



MINISTÉRIO DO INTERIOR
SERSE - DNOS

CONVÊNIO
MINTER/SERSE/DNOS/IICA



INSTITUTO INTERAMERICANO
DE COOPERAÇÃO PARA A
AGRICULTURA (IICA)

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA AGRICULTURA IRRIGADA NO NORTE FLUMINENSE

FUNDAMENTOS BÁSICOS DA HIDRÁULICA

Julio Gabriel H. Lara Cabezas 1/

CA
2

DOCUMENTO DE ENSINO Nº

22

Campos/RJ
1983



11CA
P12
55



MINISTÉRIO DO INTERIOR
SERSE - DNOS

CONVÊNIO
MINTER/SERSE/DNOS/IICA



FUNDAMENTOS BÁSICOS DA HIDRÁULICA

Julio Gabriel H. Lara Cabezas 1/

1/ Engenheiro Agrônomo, Gerente do
Programa de Capacitação.
IICA - Campos/RJ.

22

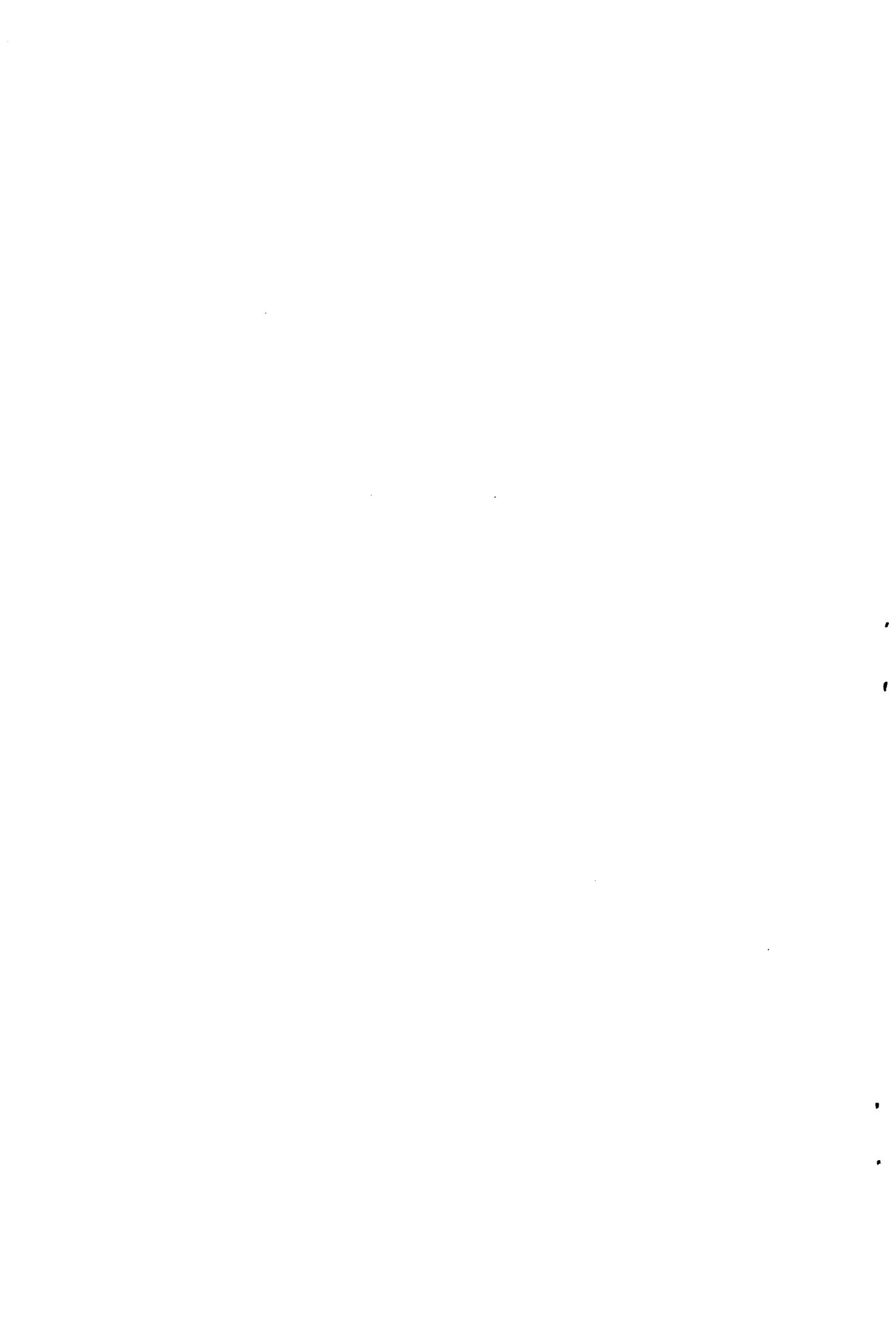
Campos/RJ
1983

00007538

~~3469~~

S_U_M_Á_R_I_O

1.0	INTRODUÇÃO.....	2
2.0	DIVISÃO DA HIDRÁULICA.....	3
3.0	FUNDAMENTOS DA HIDROSTÁTICA.....	5
3.1.	Peso Específico.....	5
3.2.	Equação Geral da Hidrostática.....	5
4.0	FUNDAMENTOS DA HIDRODINÂMICA.....	7
4.1.	Conceito de Vazão.....	7
4.2.	Equação Fundamental da Hidrodinâmica.....	7
5.0	HIDROTECNICA.....	10
5.1.	Introdução.....	10
5.2.	Equação de Manning.....	12
5.3.	Processo do flutuador.....	15
5.4.	Processos mais sofisticados.....	17
6.0	PEQUENAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS QUE PERMITEM A QUANTIFICAÇÃO DE VAZÕES EM PEQUENOS CURSOS D'ÁGUA	18
6.1.	Orifícios.....	18
6.2.	Vertedores Retangulares (Eq. de Francis)....	20
6.3.	Vertedor Triangular (Eq. de Thompson).....	24
6.4.	Vertedor Trapezoidal(Eq. de Cipolletti).....	25
7.0	OUTRAS ESTRUTURAS DE MEDIÇÃO.....	25
7.1.	Princípio de funcionamento.....	26
8.0	MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE MEDIÇÃO.....	27
9.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
10.0	ANEXOS - ÁBACOS DE DUPLA ENTRADA PARA:	
	Vertedor Retangular com contrações late rais (Francis).....	29
	Vertedor Triangular (Thompson).....	30
	Mangote ou Sifões.....	31



FUNDAMENTOS BÁSICOS DA HIDRÁULICA

1.0 - INTRODUÇÃO - Um pouco de História.

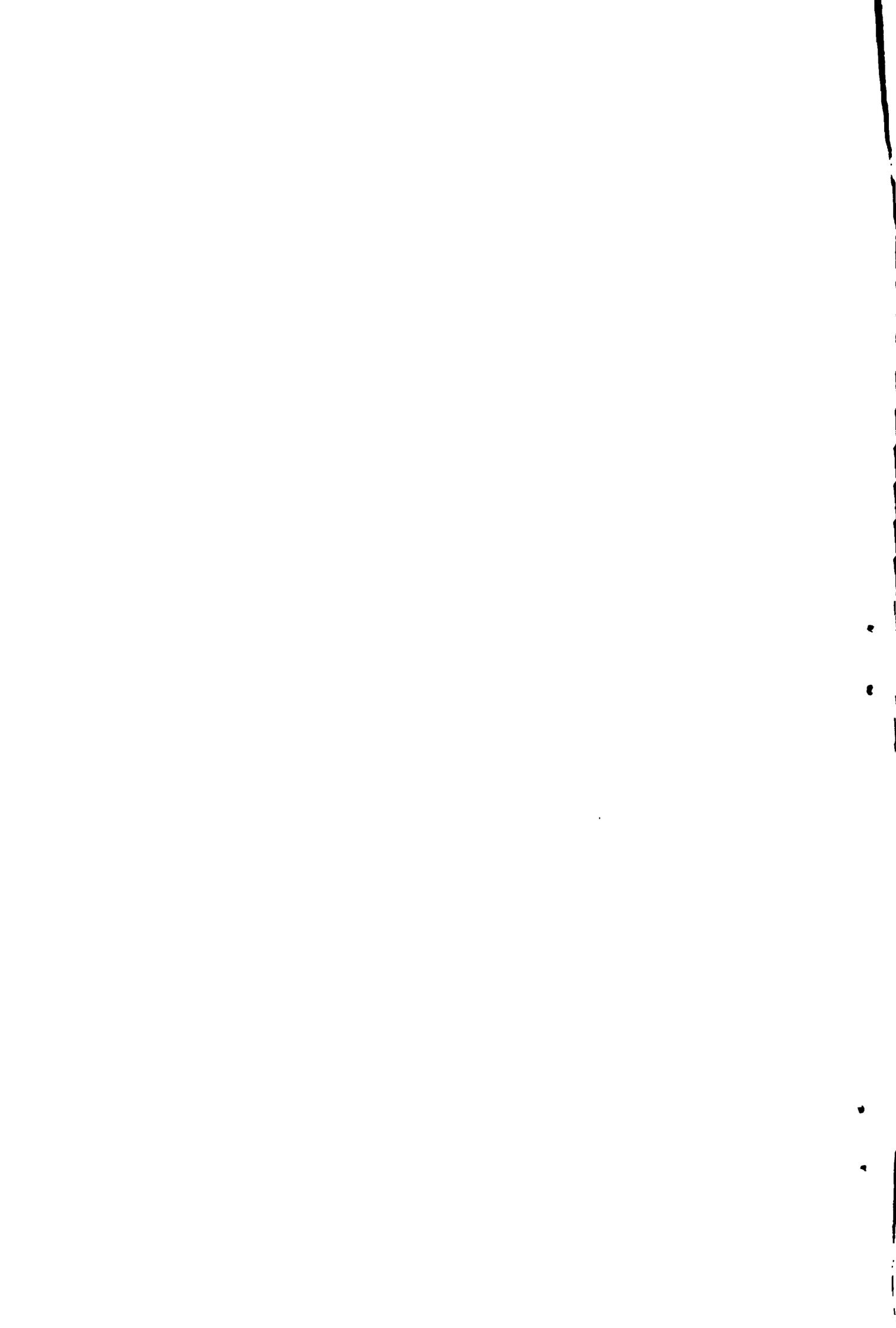
A vida celular, é composta de carboidratos, lipídeos, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e compostos, todos relacionados em quantidades variáveis. Embora estes compostos tenham e conformem um número quase infinito de estruturas químicas, basicamente são constituídos por seis elementos químicos que são o Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre. Dentre estes seis elementos, dois deles combinam-se para formar o composto mais abundante na natureza, que é a Água (H_2O). Para que se tenha uma idéia, mais de 90% do plasma sanguíneo é água, e esta constitui mais da metade da maioria dos outros componentes que constituem os animais e os vegetais.

Rápidamente observamos então, como a água, se integra na natureza de uma maneira tão expressiva, e a sua grande abundância, tem determinado que a água seja considerada o líquido universal. Assim, suas propriedades físicas e químicas após descobertas, tem sido consideradas de um excelente comportamento, e hoje constituem parâmetros padrões em que o estudo de qualquer um outro líquido, obriga a análise comparativa com as propriedades da Água.

Todas as matérias encontram-se basicamente no Universo, num determinado estado do ponto de vista físico, que poderá ser gasoso, líquido ou sólido. Assim a interação de todos os efeitos climáticos, faz com que a água na natureza encontre-se nestes três estados, em quantidades diferentes, sempre sujeitas a um equilíbrio, o que faz com que a vida animal, a vida vegetal, se desenvolva no seu maior auge, com a maior perfeição, associada, a outras fontes: o Sol, que nos fornece calor e luz. Esta combinação, que é a principal somada a outras de igual importância em termos qualitativos permite a existência de seres vivos sobre a fase da terra.

É lógico que, a abundância de um determinado elemento, como a água, tem feito com que o homem, tenha estudado-a de uma maneira singular; seu estado, suas interações, suas propriedades, e seu comportamento físico.

A aplicação matemática que estuda o comportamento dos líquidos, é a hidráulica que no seu conceito mais simples é a arte de captar, conduzir, elevar e utilizar a água aplicando-lhe as leis que definem mecânica dos fluidos. Pode também ser definida como a parte da Mecânica aplicada que estuda o comportamento da água e dos demais líquidos em em repouso ou em movimento, tratando ainda de estabelecer as leis respectivas.



Os trabalhos hidráulicos, são conhecidos desde a mais remota antiguidade. Civilizações antigas que se fixavam em regiões áridas à margem de cursos d'água facilmente aproveitáveis, foram nascidas e conservadas graças ao manejo e conservação eficiente dos recursos hidráulicos. Milênios de anos antes de Cristo, os Egípcios haviam construído obras monumentais para irrigação às margens do rio Nilo, já os Mesopotâmicos, utilizavam os recursos da irrigação para sua produção agrícola, bem como os Babilônios, além da irrigação, eram prodígios em drenagem.

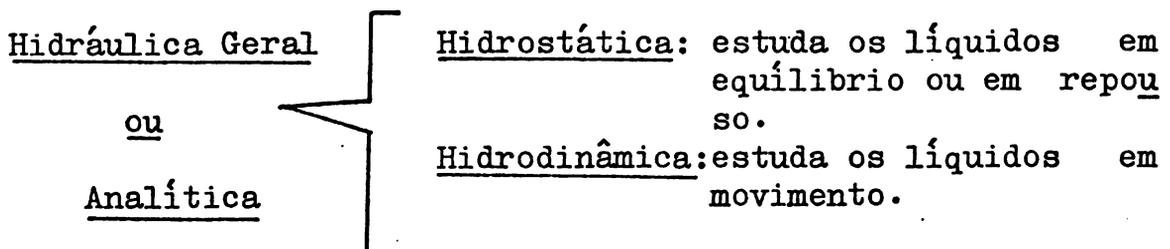
Com a hegemonia dos Romanos, os trabalhos hidráulicos foram mais desenvolvidos, e isto tem sido elucidado, com vestígios encontrados de grandes obras como Aquedutos, Depósitos, Cisternas, Banhos, Canais e Sisternas completos de irrigação, em várias partes do mundo.

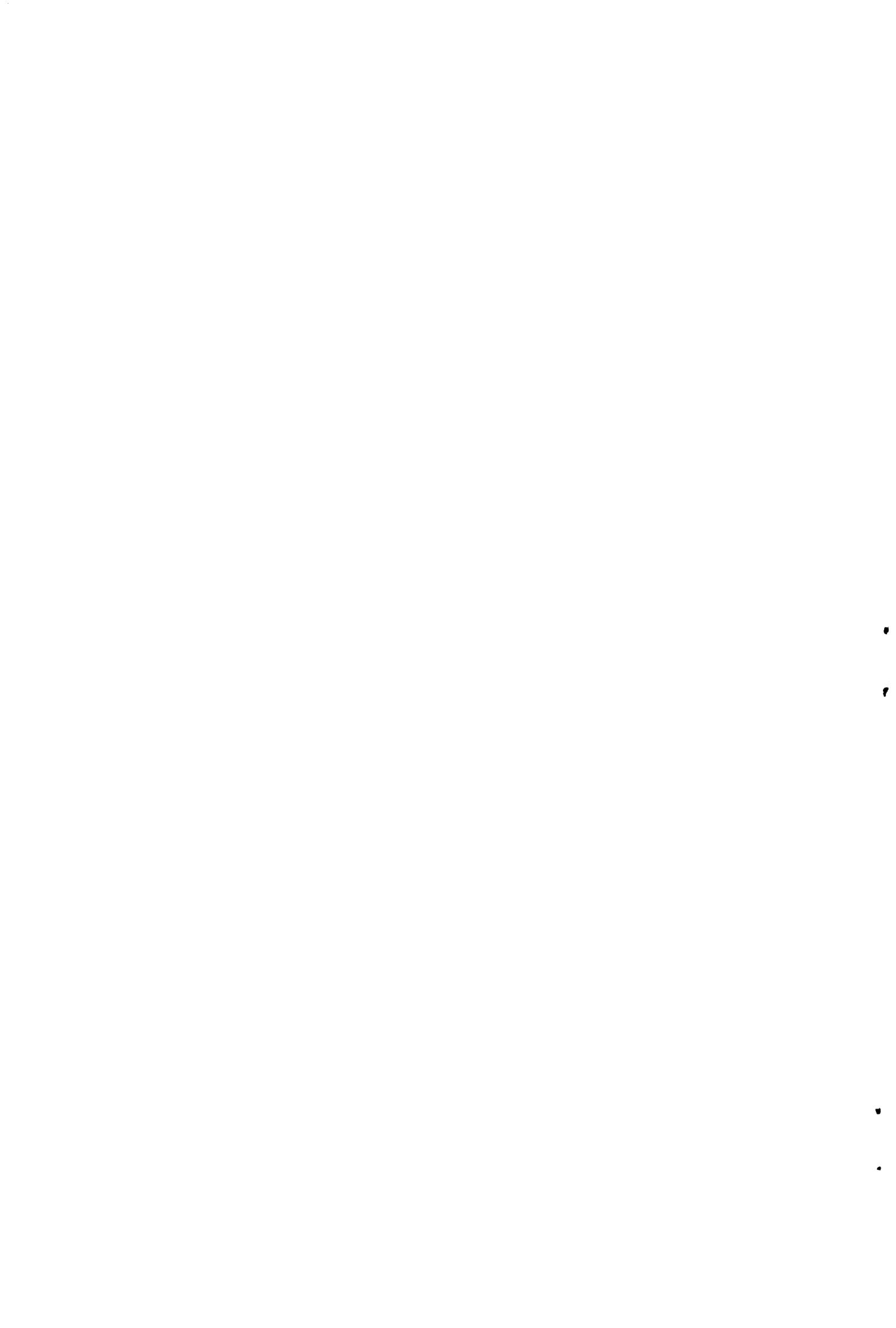
Inicialmente a hidráulica era basicamente empírica, era uma arte desenvolvida sem maiores fundamentos. Os primeiros conhecimentos científicos, só tiveram início com Arquimedes cerca de 200 anos a.C., quando este sábio denunciou o seu célebre princípio da hidrostática, relativo a pressões sobre os corpos imersos. Praticamente, a partir do século XVII a Ciência hidráulica, teve progressos consideráveis com os estudos de Stevin e Galileu. Ainda com relação a hidrostática, foi Torricelli quem anunciou o primeiro teorema da hidrodinâmica que estabelece a relação íntima entre a carga e a velocidade de escoamento de um filete líquido através de um orifício em parede delgada. Depois de Torricelli, Pascal completou os trabalhos de Stevin anunciando seu célebre princípio sobre a distribuição de pressões no seio de uma massa líquida em equilíbrio, e imaginou a prensa hidráulica.

No século XVIII, Daniel Bernouille demonstrou teoricamente o teorema de Torricelli, tentado por Newton, que estabelece uma relação entre a velocidade, a pressão, e a cota de nível da molécula líquida. Daí por diante a hidráulica teve um sem número de impulsos motivados por diversos pesquisadores.

2.0 - DIVISÃO DA HIDRÁULICA

A Hidráulica se divide em duas grandes partes:





Hidráulica Aplicada

ou

Hidrotécnica

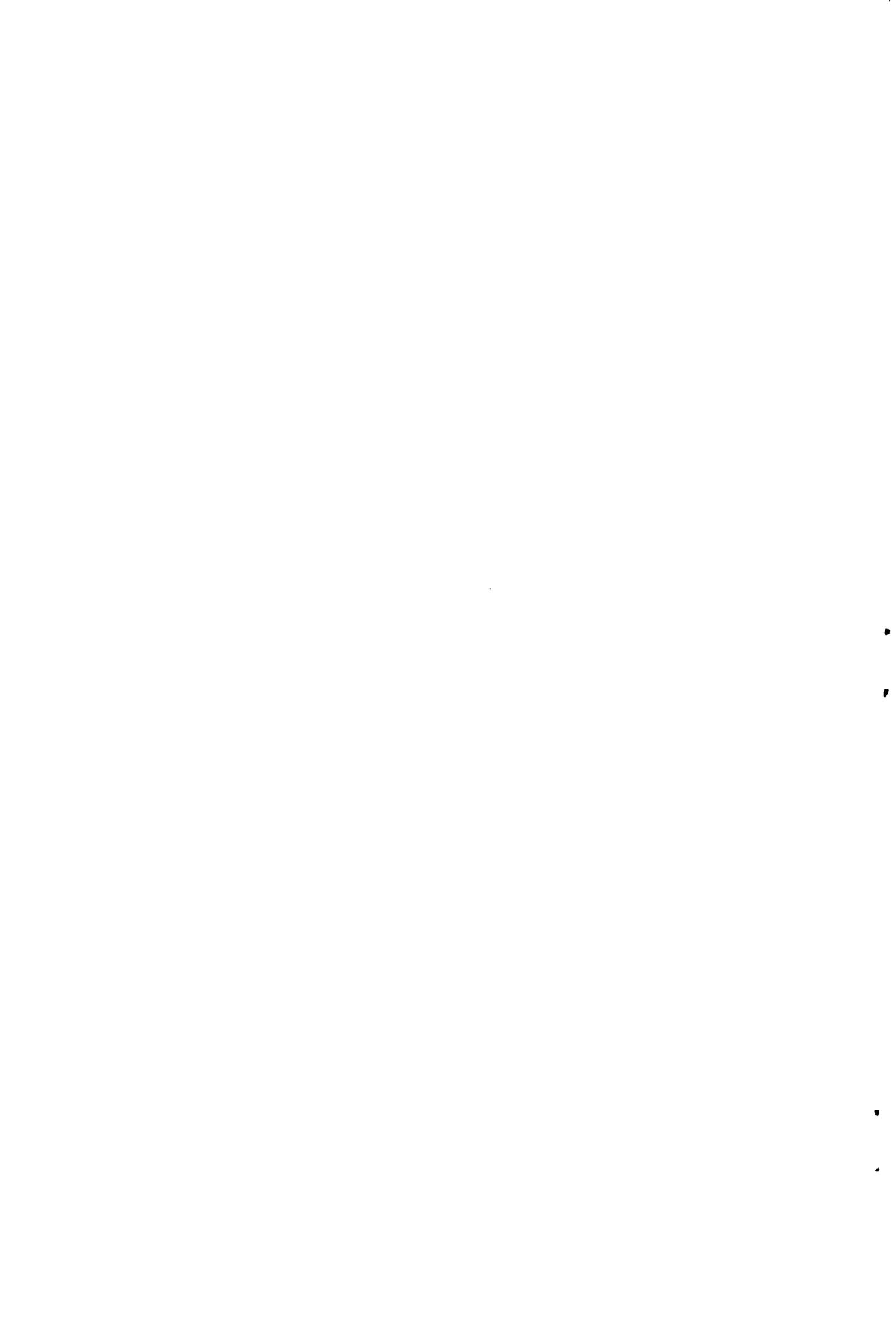
Hidráulica Agrícola
 Hidráulica Urbana ou Sanitária
 Hidráulica Motriz
 Hidráulica Marítima
 Hidráulica Fluvial
 Hidráulica Subterrânea
 Hidráulica Aplicada a grandes estruturas

Atendendo aos precedentes acima expostos, subentende-se que para o estudo de qualquer ramo da hidráulica Aplicada (Hidrotécnica) é necessário que se trave conhecimento amplo dos princípios básicos da hidráulica Geral ou Analítica.

Nosso estudo em pauta, persegue a Hidrotécnica no âmbito agrícola, onde necessariamente cabe estudar profundamente todos os estudos necessários a captação de água, a elevação e melhoramento de água, findando com a irrigação e a drenagem.

O curso em que vocês estão participando, prevê que se trave conhecimento parcial da hidráulica aplicada a Agricultura, basicamente "Hidrometria", que significa medição de água e correlatos, uma vez que esta prática da hidrotécnica, permite quantificar volumes, proporciona conhecimentos para uma melhor distribuição do recurso hidráulico, de bombeamento, enfim, fornece a pessoa dados de prioritária importância para a operação de projetos de irrigação e drenagem. Esta prática ainda, torna-se muito mais importante quanto mais complexo o projeto de irrigação, e este pode perfeitamente ser demonstrado, quando se opera em perímetro irrigado, em que dentro deste perímetro, vários agricultores dependem da irrigação para produzir em suas terras irrigadas, e conta-se com uma estação de captação que necessariamente deve satisfazer as necessidades hídricas das culturas em caráter comunitário. Nesta situação, o programa de operação do sistema deve atender a todas as demandas propostas, devem ser formulados calendários de entrega de água (turnos de rega), e finalmente, devem ser computados os volumes entregues durante toda a irrigação para cada agricultor, de tal maneira que no final, ao mesmo possa ser cobrado o custo da irrigação, que é revestida através do custo unitário do metro cúbico fornecido.

Esta tarifa d'água, a semelhança do custo da hora máquina, exprime o valor singular do custo da operação, onde estão incluídos depreciações dos equipamentos de bombeamento, custo de energia, seja elétrica ou mecânica, custo de manutenção dos canais, drenos, comportas, etc., e custo da mão de obra de apoio, tais como salário do operador das bombas ou do conjunto elevatório, salário dos canaleiros e outros que subsidiem a irrigação e operação do sistema.



3.0 - FUNDAMENTOS DA HIDROSTÁTICA

A hidrostática estuda os líquidos em equilíbrio, em outras palavras, estuda a distribuição de pressões, no seio de um líquido em equilíbrio. Este estudo torna-se importante, pois todo cálculo de barragens, de reservatórios, de espessura de comportas, etc., depende do cálculo da pressão gerada pelo líquido em equilíbrio, chamada de pressão hidrostática.

3.1 Peso específico

O peso específico de um líquido é definido como o peso em quilogramas de uma determinada massa líquida, por unidade de volume.

Analogamente, sendo a água o líquido de maior importância para nós, e podendo ser considerada homogênea, a água experimenta um peso específico de: 1000 kg/m^3 . Teoricamente, os líquidos são incompressíveis; quer dizer que não sofrem deformações quando submetidos a uma determinada pressão, mas na realidade a água é um tanto elástica e compressível, onde sua densidade sofre uma ligeira variação, a temperatura diversas, e em função de impurezas contidas em suspensão. Ensaio com água destilada (livre de impurezas) demonstram que para um determinado volume, a água pesa mais a 0°C do que a 100°C .

As águas naturais, contendo sais dissolvidos, lamas, pesam mais por unidade de volume. Porém, nos cálculos rotineiros dentro da hidrostática, tem-se verificado que de uma forma geral a água doce possui um valor básico de peso específico igual a 1000 kg/m^3 , o que significa, que um litro de água pesa um quilo (em peso.)

3.2 Equação geral da hidrostática

A pressão média, que um líquido imprime numa determinada superfície no fundo de um reservatório deve ser expressa conforme a seguinte equação:

$$P = \gamma \cdot h.$$

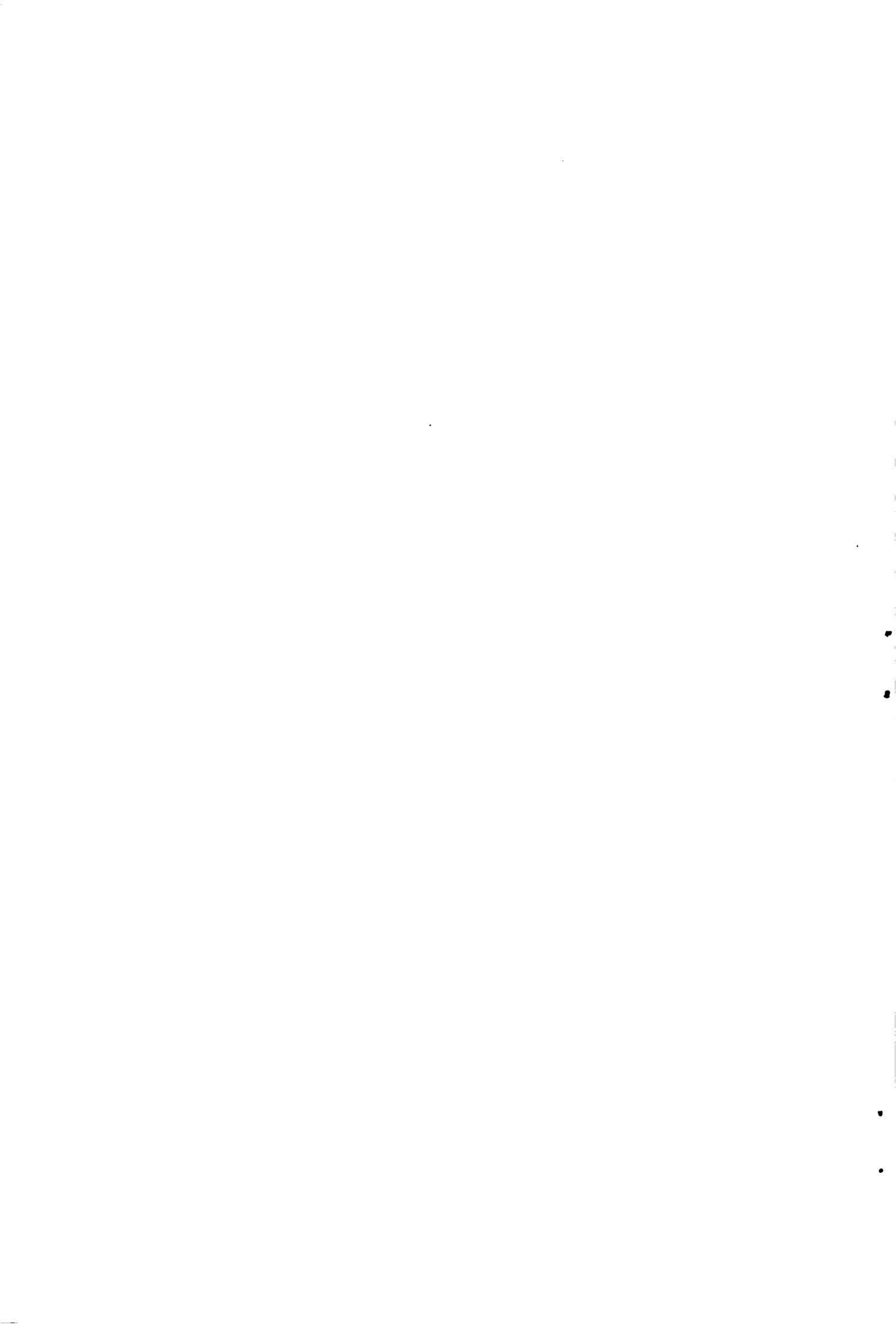
P = Pressão média (Kg/m^2)

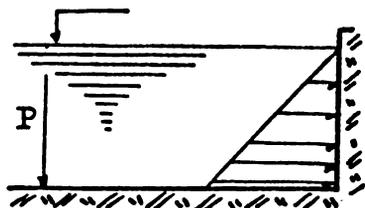
γ = Peso específico da água
(Kg/m^3)

h = Altura da coluna d'água
(m)

Exemplo prático:

Suponha que um reservatório de água, disposto na horizontal, tem uma altura interior de água, de 80 cm. Pede-se o cálculo da pressão unitária.





$$h = 80 \text{ cm} = 0,80\text{m}$$

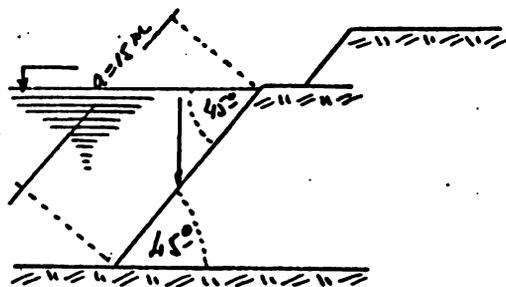
$$P = \gamma \cdot h = 1000\text{Kg/m}^3 \times 0,80\text{m}$$

$$P = 800\text{Kg/m}^2 = 80 \text{ gramas/cm}^2$$

Tratando-se de superfícies de fundo, nas inclinadas a semelhança de uma comporta de desassoramento num reservatório, a pressão a considerar para definir a espessura da chapa de ferro que deverá ter a estrutura, deve ser a pressão exercida sobre o centro de gravidade da comporta.

Exemplo:

Determinar a pressão sobre a parede de uma barragem, sabendo-se que ela tem 15 m de comprimento (comprimento do paramento da barragem) e faz um ângulo de 45° com a horizontal.



Como não sabemos a extensão da barragem, calcula-se a pressão unitária por metro linear da barragem.

$$\text{Sabemos que } P = \gamma \cdot h = \frac{P'}{S} \text{ onde}$$

P = Pressão (Kg/m^2) - Pressão média
 γ = Peso específico do líquido (1000kg/m^3)
 h = Altura da coluna d'água (m)
 S = Área sujeita à pressão (m^2)
 P' = Peso em quilos

$$\text{Logo: } P' = \gamma \cdot h \cdot S'$$

$$S = 15 \text{ m} \times 1\text{m} = 15 \text{ m}^2$$

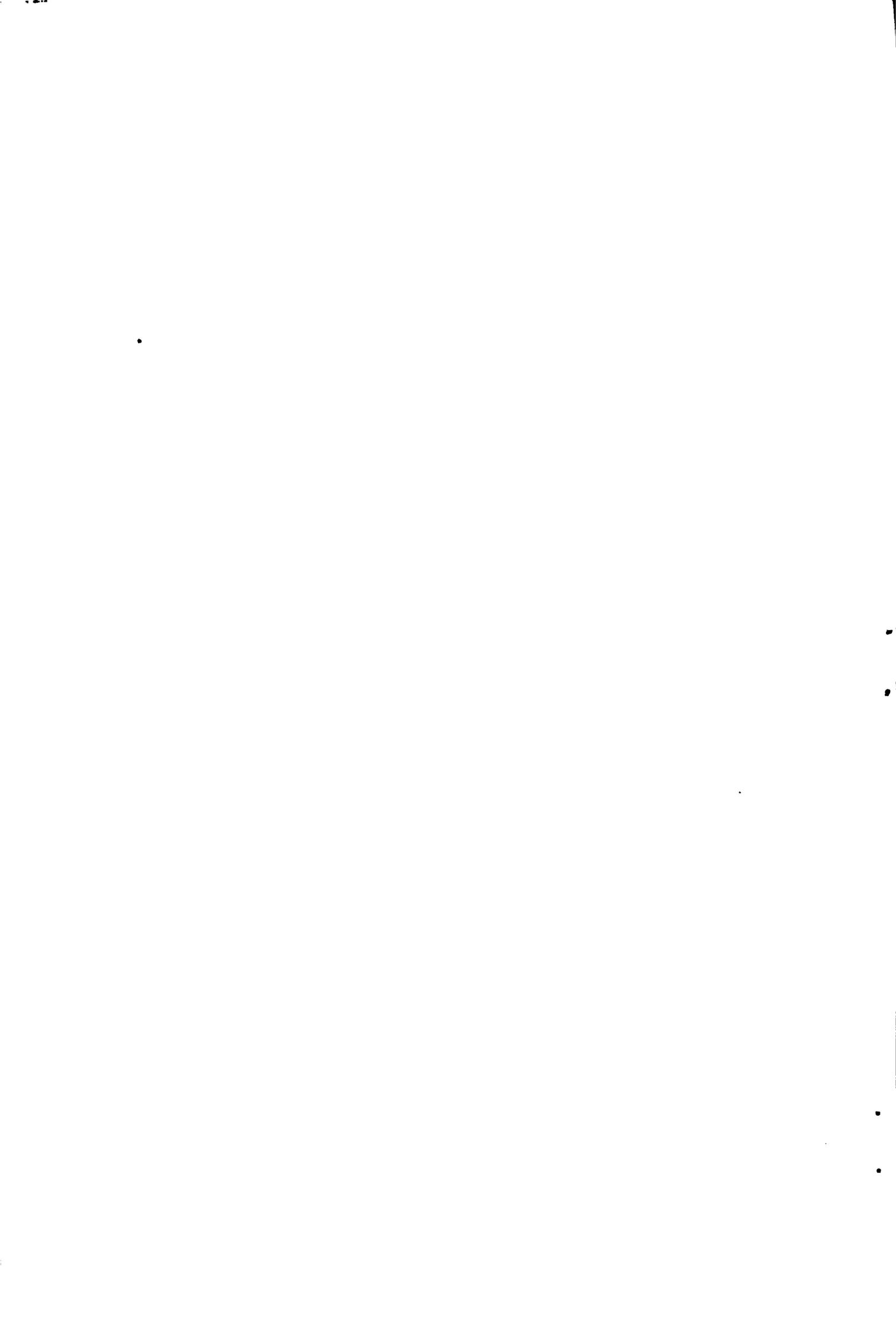
$$\gamma = 1000\text{Kg} / \text{m}^3$$

$$h = \frac{a}{2} \cdot \text{seno } 45^\circ = 5,30\text{m}$$

Substituindo na equação $P' = \gamma \cdot h \cdot S'$ temos que:

$$P' = \frac{1000\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 5,30\text{m} \times 15\text{m}^2 = 79.500\text{kg/m linear}$$

Assim, a barragem deverá ser construída, de tal maneira que suporte um peso de $79.500\text{Kg/metro linear}$ de barragem.



4.0 - FUNDAMENTOS DA HIDRODINÂMICA

Enquanto na hidrostática, o estudo teórico define perfeitamente o que se verifica na prática, na hidrodinâmica não acontece o mesmo, uma vez que o líquido deixa de ser perfeito e é necessário corrigir o cálculo por meio de coeficientes, para interpretar os fatos reais que acontecem.

A determinação de coeficientes experimentais aplicados sobre os fatos, absorve fenômenos que acontecem quando os líquidos saem do estado de repouso e começam a movimentar-se. Estes fenômenos são:

Atrito exterior : que se dá entre o líquido e as paredes do condutor.

Atrito interior : coesão e viscosidade, que é próprio de cada líquido e se dá entre as moléculas do mesmo.

4.1 Conceito de vazão

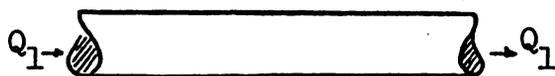
Vazão pode ser definida como a quantidade de volume coletado de um determinado líquido, num espaço de tempo.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{onde} \quad \begin{array}{l} V = \text{Volume em m}^3 \\ t = \text{Tempo de segundos.} \end{array}$$

Esta é a maneira mais simples de exprimir o dado, "vazão". Porém, também podemos calculá-lo regido pelos conceitos definidos pela hidráulica. (Hidrostática e Hidrodinâmica).

4.2 Equação fundamental da Hidrodinâmica ou Equação fundamental da Continuidade

Imaginemos um tubo, em que internamente está circulando água motivado por uma determinada pressão.



$$Q = S \times V$$

$$Q = \text{vazão m}^3/\text{s}$$

$$S = \text{seção m}^2$$

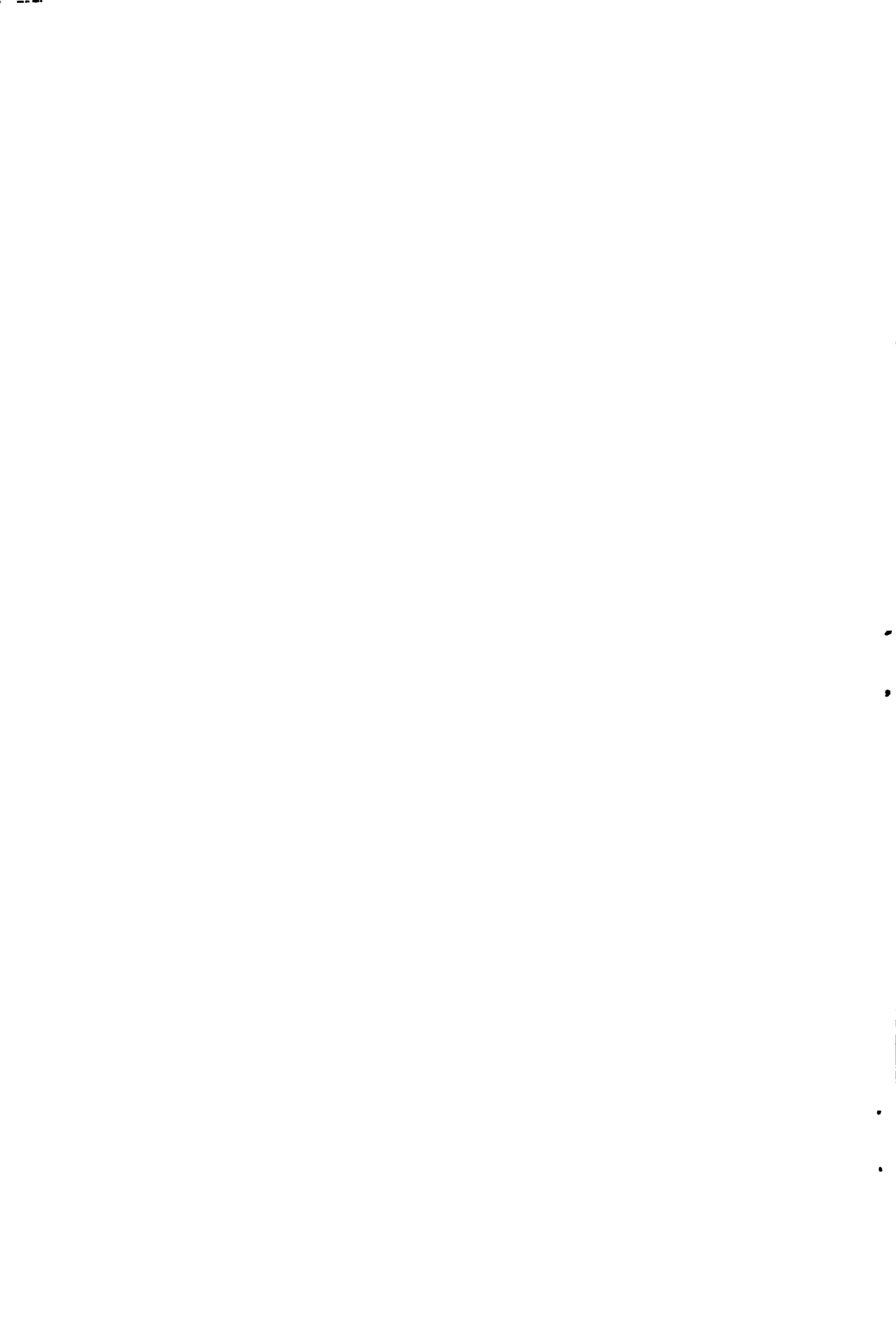
$$V = \text{velocidade m/s}$$

\varnothing constante

$$Q = \text{vazão em m}^3/\text{s}$$

$S = \text{seção de escoamento (m}^2\text{)} \text{ (Área do círculo definido pela seção do tubo)}$

$V = \text{velocidade de escoamento (m/s)}$

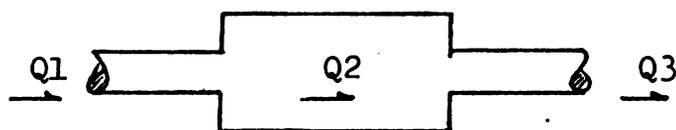


Dissemos anteriormente que, quando se estuda o movimento dos líquidos em hidráulica, (hidrodinâmica) torna-se necessário corrigir os cálculos obtidos, por coeficientes experimentais definidos praticamente.

Na figura anterior, temos definido vazão, considerando a água um líquido perfeito, assumindo que toda a quantidade de água que entra no tubo, sai pelo outro extremo, o que é verdade, uma vez que não há fugas intermediárias, porém, no momento que o líquido se desliza internamente dentro do tubo, temos que considerar que haverá atrito externo (aquele definido entre o cilindro de água e as paredes do tubo) e haverá atrito interno, (coesão e viscosidade entre as moléculas que compõem o líquido). Estes dois fenômenos contribuem para que o escoamento do líquido se dê com dificuldade.

Sem querer complicar o raciocínio exposto até agora, vamos definir também uma outra equação que nada mais é do que uma extensão da equação geral ou fundamental da Continuidade. (Chama-se assim, porque assume-se que tudo o que entra por um tubo, sai pelo outro extremo, não havendo fugas intermediárias).

Vamos examinar o seguinte exemplo:



Não havendo fugas intermediárias podemos perfeitamente assumir que:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (1)$$

Logc: se $Q = S \cdot V$ podemos definir que :

$$Q_1 = S_1 \cdot V_1$$

$$Q_2 = S_2 \cdot V_2$$

$$Q_3 = S_3 \cdot V_3$$

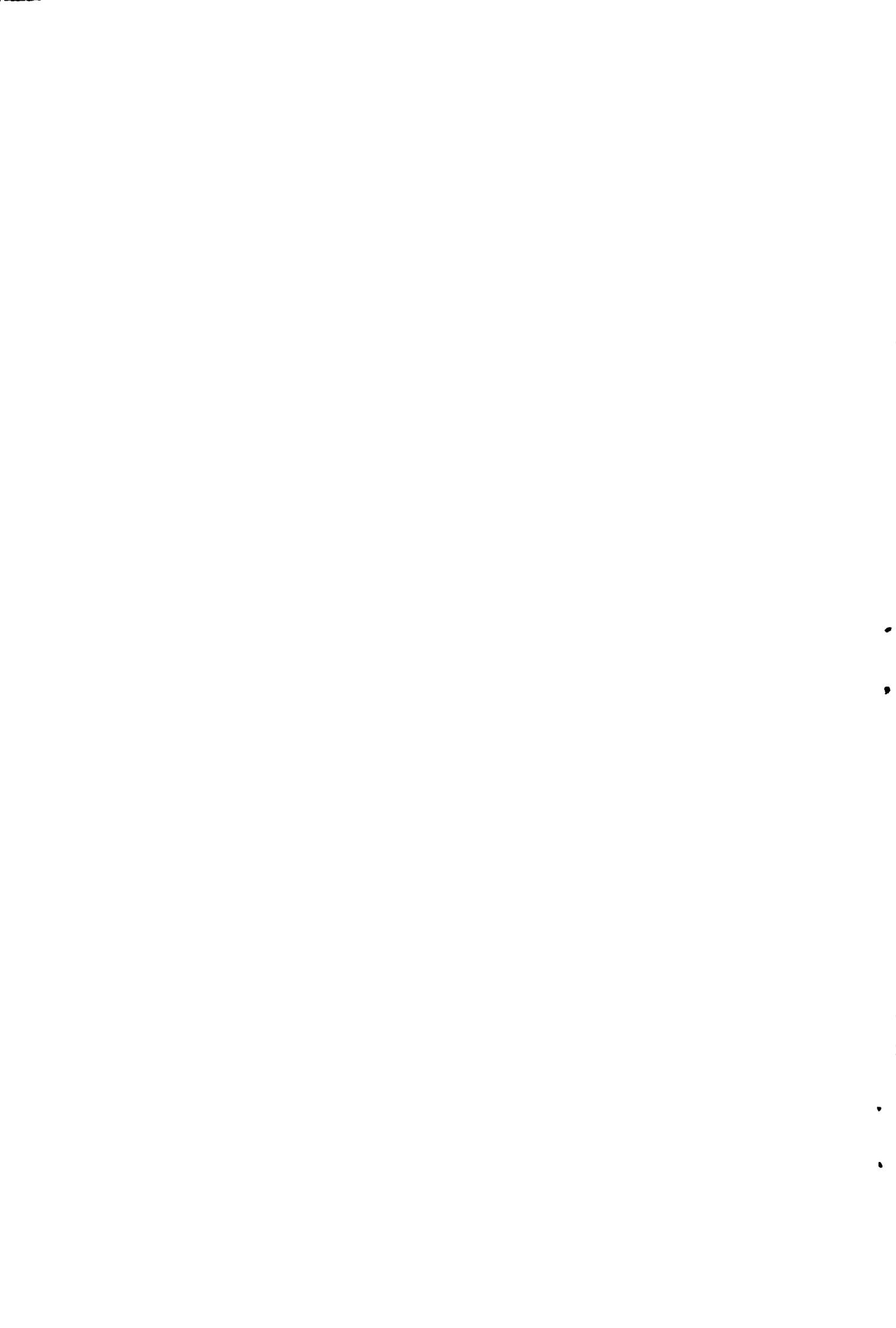
Conforme (1) podemos ainda dizer que: $S_1 V_1 = S_2 V_2 =$

$$S_3 V_3$$

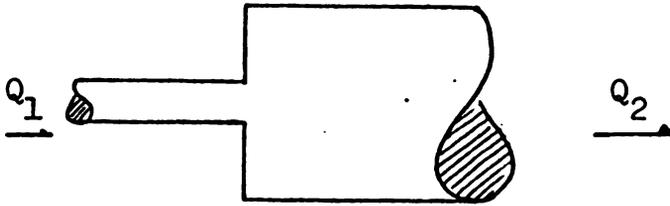
Onde: Q_n = Vazão ou descarga no trecho considerado (m^3/s)

S_n = Seção do tubo no trecho considerado (m^2)

V_n = Velocidade no tubo no trecho considerado (m/s)



Exemplo:



$$Q_1 = 3 \text{ l/s} = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = Q_1$$

$$V_2 = ?$$

$$\text{Sabemos que: } S_1 V_1 = S_2 V_2$$

$$\phi_1 = 10\text{cm} \quad \phi_2 = 50\text{cm} \quad (\phi) \text{ Diámetro do tubo}$$

Para o 1º trecho

$$Q_1 = S_1 \cdot V_1 \text{ logo } V_1 = \frac{Q_1}{S_1} = \frac{0,003}{0,00785} = 0,38 \text{ m/s}$$

Cálculo de S_1

$$S_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,01}{4} = 0,00785 \text{ m}^2$$

Sabendo que :

$$S_1 V_1 = S_2 V_2 \quad \text{e} \quad S_1 = 0,00785 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 0,38 \text{ m/s}$$

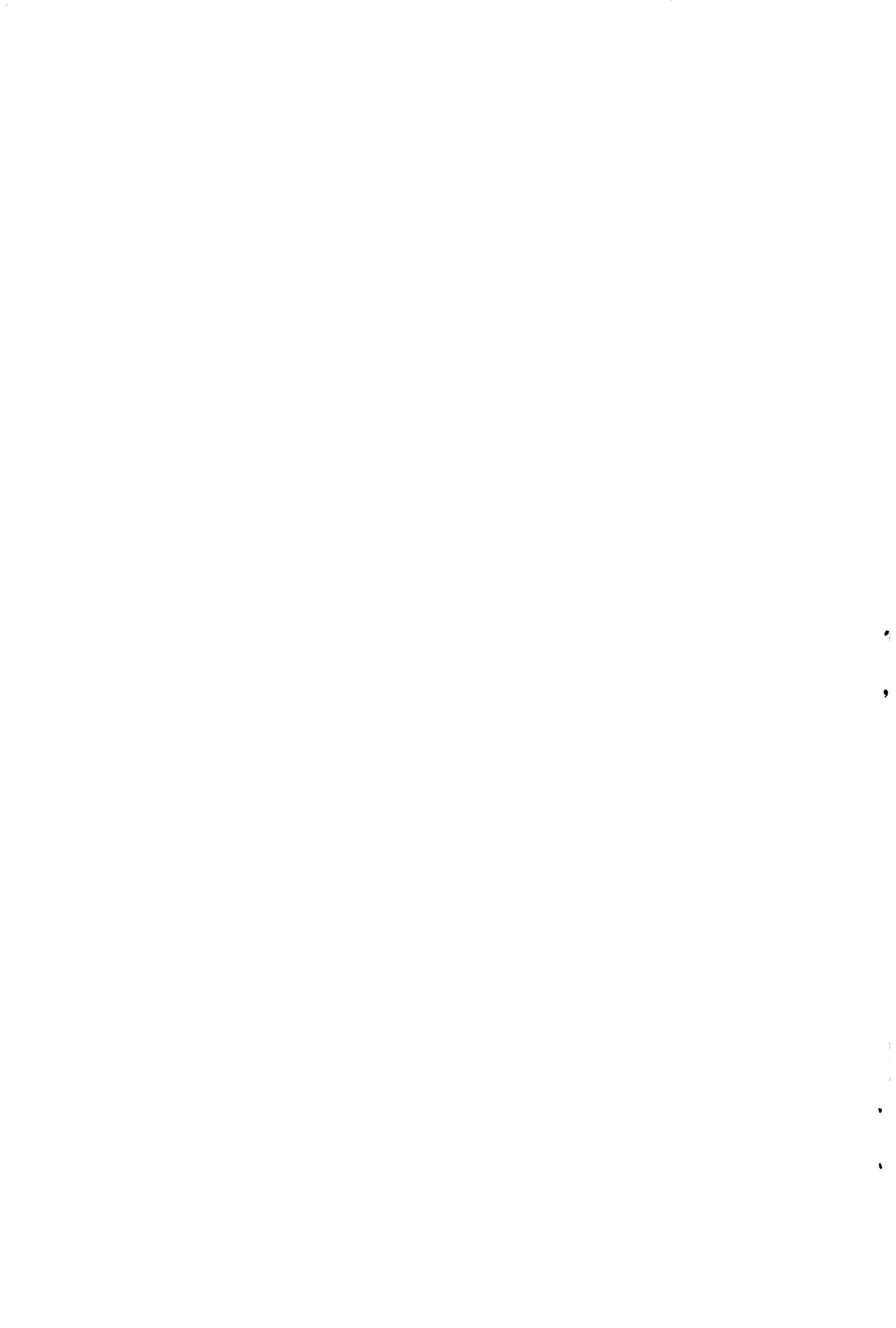
$$V_2 = \frac{S_1 V_1}{S_2} = \frac{0,00785 \text{ m}^2 \times 0,38 \text{ m/s}}{0,19625 \text{ m}^2} = 0,0152 \text{ m/s}$$

Cálculo de S_2

$$S_2 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,25}{4} = 0,19625 \text{ m}^2$$

Se analisarmos os dados obtidos para uma mesma vazão

$$Q_1 = Q_2 = 3 \text{ l/s} = 0,003 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{temos que:}$$



$$S_1 = 0,00785 \text{ m}^2 = 78,5 \text{ cm}^2 \quad S_2 = 0,19625 \text{ m}^2 = 1.962,5 \text{ cm}^2$$

$$V_1 = 0,38 \text{ m/s} = 38,0 \text{ cm/s} \quad V_2 = 0,0152 \text{ m/s} = 1,52 \text{ cm/s}$$

Este raciocínio nos permite conceituar que para uma mesma vazão os valores de S e V são proporcionais num determinado trecho do tubo, em relação a vazão. Logo:

$Q = S \times V \rightarrow Q \rightarrow V$ para um S fixo / $Q \rightarrow S$ para um V fixo

Agora, considerando os tubos ligados entre si, sempre para um mesmo Q, teremos:

$$\text{Se } S_1 \times V_1 = S_2 \times V_2 \quad V_2 = \frac{S_1 \times V_1}{S_2} = \frac{Q}{S_2}$$

A vazão que circula pelo tubo é diretamente proporcional a seção de escoamento no trecho 1 (ou vice versa) e, é inversamente proporcional a seção de escoamento do trecho 2. Sempre haverá uma compensação entre S e V para mantermos Q constante.

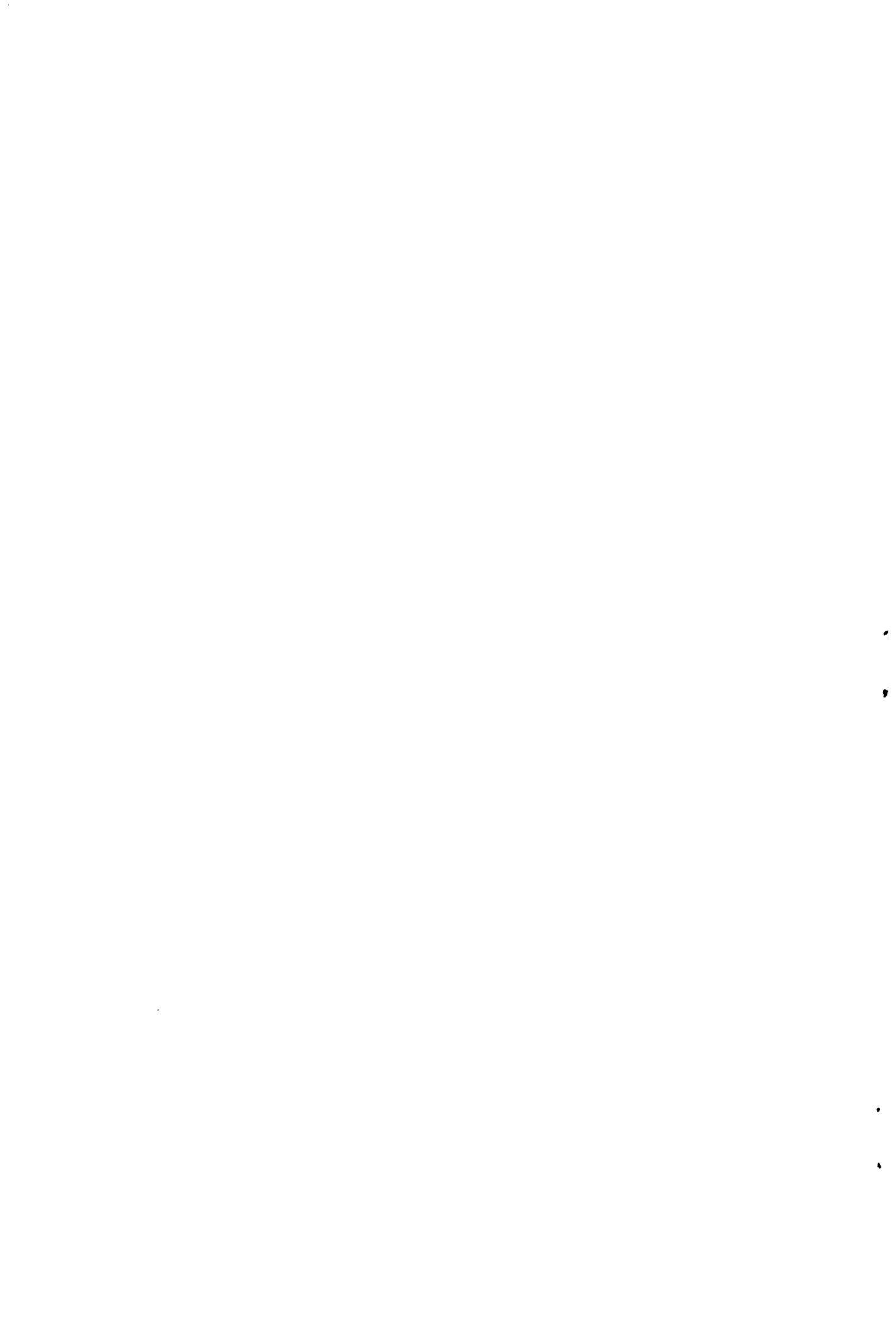
5.0 - HIDROTECNICA (Hidráulica aplicada a agricultura)

5.1. Introdução

A finalidade do curso persegue transmitir conhecimentos básicos e práticos para que no momento da operação de um perímetro irrigado, logre-se um controle satisfatório da entrega d'água.

Um projeto de irrigação e drenagem, prevê que a água captada num determinado ponto (fonte) deve ser levada até o lote ou parcela onde ela será distribuída. Os modos de distribuição da água a nível de parcela são variáveis, de acordo com o tipo de irrigação idealizado para o sistema.

Entre a captação e distribuição final, está previsto que a água circule por determinado trecho, correndo dentro de canais condutores que poderá ser principal, secundário ou terciário, até finalmente, entrar num pequeno canal que recebe o nome de regadeira. No meio de todo este percurso, poderão perfeitamente ocorrer demandas intermediárias, para satisfazer um determinado setor da área que se pretende irrigar. Neste momento, estamos frente a uma bifurcação onde deverá ser quantificado quanto se pretende derivar do canal condutor, que satisfaça nossas necessidades de demanda, sem prejudicar o volume excedente que continua a circular e que também será destinado a satisfazer outros setores. Um bom controle de operação prevê que a captação seja totalmente utilizada na irrigação e não tenhamos uma utilização desnecessária do recurso hidráulico.



Devemos evitar sobre todo aspecto, desperdiçar água, mesmo ela sendo por gravidade (captada sem custo energético) pois, ocorrerão problemas que fogem ao nosso controle, uma vez que, se não utilizarmos toda a água, o excedente irá continuar pelo canal a frente, podendo provocar transbordamentos sobre os aterros do canal condutor, danificando a estrutura. Devemos verificar se as comportas, estão abertas ou fechadas, se existe alguma obstrução dentro do canal e não tenhamos conhecimento.

De um modo geral, quando formos iniciar a irrigação, antes de soltar a água pelos canais condutores, devemos ter visto já com antecipação, em que situação encontra-se o canal. De acordo com o volume e os setores destinados para a irrigação, previamente deveremos examinar qual o estado do trecho em que a água vai passar. Devemos verificar:

- Se as comportas que utilizamos como instrumentos de medição de vazão estão abertas e quais deverão permanecer fechadas.

- Se outros apetrechos destinados a medição de água, estão no local onde pretende-se fazer uma medição para controle. (Em pontos de bifurcação do canal com outro semelhante).

- Se de um modo geral o canal encontra-se em bom estado, sem apresentar rupturas que venham significar em reparos maiores.

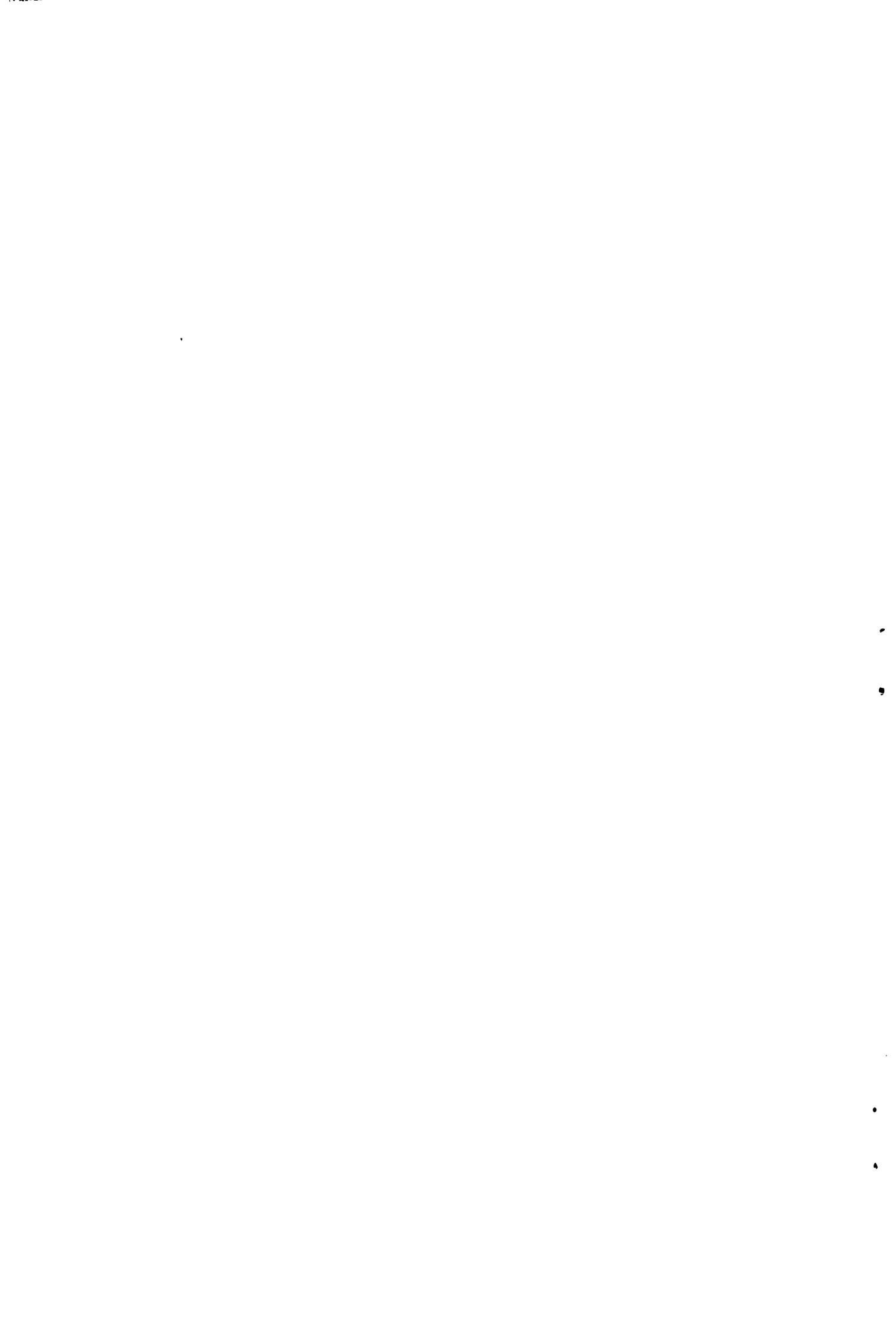
- Se os usuários da água, tem deixado apetrechos pessoais dentro dos canais, e se tem ficado de um dia para o outro. (Embalagens de insumos agrícolas, enxadas, plásticos, mangotes, cantis, etc.)

Todos estes aspectos devem ser inicialmente verificados, até podermos dizer que estamos prontos para receber a água de irrigação.

Sem entrarmos em outros tópicos que serão dados durante o curso, vamos concentrar nossa atenção no que compete a hidrometria, (medição de água). É de fundamental importância que, quem realiza hidrometria, tenha conhecimento prévio de "qual a capacidade máxima de vazão dos canais" sem conhecermos os limites da vazão, poderemos facilmente submeter o canal (de qualquer magnitude ou grandeza) a sérios danos.

Para o conhecimento de vocês, os canais são construídos em função das demandas, em função da declividade permissível para o canal, que determinará a velocidade de escoamento dentro do mesmo, (ora esta declividade poderá ser igual ou não a que o terreno oferece) e em função dos custos da obra, que não devem furar orçamentos.

A hidráulica geral ou analítica, através do estudo da hidrodinâmica exige que para entender o escoamento e qual o comportamento de um líquido dentro de um conduto (aberto ou fechado), se definem equações diversas que interpretem movimentos.



Um sem número de autores, de diversos países, após lançados os primeiros conceitos e leis da hidráulica, tem fornecido significativas contribuições traduzidas em fórmulas matemáticas cada vez mais racionais, que do ponto de vista teórico, apresentam após aplicadas, cálculos cada vez mais próximos ao que realmente acontece na realidade. Dissemos anteriormente que um sem número de coeficientes permitem a aferição cada vez melhor dos cálculos, para que na hora de compará-los com a prática, sejam senão iguais, semelhantes ou próximos.

De um modo geral, vamos dar a vocês o conhecimento de como "estimar" a capacidade máxima de um canal, e que necessariamente com os recursos dados aqui no curso, este cálculo teórico poderá ser comparado também do ponto de vista prático.

5.2 Equação de Manning

Manning tem sido um autor consagrado pelos seus estudos em hidráulica. Tem nos dado uma série de contribuições e uma destas, é ter desenvolvido sua expressão matemática que determina a vazão ou descarga em um canal construído a céu aberto.

Manning cita que a descarga ou vazão de água num conduto a céu aberto, pode ser calculado por:

$$Q = S V \text{ onde } V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$\text{logo: } Q = S \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

- onde: $Q =$ vazão ou descarga no conduto em (m^3/s)
 $S =$ Área da seção molhada definida pelo líquido em escoamento (m^2)
 $n =$ Coeficiente de rugosidade (que depende da natureza das paredes do condutor (adimensional))
- * $R =$ Raio hidráulico (m)
 - $I =$ Declividade do conduto (m/ml)

- * $R =$ Raio hidráulico é definido como a relação existente entre a área molhada pelo líquido em circulação e o perímetro molhado na seção por onde ele passa.

$$R = \frac{AM}{PM} = \frac{m^2}{m} = m$$

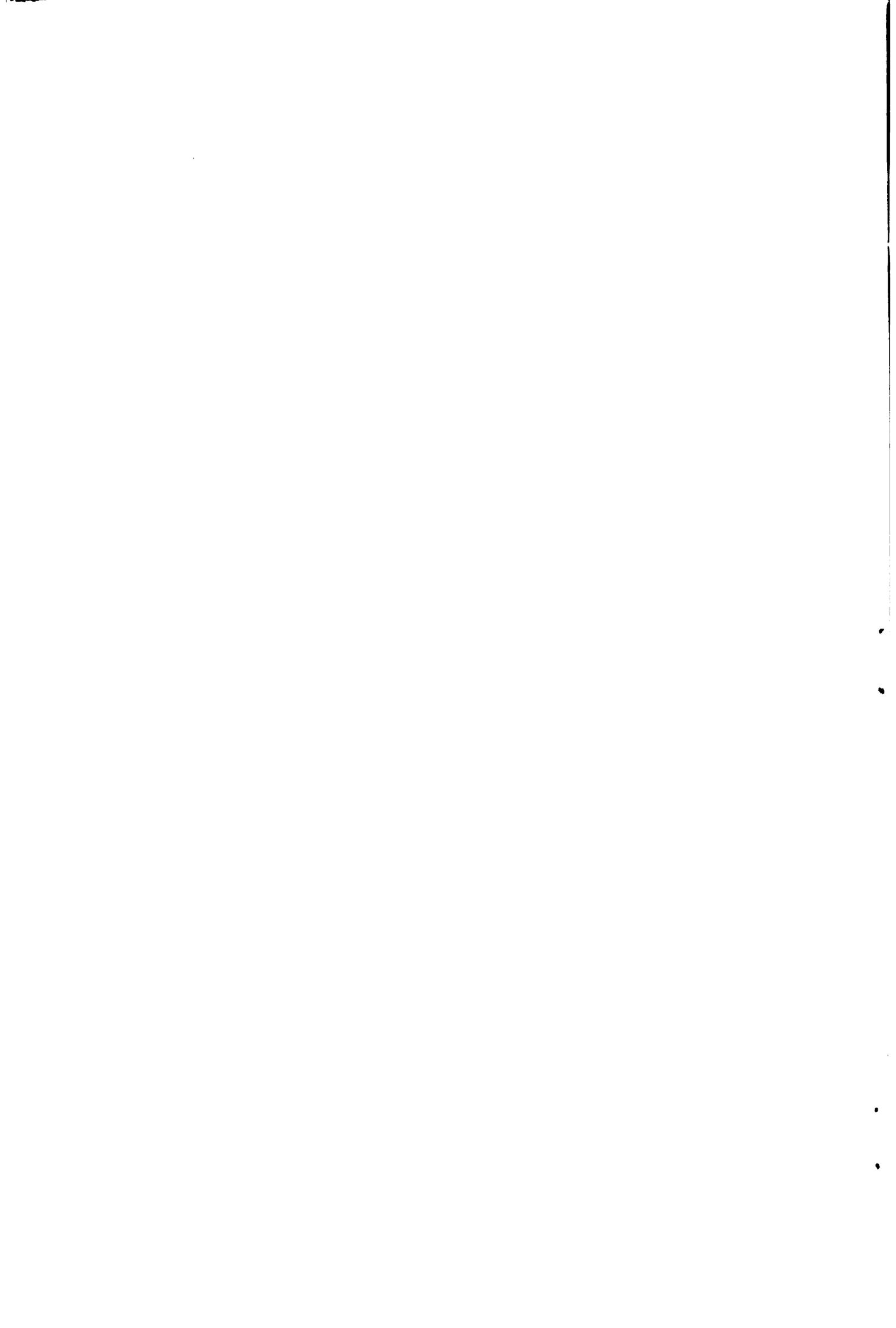
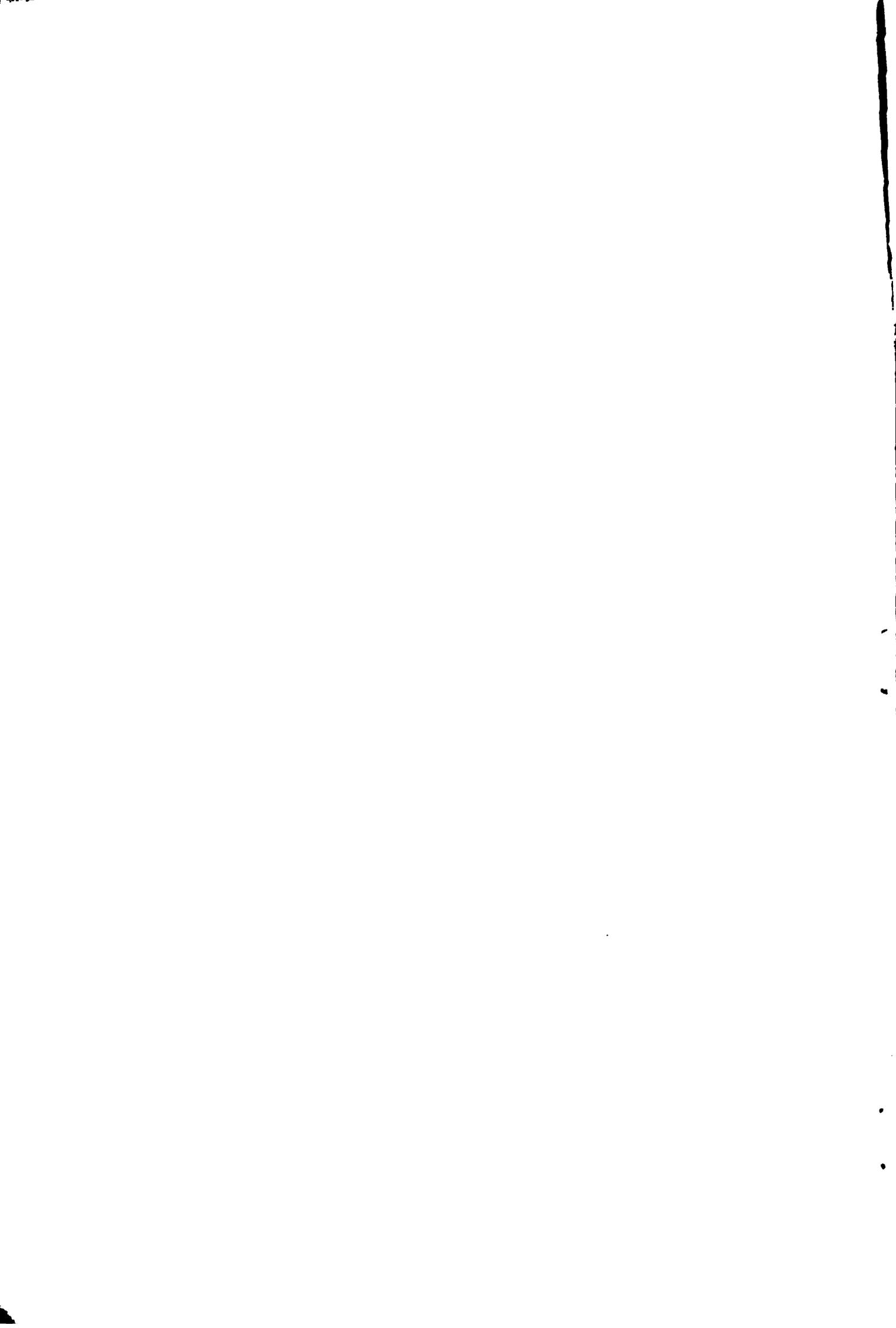


Tabela nº 1

Valores de "n", segundo Manning, para emprego na sua equação, citados por E.T. Neves.

Natureza das paredes	Condições			
	Muito Boas	Boas	Regular	Ruim
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Superfícies de argamas sa de cimento	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais com revestimen to de concreto	0,012	0,014	0,016	0,018
Alvenaria de pedra ar gamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais em terra (reti lineos, uniformes)	0,017	0,020	0,0225	0,025
Canais irregulares(pa rede pedra mal arruma da	0,035	0,040	0,045	
Canais dragados	0,025	0,0275	0,030	0,033
Canais curvelíneos e lamosos	0,0225	0,025	0,0275	0,030
Canais com leito pedre goso e vegetação nos taludes	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com fundo de terra e taludes empe drados	0,028	0,030	0,033	0,035

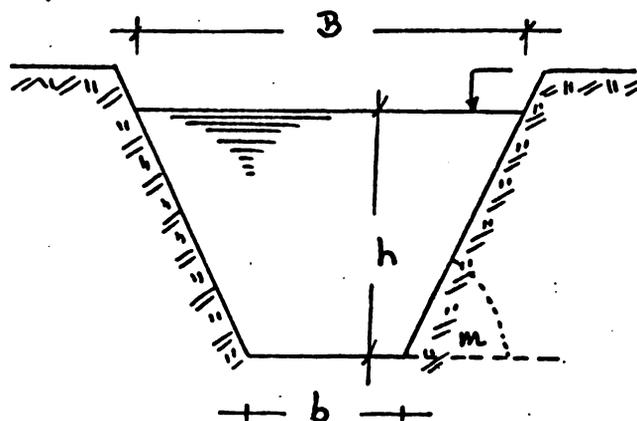
* Os valores do coeficiente " n " são adotados conforme a natureza das paredes do condutor.



Exemplo nº 1

Calcular a vazão ou descarga máxima que pode comportar um canal de seção trapezoidal, construído em terra, que apresenta bom estado e tem as seguintes características:

largura de fundo $b = 0,35\text{m}$
 altura de carga máxima $h = 0,60\text{m}$
 talude 45° $m=1$
 declividade $I = 1^\circ/00$
 coeficiente rugosidade $n = 0,020$
 (sendo $m = \cotg \alpha$)



Para seções trapezoidais:

$$\text{Área molhada } A_m = bh + mh^2$$

$$\text{Perímetro molhado } P_m = b + 2h \sqrt{m^2 + 1}$$

Primeiro, temos que calcular o Raio hidráulico do canal (R)

$$\text{Se } R = \frac{A_m}{P_m} \text{ e } A_m = S' \text{ logo } R = \frac{bh + mh^2}{b + 2h \sqrt{m^2 + 1}}$$

$$A_m = bh + mh^2 = 0,35 \cdot 0,60 + 1 (0,60)^2 = 0,57 \text{ m}^2$$

$$P_m = b + 2h \sqrt{m^2 + 1} = 0,35 + 2 \times 0,60 \sqrt{1^2 + 1} = 2,047\text{m}$$

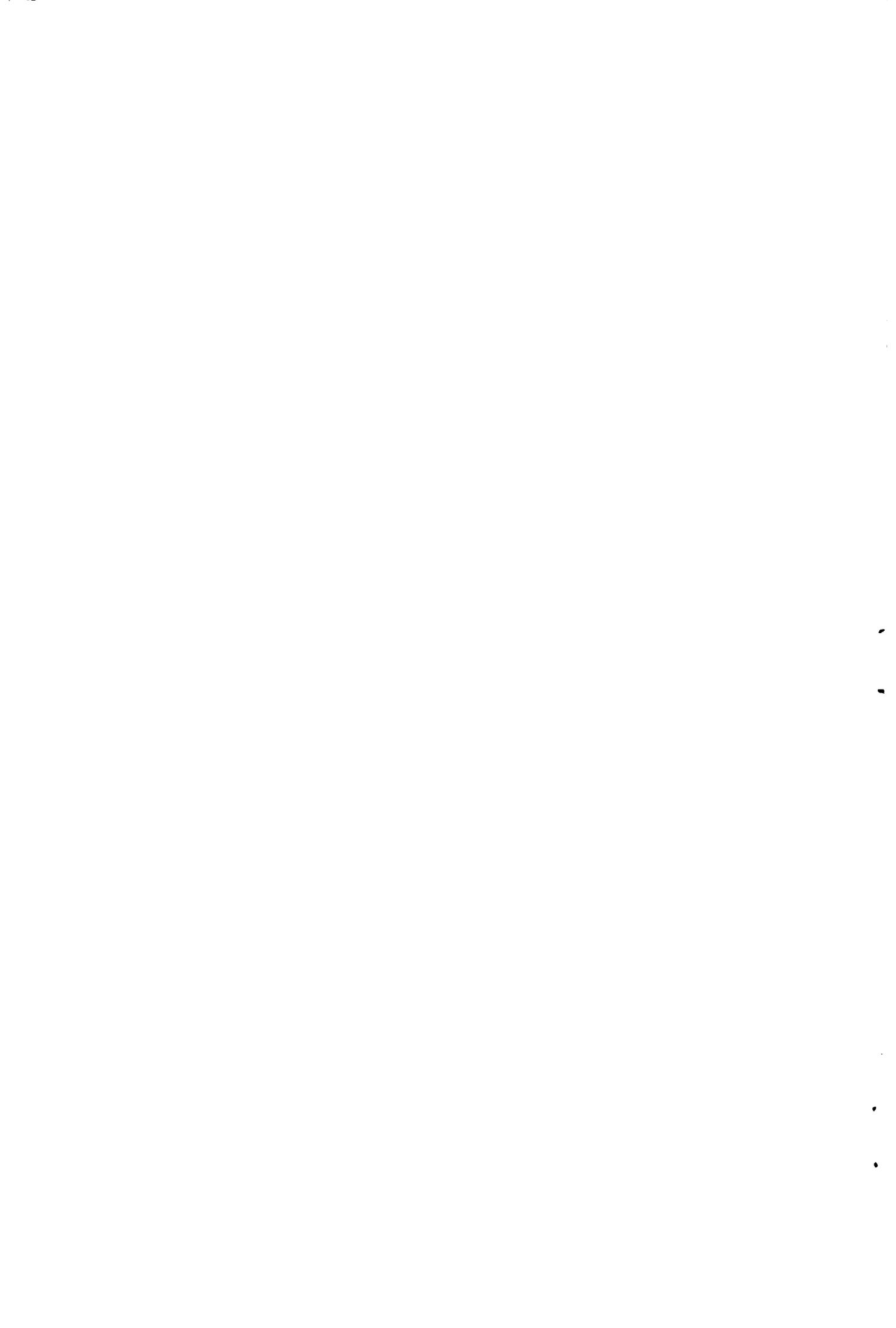
$$R = \frac{0,57 \text{ m}^2}{2,047\text{m}} = 0,278 \text{ m}$$

$$Q = S \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q = \underbrace{bh + mh^2}_{S = A_m} \times \underbrace{\frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}}_V$$

$$Q = 0,57 \times \frac{1}{0,020} \times (0,278)^{2/3} \times (0,001)^{1/2}$$

$$Q = 340 \text{ l/s}$$



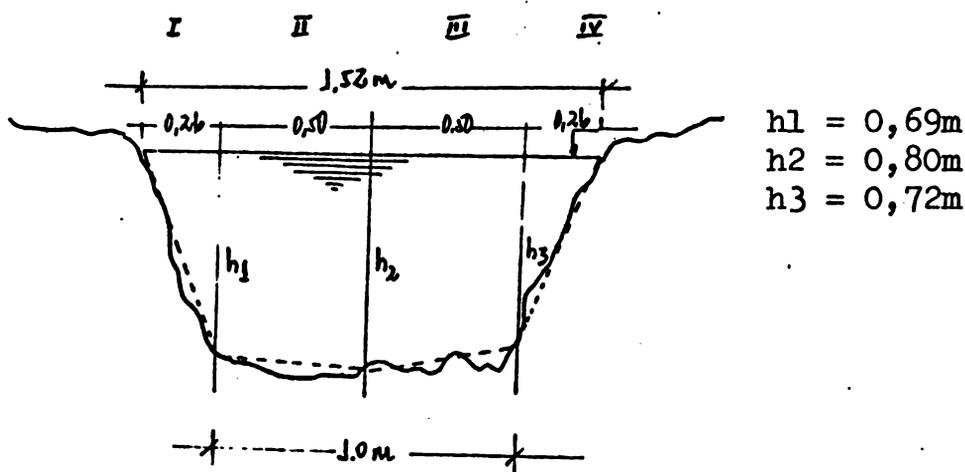
No exemplo anterior, verificamos, que o canal foi construído, atendendo aos parâmetros citados anteriormente, como largura de fundo definida, altura de carga, talude e declividade também definidos, para um valor de $n = 0,020$ (coef. de rugosidade). Com os anos de uso, especialmente os canais construídos em terra, perdem as características iniciais, ora, sofrem assorimentos, a seção trapezoidal não é mais uma seção trapezoidal, pois ela tem-se deteriorado, e pode ser que a declividade adotada na época de sua construção tenha mudado, em virtude de lama assentada no fundo, recalque próprio do aterro das bancas do canal etc.. Tudo isto contribui para que o canal não mais comporte a vazão de projeto, experimente vazamentos d'água, em suma, não satisfaça para a operação.

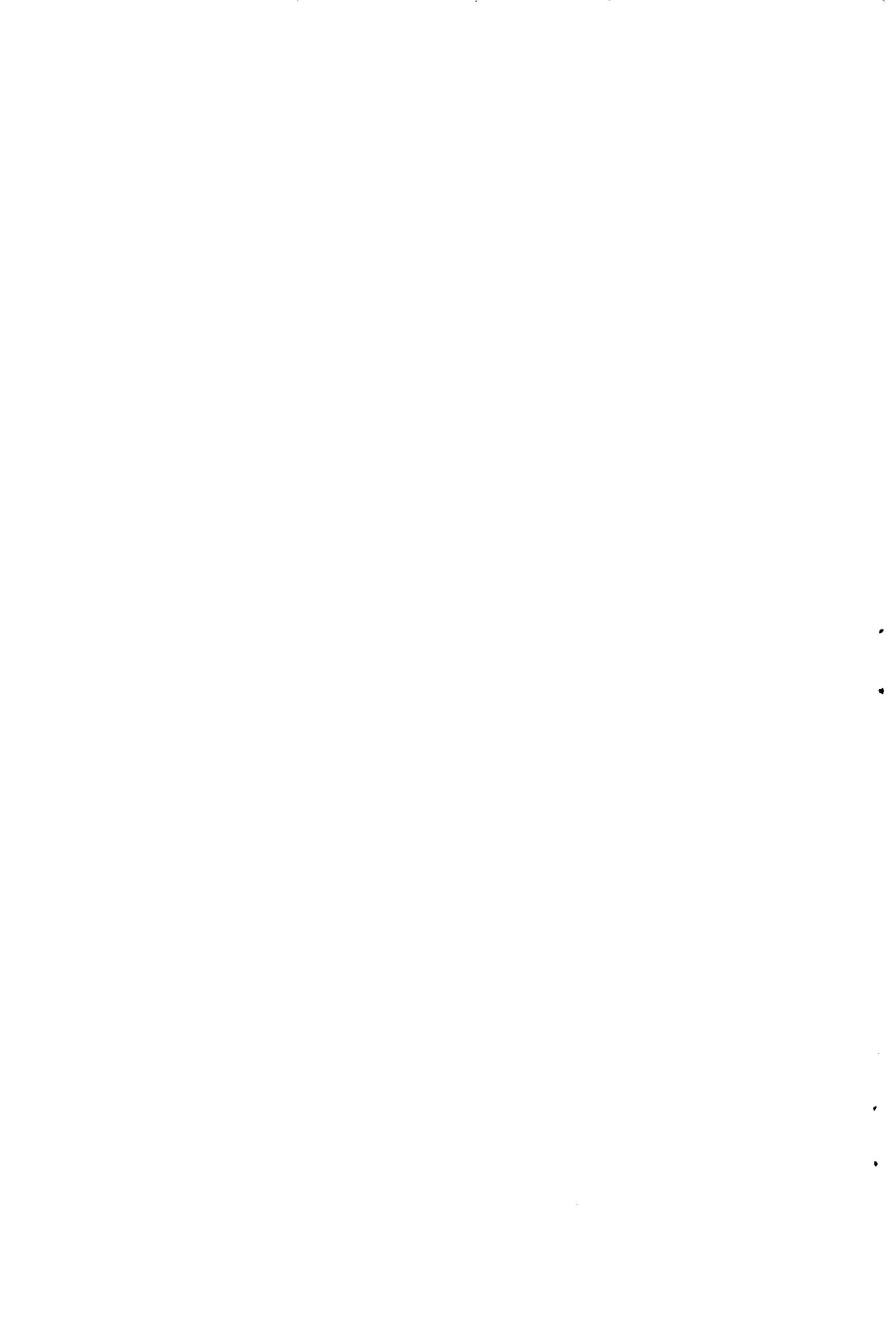
Existe uma metodologia simples e prática para verificar a nível de campo o comportamento de um conduto, seja qual for sua seção de escoamento, a esta altura bem irregular, e que nos fornece um dado confiável de qual é a sua vazão trabalhando a máxima carga.

5.3 Processo do flutuador (metodologia do trabalho)

1 - Escolhe-se um trecho do canal, o mais reto possível variando entre dez a vinte metros, assumindo que o mesmo já está com água trabalhando a plena carga.

2 - Definem-se três pontos com uma estaca fixada na banca do canal a beira da seção de escoamento. Nestes três pontos levanta-se a seção molhada em caráter individual, e associa-se a informação coletada conforme o cálculo de uma área representada por figuras geométricas. Ao estar fazendo isto estamos realizando uma batimetria. Em cada ponto dos três escolhidos tomaremos a largura de fundo, a largura do espelho d'água e diversas profundidades, equidistantes de uma das margens em intervalos iguais.





Até aqui, temos imaginado figuras geométricas conhecidas, cujo somatório das áreas calculadas nos dará a área da seção molhada.

Sabemos que a área de um triângulo é $\frac{b \cdot h}{2}$

Sabemos que a área de um trapézio é $\left[\frac{B + b}{2} \right] \cdot h$

Assim:

$$I = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{0,26 \times h_1}{2} = \frac{0,26 \times 0,69}{2} = 0,0897 \text{ m}^2$$

$$II = \frac{B+b \cdot h}{2} = \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot 0,50 = \frac{0,69+0,80 \cdot 0,50}{2} = 0,372 \text{ m}^2$$

$$III = \frac{B+b \cdot h}{2} = \frac{h_2+h_3}{2} \cdot 0,50 = \frac{0,80+0,72}{2} \cdot 0,50 = 0,38 \text{ m}^2$$

$$IV = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{0,26 \cdot h_3}{2} = \frac{0,26 \cdot 0,72}{2} = 0,0936 \text{ m}^2$$

$$I + II + III + IV = 0,935 \text{ m}^2 \sim 0,94 \text{ m}^2$$

Procede-se desta maneira, para o cálculo nas outras duas seções escolhidas, e depois de termos as áreas individuais calculadas, extrai-se a média aritmética das mesmas.

Feito isto, teremos uma seção média representativa do trecho. É importante frisar, que durante o período de tempo que está fazendo-se o estudo, não deverão ocorrer alterações da lâmina d'água dentro do canal.

Após ter concluído com o levantamento das seções, procede-se a colocar sobre a superfície d'água um flutuador, (uma bóia, um pequeno vidro de remédio, um pedacinho de madeira), enfim, algo que flutue sobre a superfície da água, e possa ser levado pela correnteza. Este objeto deverá ser colocado uns cinco metros antes do 1º ponto onde foi realizada a batimetria. (Estação 1). Com um cronômetro toma-se o tempo que o flutuador demora em deslocar-se da estação 1 a estação 3 passando pela estação 2.

Repete-se a operação mais umas duas vezes e extrai-se a média aritmética dos tempos anotados.

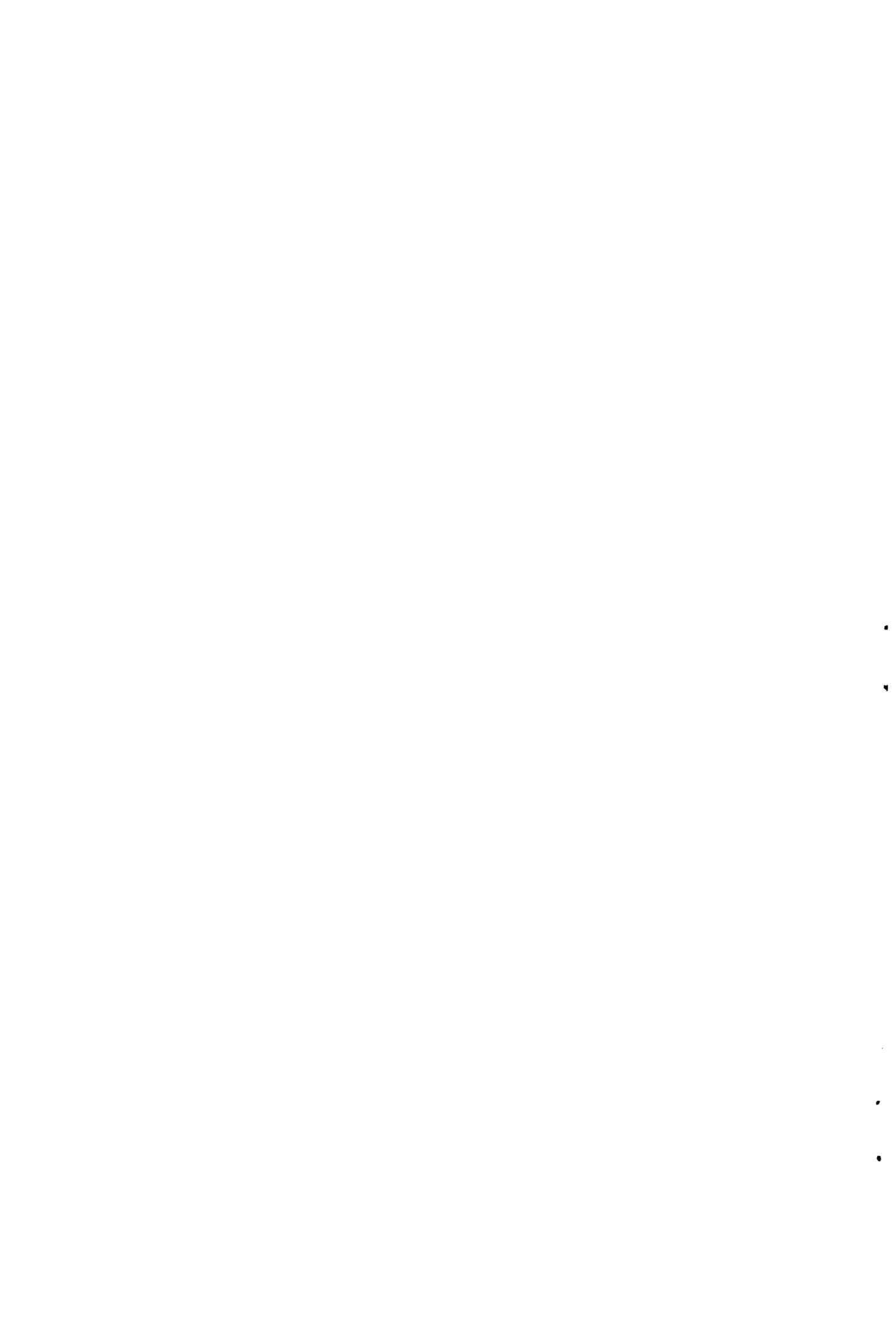
Vamos supor que:

$$t_1 = 38 \text{ segundos}$$

$$t_2 = 42 \text{ segundos}$$

$$t_3 = 50 \text{ segundos}$$

$$\bar{x} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{38 + 42 + 50}{3} = 43 \text{ segundos}$$



A velocidade superficial desenvolvida pelo flutuador : $V = \frac{20}{43} = 0,46 \text{ m/s}$

Retomando os dados até agora anotados, temos:

$$A_m = S = 0,94 \text{ m}^2 \text{ (área em m}^2 \text{ das seções levantadas)}$$

$$V_m = 0,8 \times V$$

Esta última equação exprime o valor da velocidade média no percurso. Como nós temos calculado a velocidade superficial é necessário que ela seja reduzida, para torna-la representativa, assim o coef. 0,8 representa que a velocidade média (V_m) é igual a 80% da velocidade superficial.

Então teremos:

$$A_m = 0,94 \text{ m}^2 = S$$

$$V_m = 0,8 \times 0,46 \text{ m/s} = 0,37 \text{ m/s}$$

$$Q = A_m \times V_m = 0,94 \text{ m}^2 \times 0,37 \text{ m/s} = 0,348 \text{ m}^3/\text{s} = 348 \text{ l/s}$$

5.4 Processos mais sofisticados

(Uso de molinete hidráulico ou Correntômetro)

Os molinetes ou correntômetros são equipamentos que permitem medir a velocidade de escoamento para grandes vazões, onde é necessário rapidez e precisão de dados. Os molinetes hidráulicos são os aparelhos mais aperfeiçoados para determinar com maior exatidão a medição de velocidade, num ponto qualquer de corrente hidráulica.

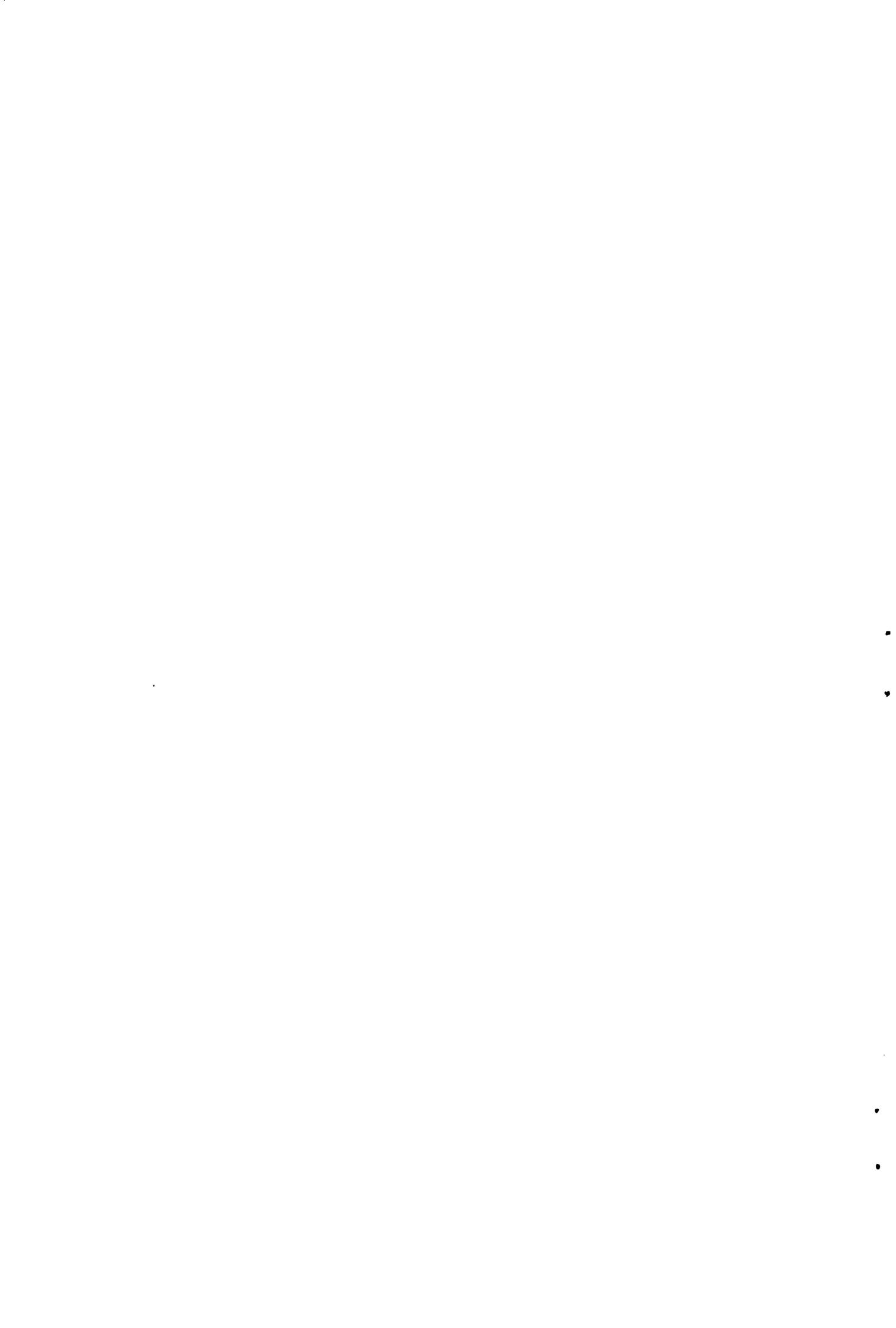
Os molinetes constam de um eixo com uma hélice com duas ou mais pás que gira sob a ação da água em movimento. Uma série de engrenagem sensíveis e de alta precisão converte o movimento circular da hélice em rotações registradas num conta giro.

Quando os molinetes são introduzidos na água, eles se orientam por si só, por meio de uma cauda, que assemelha-se a um leme, e que o coloca sempre paralelo ao sentido do fluxo. Assim que mergulhados, começa a computar rotações, mas é necessário que o mesmo se estabilize em função da correnteza.

A batimetria é também uma tarefa a executar, que deverá ser prévio a entrada em operação com molinete.

O processo assemelha-se a tomada de seções transversais que devem ser executadas no processo do flutuador.

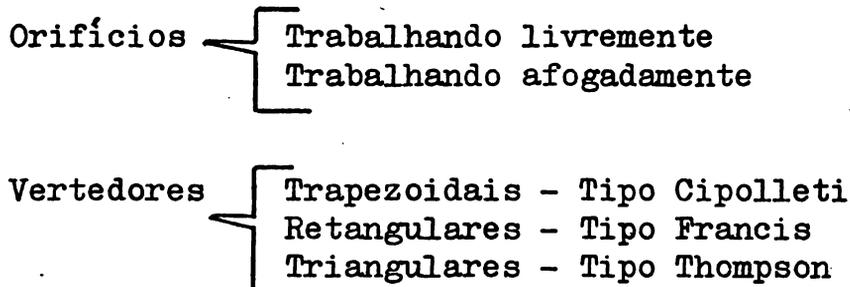
No final, os dados anotados são computados da mesma maneira. Somente que o molinete através de tabelas nos fornece diretamente o valor da velocidade já reduzida, uma vez que é tomada a profundidade.



O somatório dos produtos das áreas parciais da seção e das velocidades encontradas individualmente para cada seção parcial, nos dará com precisão o valor da vazão total no curso d'água.

$$\text{Princípio básico : } Q = S.V. \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

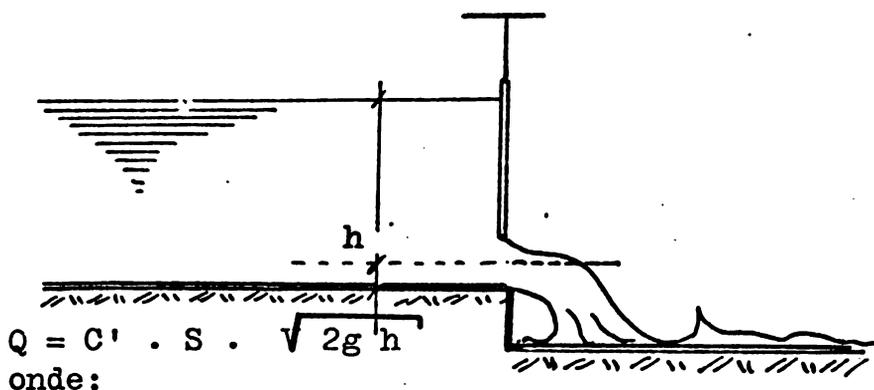
6.0 - PEQUENAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS QUE PERMITEM A QUANTIFICAÇÃO DE VAZÕES EM PEQUENOS CURSOS D'ÁGUA



6.1 Orifícios

Orifício é uma abertura de perímetro fechado pela qual se escoa um líquido, prestando-se usualmente para medir e controlar a descarga. Os orifícios empregados na medição de descargas são comumente circulares, quadrados ou de seção retangular. Pela simplicidade de forma e construção, os construídos em chapas finas e de bordas vivas são os mais empregados, tendo sido objeto de mais profundas investigações, razão pela qual estão sendo citados.

Orifício trabalhando livremente:



- onde:
- Q = vazão ou descarga (m^3/s)
 - * $C' = 1,125 \cdot C$ ($C = 0,62$)
 - S = seção de escoamento (m^2)
 - g = constante (aceleração gravitacional = $9,81 \text{ m}/\text{seg}^2$)
 - h = altura da carga hidráulica (m)
 - * (C' coeficiente de descarga ou coeficiente de afeição de vazão)



Exemplo:

Suponhamos que uma comporta, localizada num canal condutor, permite a saída de água para um canal lateral, e no momento da irrigação necessita-se que passem 60 l/s. A comporta tem uma largura de 40 cm.

- A primeira regulagem da comporta, faz com que a mesma diste do batente 5 cm.

Qual a altura da carga hidráulica que se deve manter sobre a comporta para que sejam derivados 60 l/s?

- A comporta descarrega livremente.

Solução por tentativas :

A área definida pelo orifício deixado pela comporta é de:

$$0,05 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} = 0,02 \text{ m}^2 = S \quad C' = 1,125 \text{ c} = 0,6975$$

Sabemos que: $Q = C' \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ queremos "h"

$$Q^2 = (C')^2 \cdot (S)^2 \cdot 2 \cdot g \cdot h$$

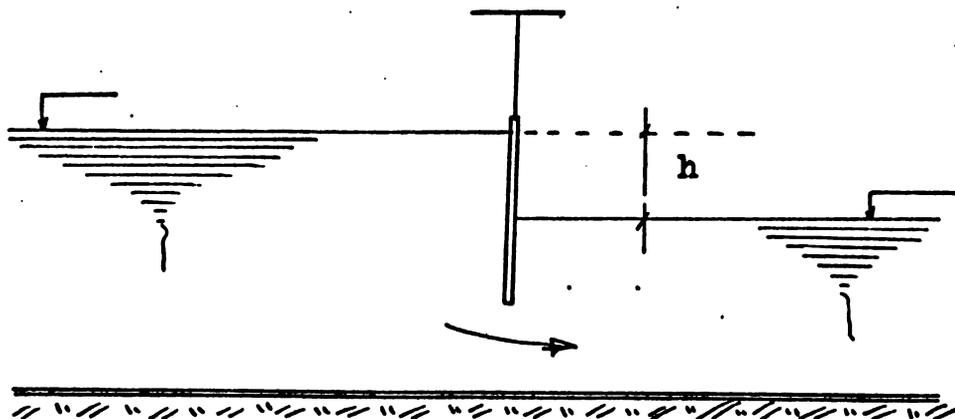
$$h = \frac{Q^2}{(C')^2 (S)^2 \cdot 2 \cdot g} = \frac{(0,06)^2}{(0,6975)^2 \cdot (0,02)^2 \cdot 2 \cdot (9,81)} = \frac{(0,06)^2}{0,00381}$$

$$h = 1,05 \text{ m}$$

Resposta :

Colocando a comporta na 1ª regulagem (que faz com que a chapa diste do batente 5 cm), para deixar passar 60 l/s, devermos fazer com que a altura da água agindo sobre a comporta seja de 1,05m.

Orifício trabalhando afogadamente:





Exemplo:

Calcular a descarga que está passando por um orifício retangular ($C' = 1,125 \times C$ sendo $C=0,62$)

Sabendo que a diferença de carga hidráulica disponível é de 40 cm.

A comporta tem largura de 30 cm e dista do batente 10 cm.

$$Q = C' \cdot S \cdot \sqrt{2gh}$$

$$Q = (1,125 \times 0,62) \times 0,03 \times \sqrt{2(9,81)0,4}$$

$$Q = 0,058 \text{ m}^3/\text{s} = 58 \text{ l/s}$$

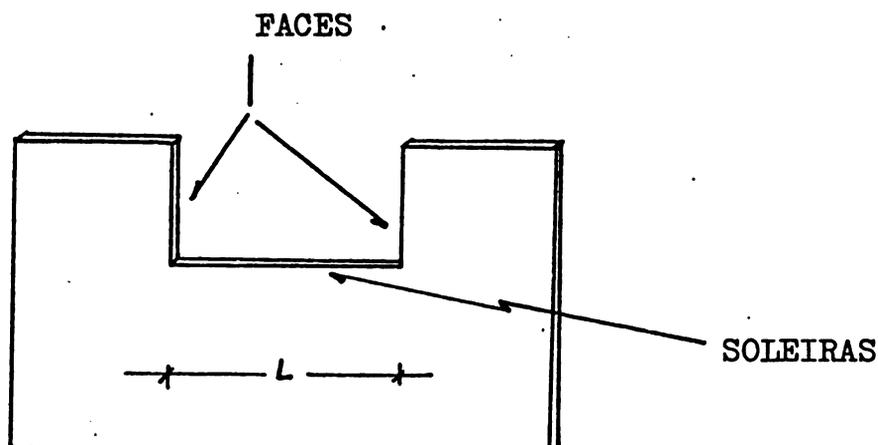
6.2 Vertedores

Vertedor é uma passagem colocada no alto de uma parede, equivalendo a um orifício sem borda superior. Enquanto nos orifícios a água passa com pressão, produto de uma certa carga hidráulica está agindo sobre o orifício, no vertedor ela escoava livremente.

Os vertedores são largamente empregados na medição de água corrente, dando um valor bem aproximado da realidade. Para a medição de pequenos cursos d'água e nascentes normalmente emprega-se vertedores triangulares, o retangular é o mais usado para as vazões médias, sendo que os trapezoidais e semi circulares, são também usados porém com menos frequência. Seu emprego está condicionado diretamente a facilidade de construção, para aplicação imediata.

Vertedor retangular:

L= Largura do Vertedor





Diz-se que um vertedor é de parede espessa, quando o mesmo é construído empregando-se chapas de metal ou peças de madeira de espessura notável; já os de parede delgada são diferenciados por serem construídos normalmente em chapa de metal e cujo canto vivo (soleira) é cortada em bisel.

O estudo experimental dos vertedores, tem demonstrado que a forma como o líquido verte sobre a soleira, influi na vazão. A maior ou menor aderência da lâmina vertente junto a soleira, faz com que a vazão do mesmo mude, uma vez que a lâmina pode verter livre ou aderida a parede do vertedor.

6.2.1 Vertedor retangular (parede delgada com velocidade inicial $V_i = 0$)

$$Q = C.L.H \sqrt{2 g H} \quad (\text{sendo Equação geral})$$

C = constante 0,40 (para parede delgada)

L = comprimento da soleira ou largura do vertedor (m)

H = profundidade do canal de montante acima da soleira ou carga de água tomada a distância mínima de 1,50m do vertedor. (m)

Q = vazão (m³/s)

e = Espessura do vertedor (m)

Simplificada : $Q = 1,77 \cdot L.H \sqrt{H}$ (ver tabela nº 2)

$$(e < H/2)$$

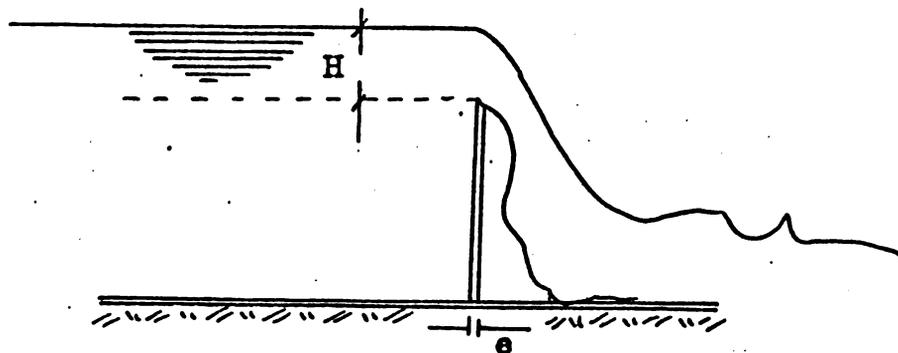




Tabela nº 2

Vazão em l/s para vertedores retangulares, construídos sem contrações laterais, em parede fina, e com largura de soleira igual a 1 metro. (EQ. de Poncelet) -

$$Q = 1,77 H \sqrt{H} \text{ (Carga hidráulica "H" dada em cm)}$$

H cm	Q l/s	H cm	Q l/s	H cm	Q l/s	H cm	Q l/s
1	2	16	113	31	305	46	552
2	5	17	124	32	320	47	570
3	9	18	135	33	335	48	589
4	14	19	147	34	351	49	607
5	20	20	158	35	367	50	626
6	26	21	170	36	382	51	645
7	33	22	183	37	398	52	664
8	40	23	195	38	415	53	683
9	48	24	208	39	431	54	702
10	56	25	221	40	448	55	722
11	65	26	235	41	465	56	742
12	74	27	248	42	482	57	762
13	83	28	263	43	499	58	782
14	93	29	276	44	517	59	802
15	103	30	291	45	534	60	823

* Vertedor usado para descargas, de preferência maiores.

* H deve ser tomado 1,5m ou mais a montante do vertedor.



6.2.2 Vertedor retangular (parede espessa com velocidade inicial $V_i = 0$)

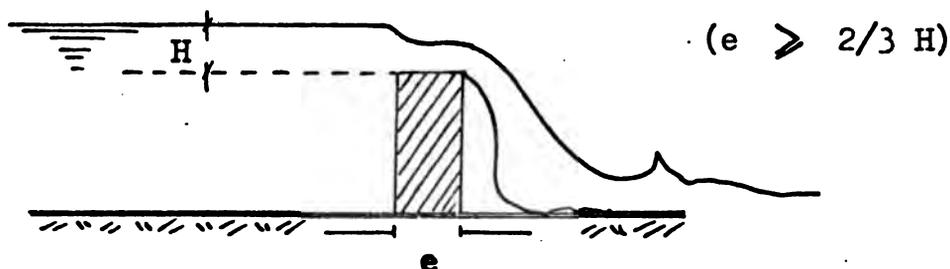
$$Q = 1,55 \cdot L H \sqrt{H}$$

Q = vazão (m^3/s)

L = comprimento da soleira ou largura do vertedor (m)

H = profundidade do canal de montante acima da soleira ou carga d'água tomada a distância mínima de 1,50 m do vertedor. (m)

e = Espessura do vertedor (m)



6.2.3 Vertedor retangular (com contrações laterais, velocidade inicial $V_i = 0$ em parede delgada, descarregando livremente)

$$Q = c (L - 0,2H) H \sqrt{2gH} = 1,77 (L - 0,2H) H \sqrt{H}$$

Q = vazão (m^3/s)

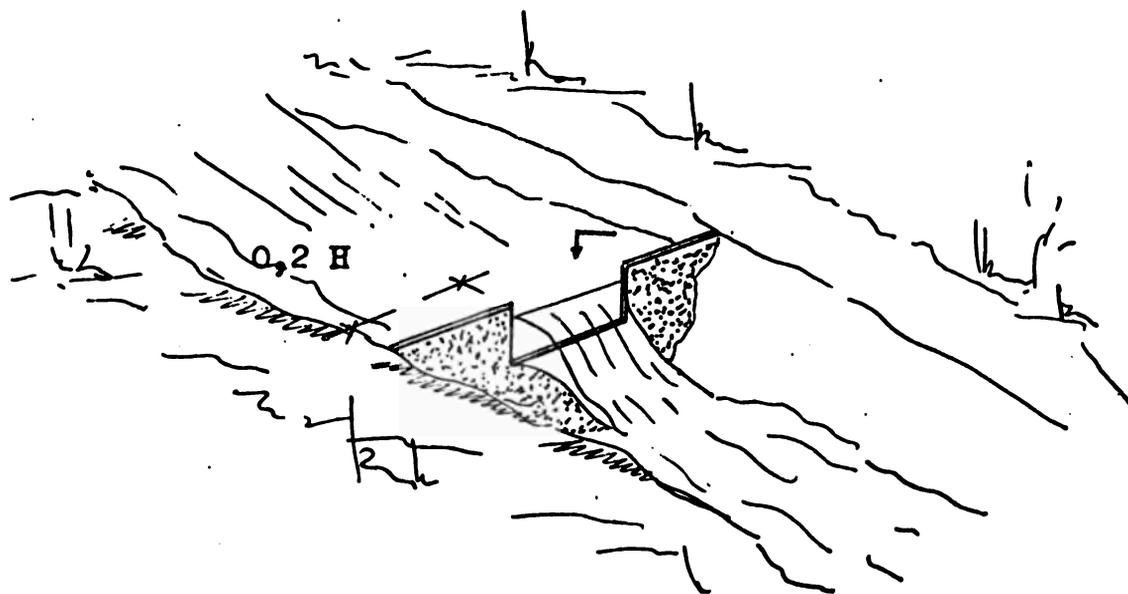
C = constante 0,40 (para parede delgada)

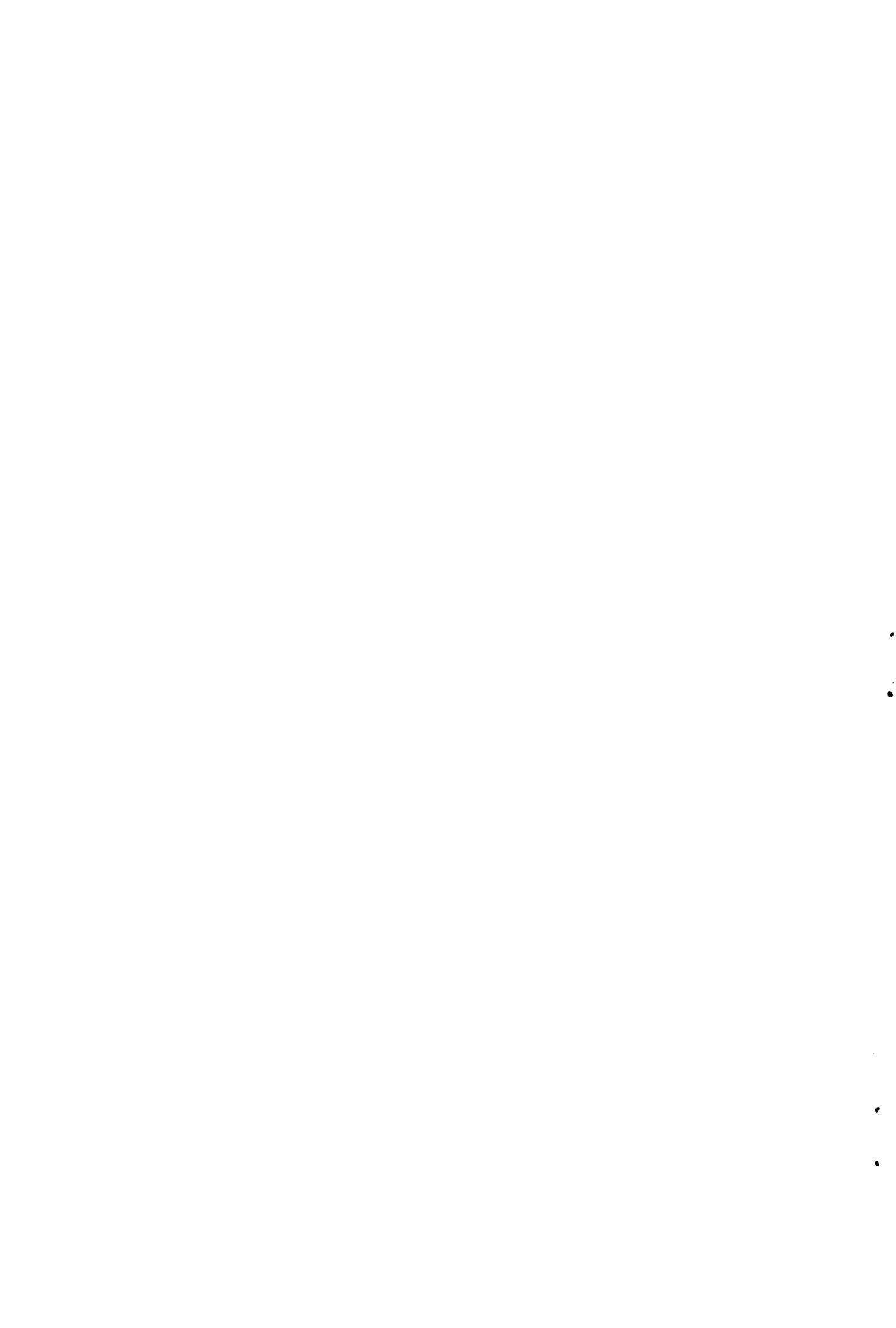
H = profundidade do canal de montante acima da soleira, ou carga d'água tomada a distância mínima de 1,50m do vertedor. (m)

g = aceleração gravitacional ($g = 9,81 \text{ m/seg}^2$)

e = Espessura do vertedor (m)

$$(e < H/2)$$





6.2.4 Vertedor retangular (com contrações laterais, velocidade inicial $V_i = 0$ construído em parede espessa, des carregando livremente)

$$Q = C (L - 0,2H) H \sqrt{2gH} = 1,55 (L - 0,2H) H \sqrt{H}$$

$$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s)}$$

$C =$ constante 0,35 (para parede espessa) ($e \geq 2/3H$)

$H =$ profundidade do canal de montante acima da soleira ou carga d'água tomada a distância mínima de 1,50m do vertedor

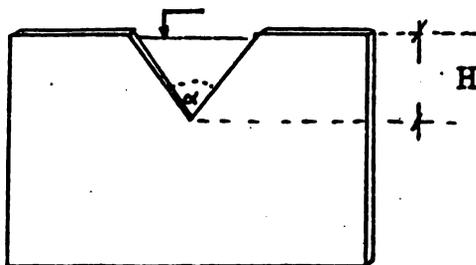
$g =$ aceleração gravitacional ($g = 9,81\text{m}/\text{seg}^2$)

$e =$ Espessura do vertedor (m)

6.3 Vertedor triangular (Equação de Thompsom)

O vertedor triangular é comumente usado para vazões pequenas e não constantes.

$$Q = 1,4 H^{5/2} \quad \text{para} \quad \alpha = 90^\circ \quad (\text{ângulo de convergência entre as faces})$$



(Ver tabela nº 3)

Tabela nº 3

Vazão em vertedores triangulares (com $\alpha = 90^\circ$) em l/s conforme a equação de Thompson

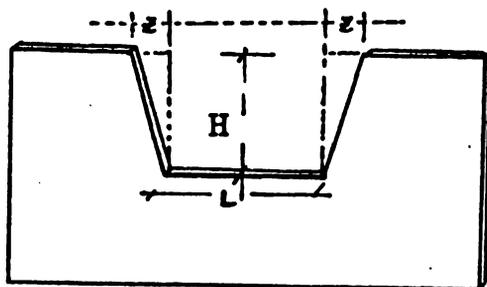
$$Q = 1,464 H^{5/2} \quad (\text{vertedor construído em parede fina})$$

H cm	Q l/s								
1	-	11	5,6	21	28	31	75	41	151
2	-	12	7,0	22	32	32	81	42	160
3	0,2	13	8,5	23	36	33	88	43	170
4	0,4	14	10,2	24	40	34	94	44	180
5	0,8	15	12,2	25	44	35	101	45	190
6	1,3	16	14,3	26	48	36	109	46	201
7	1,8	17	16,6	27	53	37	117	47	212
8	2,5	18	19,2	28	58	38	125	48	223
9	3,4	19	22,0	29	63	39	133	49	235
10	4,5	20	25,0	30	69	40	142	50	247

* Vertedor usado para medição de pequenas descargas.



6.4 Vertedor trapezoidal (Cipolletti)



sendo $Z = 1/4 H$

Nestas condições, quando $Z = 1/4 H$, o vertedor Cipolletti funciona como um vertedor retangular sem contrações laterais, trabalhando livremente e construído em parede delgada (neste caso $C = 0,42$)

$$Q = 1,86 L H^{3/2}$$

Q = vazão em m^3/s

L = largura da soleira (m)

H = carga hidráulica agindo sobre a soleira do vertedor (m)

7.0 - OUTRAS ESTRUTURAS DE MEDIÇÃO (Mangotes ou Sifões)

Existem diversos engenhos criados por autores dedicados a hidráulica, uns com condições de poder medir maior ou menos vazão, mais complexos ou menos complexos, porém todos perseguem uma finalidade específica, a de quantificar água. Vimos que os vertedores podem ser dispostos em pequenos cursos d'água, porém também existem outros elementos de medição muito utilizados a nível de distribuição final. Os mesmos são chamados mangotes, sifões ou vulgarmente, tubos que podem ser rígidos ou flexíveis.

Os rígidos são normalmente assentados permanentemente, já os flexíveis não são fixos. Podem ser deslocados facilmente. A opção de colocação depende do tipo de irrigação idealizado para o sistema. A irrigação por sulcos de um modo geral exige a ocupação ou emprego de sifões flexíveis (não fixos), já a irrigação por inundação, exige que os mesmos sejam rígidos e fixos em pontos predeterminados.

Os materiais para sua construção, variam, e no mercado há disponibilidade de vários tipos. São encontrados em lojas de ferragem ou casas que vendem material hidráulico e material de construção. Sejam rígidos ou flexíveis são construídos em plástico (polietileno preto e PVC- Cloruro de Polivinilo) outros visam maior resistência ao intempérie uma vez que está comprovado que um componente da luz solar (os raios ultravioletas) afetam o material, tornando-os quebradiços, de baixa durabilidade.



De modo geral, os não fixos (flexíveis) devem ser adquiridos de coloração escura, reforçados, (de parede de maior espessura); os fixos ou rígidos poderão ser brancos visto que serão enterrados e não sofrerão ação da luz.

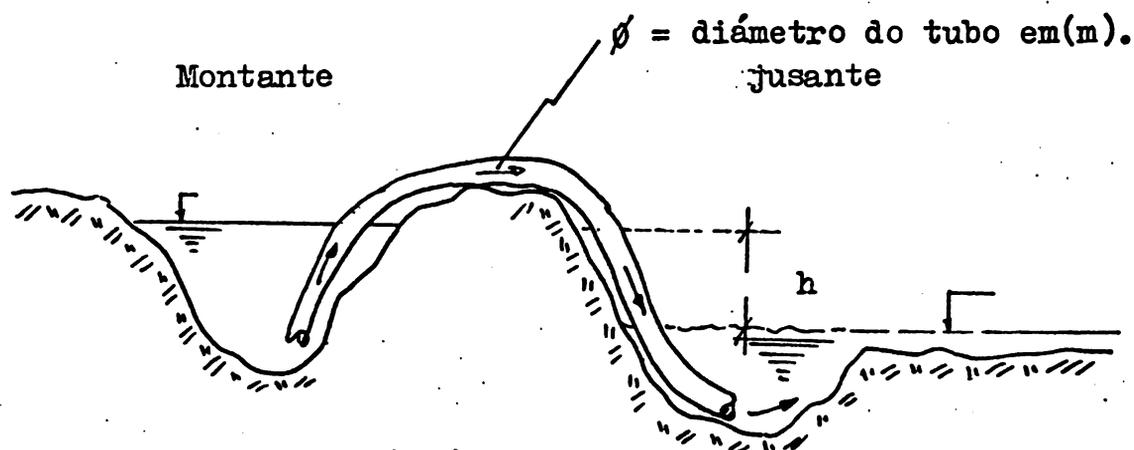
7.1 Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento é regido pela hidrostática, pela hidrodinâmica, uma vez que o líquido que passará por dentro do tubo estará em movimento.

O sifão ou mangote, pode ser encarado como um orifício, só que é um orifício com uma pequena extensão (comprimeto do tubo) que fará com que interfira na descarga.

A descarga é alterada em função de uma perda de carga originada pelos atritos interior e exterior definidos anteriormente. Veja os exemplos demonstrativos abaixo:

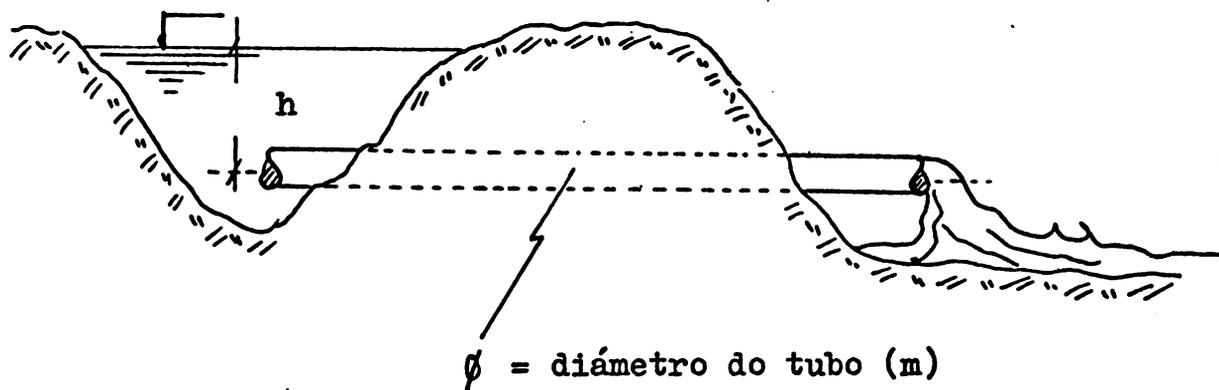
Sifão não fixo e flexível (descarregado afogadamente)



Sifão fixo ou rígido (descarregado livremente)

Montante

jusante



De um modo geral a altura de água, chamada carga hidráulica que age a montante do tubo, existindo em desnível físico entre o ponto de entrada de água no tubo e a saída, (estando o tubo no seu interior totalmente preenchido com água), fará com que exista deslocamento d'água do interior do canal para fora do mesmo. Para haver equilíbrio no sistema, e ele funcionar, haverá necessariamente em todo momento, conversão de energia de posição em energia de movimento.

$$\text{Se } V = \sqrt{2 g h} \text{ logo: } h = \frac{V^2}{2g}$$

8.0 - MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE MEDIÇÃO

As estruturas hidráulicas fixas, dispostas a nível de campo para auxiliar o controle de irrigação, devem sofrer uma manutenção, pelo menos anual, ou sempre que seja preciso. As estruturas de medição mais complexas, que dispõem de balancins como instrumento de calibração para precisar descargas, devem sofrer manutenção com intervalos menores (mais freqüente).

Simplees vertedores fixos construídos em metal, com portas metálicas corrediças, stop-log's para regular níveis de carga hidráulica dentro de um determinado trecho de um canal, tem manutenção que não demanda grandes gastos.

Um pouco de graxa entre chapas, frestas e batentes, é o suficiente para eliminar emperramentos. Ainda recomendamos que todas as peças de metal que conformam as estruturas de medição sejam pintadas (depois de serem lixadas), com tinta zarcão para minimizar os efeitos da ferrugem. Após o zarcão é conveniente que se dê uma mão de pintura tipo alumínio refletante, uma vez que esta camada de pintura metálica, fará com que, as partes metálicas não aqueçam demasiado com o sol, fazendo com que sejam tomadas facilmente com a mão sem queimar, e indiretamente, a estrutura se conservará em melhor estado, ante as mudanças de temperatura entre o dia e a noite, que podem provocar emperramentos e empenamentos.

As estruturas não fixas, se possível conservá-las no local e a sombra, afim de torná-las mais duráveis. Ao término do período de irrigação, antes da safra, as estruturas móveis devem ser recolhidas para o galpão, para reparos ou conservação geral.



9.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

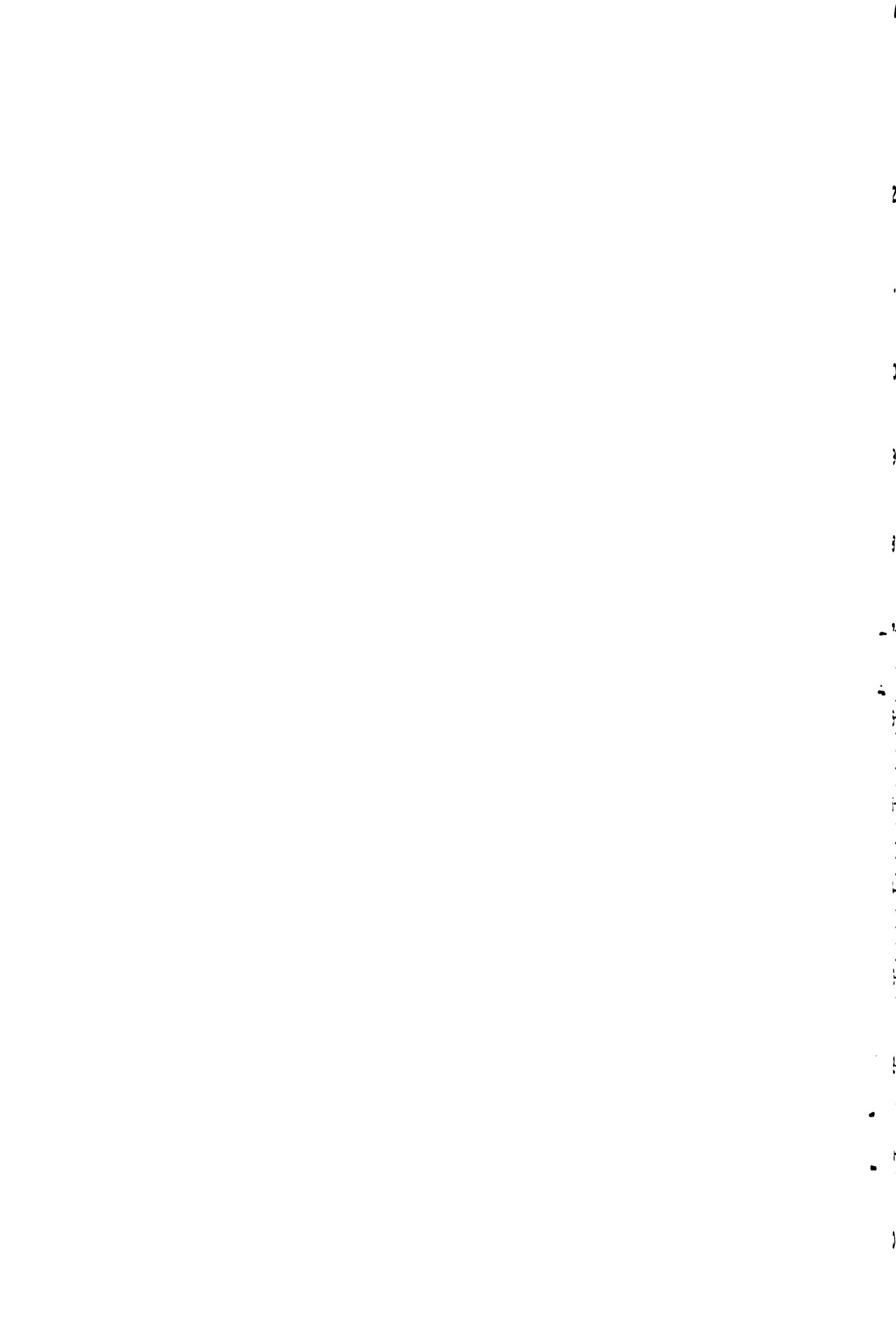
CONN, E.E. e P.K.STUMPF. Introdução a bioquímica. Tradução Lélia Menucci e outros. Supervisão, José Reinaldo Magalhães. São Paulo, SP. Editora Edgard Blücher Ltda., 3ª edição. 1975.

DAKER, Alberto. A água na agricultura. Manual de hidráulica agrícola. 1º volume. Hidráulica aplicada à agricultura. Rio de Janeiro, RJ. Livraria Freitas Bastos S.A., 5ª edição. 1976.

AZEVEDO NETTO, J.M. e G.A.ALVAREZ. Manual de Hidráulica. São Paulo, SP. Editora Edgard Blücher Ltda., 6ª edição. 1977.

BERNARDO, Salassier. Condução d'água para irrigação. Viçosa, MG. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. 1979, 63 pg.

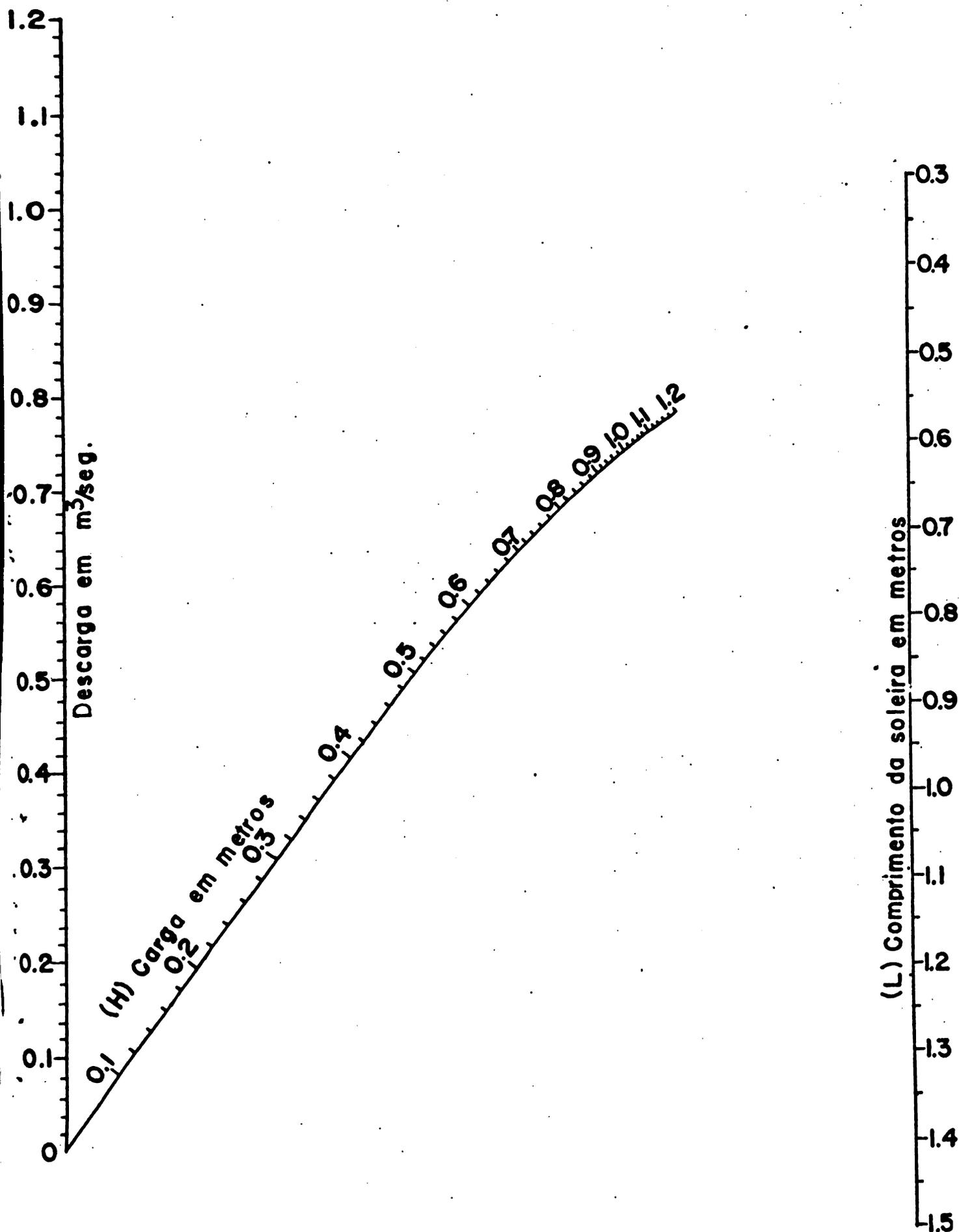
ENGENHARIA RURAL, Departamento. Ábacos. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Km 47. Antiga Rodovia Rio- São Paulo, via Campo Grande, RJ.



Ábaco para determinação da descarga com auxílio de vertedores

com duas contrações laterais - Tipo Francis

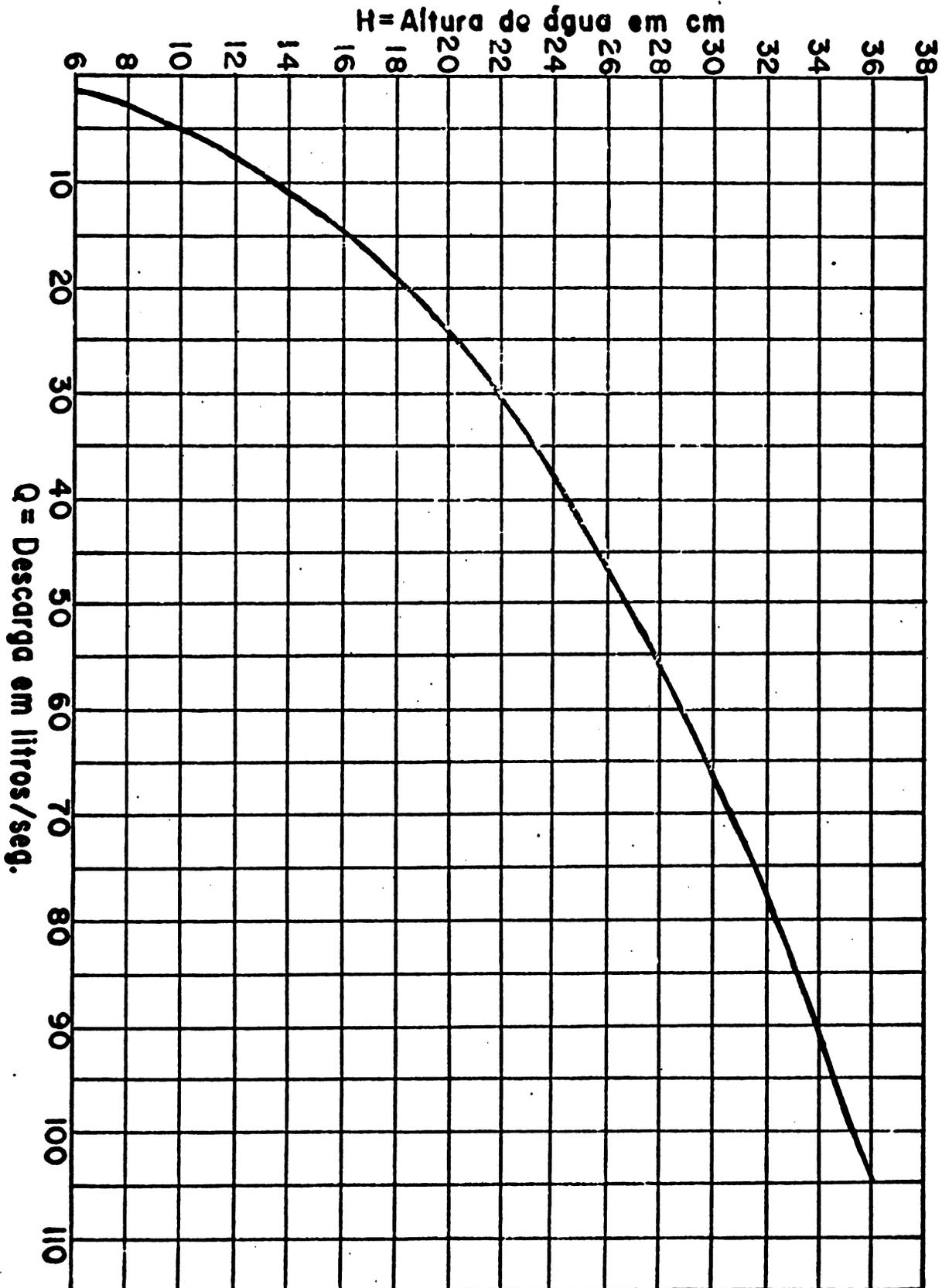
$$Q = 1.84 (L - 0.2H) H^{3/2}$$



baco para determinação da descarga com auxílio do vertedor triangular

Tipo Thompson ($\theta = 90^\circ$)

$$Q = 1,464 H^{3/2}$$

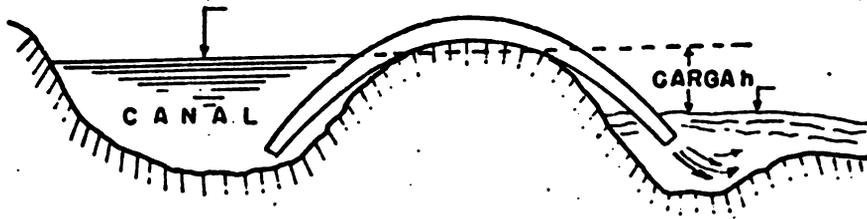
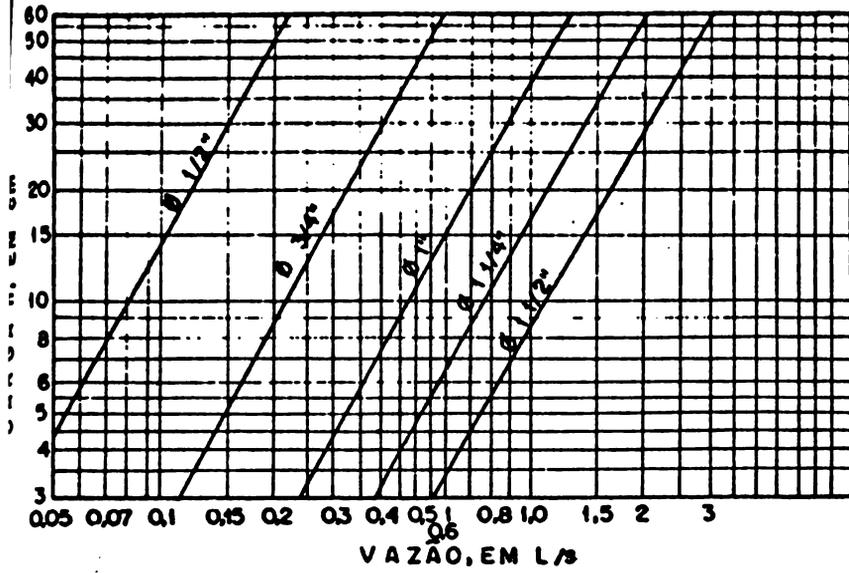


1
2

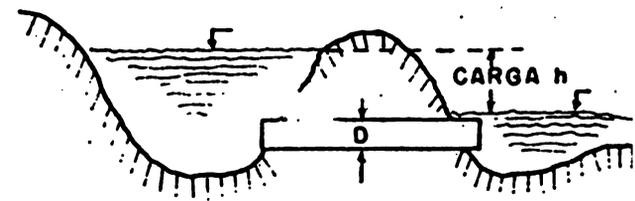
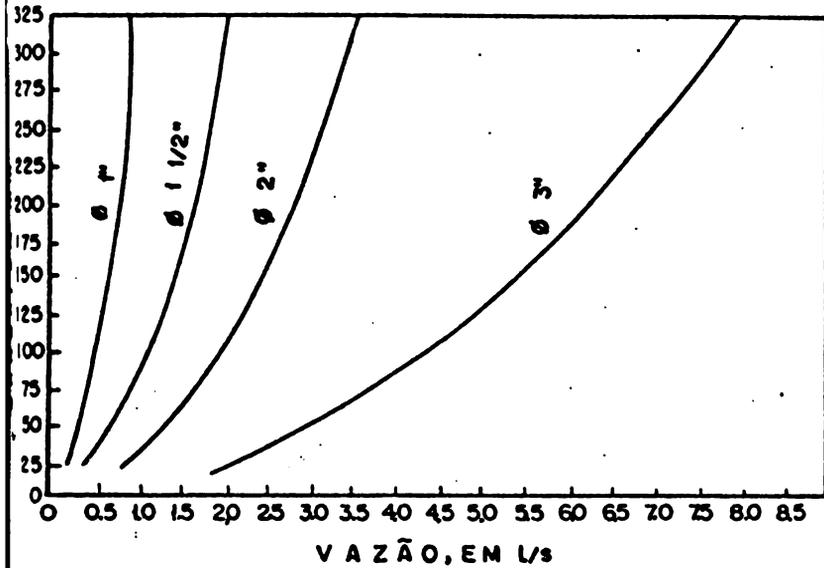


ON

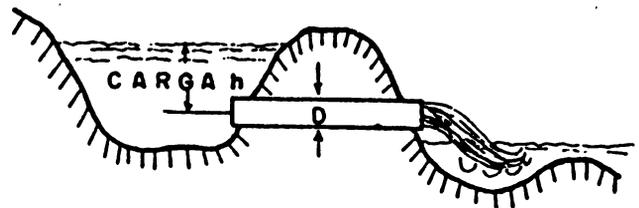
DESCARGAS ADUZIDAS POR SIFÕES DE PLASTICO DE 1,22m DE COMPRIMENTO



DESCARGAS ADUZIDAS POR PEQUENOS TUBOS



SAIDA SUBMERGIDA



SAIDA LIVRE

FONTE: GRANADOS, A H - 1971 - MÉTODOS MODERNOS DE RIEGO DE SUPERFICIE

EDITORA AGUILAR S.A. MADRID



