma edificação denominada de *casa de bombas*. Este edifício deverá ter dimensões tais que tenham espaços suficientes para permitirem com certa comodidade montagens e desmontagens dos equipamentos e

circulação de pessoal de operação e manutenção, de acordo com as normas técnicas em vigor e com as recomendações dos fabricantes. Por exemplo, um espaço mínimo de 1,50m entre cada conjunto.

Também deve ter espaço e estrutura para instalação de equipamentos de manutenção e serviço tais como vigas (para instalação de pontes rolantes, roldanas, etc), pórticos (para passagens livres) e aberturas em pisos e paredes. Estudos sobre a disposição dos equipamentos, drenagem dos pisos são essenciais. Na elaboração de projeto arquitetônico é importante o estudo da iluminação, ventilação e acústica. O emprego de degraus deve ser restrito, mas sempre que for necessário não poderão ser economizados corrimãos.

9.4.5. Acessórios e dispositivos complementares

São procedimentos convencionais o emprego de registro nas sucções afogadas (nunca nas acima do nível da água) e somente em casos justificados poderão não ser indicados registros de manobras e válvulas de retenção após bomba.

Nas sucções positivas torna-se obrigatório o emprego de válvulas de pé (inúteis no caso de bombas afogadas) para manutenção do escorvamento. Qualquer que seja a situação devemos instalar crivos ou telas na entrada da sucção. Instalações de manômetros na entrada da bomba e na saída também são muito importantes nas tarefas de inspeção do equipamento.

A conexão da tubulação horizontal de sucção, quando existir, deverá ser conectada a entrada da bomba através de uma redução excêntrica voltada para cima de modo a facilitar o escorvamento do trecho a montante.

Todas as tubulações deverão ser dispostas de maneira que possam permitir reparos e manutenção das peças especiais e conexões com um mínimo de perturbações no sistema, principalmente sem provocar tracionamentos nas demais peças.

As tubulações aparentes deverão ser em ferro fundido flangeado (*juntas rígidas*) e com juntas de dilatação e de fácil desmontagem (*juntas gibault*, por exemplo) visto que estas tubulações estão sujeitas as intempéries, vibrações e choques acidentais no dia a dia operacional.

Em tubulações com diâmetros inferiores a 100mm poderão ser empregados galvanizados rosqueáveis, por questões econômicas e, normalmente por serem instalações mais simples.

No projeto das tubulações devem ser evitados ao máximo, alargamentos ou reduções bruscas na continuidade das seções.

10. Fundação do Reservatório

Fundações são os elementos estruturais cuja função é transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apóia (AZEVEDO, 1988). Assim as fundações devem ter resistência adequada para suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes. Além disso, solo necessita de resistência e rigidez apropriadas para não sofrer ruptura e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais.

Para se escolher a fundação mais adequada, deve-se escolher os esforços mais atuantes sobre a edificação, as características do solo e os elementos estruturais que formam as fundações. Assim analisa-se as possibilidades de utilizar os vários tipos de fundações, em ordem crescente de complexidade e custo (WOLLE, 1993). O custo da fundação aumenta também em casos em que as características de resistência do solo são incompatíveis com os esforços que serão a ele transmitidos, pois nestas situações,

elementos de fundações mais complexos são exigidos podendo-se ter, inclusive, a necessidade de troca de solo, com reaterro e compactação. Tudo isso levando a custos, muitas vezes, não previstos inicialmente.

10.1 Sondagens

É sempre aconselhável a execução de sondagens, no sentido de reconhecer o subsolo e escolher a fundação adequada, fazendo com isso, o barateamento das fundações. As sondagens representam, em média, apenas 0,05 à 0,005% do custo total da obra.

10.1.1 Determinação do número de sondagens a executar

- No mínimo, três furos para determinação da disposição e espessura das camadas.
- À distância entre os furos de sondagem deve ser de 15 a 20m, evitando que fiquem numa mesma reta e de preferência, próximos aos limites da área em estudo.

Número de sondagens pela ABNT:

ÁREA CONSTRUÍDA	Nº DE SONDAgens
de 200m ² até 1,200m ²	1 sondagem para cada 200m ²
de 1,200m ² até 2,400m ²	1 sondagem para cada 400m ² que exceder a 1,200m ²
acima de 2,400m ²	Será fixada a critério, dependendo do plano de construção.

10.2 Observações Importantes

1. Verificar se o terreno confirma a sondagem quando da execução da fundação;
2. Verificar a exata correspondência entre os projetos, arquitetônico, estrutural e o de fundações;
3. Verificar se o traço e o preparo do concreto atendem as especificações de projeto;
4. Verificar qual o sistema de impermeabilização indicada no projeto. Constatar se as especificações dos materiais, bem como as recomendações técnicas dos fabricantes estão sendo rigorosamente obedecidas.

11. Concretagem do reservatório

Molhar bem o material antes de lançar o concreto, este deve ser vibrado bem, para que preencha todos os vazios evitando o vazamento d'água.

Salvo alguma restrição do calculista, o concreto de todo reservatório será de traço 1:2:3 com resistência mínima aos 28 dias de 25 MPa.

Para se concretar a tapa do reservatório foram executadas com escoramento (grande vão).

12. Cura do Concreto e Desforma

Após o lançamento do concreto a área concretada deverá ser molhada, no mínimo, três vezes ao dia durante três dias. O descimbramento da área concretada, como em qualquer estrutura, deve ser feito gradualmente e numa seqüência que não solicite o vão a momentos negativos, geralmente em torno de 21 dias para pequenos vãos e 28 dias nos vãos maiores, salvo indicações do responsável técnico.

Na tapa do reservatório é aconselhável que o escoramento seja retirado após a conclusão dos serviços de execução do telhado.

12.1. Observações Importantes

- ✓ Verificar sempre os escoramentos e contraventamentos;
- ✓ Verificar o comportamento estrutural dos apoios das lajes pré - fabricadas;
- ✓ Proporcionar uma contra fecha compatível com o vão a ser vencido;
- ✓ Molhar até a saturação a concretagem no mínimo 3 dias e tres vezes ao dia.

12.2 Noções de Segurança

- ✓ Para caminhar sobre a laje durante o lançamento do concreto, é aconselhável fazê-lo sobre tábuas apoiadas nas vigas para evitar quebra de materiais ou possíveis acidentes;
- ✓ Andar sempre sobre passarela executada com tábuas e nunca no elemento intermediário, mesmo sendo bloco de concreto.
- ✓ Para evitar quedas de operários ou de materiais da borda da laje deve-se prever a colocação de guarda corpo de madeira ou metal, com tela, nas bordas da periferia da laje.
- ✓ Utilizar andaimes em todos os trabalhos externos à laje.

13. Detalhes de Execução em Obras com Concreto Armado

Sabemos, que apesar da grande evolução na tecnologia do concreto, nas obras de pequeno e médio porte não se consegue executar um concreto com todas as suas características, de resistência à compressão, pega, trabalhabilidade, perda ao fogo etc, o que fará com que as construções sejam prejudicadas quanto a estabilidade, funcionalidade das estruturas em concreto armado, devido sempre a problemas referentes a custos, e também por falta de tecnologia por parte de pequenos construtores.

Seriam óbvias as vantagens em economia propiciadas pela utilização de concreto de maior resistência, mas é importante frisar que grandes benefícios poderiam também ser obtidos no que concerne à durabilidade das estruturas, pois concretos mais fortes tem também, em geral, maior resistência à abrasão e baixa permeabilidade.

No que se refere aos constituintes da mistura os pontos-chaves são o fator água-cimento, consumo de cimento e resistência. Atenção também deve ser dada às especificações sobre agregados, cimentos, aditivos e cuidado especial é recomendável quanto aos teores de cloretos e sulfatos no concreto.

Vamos abordar de modo prático alguns detalhes para uma boa execução de obras em concreto armado, ficando aqui em ressalva que qualquer problema em obra deverá

ser bem estudado para se fornecer uma solução adequada, pois cada uma tem seus aspectos exclusivos e particulares.

13.1 Materiais Empregados em Concreto Armado

13.1.1 Cimento

O projeto deverá estabelecer os tipos de cimento adequados, tecnicamente e economicamente, a cada tipo de concreto, estrutura, método construtivo, ou mesmo, em relação aos materiais inertes disponíveis.

Exemplo de alguns tipos de cimento passíveis de emprego em aplicações específicas:

✓ Cimento Portland comum

- Concreto armado em ambientes não agressivos
- Lançamento de pequenos volumes ou grandes volumes desde que empregados, na mistura, outros aglomerantes ativos (tais como materiais pozzolânicos ou escória de alto forno) para redução do calor de hidratação.
- Concreto protendido ou pré-moldado
- Não recomendado para emprego em ambientes agressivos;
-

✓ Cimento Portland de alta resistência inicial

- Pré-moldados;
- Para descimbramento a curto prazo;
- Não recomendado para lançamento de grandes volumes;
- Cimento de moderada e alta resistência a sulfatos;
- Estruturas em contato com sulfatos;
- Estruturas em meios ligeiramente ácidos;
- Concreto massa;
- Pouco recomendável o emprego em estruturas onde sejam necessárias a desforma e o descombramento rápido.
- Cimento portland de alto forno:
- Recomendável para estruturas em meios ácidos ou sujeitas a ataque de sulfatos e/ou ácidos;
- Aplicável a concreto massa;
- Possível o emprego com agregados álcali-reativos;
- Cimento portland pozzolânico;
- Recomendável para concreto massa e para uso com agregados reativos com álcalis;
- Aplicável a estruturas sujeitas a ataques ácidos fracos ou de sulfatos;
- Cimento aluminoso;
- Para refratários em ambientes ligeiramente ácido.

O cimento, ao sair da fábrica acondicionado em sacos de várias folhas de papel impermeável, apresenta-se finamente pulverizado e praticamente seco, assim devendo ser conservado até o momento da sua utilização.

Quando o intervalo de tempo decorrido entre a fabricação e a utilização não é demasiado grande, a proteção oferecida e em geral, suficiente.

Caso contrário, precauções suplementares devem ser tomadas para que a integridade dos característicos iniciais do aglomerante seja preservada.

A principal causa da deterioração do cimento é a umidade que, por ele absorvida, hidrata-o pouco a pouco, reduzindo-lhe sensivelmente as suas características de aglomerante.

O cimento hidratado é facilmente reconhecível. Ao esfregá-lo entre os dedos sente-se que não está finamente pulverizado, constata-se mesmo, freqüentemente, a presença de torrões e pedras que caracterizam fases mais adiantadas de hidratação.

✓ **Recomendações**

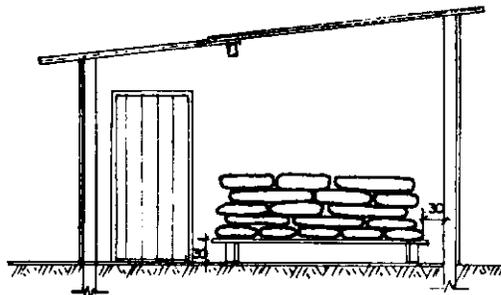
O cimento sendo fornecido em sacos deve-se verificar sua integridade, não aceitando os que estiverem rasgados ou úmidos. Os sacos que contém cimento parcialmente hidratado, isto é, com formação de grumos que não são total e facilmente desfeitos com leve pressão dos dedos, não devem ser aceitos para utilização em concreto estrutural.

Para armazenar cimento é preciso, em primeiro lugar, preservá-lo, tanto quanto possível, de ambientes úmidos e em segundo, não ser estocado em pilhas de alturas excessivas, pois o cimento ainda é possível de hidratar-se. É que ele nunca se apresenta completamente seco e a pressão elevada a que ficam sujeitos os sacos das camadas inferiores reduz os vazios, forçando um contato mais intenso entre as partículas do aglomerante e a umidade existente.

Portanto para evitar essas duas principais causas de deterioração do cimento é aconselhável:

1º- As pilhas não excederem de mais de 10 sacos, salvo se o tempo de armazenamento for no máximo 15 dias, caso em que pode atingir 15 sacos.

2º- As pilhas devem ser feitas a 30 cm do piso sobre estrado de madeira e a 30 cm das paredes e 50 cm do teto.



Os lotes recebidos em épocas diferentes e diversas não podem ser misturados, mas devem ser colocados separadamente de maneira a facilitar sua inspeção e seu emprego na ordem cronológica de recebimento. Deve-se tomar cuidados especiais no armazenamento utilizando cimento de marcas, tipos e classes diferentes. O tempo de estocagem máxima de cimento deve ficar em torno de 30 dias.

A capacidade total armazenada deve ser suficiente para garantir as concretagens em um período de produção máxima, sem reabastecimento.

Devemos tomar o cuidado para que em nossas obras não se receba agregados com grande variabilidade, algumas vezes por motivo de abastecimento ou econômico, daqueles inicialmente escolhidos.

Esta variabilidade prejudica a homogeneidade e características mecânicas do concreto. Se recebemos, com granulometria mais fina que o material usado na dosagem inicial, necessitaremos uma maior quantidade de água para mantermos a mesma trabalhabilidade e, conseqüentemente, haverá uma redução na resistência mecânica. Se ocorrer o inverso haverá um excesso de água para a mesma trabalhabilidade, aumentando a resistência pela diminuição do fator água/cimento, o qual será desnecessário, pois se torna antieconômico, além de provocar uma redução de finos, que prejudicará sua coesão e capacidade de reter água em seu interior, provocando exudação do mesmo.

✓ **Recomendações**

Deve-se ao chegar os agregados, verificar a procedência, a quantidade, e o local de armazenamento e devem estar praticamente isentos de materiais orgânicos como humus, etc e também, siltes, carvão.

Quando da aprovação de jazida para fornecer agregados para concreto devemos ter conhecimento de resultados dos seguintes ensaios e/ou análises:

- Reatividade aos álcalis do cimento (álcali-sílica, álcali-silicato, álcali-carbonato);
- Estabilidade do material frente a variações de temperatura e umidade;
- Análise petrográfica e mineralógica;
- Presença de impurezas ou materiais dielétricos;
- Resistência à abrasão;
- Absorção do material.

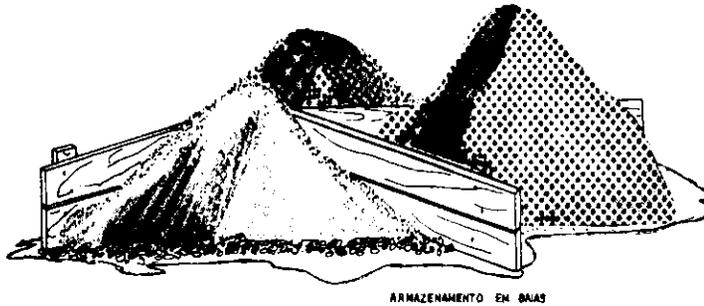
No entanto, no caso de obras de pequeno porte, é praticamente inviável a execução de tais ensaios e análises. Neste caso, deve-se optar pelo uso de material já consagrado no local ou pela adoção de medidas preventivas, em casos específicos (uso de material pozolânicos, por exemplo).

Para evitarmos a variabilidade dos agregados devemos esclarecer junto aos fornecedores a qualidade desejada e solicitar rigoroso cumprimento no fornecimento.

Para o armazenamento dos agregados poderemos fazê-lo em baias com tapumes laterais de madeira ou em pilhas separadas, evitando a mistura de agregados de diferentes dimensões, deveremos fazer uma inclinação no solo, para que a água escoar no sentido inverso da retirada dos agregados, e colocar uma camada com aproximadamente 10 cm de brita, 1 e 2 para possibilitar a drenagem do excesso de água.

Recomenda-se que as alturas máximas de armazenamento sejam de 1,50m, diminuindo-se o gradiente de umidade, principalmente nas areias e pedriscos, evitando-se constantes correções na quantidade de água lançado ao concreto.

Estando a areia com elevada saturação, deve-se ter o cuidado de verificar no lançamento do material na betoneira, se parte da mesma não ficou retida nas caixas ou latas, pedindo que seja bem batida para a sua total liberação.



13.1.2 Água

A resistência mecânica do concreto poderá ser reduzida, se a água utilizada no amassamento conter substâncias nocivas em quantidades prejudiciais.

Portanto, a água destinada ao amassamento deverá ser as águas potáveis.

Do ponto de vista da durabilidade dos concretos, o emprego de águas não potáveis no amassamento do concreto pode criar problemas a curto ou longo prazo.

Se, para o concreto simples, o uso de águas contendo impurezas, dentro de certos limites, pode não trazer conseqüências danosas, o mesmo não ocorre com o concreto armado, onde a existência de cloretos pode ocasionar corrosão das armaduras, além de manchas e eflorescências superficiais.

13.1.3 Armaduras

Os problemas existentes com as barras de aço é a possibilidade de corrosão em maior ou menor grau de intensidade, em função de meio ambiente existente na região da obra.

O que provoca a diminuição da aderência ao concreto armado e diminuição de seção das barras. No primeiro caso, esta diminuição é provocada pela formação de uma película não aderente às barras de aço, impedindo o contacto com o concreto. No segundo caso de diminuição de seção, o problema é de ordem estrutural, devendo ser criteriosamente avaliada a perda de seção da armadura.

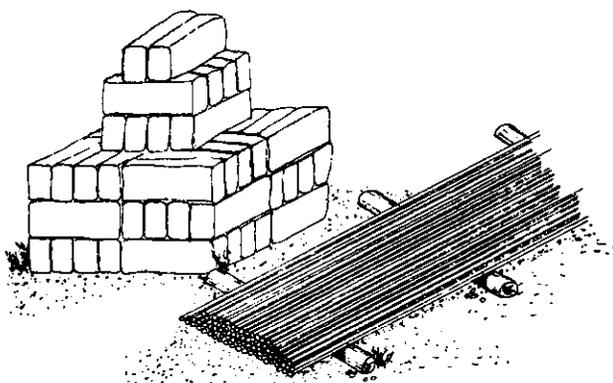
✓ Recomendações

- **Meios fortemente agressivos (regiões marítimas, ou altamente poluídas).**
 - Armazenar o menor tempo possível;
 - Receber na obra as barras de aço já cortadas e dobradas, em pequenas quantidades;
 - Armazenar as barras em galpões fechados e cobertos com lona plástica;
 - Pintar as barras com pasta de cimento de baixa consistência (avaliar a eficiência periodicamente).

- **Meios mediamente agressivos**
 - Armazenar as barras sobre travessas de madeira de 30 cm de espessura, apoiadas em solo limpo de vegetação e protegido de pedra britada.
 - Cobrir com lonas plásticas;

- Pintar as barras com pasta de cimento de baixa consistência.(avaliar a eficiência periodicamente);
- **Meios pouco agressivos**
 - Armazenar as barras em travessas de madeira de 20 cm de espessura, apoiadas em solo limpo de vegetação e protegido por camada de brita.
- **Para a limpeza das barras com corrosão deveremos fazer em ordem de eficiência**
 - jateamento de areia;
 - limpeza manual com escova de aço;
 - limpeza manual com saco de estopa úmido.

As barras que foram pintadas com camadas de cimento, para sua utilização na estrutura deverão ser removidas, a qual pode ser feito manualmente através de impacto de pedaço de barra de aço estriada e ajudar a limpeza através de fricção das mesmas.



▪ Tipos de Aço

Os aços estruturais de fabricação nacional em uso no Brasil podem ser classificados em três grupos:

- Aços de dureza natural laminados a quente: utilizados a muito tempo no concreto armado. Nos dias de hoje possui saliências para aumentar a aderência do concreto.
- Aços encruados a frio: obtidos por tratamento a frio trabalho mecânico feito abaixo da zona crítica, os grãos permanecem deformados aumentando a resistência.
- Aços para concreto protendido: aços duros e pertencem ao grupo de aços usados para concreto protendido. Pode ser encontrado em fios isolados ou formando uma cordoalha.

No Brasil a indicação do aço é feita pelas letras CA (concreto armado) seguida de um número que caracteriza a tensão de escoamento em kg/mm^2 . Segue ainda uma letra maiúscula A ou B, que indica se o aço é de dureza natural ou encruado a frio.

Os mais utilizados são: CA 25
CA 50 A, CA 50 B;
CA 60 A, CA 60 B.

Obs.: O comprimento usual das barras é de 11, com tolerância de mais ou menos 9%. E sua unidade é em milímetros.

13.2 Sistema de Fôrmas e Escoramentos Convencionais

Para se ter à garantia de que uma estrutura ou qualquer peça de concreto armado seja executado fielmente ao projeto e tenha a fôrma correta, depende da exatidão e rigidez das formas e de seus escoramentos.

Geralmente as fôrmas têm a sua execução atribuída aos mestres de obra ou encarregados de carpintaria, estes procedimentos resultam em consumo intenso de materiais e mão-de-obra, fazendo um serviço empírico, as fôrmas podem ficar superdimensionadas ou subdimensionadas. Hoje existe um grande elenco de alternativas para confecção de fôrmas, estudadas e projetadas, para todos os tipos de obras.

As fôrmas podem variar cerca de 40%² do custo total das estruturas de concreto armado. Considerando que a estrutura representa 20% do custo total de um edifício, concluímos que racionalizar ou otimizar a forma corresponde a 8% do custo de construção.

Nessa análise, estamos considerando os custos diretos, existem os chamados indiretos, que podem alcançar níveis representativos. No ciclo de execução da estrutura (forma, armação e concreto), o item forma é geralmente, o caminho crítico, responsável por cerca de 50% do prazo de execução do empreendimento. Portanto, o seu ritmo estabelece o ritmo das demais atividades e, eventuais atrasos. A forma é responsável por 60% das horas-homem gastas para execução da estrutura os outros 40% para atividade de armação e concretagem.

Portanto devemos satisfazer alguns requisitos para a sua perfeita execução, que são:

- Devem ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no projeto, e ter a resistência necessária.
- Devem ser praticamente estanques.
- Devem ser projetadas para serem utilizadas o maior número possíveis de vezes.

Na concretagem devemos tomar algumas precauções para que a estrutura não seja prejudicada:

- Antes de concretar, as fôrmas devem ser limpas.
- Antes de concretar, as fôrmas devem ser molhadas até a saturação.
- Antes de concretar, as fôrmas devem ser molhadas até a saturação.

13.2.1 Materiais e Ferramentas

De acordo com o acabamento superficial pode-se definir o tipo de material a ser empregado.

- Tábuas de madeira serrada;
- Chapa de madeira compensada resinada;

- Chapa de madeira compensada plastificada, além dos pregos, barras de ferro redondo, para serem utilizados sob forma de tirantes. Existem também, diferentes tipos de fôrmas metálicas assim como pontaletes tubulares.

✓ **Tábuas de madeira serrada**

Devem ter as seguintes qualidades:

- Elevado módulo de elasticidade e resistência razoável;
- Não ser excessivamente dura;
- Baixo custo.

As tábuas mais utilizadas são o pinho de 2º e 3º, o cedrilho, timburi, e similares; sendo as bitolas comerciais mais comuns de: 2,5 x 30,0 cm (1" x 12"), 2,5 x 25,0 cm (1" x 10"), 2,5 x 20,0 cm (1" x 8").

As tábuas podem ser reduzidas a qualquer largura, desdobradas em sarrafos, dos quais os mais comuns são os de 2,5 x 15,0 cm; 2,5 x 10,0 cm; 2,5 x 7,0 cm; 2,5 x 5,00 cm.

✓ **Chapas de madeira compensada**

As chapas de madeira compensada, mais usadas para forma, tem dimensões de 2,20 x 1,10 m e espessura que variam de 6,0; 10,0; 12,0mm.

As chapas tem acabamento resinado, para utilização em estruturas de concreto armado revestida, e acabamento plastificado, para utilização em estruturas de concreto aparente.

As chapas compensadas são compostas por diversas lâminas coladas ou por cola "branca" PVA, ou cola fenólica. As chapas coladas com cola fenólica são mais resistentes ao descolamento das lâminas quando submetidas à umidade.

✓ **Escoramentos**

Podemos utilizar para escoramentos pontaletes de eucaliptos ou peças de peroba como os cibros 5,0 x 6,0 cm; 5,0 x 7,0 cm; 8,0 x 8,0 cm; as vigas 6,0 x 12,0cm e 6,0 x 16,0 cm, além dos escoramentos tubulares metálicos.

✓ **Pregos**

Os pregos obedecem às normas EB-73 e PB-58/ ABNT. A designação dos pregos com cabeça será por dois n^{os}. a x b.

a = refere ao diâmetro, é o n^o do prego na Fiera Paris.

ex: 15 = 2,4 mm 18 = 3,4 mm

b = representa o comprimento medido em "linhas" - 2,3 mm, unidade correspondente a 1/12 da polegada antiga.

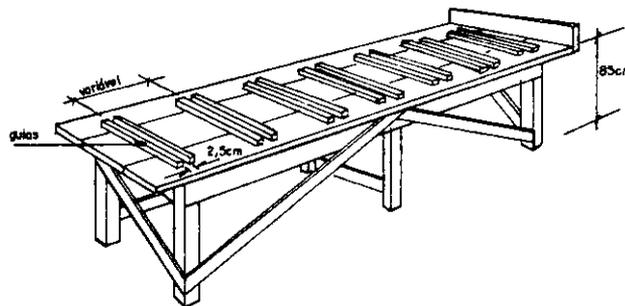
Obs.: Os mais utilizados são:

- Fôrmas de tábuas: 18 x 27
19 x 36
- Fôrmas de chapas: 15 x 15
18 x 27
- Escoramentos: 19 x 36
18 x 27

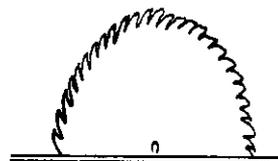
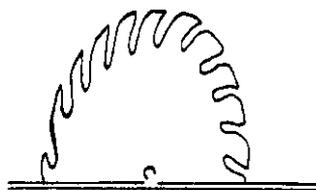
O diâmetro deve ser escolhido entre 1/8 e 1/10 da espessura da peça de menor espessura.

Devemos deixar os materiais em locais cobertos, protegidos do sol e da chuva. No manuseio das chapas compensadas deve-se tomar o cuidado para não danificar os bordos.

Para a execução das fôrmas além das ferramentas de uso do carpinteiro, como o martelo; serrote; lima; etc. se utiliza uma mesa de serra circular e uma bancada com gabarito para a montagem dos painéis.

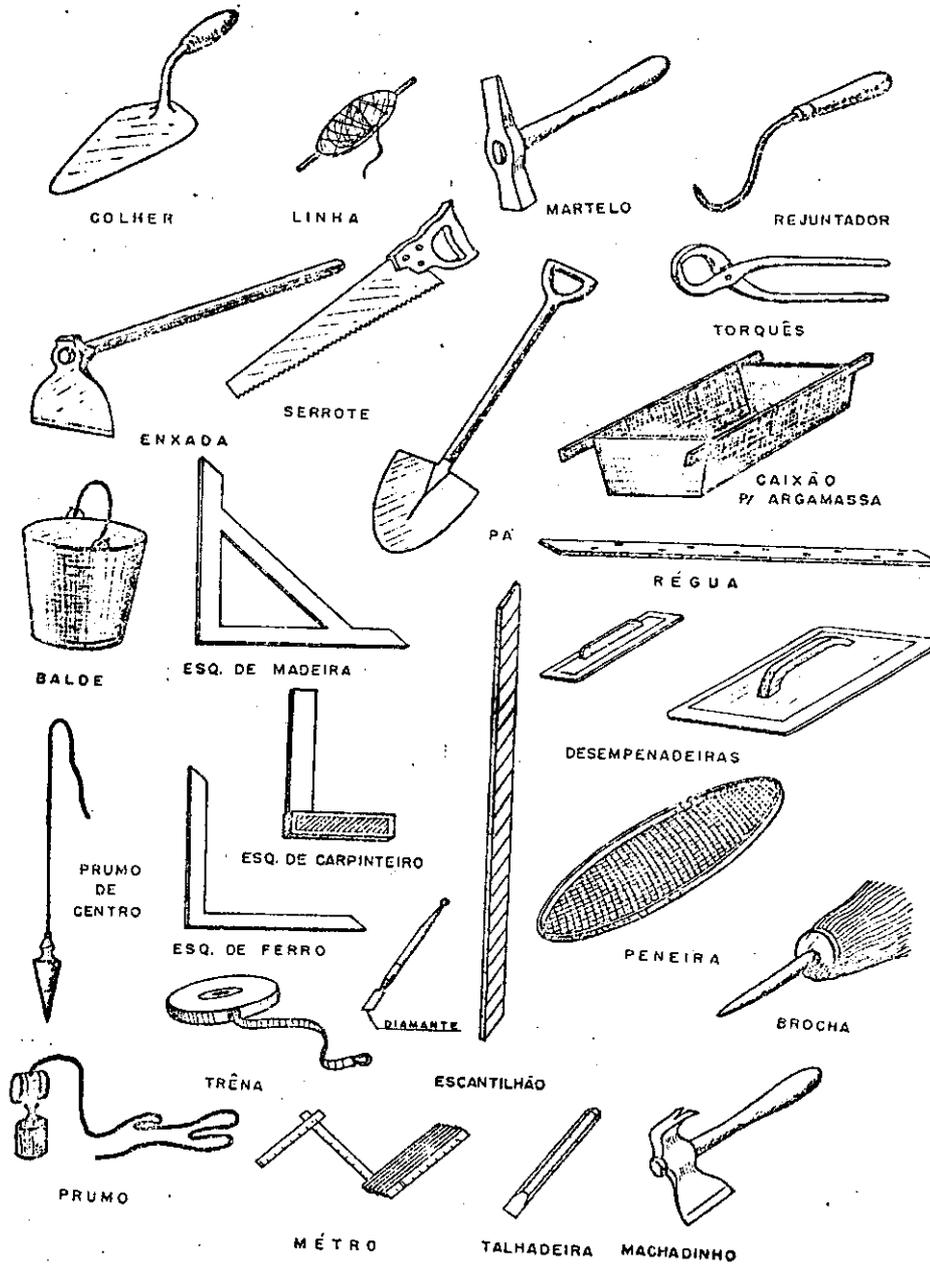


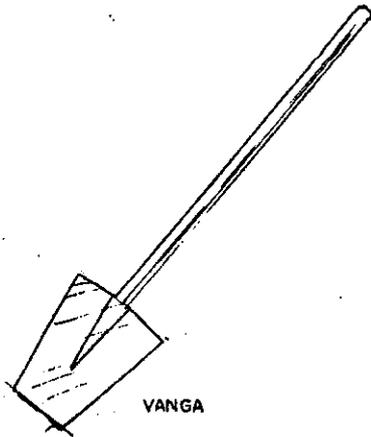
A mesa de serra deve ter uma altura que permita proceder ao corte de uma seção de uma só vez e as dimensões da mesa de serra deve ser coerentes com as dimensões das peças a serrar, e ainda é de grande importância adotar um disco de serra com dentes compatíveis com o corte a ser feito.



mais indicado
para chapas
compensadas

FERRAMENTAS





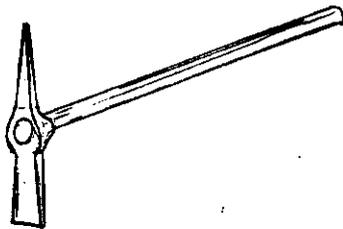
VANGA



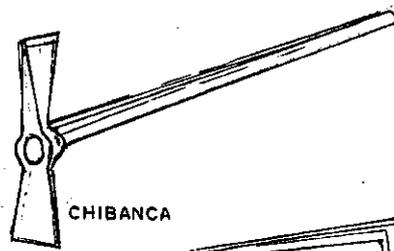
ARCO DE SEGUETA



PONTEIRO



PICARETA



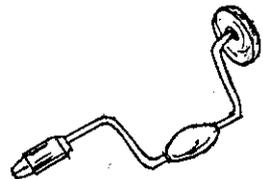
CHIBANCA



CHAVE DE DOBRAR FERRO



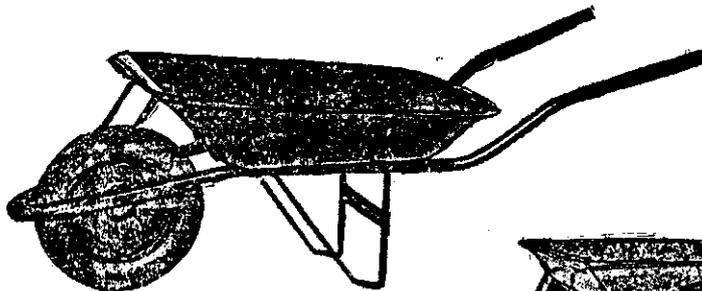
DESEMPENADEIRA DENTADA



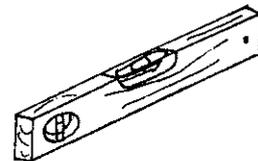
ARCO DE PUA



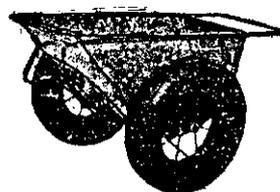
VERRUMA



CARRINHO



NIVEL DE BÔLHA



GIRICA



VIBRADOR



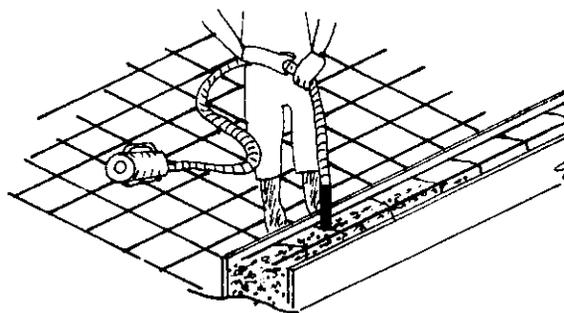
BETONEIRA

13.3 Aplicação do Concreto em Estruturas

Na aplicação do concreto devemos efetuar o adensamento de modo a torná-lo o mais compacto possível.

O método mais utilizado para o adensamento do concreto é por meio de vibrador de imersão, para isso devemos ter alguns cuidados:

- Aplicar sempre o vibrador na vertical;
- Vibrar o maior número possível de pontos;
- O comprimento da agulha do vibrador deve ser maior que a camada a ser concretada;
- Não vibrar a armadura;
- Não imergir o vibrador a menos de 10 ou 15 cm da parede da fôrma;
- Mudar o vibrador de posição quando a superfície apresentar-se brilhante.



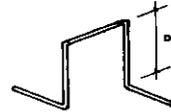
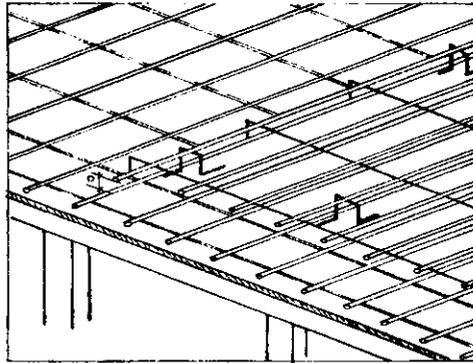
Porém antes da aplicação do concreto nas estruturas devemos ter alguns cuidados:

- A altura da camada de concretagem deve ser inferior a 50 cm, facilitando assim a saída das bolhas deve ser inferior a 50 cm, facilitando assim a saída das bolhas de ar.
- E alguns cuidados nos pilares, vigas, lajes como segue:

13.3.1 Na Laje do reservatório

Após a armação, devemos fazer a limpeza das pontas de arame utilizadas na fixação das barras, através de imã, fazer a limpeza e umedecimento das formas antes de concretagem, evitando que a mesma absorva água do concreto. O umedecimento não pode originar acúmulo de água, formando poças.

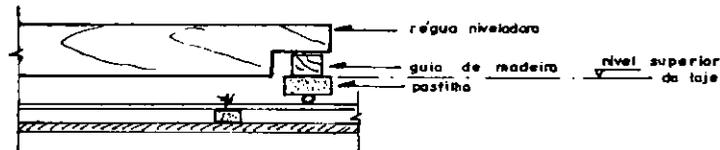
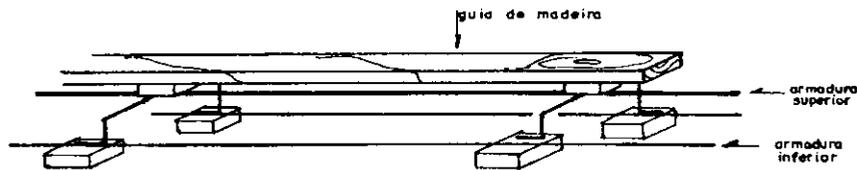
Garantir que a armadura negativa fique posicionada na face superior, com a utilização dos chamados "Caranguejos".



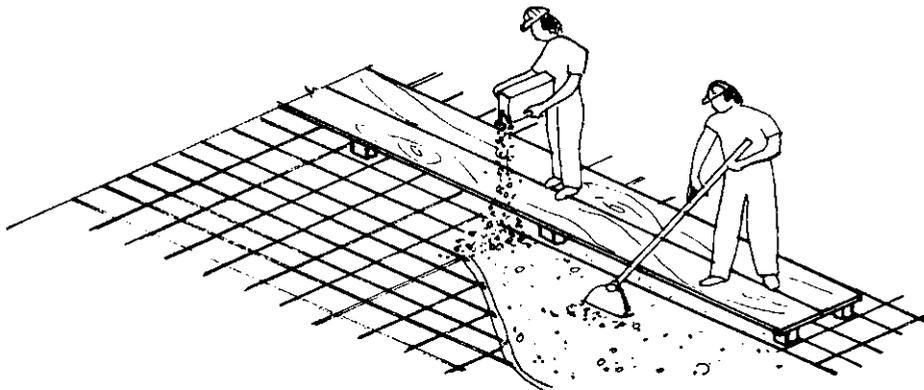
D= Distância entre as camadas de armadura.

Recomendamos o uso de guias de nivelamento e não de pilaretes de madeira para nivelarmos a superfície das lajes.

Como indicado:



Recomendamos ainda que as passarelas, para movimentação de pessoal no transporte de concreto, seja feita móveis e apoiadas diretamente sobre as formas, independentes da armadura. Desta forma evitaremos a vibração excessiva das armaduras com eventual risco de aderência na parte de concreto já parcialmente endurecido, e a deslocação das mesmas principalmente as armaduras negativas.



13.4 Cobrimento da Armadura

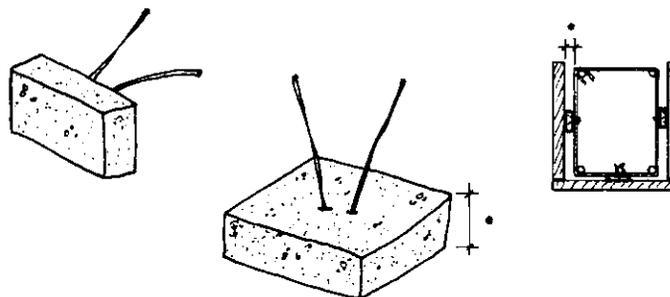
A importância do Cobrimento de concreto da armadura é de vital importância na durabilidade, mas também pelos benefícios adicionais, como por exemplo a resistência ao fogo. É preocupante ao constatar que esse ponto é frequentemente negligenciado.

Na execução, deve ser dada atenção apropriada aos espaçadores para armadura e uso de dispositivos para garantia efetiva do cobrimento especificado.

Devemos em todos os casos garantir o total cobrimento das armaduras, lembrando que o aço para concreto armado estará apassivado e protegido da corrosão quando estiver em um meio fortemente alcalino propiciando pelas reações de hidratação do cimento, devemos fazer cumprir os cobrimentos mínimos exigidos no projeto, para tal pode-se empregar:

- Pastilhas (espaçadores): plásticas ou de argamassa, que além de mais econômicas, aderem melhor ao concreto e podem ser facilmente obtidas na obra, com o auxílio de formas de madeira, isopor (caixa de ovos), (para fazer gelo), metálica etc...
- Cordões de argamassa.

Pastilhas de argamassa



e = recobrimento

Em casos que uma concretagem deva ser interrompida por mais do que cerca de três horas a sua retomada só poderá ser feita 72 horas - após a interrupção; este cuidado é necessário para evitar que a vibração do concreto novo, transmitida pela armadura, prejudique o concreto em início de endurecimento. A superfície deve ser limpa, isenta de partículas soltas, e para maior garantia de aderência do concreto novo com o velho devemos:

- 1º Retirar com ponteiro as partículas soltas;
- 2º Molhar bem a superfície e aplicar;
- 3º Ou uma pasta de cimento ou um adesivo estrutural para preencher os vazios e garantir a aderência;
- 4º O reinício da concretagem deve ser feito preferencialmente pelo sentido oposto.

13.5 Cura

A cura é um processo mediante o qual mantém-se um teor de umidade satisfatório, evitando a evaporação da água da mistura, garantindo ainda, uma

temperatura favorável ao concreto, durante o processo de hidratação dos materiais aglomerantes.

A cura é essencial para a obtenção de um concreto de boa qualidade. A resistência potencial, bem como a durabilidade do concreto, somente serão desenvolvidas totalmente, se a cura for realizada adequadamente.

Existem dois sistemas básicos para obtenção da perfeita hidratação do cimento:

1 – Criar um ambiente úmido quer por meio de aplicação contínua e/ou freqüente de água por meio de alagamento, molhagem, vapor d'água ou materiais de recobrimento saturados de água, como mantas de algodão ou juta, terra, areia, serragem, palha, etc.

2 – Prevenir a perda d'água de amassamento do concreto através do emprego de materiais selantes, como folhas de papel ou plástico impermeabilizante, ou por aplicação de compostos líquidos para formação de membranas.

Obs.: Deve-se ter cuidados para que os materiais utilizados não sequem e absorvam a água do concreto.

13.5.1 Tempo de cura

Para definir o prazo de cura, motivo de constante preocupação de engenheiros e construtores nacionais, é necessário considerar dois aspectos fundamentais:

- A relação a/c e o grau de hidratação do concreto;
- Tipo de cimento.

Para concretos com resistência da ordem de 15Mpa devemos curar o concreto num período de 2 a dez dias, de acordo com a relação a/c utilizada e o tipo de cimento, conforme mostra a TABELA abaixo:

a/c Cimento	0,35	0,55	0,65	0,70
CPI e II 32	2	3	7	10
CPIV – POZ 32	2	3	7	10
CPIII – AF – 32	2	5	7	10
CPI e II – 40	2	3	5	5
CPV – ARI	2	3	5	5

Há, também, outros aspectos importantes na determinação do tempo total de cura e não podem deixar de ser mencionados, uma vez que, de alguma forma, atuam sobre a cinética da reação de hidratação do cimento:

- condições locais, temperatura, vento e umidade relativa do ar;
- Geometria das peças, que pode ser definida pela relação, área de exposição/volume da peça.

Em certas condições, haverá necessidade de concretos mais compactos (menos porosos), exigindo um prolongamento do período em que serão necessárias as operações de cura. Nessas condições haverá necessidade de considerar também a variável agressividade do meio ambiente.

O maior dano causado ao concreto pela falta da cura não será uma redução nas resistências à compressão, pelo menos nas peças espessas, que retêm mais água e garantem o grau de umidade necessário para hidratar o cimento. A falta de uma cura adequada age principalmente contra a durabilidade das estruturas, a qual é inicialmente controlada pelas propriedades das camadas superficiais desse concreto. Secagens prematuras resultam em camadas superficiais porosas com baixa resistência ao ataque de agentes agressivos. Ironicamente, as obras mais carentes de uma cura criteriosa – pequenas estruturas, com concreto de relação a/c elevada – são as que menos cuidados recebem, especialmente componentes estruturais, como pilares e vigas. Além disso, é prática usual nos canteiros de obras cuidar da cura somente na parte superior das lajes.

13.6 Desforma

Quando os cimentos não forem de alta resistência inicial ou não for colocado aditivos que acelerem o endurecimento e a temperatura local for adequada, a retirada das fôrmas e do escoramento não deverá ser feito antes dos seguintes prazos:

- Faces laterais	3 dias
- Retirada de algumas escoras	7 dias
- Faces inferiores, deixando-se algumas escoras bem encunhadas	14 dias
- Desforma total, exceto as do item abaixo	21 dias

A desforma de estruturas mais esbeltas deve ser feita com muito cuidado, evitando-se desformas ou retiradas de escoras bruscas ou choques fortes.

Em estruturas com vãos grandes ou com balanços, deve-se pedir ao calculista um programa de desforma progressiva, para evitar tensões internas não previstas no concreto, que podem provocar fissuras e até trincas.

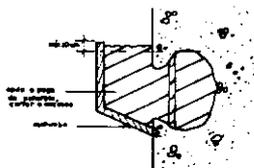
13.6.1 Consertos de Falhas

Devemos proibir, nas obras, que após a desforma de qualquer elemento da estrutura de concreto armado sejam fechadas falhas (bicheiras) do concreto, para esconder eventuais descuidos durante a concretagem ou por outro qualquer motivo.

Para os concertos nas falhas devemos assim proceder:

- Remover o concreto solto, picotar e limpar bem o lugar a ser reparado.
- Limpar bem as barras das armaduras descoberta removendo toda a ferrugem.
- Aplicar um adesivo a base de epóxi na superfície de contacto do concreto e das barras de aço com o novo concreto de enchimento.
- Preenchimento do vazio, com concreto forte, sendo aconselhável aplicar aditivo inibidor de retração (expansor).

Método mais comum de concertos de falhas



Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio

14. Situação da Adutora

As atividades desenvolvidas pelo estagiário na Ampliação do sistema, de abastecimento d'água das cidades de Lagoa Seca, Esperança e Alagoa Nova, a adutora tem seu início no 5º reservatório (R5) localizado na cidade de Campina Grande, bairro das palmeira e seu ponto final na cidade de Lagoa Seca, no reservatório que foi construído para que possa ser feito a sua distribuição para cidade de Lagoa Seca, Matinhas, Esperança e Lagoa Nova.

- Levantamento Topográfico;
- Escavação de valas;
- Caracterização do solo escavado;
- Assentamento da tubulação, em ferro com diâmetro de 350mm, 300mm e em PVC com diâmetro de 300mm, 250mm e 200mm;
- Reaterro, compactação de valas, com aproveitamento do material e com material de empréstimo;
- Análise de plantas e projetos do reservatório apoiado;
- Quadro de Ferragens;
- Montagem e colocação das armaduras e fôrmas;
- Questões de prumo e esquadro;
- Concretagem;
- Retirada de fôrmas;
- Montagem de uma estação elevatória com dois conjuntos, motor bomba composto bomba centrífuga, com potencia de 200cv e capacidade de vazão de 70l/s e altura manométrica de 125,21m;
- Confecção de ordem de serviço.

Este estágio supervisionado tem por objetivo:

- Aplicação, dos conhecimentos teóricos adquiridos no curso até o momento na prática;
- Aquisição de novos conhecimentos gerais e termos utilizados no cotidiano da construção civil;
- Desenvolver a capacidade de analisar e solucionar possíveis problemas que possam vir a surgir no decorrer das atividades;
- Promover e desenvolver um bom relacionamento profissional com as pessoas envolvidas no trabalho.

A adutora encontrava-se em fase de escavação de valas, aterramento de valas, assentamento de tubos, restando também à construção do reservatório que ira fazer a distribuição da água para a cidade de lagoa seca, a montagem do conjunto moto-bomba, reposição de paralelos, construção de caixas das ventosas, levantamento topográfico de parte do trecho da adutora, e outras atividades que serão citadas.

15. Escavação, Aterramento de Valas e Assentamento dos Tubos

Nesta área acompanhou-se o projeto de execução da adutora, onde foi determinado que a vala escavada teria 75cm de largura e 120cm de profundidade, onde o solo fosse terra ou pissaro e 100cm de largura e 120cm de profundidade, onde o solo fosse constituído e pedra brandas e duras, para o aterramento das valas escavadas, primeiro se colocava uma camada de areia ou pó de pedra, com uma espessura de 10cm em seguida era assentado o tubo, após o assentamento do tubo, novamente se colocava outra camada de areia ou pó de pedra, essa camada outra passava o diâmetro do tubo em 10cm, em seguida concluíamos aterramento do tubo com o próprio material da escavação, caso esse material tivesse boa qualidade ou com material de empréstimo caso o material não pudesse ser reaproveitado.

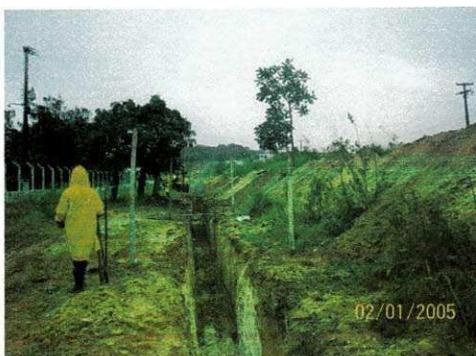


Foto das escavações de valas
Autor: Leandro Eudes



Foto das escavações de valas
Autor: Leandro Eudes

16. Estrutura de Concreto Armado

Nesta área acompanhou-se o projeto de execução do reservatório apoiado, cujas dimensões são de 13,60m de diâmetro, e 6m de profundidade. A laje da tampa e do fundo tem 22cm de espessura. O mesmo foi assentado em uma área adquirida pela CAGEPA na cidade de Lagoa Seca, onde o terreno era muito saturado, por isso inicialmente foi colocado uma manta de brita com uma espessura de 35cm e no meio dessa manta de brita foi colocado uma tubulação com perfurações para drenar a água percolada, em seguida foi colocado um concreto magro com uma espessura de 15cm, para proteger mais o fundo do reservatório também, foi colocado as ferragens, essas foi bem mais reforçada em virtude do terreno ser muito saturado, pois sem esse reforço a estrutura poderia se deslocar.

Para o dimensionamento dessas ferragens foi considerado que o peso da água aplicado nas paredes. Os aços usados foram CA 50 e CA 60 e o $f_{c/k}=25\text{MPa}$.

- ✓ Para o aço CA 60 foram usados ferros com ϕ 5.0;
- ✓ Para o aço CA 50 foram usados os ferros com ϕ 6.3;

O traço que foi usado para concretagem da laje de fundo foi 1:3:3.

- ✓ Depois de concretada a laje de fundo, foi montada pelos ferreiros as ferragens das paredes e em seguida os marceneiros montaram as formas das paredes que foram escoradas por madeiras apoiadas nas moscas fixadas na laje de fundo e depois disso foi concretada as paredes.

Usou-se dois sacos e meio de cimento de 50kg (CP II-Z-32), sendo num total de 125 kg de cimento e 60 litros de água, tendo assim um fator água cimento de:

$$f_{A/C} = \frac{60}{125} = 0,48$$

Tabela para massa específica real e unitária do cimento, areia e brita:

	MER	MU
Cimento	3,15	1,25
Areia	2,65	1,50
Brita	2,65	1,40

Observou-se também a concretagem das ancoragens das curvas das tubulações.

Na concretagem deve-se tomar algumas precauções para que a estrutura não seja prejudicada:

- Antes de concretar, as fôrmas devem ser limpas;
- Antes de concretar, as fôrmas devem ser molhadas até a saturação.

17. Considerações Finais

A Construção Civil, segundo definição já consagrada pelos tratadistas, é a ciência que estuda as disposições e métodos seguidos na realização de uma obra arquitetônica sólida, útil e econômica.

Esta é uma atividade que abrange uma grande diversidade de serviços e técnicas, além de um bom relacionamento pessoal entre todos os profissionais envolvidos. Por isso, um estágio nessa atividade, para os estudantes de engenharia civil, é muito importante, pois ele acarreta aquisição de mais conhecimentos desenvolvido pelo estagiário na prática da construção civil, nas três fases da construção que se pode distinguir em trabalhos preliminares, de execução e acabamento.

Portanto, após ter decorrido 204 horas do estágio supervisionado, na CAGEPA, pode-se dizer que para construir uma adutora como esta é necessário que o Engenheiro responsável pela obra tenha um conhecimento técnico, prático e administrativo na construção civil, além de uma boa equipe de profissionais em todas as etapas do empreendimento desde a elaboração do projeto até o fim de sua execução. Com isso, afirmar-se que todo o conhecimento teórico adquirido, até agora abordados, pelos professores ao longo de todo o curso é indispensável para a formação profissional por isto é extremamente importante, uma constante revisão e atualização dos conceitos adquiridos, pois a tecnologia aplicada na Engenharia Civil está continuamente sendo desenvolvidas para uma melhor e mais eficiente produtividade e qualidade na construção civil.

Assim, pode-se dizer que a técnica da construção tem por objetivo o estudo e aplicação dos princípios gerais indispensáveis à construção de edifícios, de modo que esses princípios apresentem os requisitos apontados, isto é, sejam ao mesmo tempo sólidos, econômicos, úteis e dotados da melhor aparência possível.

Esse tipo de estágio é importante para que se possa desenvolver as relações humanas e despertar a consciência profissional e o amadurecimento do estudante. Além disto, deve-se conhecer a legislação vigente, desta área de atuação, para que seja possível realizar os procedimentos construtivos de acordo com a lei em vigor.

18. Referências Bibliográficas

Livros:

BARROS, Profª Mercia. Apostila de Fundações, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia da Construção Civil, Tecnologia da Construção de Edifícios I PCC-2435, revisão em fevereiro de 2003;

CARDÃO, Celso. Técnica da Construção, 1º volume, 1º edição, edição da arquitetura e engenharia; editora da universidade de Minas Gerais;

Notas de Aula A. Tipos de Lajes, Estruturas de Concreto I; projeto de lajes janeiro de 2002;

AZEVEDO NETTO, J. M., et alli. - "Manual de Hidráulica", Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998;

AZEVEDO NETTO, J. M. & BOTELHO, M. H. C. - "Manual de Saneamento de Cidades e Edificações", PINI Editora, Reimpressão 1995, São Paulo;

BARROSO, M. E. G. - "Dicionário Aurélio Eletrônico - V. 1. 3", Editora Nova Fronteira, 1994;

BLACK, P. O. - "Bombas", Ao Livro Técnico SA, Rio de Janeiro, 1979;

CABES 92/93 - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES;

CHOW, Ven Te, - "Handbook of Applied Hydrology", McGraw-Hill, New York, 1964;

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

DACACH, N.G. - "Saneamento Básico", LTC Editora S.A., Rio de Janeiro, 1979;

FERNANDES, C. - "Esgotos Sanitários", Editora Universitária da UFPB, João Pessoa, Paraíba, 1997;

FERNANDES, C. - "Microdrenagem - Um Estudo Inical", DEC/CCT/UFCG, Campina Grande, 2002;

FUNDAÇÃO SESP - "Manual de Saneamento", FSESP, 2ª Ed., revisada e atualizada, Rio de Janeiro, 1981;

GARCEZ, L.N. - "Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária", Ed.Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1969;

GARCEZ, L.N. - "Elementos de Mecânica dos Fluidos", Ed.Edgard Blucher Ltda, 2ª Edição, São Paulo, 1977;

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;

LINSLEY Jr, R. K., KOHLER, M. A. & PAULHUS, J. L. H. - "Hydrology for Engineers", McGraw Hill Book, 2nd ed., New York, 1975;

MACINTYRE, A.J. - "Bombas e Instalações de Bombeamento", Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980;

MACINTYRE, A.J. - "Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais", Ed. Guanabara Dois, 2^a edição, Rio de Janeiro, 1986;

MARTIGNONI, A. - "Máquinas de Corrente Alternada", Editora Globo S.A., 5^aed., Rio de Janeiro, 1987;

MEDEIROS F^o, C. F. - "Efeito da variação temporal da vazão sobre o desempenho de um reator UASB", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campina Grande - Brasil, 2000;

MENDONÇA, S.R. - "Tabelas Adequadas para Aplicação de Métodos Iterativos nos Cálculos Analíticos de Condutos em Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos Sanitários", XII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria e Ambiental, Santiago do Chile, de 11 a 16/11/1984;

NEVES, E.T. - "Curso de Hidráulica", Editora Globo, Porto Alegre, 4^a edição, 1974;

OLIVEIRA, W.E. e outros - "Técnica de Abastecimento de Água", CETESB, 2^a edição, São Paulo, 1978;

PIMENTA, C.F. - "Curso de Hidráulica Geral", Centro Tecnológico de Hidráulica, 3^a ed., São Paulo, 1977;

PINTO, N.L.S. [e outros] - "Hidrologia Básica", Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1976;

ROUSE, H. & INCE, S. - "History of Hydraulics", Dover Publications, Inc, New York, 1963;

SILVA, Salomão A. & OLIVEIRA, Rui - "Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias", DEC/CCT/UFGP, Campina Grande, 2001;

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;

TUCCI, C. E. M., et alli. - "Drenagem Urbana", ABRH/Ed Universitária da UFRGS, Porto Alegre, 1995;

VAN HAANDEL, A. C. & LETTINGA, G. "Tratamento Anaeróbio de Esgotos: Um Manual para Regiões de Clima Quente", Epgraf, Campina Grande, 1994;

VON SPERLING, M. "Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos", DESA-UFMG, Belo Horizonte, 1996;

Normas:

ABNT/NB 587 - "Elaboração de Estudo de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água", Rio de Janeiro, 1989;

Outras normas de abastecimento de água publicadas pela ABNT (abes@abes-dn.org.br):

NBR/Registro na ABNT/Ano/Preço em 98/Título

09916/NB01056/96/16,80/Aeroportos - Proteção sanitária do sistema de abastecimento de água potável;

13407/-/ 95/16,80/Água - Determinação de trihalometanos em água tratada para abastecimento por extração líquido/líquido;

12586/NB01404/ 92/ 21,60/ Cadastro de sistema de abastecimento de água;

10790/ EB01965/ 95/ 14,70/ Cal virgem e cal hidratada para tratamento de água de abastecimento público;

13293/-/ 95 /11,20 /Cal virgem e cal hidratada para tratamento de água de abastecimento - Determinação de óxido de cálcio disponível, hidróxido de cálcio e substâncias reativas ao HCl expresso em CaCO₃;

13294/-/95/11,20/Cal virgem e cal hidratada para tratamento de água de abastecimento público - Determinação de óxido e hidróxido de magnésio;

08351/ EB01460/ 95/ 11,20 /Carro de água potável para abastecimento de aeronaves;

14024/-/ 97/ 16,80/ Centrais prediais e industriais de gás liquefeito de petróleo (GLP) - Sistema de abastecimento a granel;

10156 /NB01106/ 87/ 13,00/ Desinfecção de tubulações de sistema público de abastecimento de água;

12211/ NB00587/ 92 /23,90 /Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água;

11745 /EB00962/ 79 /14,30/ Materiais de base de alcatrão de hulha empregados em revestimento e tubos de aço para condução de água de abastecimento;

05689/EB00825/87/14,30 Materiais para revestimento de base asfáltica empregados em tubos de aço para condução de água de abastecimento;

12215/NB00591/ 91/ 16,80/ Projeto de adutora de água para abastecimento público;

12213/ NB00589/ 92/ 14,70/ Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;

12216/ NB00592/ 92/ 27,90 /Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público;

12218/ NB00594 /94 /11,20 /Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público;

12217/ NB00593 /94 /11,20 /Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público;

12214/ NB00590/ 92/ 25,80 /Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público;

08220/ EB01615/ 83/ 13,00/ Reservatório de poliéster reforçado com fibra de vidro para água potável para abastecimento de comunidades de pequeno porte;

09797 /EB01750 /87 /16,70 /Tubo de aço-carbono eletricamente soldado para condução de água de abastecimento.

ANEXO



Foto 3: Colocação do pó de pedra
Autor da Foto: Leandro Eudes



Foto 4: Assentamento da tubulação
Autor da Foto: Leandro Eudes



Foto 5: Cobertura da tubulação com pó de pedra
Autor da Foto: Leandro Eudes



Foto 6: Sinalização com tela e cone para realização da escavação
Autor da Foto: Leonardo Eudes