



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

SERVIÇO DE DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO

ISSN 0100-9877

FCAP. NOTA PRÉVIA

13

**UM SISTEMA ARTESANAL PARA A IRRIGAÇÃO DAS VÁRZEAS
DO MÉDIO AMAZONAS**

LÓCIO SALGADO VIEIRA
ANTÔNIO CARDOSO
MARIA DE NAZARETH F. VIEIRA
PAULO CEZAR TADEU C. DOS SANTOS
GERALDO MEIRA F. COUCEIRO

**Belém
1986**

FINALIDADE DA PUBLICAÇÃO: FCAP. NOTA PRÉVIA

Divulgar informações de caráter imediato, com o objetivo de garantir a prioridade da pesquisa.

NORMAS GERAIS:

- A normalização dos trabalhos segue as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT;
- O título deve ser representativo e claro;

Lúcio Salgado VIEIRA
Engenheiro Agrônomo, MS,
Professor Titular da FCAP.

Antônio CARDOSO
Engenheiro Agrônomo, Dr.
Professor Titular da FCAP.

Maria de Nazareth F. VIEIRA
Engenheiro Agrônomo,
Professor Assistente da FCAP.

Paulo Cezar Tadeu C. dos SANTOS
Engenheiro Agrônomo, MS,
Professor Assistente da FCAP.

Geraldo Meira F. COUCEIRO
Engenheiro Agrônomo,
Professor Titular da FCAP

UM SISTEMA ARTESANAL PARA A IRRIGAÇÃO DAS VÂRZEAS
DO MÉDIO AMAZONAS

Belém

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

1986

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

MINISTRO: Jorge Konder Bournhausen

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

DIRETOR: Antonio Carlos Albério

VICE-DIRETOR: Emir Chaar El-Husny

COMISSÃO EDITORIAL: Rui de Souza Chaves

Alfonso Wisniewski

Virgilio Ferreira Libonati

Sandra Bordallo Robilotta

ENDEREÇO: Caixa Postal, 917

66.000 - Belém-Pará-Brasil

VIEIRA, L.S.; CARDOSO, A.; VIEIRA, M.de N.F.;
SANTOS, P.C.T.C. dos; COUCEIRO, G.M.F.
Um sistema artesanal para a irrigação das
várzeas do Médio Amazonas. Belém, FCAP,
1986. 44p. (FCAP. Nota Prêvia, 13).

CDD - 631.7091450811

CDU - 621.548:631.67(811.5:255)

FCAP. Nota Prêvia,13

UM SISTEMA ARTESANAL PARA A IRRIGAÇÃO DAS VÁRZEAS DO MÉDIO AMAZONAS

S U M Á R I O

	P.
1 - INTRODUÇÃO	2
2 - METODOLOGIA	3
2.1 - LOCAL	3
2.2 - TIPOS DE CATAVENTO A UTILIZAR	4
2.2.1 - Moinho de Vento	4
2.2.2 - Rotor Savonius	9
2.2.2.1 - O Rotor	10
2.2.2.2 - A Armação ou Suporte	13
2.2.2.3 - O Mecanismo de Transmissão	14
2.2.2.4 - A Bomba	17
2.3 - TIPOS DE BOMBAS A UTILIZAR	17
2.3.1 - Bomba Metálica	17
2.3.2 - Bomba de Diafragma	17
2.3.2.1 - Escolha do Diâmetro e Curso da Bomba	23
2.3.3 - Bomba de Pistão de PVC	26
2.4 - MONTAGEM DO SISTEMA	29
2.4.1 - O Catavento	29
2.4.2 - Caixa D'Água	30
2.4.3 - Conjunto de Irrigação	33
2.4.4 - Material Necessário ao Sistema	35
3 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	41
4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

CDD - 631.7091450811

CDU - 621.548:631.67(811.5:255)

UM SISTEMA ARTESANAL PARA A IRRIGAÇÃO DAS VÁRZEAS DO MÉDIO AMAZONAS¹

Lúcio Salgado VIEIRA
Engenheiro Agrônomo, MS,
Professor Titular da FCAP.

Antônio CARDOSO
Engenheiro Agrônomo, Dr.
Professor Titular da FCAP.

Maria de Nazareth F. VIEIRA²
Engenheiro Agrônomo,
Professor Assistente da FCAP.

Paulo Cezar Tadeu C. dos SANTOS
Engenheiro Agrônomo,
Professor Assistente da FCAP.

Geraldo Meira F. COUCEIRO
Engenheiro Agrônomo,
Professor Titular da FCAP.

RESUMO: O sistema artesanal de irrigação para as várzeas do Médio Amazonas está constituído por um conjunto de bombeamento empregando cataventos e um outro de distribuição de água por gravidade, onde são usados tubos de PVC de 2", 1" e 1/2". Para o bombeamento da água dos rios é sugerida a utilização do moinho de vento acoplado a uma bomba metálica ou rotor Savonius conjugado a uma

¹ Parte do "Zoneamento Edafológico e Caracterização de Sistemas de Produção para as Várzeas do Médio Amazonas" financiado pelo Grupo Executivo da Região do Baixo Amazonas (GEBAM) e pelo CNPq.

² Bolsistas do CNPq.

bomba de diafragma, de câmara de ar de caminhão, ou a uma bomba de PVC de confecção artesanal, montados em flutuantes de toras de madeira. O sistema de distribuição de água conta com um tanque suspenso de 3000 litros, do qual parte um tubo de PVC de 2 polegadas, de onde saem as hastes dos aspersores, feitas com tubos de PVC de 1/2" e de 2,0 m de altura.

1 - INTRODUÇÃO

A utilização da energia eólica através de cataventos para movimentar mecanismos de bombeamento, irrigação, moagem de cereais, etc, vem acompanhando o desenvolvimento da humanidade. Tem-se notícias de que 400 anos A.C., na Índia e na China, eles eram usados para irrigação (3). Com o decorrer do tempo os cataventos foram sendo aperfeiçoados, o que possibilitou a sua utilização para acionar geradores elétricos. Hoje o seu emprego, bastante disseminado em todo o Brasil, principalmente na faixa litorânea, vem como ajuda substancial à utilização da terra com exploração agropecuária, barateando os custos operacionais, principalmente no processo de bombeamento de água.

Para a Região Amazônica, principalmente a partir do curso médio do rio Amazonas, por ocasião da época da vazante há aparecimento de período seco bem definido, que chega a impor a época de plantio, a qual nem sempre é a melhor; e a interferir no desenvolvimento das culturas de vazante. Isto causa problemas sérios de ordem econômica ao agricultor ribeirinho que chegam em determinadas circunstâncias, a ter deficiente desenvolvimento e baixa produção de seus cultivos de várzea, refletindo esta situação marcadamente na sua condição social. É por esta razão que aqui está sendo sugerido um sistema artesanal de irrigação para as várzeas do Médio Amazonas, o qual poderá ser testado visando suprir de água as culturas castigadas por períodos secos prolongados, ali existentes.

2 - METODOLOGIA

2.1 - LOCAL

A pesquisa constará da construção de um sistema de irrigação artesanal, o qual será testado em várzeas do Médio Amazonas Paraense, podendo seus resultados serem aperfeiçoados para atender uma região de aproximadamente 1822km^2 de várzeas pertencentes aos municípios de Óbidos, Oximimã, Faro e Juruti (Fig. 1).

Nestas várzeas a unidade de solo dominante é o Aluvial eutrófico (6), que constitui a maioria das áreas imundáveis dos rios que banham a região.

O clima é do tipo Ami da classificação de Köppen (4) e está caracterizado por chuvas do tipo monção, acompanhadas de um período seco definido e prolongado.

Possui uma precipitação anual de 1680,5mm em Óbidos a 2575,1mm em Itacoatiara (1), com período seco definido (2), como demonstra a TABELA 1.

2.2 - TIPOS DE CATAVENTOS A UTILIZAR

Os cataventos destinados a compor o sistema Artesanal de Irrigação poderão ser o moinho de vento ou o rotor Savonius, apesar de existirem outros, como o catavento Darrieus a vela (3), que não serão aqui descritos.

2.2.1 - Moinho de Vento

O moinho de vento é o catavento tipo convencional, formado por palhetas montadas em uma roda (Fig. 2) que através de um sistema de engrenagem aciona uma bomba elevadora de água. Este é um sistema de captação de água em escala média que dispensa a utilização de energia fóssil, cada vez mais escassa e cara. Sua versatilidade possibilita o seu uso em qualquer manancial hídrico, tal como: rios, lagos, poços, vertentes e o próprio mar onde é muito empregado em salinas e projetos de piscicultura.

TABELA 1 - Balanços hídricos anuais segundo Thornthwaite e Mather (1955) para a região em estudo, baseados em dados termopluviométricos dos municípios de Itacoatiara, Parintins, Óbidos e Santarém. Temperaturas mínimas compensadas. Capacidade de campo 100 mm.

Localização	P mm	EP mm	ER mm	ARM mm	EXC mm	DEF mm	Período de defi- ciência
Itacoatiara	2575,1	1722,7	1553,9	719,3	1021,2	168,8	AGO - NOV
Parintins	2312,4	1798,4	1515,3	674,9	797,1	283,1	AGO - NOV
Óbidos	1680,5	1610,2	1165,0	572,0	514,9	444,6	AGO - DEZ
Santarém	2101,8	1530,7	1263,8	660,8	838,0	226,9	SET - DEZ

FONTE: BRASIL. Departamento Nacional de Meteorologia. Balanços Hídricos do Brasil, Rio de Janeiro, 1972.

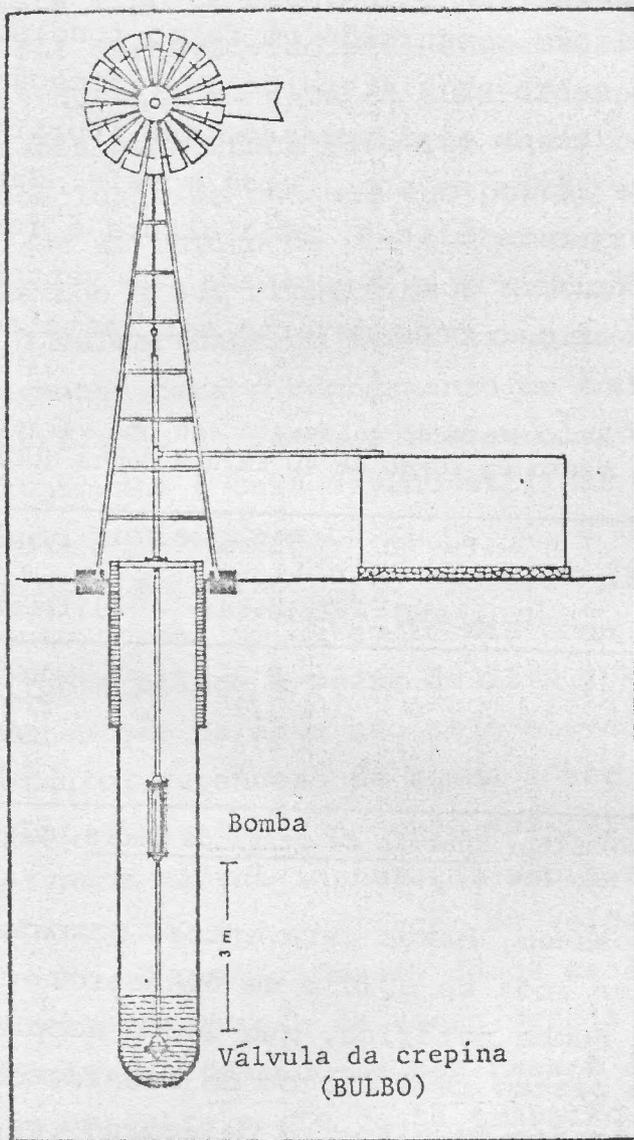


Fig. 2 - Moinho de Vento

Suas partes metálicas externas são normalmente zincadas eletroliticamente e seu mecanismo de transmissão construído em ferro fundido reforçado. Apresenta um sistema de lubrificação, com bomba de óleo de alta pressão, que lubrifica continuamente todas as suas peças móveis. São montados em torres metálicas, cuja altura é função direta da incidência e velocidade dos ventos dominantes na região onde deverão ser instalados (TABELA 2).

TABELA 2 - Rendimento do catavento sob uma velocidade de vento em torno de 40 km/h - Bomba metálica.

Altura de elevação (m)	Diâmetro do pistão (Polegada)	Tubos (Polegada)	Vasão (litros/hora)
Até 12	5	2	3500
12 - 36	4	1 1/2	2200
36 - 60	3	1 1/4	1300
60 - 90	2	1 1/4	600

FONTE: AGROMETAL. Energia de graça dá lucro. São José do Rio Preto, s.d.

Possuem, esses cataventos, normalmente, 18 pás em uma roda de 3,20 m de diâmetro.

A bomba metálica, que lhe é acoplada, apresenta um pistão de latão ou de bronze, com 3, 4 ou 5 polegadas de diâmetro de acordo com o volume da água a ser bombeada.

2.2.2 - Rotor Savonius

Este tipo de catavento, montado em eixo vertical, foi desenvolvido pelo engenheiro S.J. SAVONIUS (5) durante os anos de 1925-28. Após testes realizados pelo Brace Research Institute, chegou-se à conclusão de que ele não possui a mesma eficiência de um moinho de vento do mesmo tamanho, mas devido a sua simplicidade de construção artesanal e vulgaridade do material utilizado, serve plenamente para o bombeamento de água destinada a irrigação em áreas subdesenvolvidas. A sua construção não é cara devido utilizar material de fácil aquisição e baixo preço. É de montagem simples e de baixo custo operacional. O seu funcionamento normal se dá em locais onde a velocidade do vento atinge a média de 12 a 20km/h e a altura de sucção da água não seja elevada, o que, entretanto, dependerá da bomba a ser utilizada. Os pontos básicos que devem ser cuidadosamente observados na sua instalação são a escolha de local apropriado e a avaliação da velocidade média do vento. A partir desses dados será dimensionada a bomba em função da vazão desejada e da altura barométrica, tomando-se por base o ábaco, apresentado em outra parte deste trabalho.

O sistema moto-bomba compõe-se de três unidades: a) o rotor; b) o mecanismo de transmissão; e c) a bomba; montados em uma armação ou suporte simples.

2.2.2.1 - O Rotor

O rotor (Fig. 3) será construído com dois tamborões de 200 litros, seccionados longitudinalmente em hemicilindros iguais, os quais serão soldados aos pares formando duas calhas (Fig. 4a). Estas duas calhas são montadas em dois discos de 1,22 m de diâmetro, construídos em ferro galvanizado de 0,14 mm de espessura. Na parte central desses discos deverá passar um eixo de tubo de ferro galvanizado de 1 e 1/2 polegada que deverá ultrapassar de 15 cm o plano de cada disco (Fig. 4b). Para apoiar o eixo do rotor na estrutura de madeira (ARMAÇÃO) são necessários dois rolamentos de 1 polegada, sendo um do tipo radial na parte superior e um axial na parte inferior (Fig. 4c).

Nas partes inferior e superior do tubo de 1 e 1/2 polegada, deverão ser fixados, coaxialmente, pedaços de tubos de 1 polegada, por meio de parafusos travadores de 1/4 de polegada, nos quais encaixarão os rolamentos, radial em cima é axial em baixo. Na extremidade inferior do eixo ficará instalada a manivela que comandará o mecanismo impulsor da bomba.

O rotor, antes de ser montado na armação, deverá ser balanceado estaticamente para evitar vibrações quando em alta velocidade.

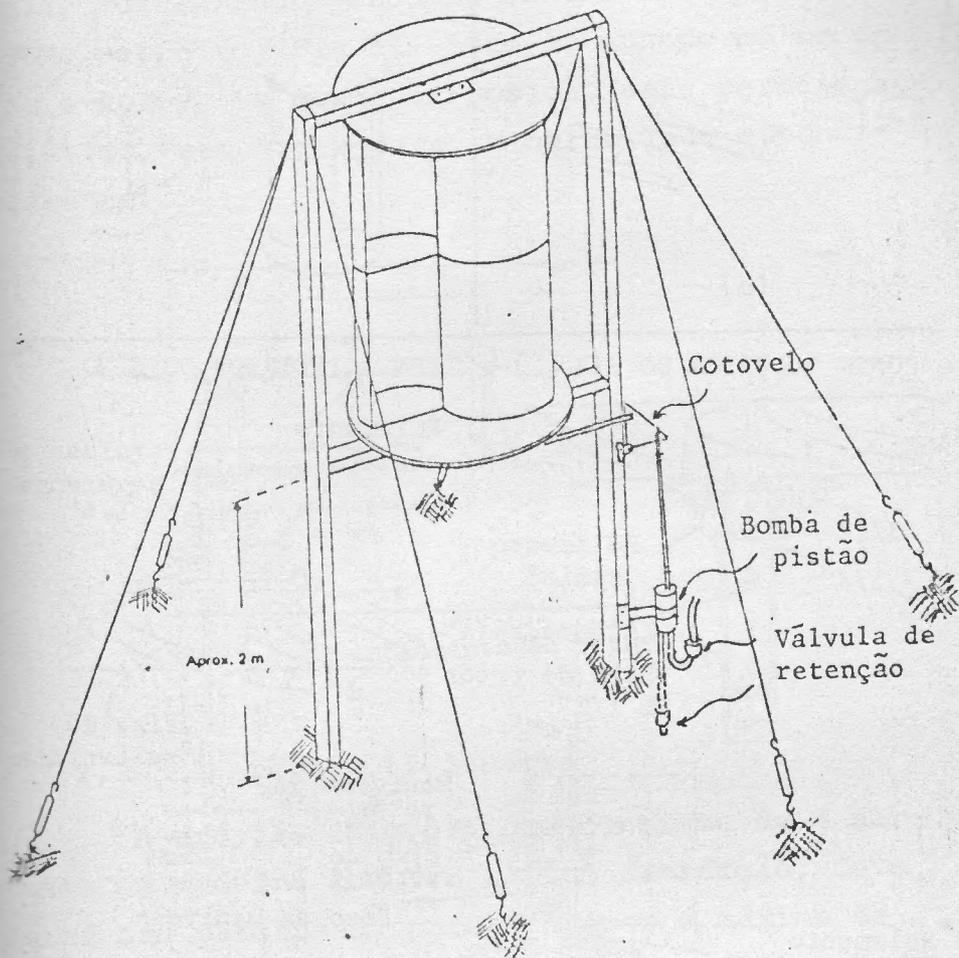
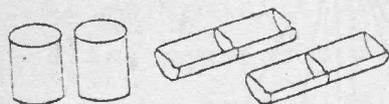
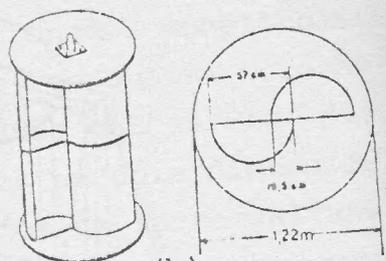


Fig. 3 - Rotor Savonius; armação com estais.



(a)



(b)

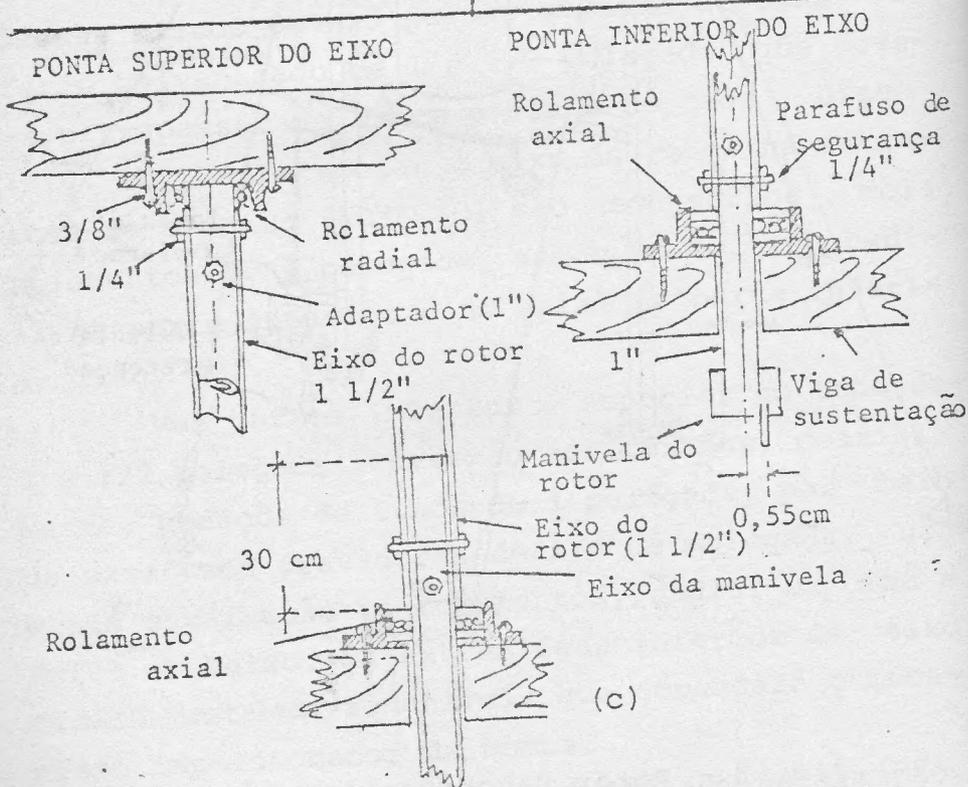


Fig. 4 - Detalhes do rotor; a) tambores de 200 l seccionados e soldados aos pares; b) discos de ferro galvanizado de 1,22m de diâmetro; c) detalhe da montagem dos rolamentos e da manivela.

Isto poderá ser feito colocando-o, na posição horizontal, sobre dois cavaletes e em seguida adicionando pesos no centro até balanceamento perfeito (Fig.5), isto é, quando ao se parar o rotor, em qualquer posição este permaneça estático, sem girar para um outro lado espontaneamente.

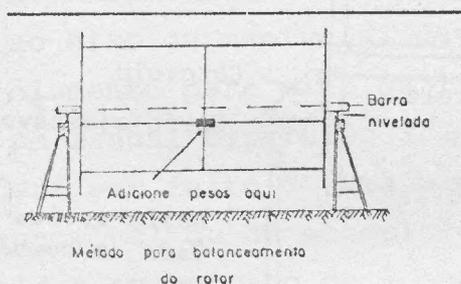


Fig. 5 - Balanceamento do rotor

2.2.2.2 - A Armação ou Suporte

A armação (Fig.3), que consiste de 4 barrotes de madeira com 5cm x 10cm de secção, deve estar bem parafusada para oferecer o máximo de segurança e firmeza e deve ficar bem fixa à base com arames estirados (ESTAIS). O barrote localizado abaixo do rotor deve ficar cerca de 2,0 m acima da base onde for instalado o rotor, podendo, porém, ser colocado em altura mais elevada.

2.2.2.3 - O Mecanismo de Transmissão

Consiste de uma manivela, uma haste articulada de conexão horizontal (biela), uma chapa triangular (cotovelo) e uma haste vertical também articulada para o acionamento da bomba (Fig. 6).

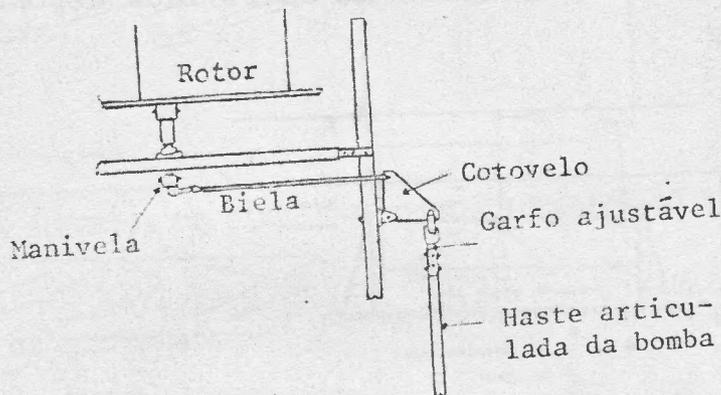


Fig. 6 - Detalhe do mecanismo de impulsão.

Para a manivela poderá ser usado um flange de ferro galvanizado para tubo de 1 polegada, soldado à parte inferior do tubo que serve de eixo adaptador e que passa pelo rolamento axial (Fig. 4c). Na borda do flange será feito um orifício com 12 mm de diâmetro cujo centro deverá estar a 1,1cm da linha imaginária que passa pelo centro do eixo do rotor, ao qual foi soldado. Este orifício será atravessado por um perno ou parafuso rosqueado na ponta, o qual será soldado ao flange e que servirá de eixo para a biela da haste horizontal. A dimensão da manivela aqui descrita se aplica a adaptação do mecanismo

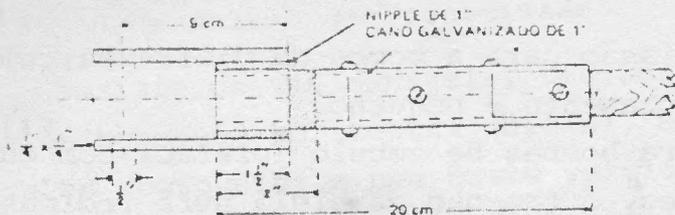
de transmissão para a bomba de diafragma, cujo curso de acionamento é pequeno.

Para bombas de êmbulo (pistão) com cursos bem maiores, o tamanho da biela será redimensionado em conjunto com as dimensões do cotovelo de articulação, que será descrito posteriormente.

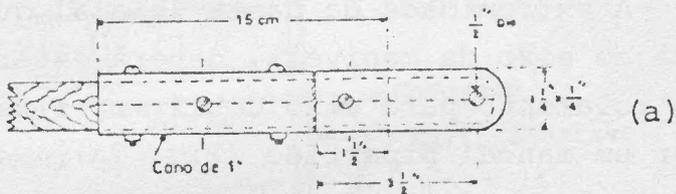
A extremidade da haste (biela) que ficará ligada ao eixo da manivela, deverá estar provida de um rolamento para eixo de 12 mm, fixada à haste por um mancal bipartido (Fig. 7a). Este mancal poderá ser feito de uma biela de motor pequeno de automóvel ou de motocicleta. Cortar a biela e soldar em um cano de 1 polegada como mostra a Fig. 7a.

O cotovelo de articulação (Fig. 7b), é um triângulo de chapa de aço de 1/4 de polegada, cortada como mostra a Fig. 7b. Os orifícios deverão ser reforçados com buchas soldadas à chapa. Se possível esses furos ou as próprias buchas de ferro devem ser revestidas com casquilhos de bronze, pois isto aumentará sensivelmente a sua durabilidade. Devem estas buchas ter pequenos orifícios para facilitar a lubrificação.

O corpo da haste da bomba poderá ser feito tanto de madeira com secção quadrada de 1 polegada de lado, como de madeira roliça de 1 polegada de diâmetro, tendo um garfo ajustável na parte superior (Fig. 7a).



Haste vertical da bomba com garfo ajustavel



Haste horizontal com garfo fixo



Extremidade da haste horizontal

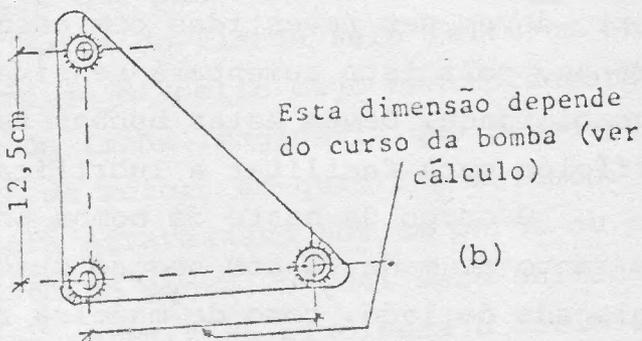


Fig. 7 - Detalhes das hastes; a) hastes vertical e horizontal; b) detalhe do cotovelo.

2.2.2.4 - A Bomba

A bomba a ser utilizada poderá ser a metálica ou a de fabricação artesanal, conforme será descrita a seguir.

2.3 - TIPOS DE BOMBAS A UTILIZAR

2.3.1 - Bomba Metálica

A bomba normalmente utilizada no moinho de vento é a do tipo pistão, em metal, com diâmetro de 2, 3 ou 5 polegadas, o que irá depender da vazão desejada e da altura barométrica de elevação. Ela possui um êmbulo revestido de dois couros, de sola forte, para maior duração e sistema de vedação com válvula retentora (Fig.8).

Este tipo de bomba, segundo a velocidade do vento e a distância da fonte de água, possui um rendimento de até 3000 litros por hora (diâmetro do pistão 5" ; diâmetro do tubo 2") segundo a TABELA 2.

2.3.2 - Bomba de Diafragma

Esta bomba, de fabricação artesanal, é normalmente utilizada no rotor Savonius (5) e só pode ser usada na captação de água para elevação até 5,0 m de altura. Trata-se de uma bomba

de ação simples e de fácil construção. Requer o mínimo de ferramentas e materiais mecânicos e é praticamente livre de manutenção, além de possuir um custo bastante baixo. Os canos usados, bem como as "curvas" e "nipples" são de 1 polegada de diâmetro. As válvulas retentoras podem ser de qualquer tipo.

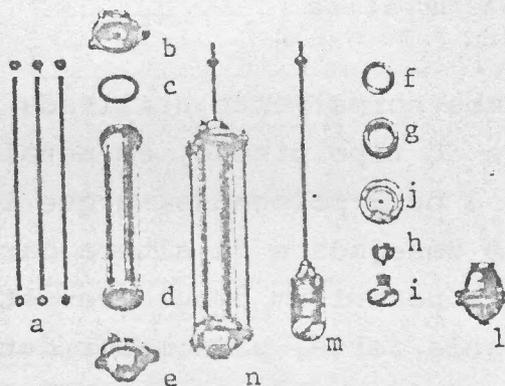


Fig. 8 - Peças do pistão e válvula de retenção; a) vareta de 3/8" com porcas; b) tampa superior do pistão; c) arruela de couro para vedação; d) corpo de latão da bomba; e) tampa inferior; f) Arruela separadora dos couros; g) caneca de couro; h) válvula de ferro fundido; i) parte inferior do êmbolo; j) válvula retentora com contra peso de metal; l) válvula de pé (retenção ou cebola); m) êmbolo; e n) bomba completa.

A bomba em si (Fig. 9) deve ser instalada logo abaixo do nível da água, a fim de que não seja necessário a compressão da haste no curso de sucção. É conveniente colocar na entrada da válvula de admissão uma crepina para evitar a

penetração de corpos estranhos no interior da bomba.

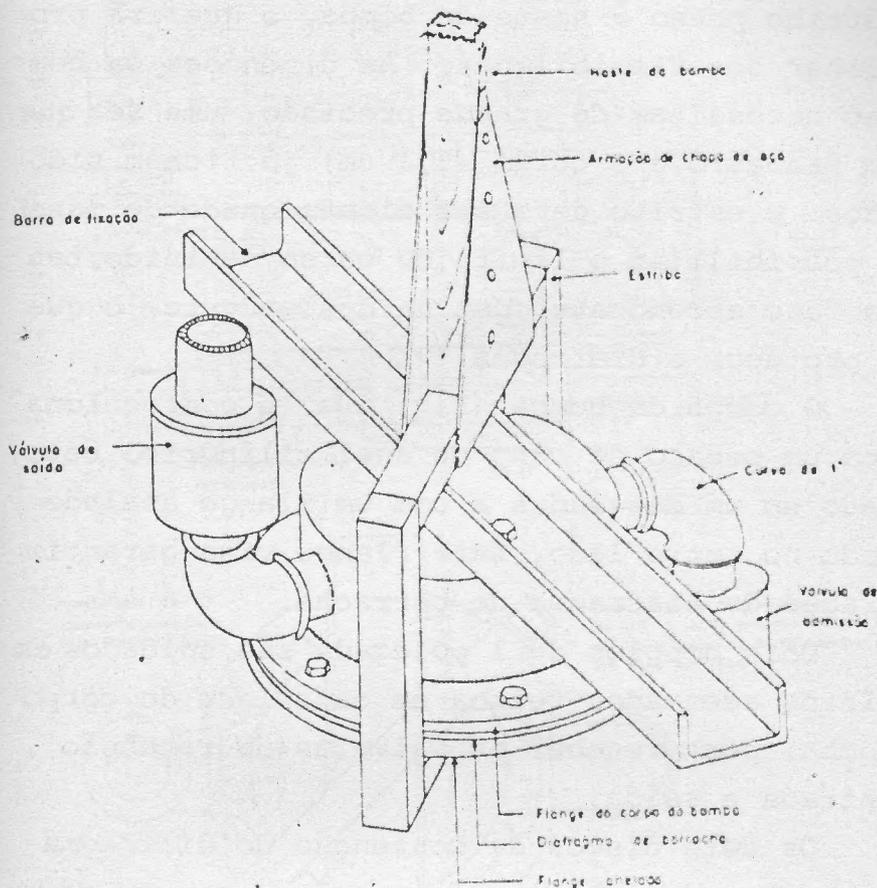


Fig. 9 - Bomba de diafragma.

O diafragma poderá ser feito de câmara de ar para pneu de caminhão (Fig. 10a).

Os flanges deverão possuir uma bordadura, com no mínimo 3 cm de largura e deverá estar provido de 8 orifícios por onde passarão os parafusos para garantir a boa fixação (Fig. 10b).

A bomba deverá funcionar invertida (fig. 9 e 10a) e o diafragma ser operado através de um estribo preso à haste da bomba, o que irá proporcionar boa flexibilidade. As dimensões da bomba não necessitam de grande precisão, uma vez que o seu diâmetro e o curso (1,1 cm) já tinham sido fixados. O estribo deve ser dimensionado de maneira a possibilitar o limite de curso definido, tanto na fase ascendente como na descendente, o que visa proteger o diafragma.

O corpo da bomba (Fig. 10a) é confeccionado com um pedaço de cano ou anel cilíndrico reto, fechado em um dos lados e com um flange anelado soldado no outro lado. Este flange visa garantir a fixação do diafragma de borracha.

Dois nipples de 1 polegada são soldados em orifícios adequados feitos em cada lado do corpo da bomba, para receber as válvulas de retenção, de entrada e saída.

Os dois discos de contenção do diafragma de borracha, deverão ser feitos de acapu ou maçaranduba. A folga lateral entre os discos e o corpo da bomba é de 0,055D e os bordos interiores dos discos não devem ter saliências para evitar o corte da borracha (5). Isto é muito importante.

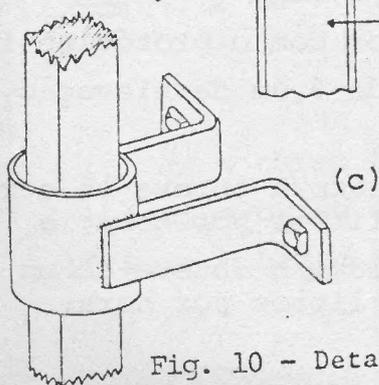
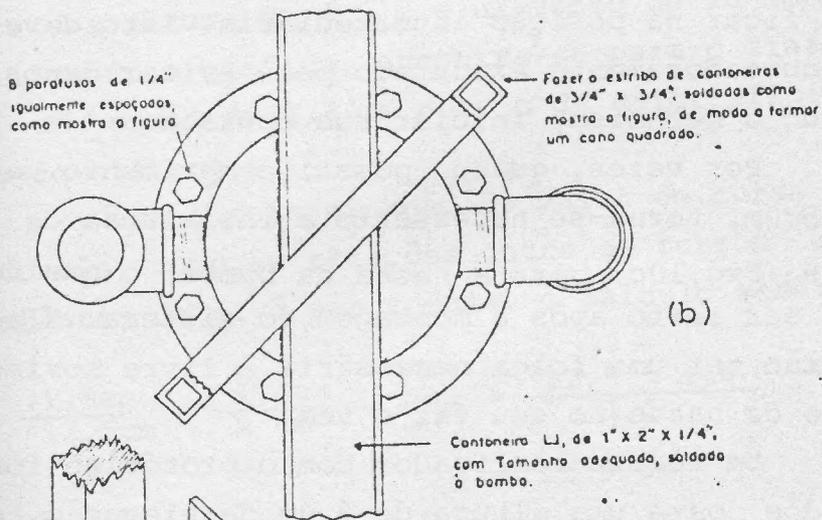
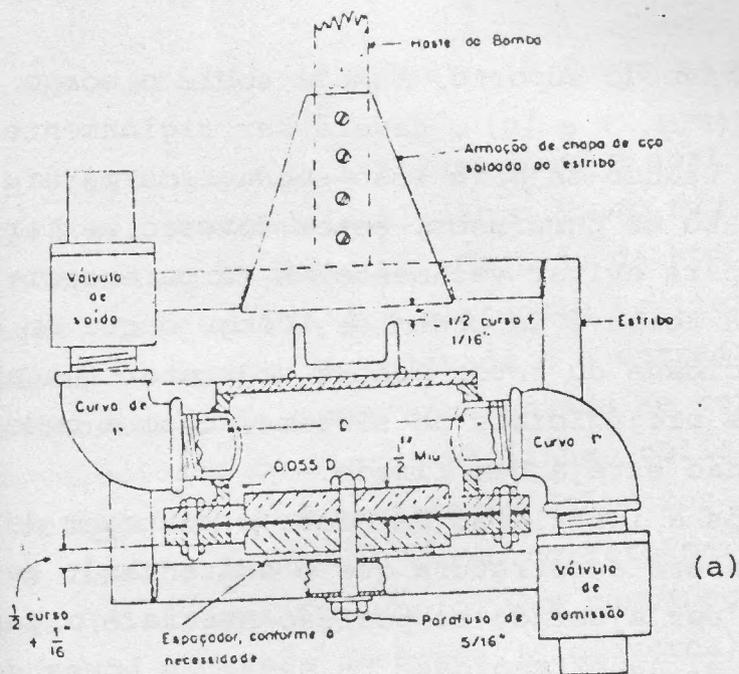


Fig. 10 - Detalhes da bomba de diafragma.

A base do suporte, fixada sobre o corpo da bomba (Fig. 9 e 10) , deverá ser rigidamente acoplada, usando-se para isso solda e/ou parafusos. No caso de parafusos, estes deverão ser arnelados para evitar vazamento. A força exercida sobre a bomba é da ordem de 100kg, o que em alta velocidade do rotor poderá acarretar folgas e balanços prejudiciais ao sistema, caso a base da bomba não esteja bem fixada.

Após a instalação da bomba e montagem do cotovelo sobre a estrutura que o sustentará, este deverá ser ajustado na posição neutra e o garfo ajustável na extremidade da haste da bomba deverá ficar na posição intermediária. Isto deverá ser cuidadosamente executado para evitar danos quando o mecanismo iniciar sua operação.

Por vezes, quando possui comprimento maior que 3,0m, torna-se necessário a instalação de guias (Fig.10c) para a haste da bomba, o que deverá ser feito após a montagem do sistema. Elas deverão ter uma folga necessária à livre movimentação da haste no seu vai e vem.

Em testes realizados com o protótipo foram obtidos, para uma altura de 3,0m de elevação, os seguintes resultados:

- a) para ventos de 16km/h obteve-se o rendimento de 829 litros por hora; e
- b) para ventos de 18km/h obteve-se um rendimento de 1200 litros por hora.

2.3.2.1 - Escolha do Diâmetro e Curso da Bomba

Estabelecida a altura para a qual a água deverá ser bombeada utilizar o ábaco, Fig. 11, para determinar o diâmetro adequado da bomba a empregar. Essa altura é a distância vertical entre o nível da água a ser elevada e a entrada do reservatório. Cada curva apresentada se refere a uma velocidade do vento; as linhas obliquas a di versas bombas de determinados diâmetros e a esca la a direita fornece o curso correto para esta bomba (diafragma ou êmbolo), em combinação com a altura de elevação desejada (a esquerda). Assim, para uma altura de 4,5 m e um vento de 16 km/h, utilizando o gráfico, encontra-se para o diafragma, um curso de 1,4 cm como o de maior eficiência do sistema.

Para a determinação do valor do curso do cotovelo, como as relações entre os cursos e a distância do pivô são iguais, o cálculo será:

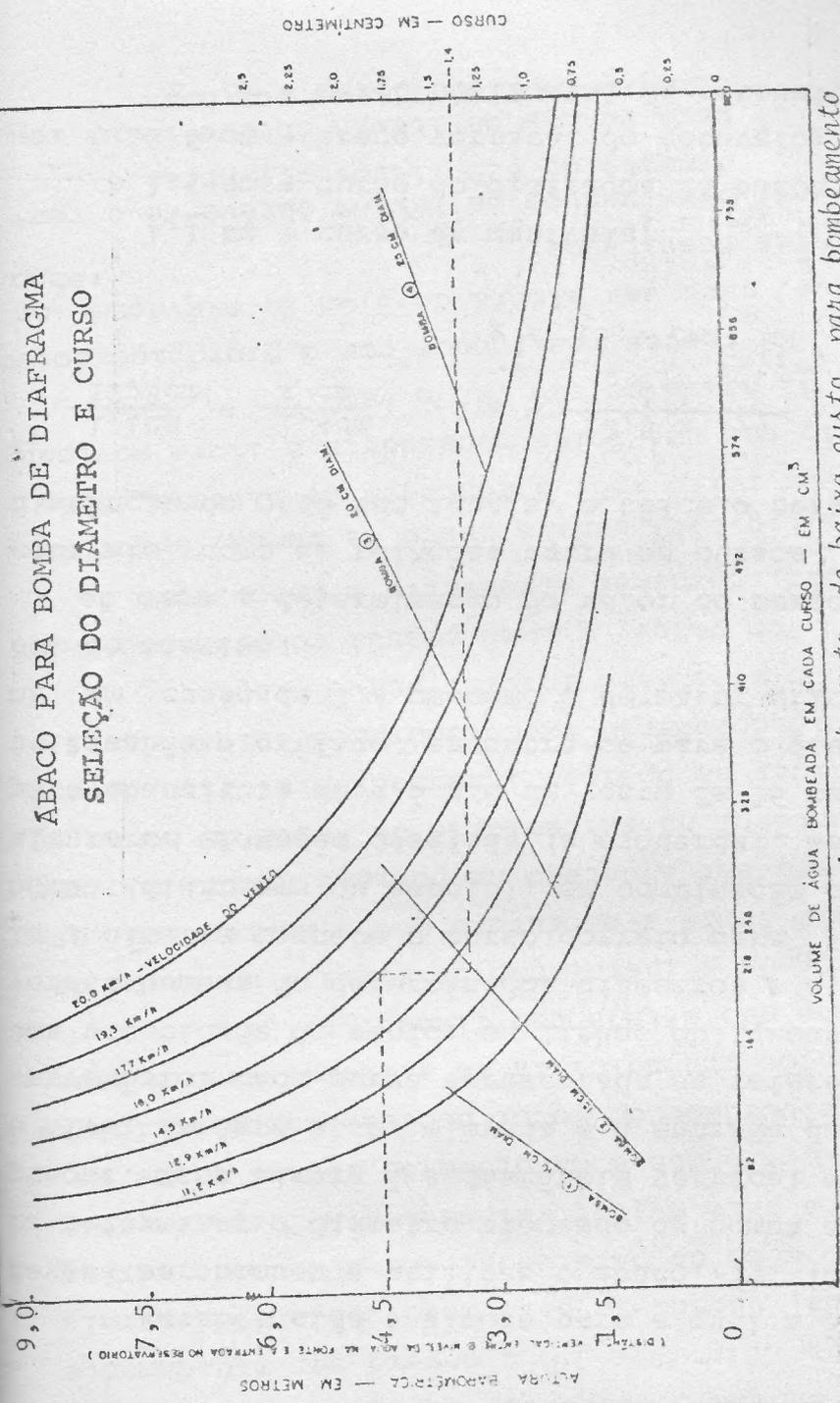
$$\frac{1,1\text{cm}}{12,5\text{cm}} = \frac{1,4\text{cm}}{x\text{ cm}} \quad \therefore x = \frac{12,5 \times 1,4}{1,1}$$

$$x = 15,9\text{ cm}$$

onde:

- 1,1 cm = curso da manivela;
- 1,4 cm = curso do diafragma da bomba;
- 12,5 cm = braço vertical do cotovelo; e
- x cm = braço horizontal do cotovelo.

ÁBACO PARA BOMBA DE DIAFRAGMA SELEÇÃO DO DIÂMETRO E CURSO



FONTE: SUDEC. Como *construir um catavento, de baixo custo, para bombeamento d'água*. Fortaleza, 1978. 28p. (Série "Faça Você Mesmo, 2").

Fig. 11 - Abaco da bomba de diafragma; seleção do diâmetro e curso.

2.3.2.1 - Escolha do Diâmetro e Curso da Bomba

Estabelacida a altura para a qual a água deverá ser bombeada utilizar o âbaco, Fig. 11, para determinar o diâmetro adequado da bomba a empregar. Essa altura é a distância vertical entre o nível da água a ser elevada e a entrada do reservatório. Cada curva apresentada se refere a uma velocidade do vento; as linhas obliquas a diversas bombas de determinados diâmetros e a escala a direita fornece o curso correto para esta bomba (diafragma ou êmbolo), em combinação com a altura de elevação desejada (a esquerda). Assim, para uma altura de 4,5 m e um vento de 16 km/h, utilizando o gráfico, encontra-se para o diafragma, um curso de 1,4 cm como o de maior eficiência do sistema.

Para a determinação do valor do curso do cotovelo, como as relações entre os cursos e a distância do pivô são iguais, o cálculo será:

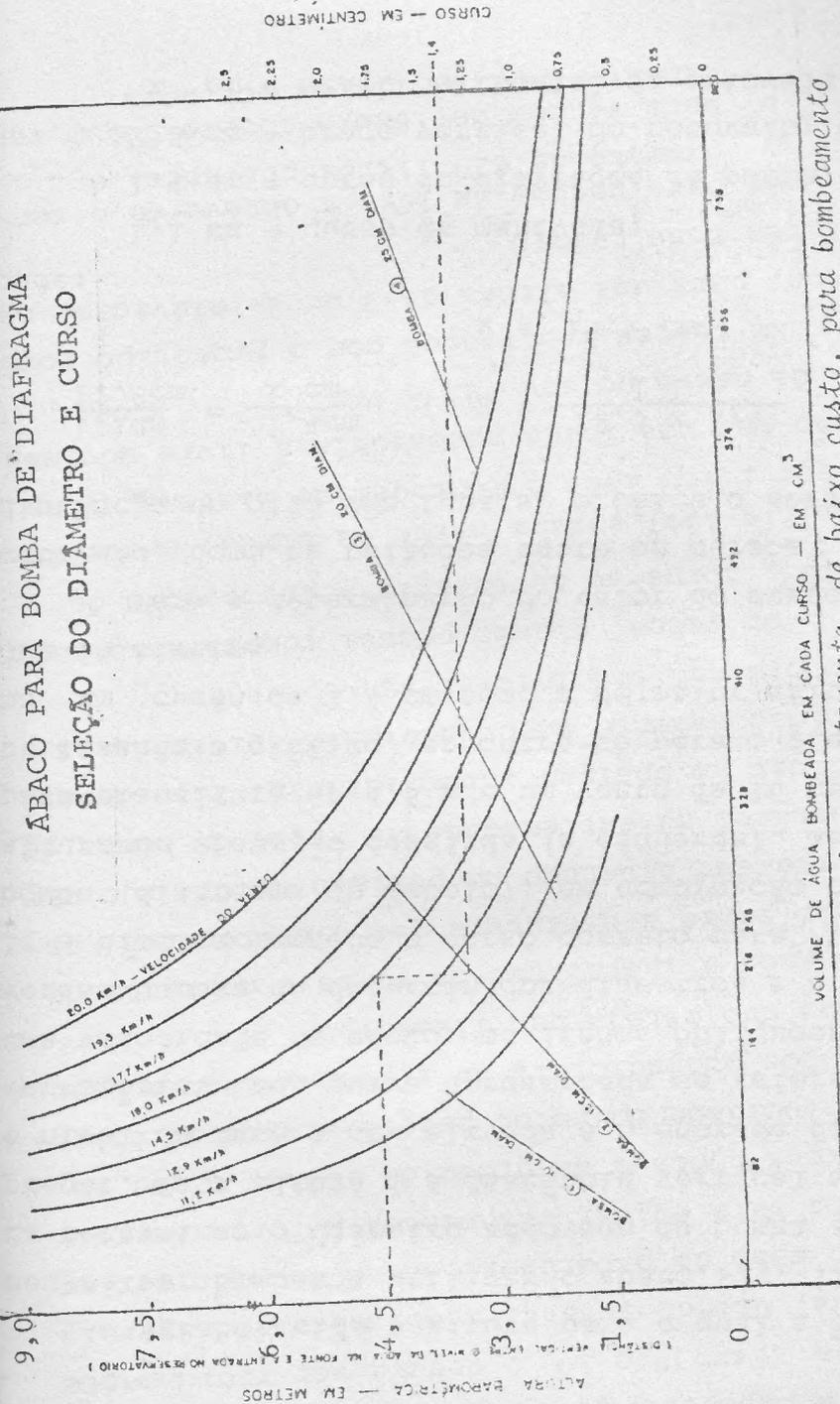
$$\frac{1,1 \text{ cm}}{12,5 \text{ cm}} = \frac{1,4 \text{ cm}}{x \text{ cm}} \quad \dots \quad x = \frac{12,5 \times 1,4}{1,1}$$

$$x = 15,9 \text{ cm}$$

onde:

- 1,1 cm = curso da manivela;
- 1,4 cm = curso do diafragma da bomba;
- 12,5 cm = braço vertical do cotovelo; e
- x cm = braço horizontal do cotovelo.

ÁBACO PARA BOMBA DE DIAFRAGMA SELEÇÃO DO DIÂMETRO E CURSO



FONTE: SUDEC. Como construir um catavento, de baixo custo, de baixo custo, para bombeamento d'água. Fortaleza, 1978. 28p. (Série "Faça Você Mesmo, 2").

Fig. 11 - Ábaco da bomba de diafragma; seleção do diâmetro e curso.

Assim, o braço horizontal do cotovelo deverá ter 15,9 cm para que o diafragma da bomba tenha um curso de 1,4 cm (ver Fig. 7b).

A escala inferior do nomograma da Figura 11 dá o volume de água bombeada em cada curso de uma bomba qualquer, como, por exemplo, de uma bomba de pistão, para desempenho semelhante. Para isso deverá ser verificada inicialmente a altura da água a ser bombeada e a velocidade do vento. Com esses dados traçar uma linha perpendicular que vai da coluna (altura barométrica) até encontrar a curva relativa a velocidade do vento. Desde ponto de encontro baixar uma linha paralela à coluna até encontrar a linha oblíqua referente ao diâmetro da bomba recomendada. O volume de água a bombear (217 cm^3) obtem-se prolongando esta mesma linha até encontrar a escala inferior (Fig. 11). Dividindo-se o volume obtido pela área do pistão, tem-se o curso do êmbolo necessário à bomba. Assim, no caso de ser utilizada uma bomba de pistão com 5 cm de diâmetro (2 polegadas) para bombear água a uma altura de 4,5 m, sob um vento de 16 km/h, em um volume de 217 cm^3 por golpe, ter-se-á de refazer os cálculos para a determinação do curso do pistão. Neste caso divide-se 217 cm^3 por $19,6 \text{ cm}^2$ (área do pistão) para encontrar um curso de 11 cm.

5 cm = diâmetro do pistão
 217 cm^3 = volume de água de cada golpe
 S = área do pistão
 $S = \pi r^2 \therefore S = 3,1416 \times 2,5^2 = 19,6 \text{ cm}^2$
 O curso do pistão será:

$$CP = \frac{217}{19,6} = 11,07 \approx 11 \text{ cm}$$

Para este curso de pistão será necessário fazer o cálculo do braço ou lado horizontal do cotovelo.

Se for utilizado o comprimento da biela do rotor anteriormente prefixado em 5,5 cm, para um curso da haste do pistão de 11 cm ter-se-á:

$$x = \frac{12,5 \times 11}{5,5} = 25 \text{ cm}$$

valor este que determinará o comprimento do lado horizontal do cotovelo e que será duas vezes maior que o lado vertical.

2.3.3 - Bomba de Pistão de PVC

A bomba de pistão de PVC (Fig. 12a) é uma bomba de confecção artesanal em que é usado tubo de PVC rígido de 2 e 1/2, 3,4 ou 5 polegadas, para construir o corpo da bomba (Fig. 12b) e dois caps com rosca para vedar as suas extremidades. O cap superior possuirá um orifício de 1/4 de polegada (Fig. 12c) e o inferior dois orifícios que, para uma bomba montada com tubo de 2 e 1/2 ou 3 polegadas, deverá ter diâmetro ligeiramente menor que 1 polegada (Fig. 12d).

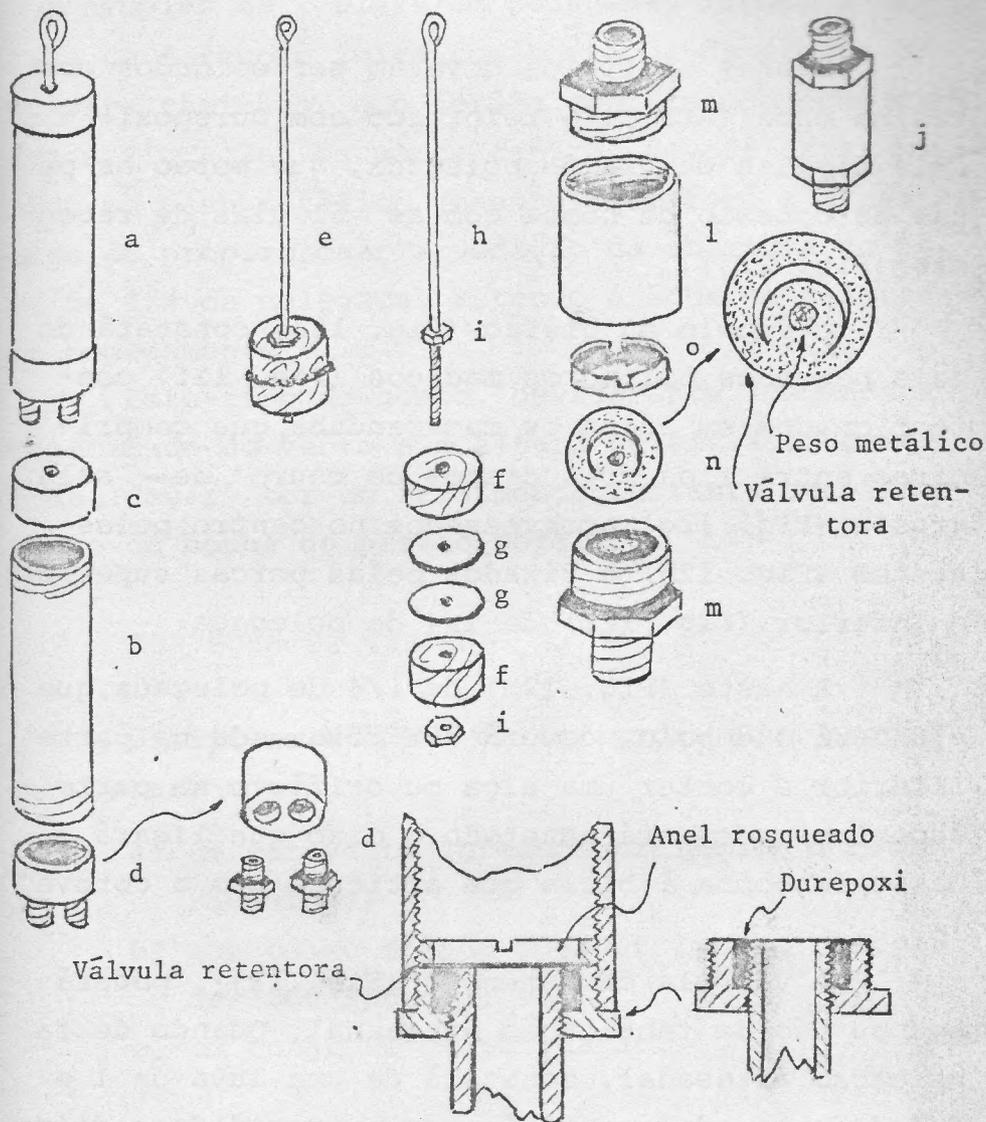


Fig. 12 - Bomba de pistão de PVC e válvula de retenção ; a) bomba de pistão montada; b) corpo da bomba ; c) cap superior; d) cap inferior; e) êmbolo montado; f) cilindros do êmbolo; g) solas intermediárias; h) haste do êmbolo; i) porcas para prender os cilindros e as solas; j) válvula de retenção montada; l) luva; m) nipples de redução; n) válvula retenantora; o) anel rosqueado de proteção da válvula retenantora.

Nestes orifícios deverão ser soldados com resina epox (Araldite reforçado com Durepoxi) dois nipples de 3/4 de polegada, que serão as peças de conexão da bomba com as válvulas de retenção (Fig. 12j).

O êmbolo ou pistão (Fig. 12e) constará de dois pequenos cilindros maciços (Fig. 12f) confeccionados em acapu ou maçaranduba, que comprimirão entre eles dois discos de couro de sola grossa (Fig. 12g) atravessados no centro pelas hastes (Fig. 12h) e fixados pelas porcas superior e inferior (Fig. 12i) de 1/4 de polegada.

A haste (Fig. 12h) de 1/4 de polegada, que prenderá o êmbolo, deverá ser rosqueada na parte inferior e conter uma alça ou orifício na parte superior, onde será adaptado o eixo que ligará a haste da bomba à biela que articula com o cotovelo.

A válvula de retenção (Fig. 12j) poderá ser ou não de fabricação artesanal. Quando de fabricação artesanal, constará de uma luva de 1 e 1/4 de polegada que terá nas extremidades dois nipples de redução de 1 e 1/4 para 3/4 de polegada (Fig. 12m). No seu interior, presa por um anel de PVC rosqueado (serrado da parte superior de um nipple de 1 e 1/4 de polegada, Fig. 12o) e assentada na parte superior do conjunto montado

com nipples de 1 e 1/4 de polegada, ficará a válvula de retenção feita com borracha de câmara de ar para caminhão, que terá a conformação como mostra a Fig. 12n. Na parte central deverá estar cravado um peso metálico (chumbo) que terá a finalidade de proporcionar a vedação da abertura do tubo de 3/4 de polegada, retendo a água no refluxo de bombeamento.

Este tipo de bomba, devidamente adequada a velocidade do vento e à altura de elevação desejada, deverá ter um rendimento bastante semelhante ao da bomba de pistão metálico.

2.4 - MONTAGEM DO SISTEMA

O sistema ARTESANAL de irrigação aqui proposto contará com:

- a) um catavento (preferencialmente o rotor Savonius);
- b) uma caixa d'água de 2000 litros (ou dois de 1000 litros); e
- c) um conjunto de irrigação.

2.4.1 - O Catavento

O catavento a ser utilizado, tanto poderá ser o moinho de vento (Fig. 13a) como o rotor Savonius (Fig. 13b) confeccionado com tamborões de 200 litros cortados e soldados, conforme foi des

crito anteriormente. Este, como melhor opção para a região, deverá ser montado em uma jangada (flutuante) de toras de madeira (Fig. 13) a fim de facilitar o seu deslocamento com a subida e descida das águas dos rios, correspondentes aos períodos de enchente e vazante. Deverá ficar cerca de 2,0 m acima do flutuante (Fig. 13b) e ligado à caixa d'água, na parte alta do terreno, por uma mangueira de PVC flexível de diâmetro correspondente ao tubo de recalque da bomba e comprimento suficiente para atender o mais baixo nível d'água na vazante.

No caso de moinho de vento, a torre deverá ter de 6,0 a 8,0 m de altura para maior aproveitamento da velocidade do vento na região.

2.4.2 - Caixa D'Água

A caixa d'água (Fig. 14) deverá ser preferencialmente de fibra de vidro ou fibrocimento e ter um volume de armazenamento de aproximadamente 2000 litros, para manter o sistema de irrigação, sem bombeamento, em funcionamento por um período mínimo de 20 minutos. Este tempo, entretanto, irá depender do número de aspersores que contiver o sistema. Poderá também ser usado outro tipo de tanque, o que for de mais fácil aquisição e de maior conveniência do usuário na região. A capacidade de reserva de água, entretanto, deverá ser aproximadamente 3.000 litros, para se manter o efetivo funcionamento do sistema.

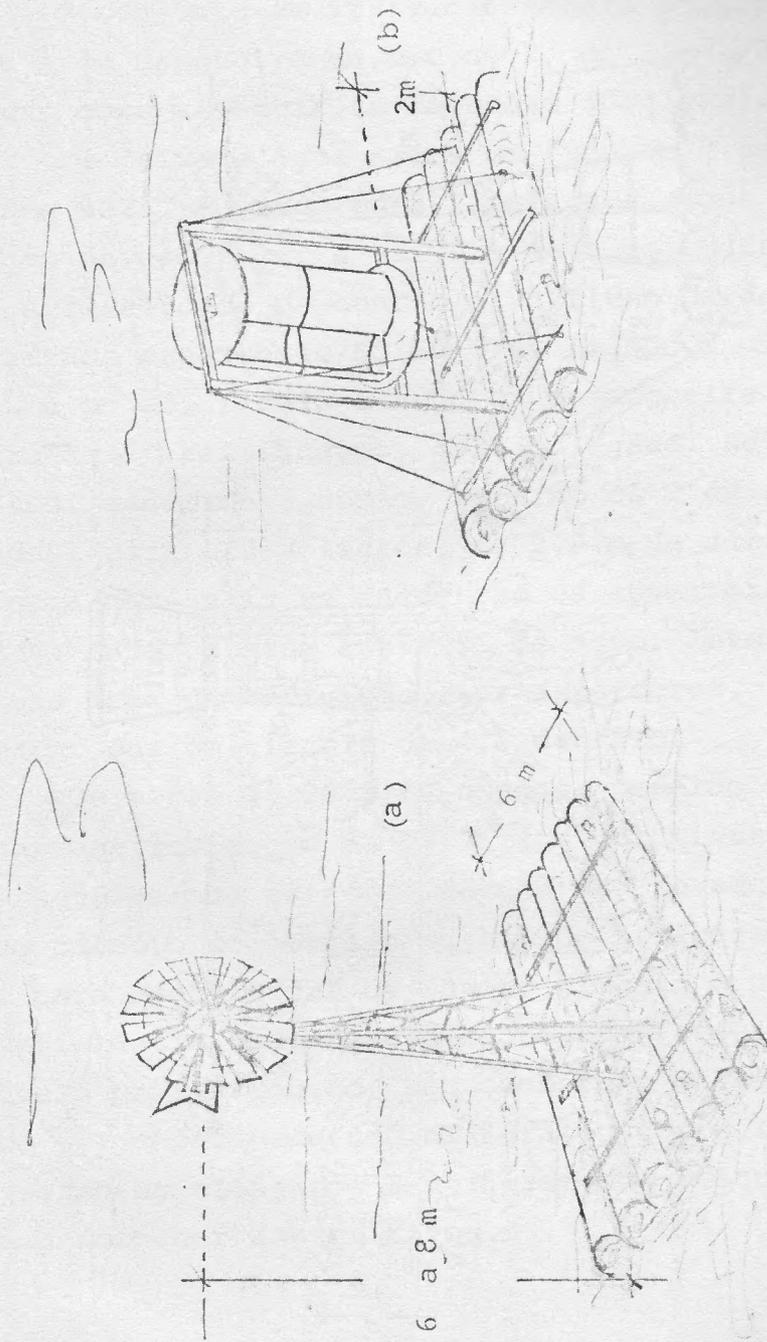


Fig. 13 - Disposição dos cataventos no Flutuante; a) moinho de vento; b) rotor Savonius.

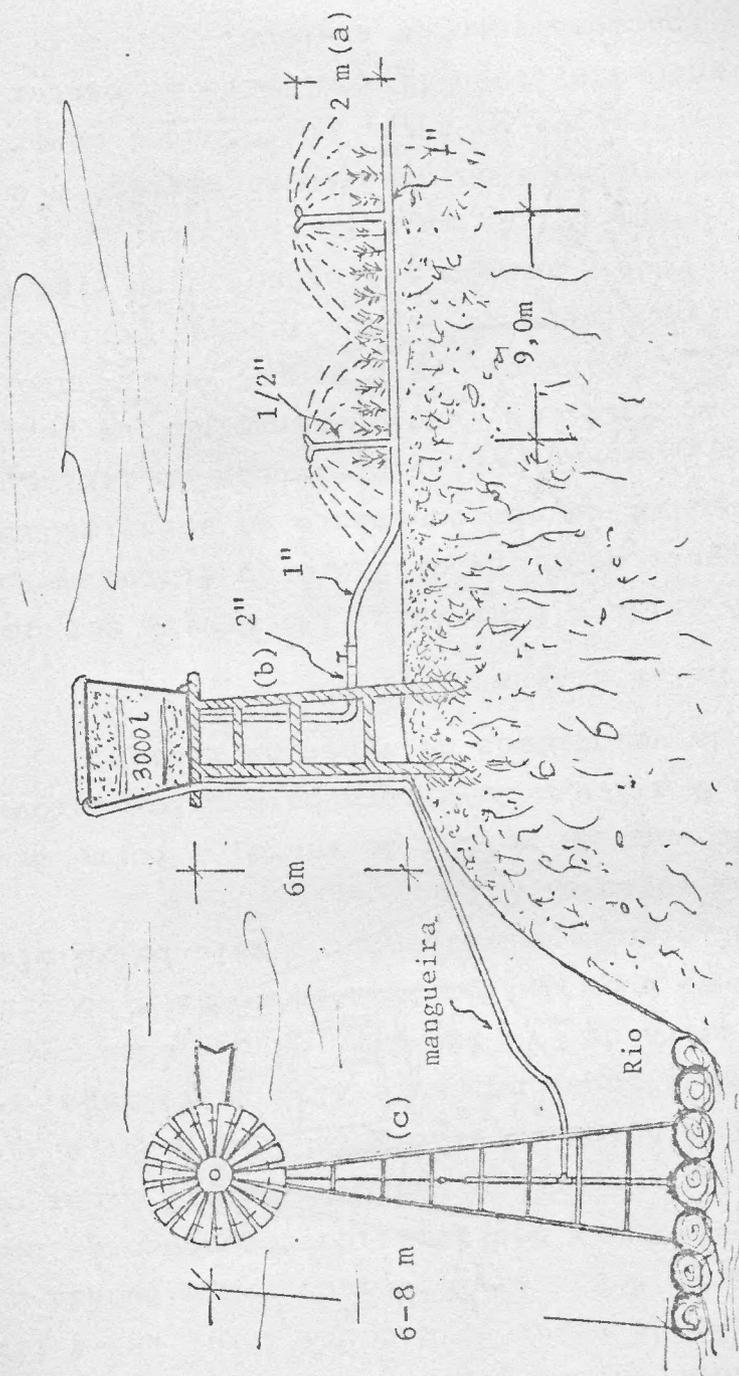


Fig. 14 - Esquema de funcionamento do sistema de irrigação; a) conjunto de aspersão; b) caixa d'água; c) cata-vento.

2.4.3 - Conjunto de Irrigação

O conjunto de irrigação deverá utilizar tubos e/ou mangueira de PVC de 2, de 1 e 1/2 polegadas, como a seguir se descreve (Fig. 15).

Da caixa d'água sairá um tubo de 2 polegadas que será reduzido para 1 polegada. Após esta redução deverá ficar a válvula de 1 polegada, que terá a finalidade de controlar o fluxo da água a chegar aos aspersores ES 20 3/4. Ligado à válvula, por uma união, ficará o tubo ou a mangueira (aqui poderá haver ramificação) de 1 polegada. Nela ou no tubo, conforme a opção, estarão os T. de redução de 1 para 1/2 polegada, de 2,0 m de altura, na ponta dos quais se encontram os aspersores ES 20 3/4. Estes distam entre si de 9,0m. Isto visa ter uma área de irrigação, por aspersores, um pouco maior que um círculo de 4,5 de raio.

Os bicos ES 20 3/4, usados, poderão proporcionar uma irrigação de 17 litros por minuto, por aspersor, volume este que deverá ser levado em conta no cálculo do tempo e volume de irrigação diária, para as culturas da região durante o período de deficiência hídrica. Como os dados atuais, disponíveis para a região, são somente o balanço hídrico e a capacidade de infiltração dos solos, estes serão os elementos a utilizar nos cálculos de água a fornecer aos cultivos.

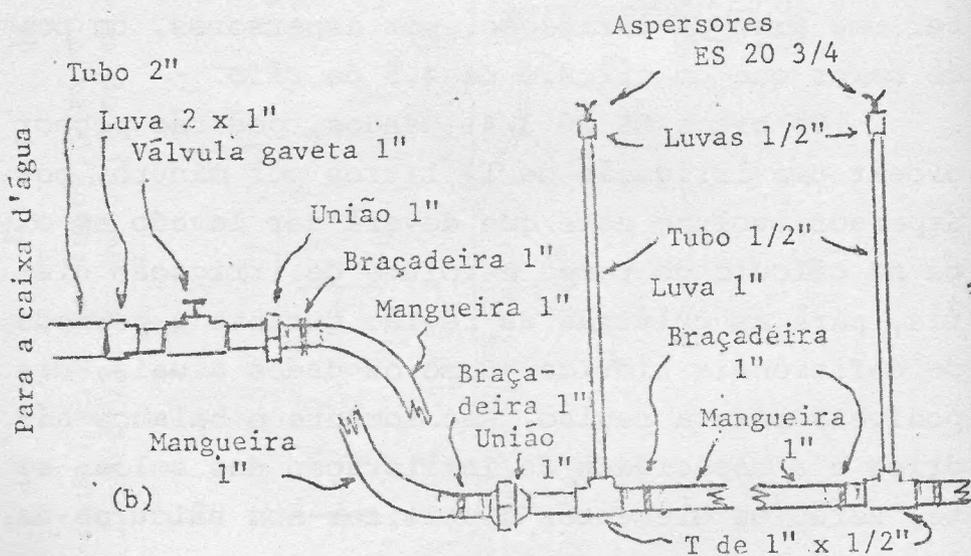
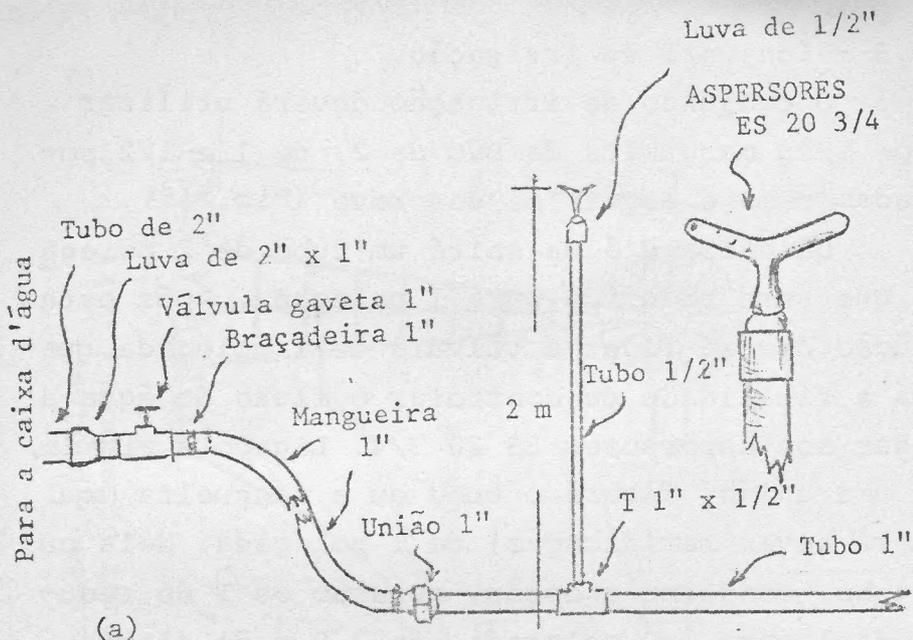


Fig. 15 - Tubulação e aspersores do conjunto de irrigação; a) Usando tubulação de PVC rijo; b) usando mangueiras e tubulação de PVC rijo para os bicos de aspersão.

O número de aspersores a serem usados dependerá da área a irrigar. Normalmente, na várzea do rio Guamã, localizada em frente da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - FCAP, é utilizado um conjunto de 8 aspersores, dispostos em linhas paralelas de 4 aspersores, distantes entre linhas e entre aspersores de 9,0 m. Isto possibilita a irrigação de uma área com 720 m² em uma mesma operação. Tendo em vista a possibilidade de deslocamento dos tubos na área, uma coisa importante a considerar será a utilização, no sistema, de tubos rosqueados, o que facilitará a flexibilidade no seu manejo.

2.4.4 - Material Necessário para o Sistema

O material necessário para a montagem de um conjunto que contenha 4 aspersores em funcionamento, será o constante das TABELAS 3,4,5,6,7 e 8 a seguir apresentadas.

No caso da utilização do moinho de vento para compor o sistema, deverá ser considerado o valor atual de Cr\$13.836,300 (237,20 ORTN) correspondente ao preço na praça de Belém para um que venha acompanhado de uma torre com 6,0 m de altura. A vantagem que oferece esta opção é de poder ser adquirido e montado a qualquer tempo, mas seu custo é bastante maior do que o do rotor Savonius, de confecção artesanal, mas que deverá ter um rendimento um pouco menor.

TABELA 3 - Material necessário para montar o conjunto de irrigação de 4 aspersores, com tubos de PVC ri jo. Outubro de 1985 (Cr\$1,00)

Discriminação	Unid.	Valor	TOTAL			
			unit.	QT	Cr\$	ORTN
		Cr\$				
Flange de 2"	um	3.700	1	3.700	0,06	
Tubo de 2"	um	134.000	1	134.000	2,30	
Luva de 2"	uma	6.000	2	12.000	0,21	
Luva de 2"xl (com nipple)	um	9.000	1	9.000	0,15	
Curva de 2"	uma	12.500	1	12.500	0,21	
Tubo de 1"	um	48.000	5	240.000	4,12	
Luva de 1"	uma	1.600	3	4.800	0,08	
União de 1"	uma	6.500	2	13.000	0,22	
T de 1"	um	2.000	4	8.000	0,14	
Nipple de 1"xl/2"	um	2.000	4	8.000	0,14	
Plog de 1"	um	1.000	1	1.000	0,02	
Tubo de 1/2"	um	23.000	2	46.000	0,79	
Luva de 1/2"	uma	600	4	2.400	0,04	
Aspersores ES 20 3/4	um	124.000	4	496.000	8,51	
Válvula gaveta de 1"	uma	30.000	1	30.000	0,51	
Braçadeira de 1"	uma	300	2	600	0,01	
				1.021.000	17,51	
Caixa d'água de 1000 l	uma	550.000	2	1.100.000	18,87	
Base da caixa d'água	val.	-	-	1.615.300	27,71	
Mangueira de 1"	m	8.000	20	1.600.000	27,44	
TOTAL.				5.336.300	91,53	

ORTN = 58.300,20 OUT/85

TABELA 4 - Material necessário para a montagem do conjunto de irrigação de 4 aspersores utilizando mangueira e tubo de PVC rijo (Cr\$ 1,00).

Discriminação	Unid.	Valor unit.	TOTAL	
			Qt	Cr\$ ORTN
Flange de 2"	um	3.700	1	3.700 0,06
Tubo de 2"	um	134.000	1	134.000 2,30
Luva de 2"	uma	6.000	2	12.000 0,21
Luva de 2 x 1" (com nipple)	uma	9.000	1	9.000 0,15
Curva de 2"	uma	12.500	1	12.500 0,21
Mangueira de 1"	m	8.000	30	240.000 4,12
União de 1"	uma	6.500	2	13.000 0,22
Braçadeira de 1"	uma	.300	10	3.000 0,05
T de 1"	um	2.000	4	8.000 0,14
Nipple de 1 x 1/2"	um	2.000	4	8.000 0,14
Plog de 1"	um	1.000	1	1.000 0,02
Tubo de 1/2"	um	23.000	2	46.000 0,79
Luva de 1/2"	uma	600	4	2.400 0,04
Aspersores ES 20 3/4	um	124.000	4	496.000 8,51
Válvula gaveta de 1"	uma	30.000	1	30.000 0,51
Tubo de 1"	um	48.000	0,50	24.000 0,41
SUB-TOTAL				1.042.600 17,88
Caixa d'água de 1000 l	uma	550.000	2	1.100.000 18,87
Base da caixa d'água	val.	-	-	1.615.300 27,71
Mangueira de 1"	m	8.000	20	1.600.000 27,44
TOTAL				5.357.900 91,90

ORTN = 58.300 OUT/85

TABELA 5 - Material necessário para a construção do rotor Savonius (Cr\$1,00).

Discriminação	Unid.	Valor Unit. Cr\$	TOTAL		
			Qt	Cr\$	ORTN
Tamborão de 200 l	um	90.000	2	180.000	3,09
Tubo de ferro galvanizado de 1 1/2"	um	24.000	0,50	12.000	0,21
Tubo de ferro galvanizado de 1"	um	14.800	0,25	3.700	0,06
Rolamento radial de 1"	um	160.000	1	160.000	2,74
Rolamento axial (encosto) de 1"	um	160.000	1	160.000	2,74
Parafuso de 2 1/2 x 1/4"	um	500	4	2.000	0,03
Parafuso p/madeira de 2 1/2 x 3/8"	duz.	11.000	1	11.000	0,19
Suporte para rolamento Excêntrico (flange de 1")	um	20.000	2	40.000	0,69
Chapa de aço de 1/4"	m ²	14.000	1	14.000	0,24
Parafuso de 2 x 3/6"	m ²	370.000	0,25	92.500	1,59
Arame de 3/16/	um	1.500	12	18.000	0,31
Esticador	m	650	50	32.500	0,56
Barrote de acapu de 5,0m x 0,10m x 0,05m	um	27.000	6	162.000	2,78
Mão-de-obra	val.	-	-	390.000	6,69
TOTAL				1.367.700	23,46

ORTN = 58.300,20 OUT/85

TABELA 6 - Material necessário para a construção da bomba de pistão de PVC (Cr\$ 1,00).

Discriminação	Unid.	Valor	TOTAL		
		unit.	Qt	Cr\$	ORTN
		Cr\$			
Tubo de PVC de 2 1/2"	m	25.000	1	25.000	0,43
Cap de 2 1/2"	um	6.000	2	12.000	0,21
Tubo de 3/4"	m	5.500	1	5.500	0,09
Curva de 3/4"	uma	5.800	2	11.600	0,20
Luva de 3/4"	uma	1.000	2	2.000	0,03
Luva de 1 1/4"	uma	3.200	2	6.400	0,11
Nipple de 1 1/4 x 1"	um	1.500	4	6.000	0,10
Nipple de 1 1/4"	um	1.800	2	3.600	0,06
Tubo de Araldite	um	9.000	1	9.000	0,16
Caixa de Durepoxi	uma	12.000	1	12.000	0,21
Vergalão de 1/4"	m	4.700	1	4.700	0,08
Porca de 1/4"	uma	200	4	800	0,01
Cilindro de acapu de ± 2 1/2"	um	3.800	2	7.600	0,13
Sola grossa	cm	800	20	16.000	0,27
TOTAL				122.200	2,09

TABELA 7 - Material necessário para a construção da base da caixa d'água (Cr\$ 1,00).

Discriminação	Unid.	Valor	TOTAL		
		unit.	Qt	Cr\$	ORTN
		Cr\$			
Esteios de maçaranduba de 0,15m x 0,15m x 6,00m	um	56.000	6	336.000	5,76
Réguas de maçaranduba	um	30.000	27	810.000	13,89
Barrotes de maçaranduba	um	31.000	5	155.000	2,66
Pregos	kg	5.300	1	5.300	0,09
Mão-de-obra	val.	-	-	309.000	5,30
TOTAL				1.615.300	27,70

TABELA 8 - Valor global do sistema ARTESANAL de irrigação utilizando o moinho de vento e o rotor Savonius com tubulação de PVC rijo e com mangueira de PVC (Cr\$ 1,00).

Discriminação	ROTOR SAVONIUS			MOINHO DE VENTO				
	Com man- gueira	Com PVC rijo	Com man- gueira	Com PVC rijo	Com man- gueira	Com PVC rijo		
	Cr\$	ORTN Cr\$	Cr\$	ORTN	Cr\$	ORTN		
Catavento	1.367.700	23,46	1.367.700	23,46	8.500.000	145,79	8.500.000	145,79
Bomba de PVC	122.200	2,09	122.200	2,09	-	-	-	-
Conjunto de irrigação	5.357.900	91,90	5.336.300	91,53	5.357.900	91,90	5.336.300	91,53
TOTAL	6.847.800	117,45	6.826.200	117,08	13.857.900	237,69	13.836.300	237,32

ORTN = 58.300,20 OUT/85

Na montagem do sistema utilizando o moinho de vento ou o rotor Savonius os valores serão os constantes da TABELA 8.

3 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

A introdução de um sistema de irrigação simples para as várzeas do Médio Amazonas é uma necessidade tendo em vista o aproveitamento da potencialidade que essas áreas apresentam. Por sua vez, deverá ser ao mesmo tempo adequado às condições regionais, barato para atender as condições econômicas dos agricultores ribeirinhos de baixa renda e efetivo para resolver os problemas de deficiência hídrica dos solos por um relativamente longo período durante o segundo semestre de cada ano. Este sistema, que deverá ser testado às condições da região a que se propõe atender, visa:

- a) em caso de estiagem prolongada, proporcionar o suprimento de água às culturas, utilizando a energia eólica através de cataventos;
- b) a confecção e utilização pelos agricultores ribeirinhos, de um catavento artesanal (rotor Savonius) de baixo custo por utilizar material facilmente encontrado na região e por ser uma opção vantajosa para o bombeamento da água a ser empregada na irrigação dos cultivos pelos agricultores de baixa renda;

- c) a confecção de um conjunto artesanal de irrigação por gravidade em que sejam utilizados opcionalmente tubos rijos de PVC de 2, 1 e 1/2 polegadas ou mangueiras de PVC dos mesmos diâmetros;
- d) montar o conjunto de bombeamento com cataventos sobre jangadas de toras de árvores, o que visa acompanhar o fluxo das enchentes e vazantes dos rios da região.

(Recebido para impressão em 02.12.85).

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BASTOS, T.X. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia Brasileira. Boletim do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, Belém(54) :68-122. 1972.
- 2 - BRASIL. Departamento Nacional de Meteorologia. Balanços hídricos do Brasil. Rio de Janeiro, 1972. 94p.
- 3 - FERRAZ, D.P.; VERCOSA, C.A.N.; MESQUITA, N.G.M. de. Desenvolvimento do catavento Darrieu à vela. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA, 7., Uberlândia. Anais. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 1983. v.A, n.4, p.473-82.
- 4 - SCHMIDT, J.C.J. O clima da Amazônia. Rio de Janeiro. Conselho Nacional de Geografia. Separata da Revista Brasileira de Geografia, 4(3):3-38, 1947.
- 5 - VIEIRA, L.S. & VIEIRA, M. de N.F. Manual de morfologia e classificação de solos. 2.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1983. 313p.

VIEIRA, L.S.; CARDOSO, A.; VIEIRA, M. de N.F.;
SANTOS, P.C.T.C. dos; COUCEIRO, G.M.F.

Um sistema artesanal para a irrigação
das várzeas do Médio Amazonas. Belém,
FCAP, 1986. 44p. (FCAP. Nota Prévia, 13).

ABSTRACT: Irrigation system for holms of middle Amazonas is formed by a set of pumps, employing windmills and another set distributing water by gravity, with PVC pipe, of 2", 1" and 1/2". In order to pump the water from rivers, is suggested the utilization of wind - mills with metallic piston pumps or SAVONIUS rotor with diaphragm pump made with air vessel of tire or a handcraft PVC piston, placed on floating timber. The water distribution system has a elevated 3000 l tank, from which comes a 2" PVC tube, after reduced to 1", with sprinkling noses, placed in 1/2" PVC tube, at 2m in height.

IMPRESSÃO

Setor de Produção Gráfica

Serviço de Documentação e Informação

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ