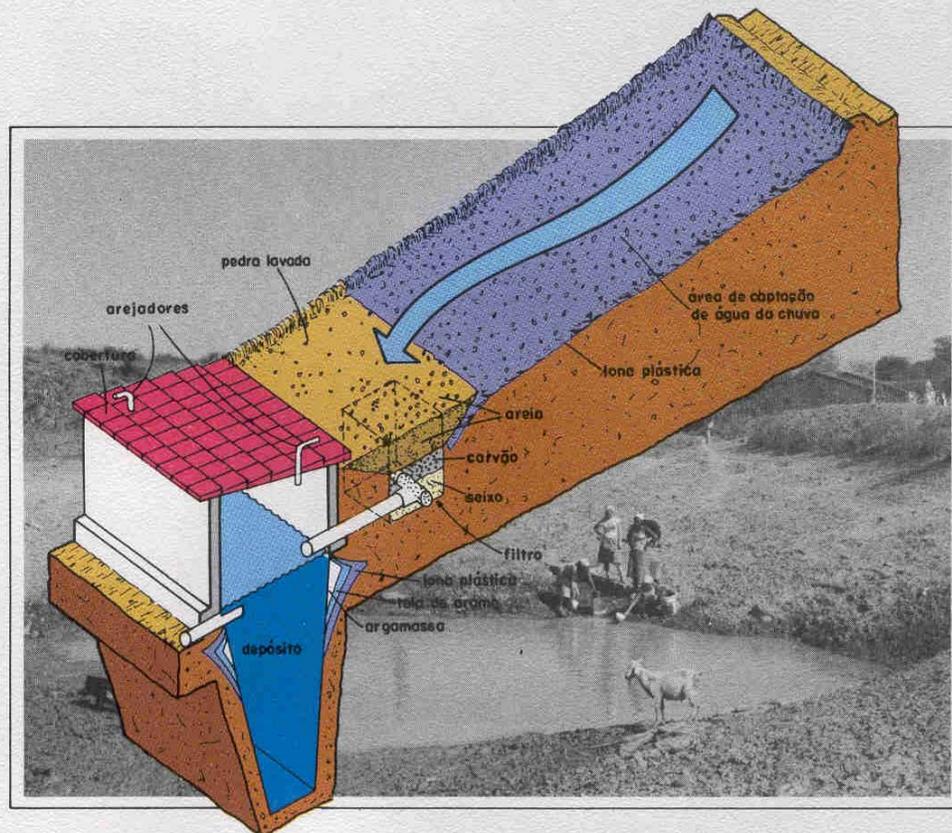


CAPTAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA CONSUMO HUMANO

CISTERNAS RURAIS

DIMENSIONAMENTO, CONSTRUÇÃO E MANEJO



CIRCULAR TÉCNICA

ISSN 0100-6169

Número 12

setembro, 1984

CISTERNAS RURAIS



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura

Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido – CPATSA
Petalina, PE

Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao
CPATSA
BR 428, km 152 (Petrolina/Lagoa Grande) Zona Rural
Caixa Postal 23
56300 – Petrolina, PE

Comitê de Publicações:
Edson Lustosa de Possídio – Presidente
Eduardo Assis Menezes
Paulo César F. Lima
Luiz Maurício C. Salviano

Assessoria Técnica deste trabalho:
João Luiz Barbosa da Silva
Arnóbio Anselmo de Magalhães

Tiragem. 15.000 exemplares

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE.

Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais; dimensionamento, construção e manejo, por Aderaldo de Souza Silva e outros. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA/SUDENE, 1984.

1v. ilustr. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12).

Colaboração de: Everaldo Rocha Porto, Luiza Teixeira de Lima, Paulo César Farias Gomes.

1. Água-Captação-Consumo humano-Brasil-Região semi-árida. 2. Água-Conservação-Consumo humano-Brasil-Região semi-árida. 3. Cisterna-Construção-Brasil-Região semi-árida. I. Silva, Aderaldo de Souza II. Porto, Everaldo Rocha, colab. III. Lima, Luiza Teixeira de, colab. IV. Gomes, Paulo César Farias, colab. V. Título. VI. Série.

CDD. 333.9122

© EMBRAPA, 1984

APRESENTAÇÃO

Além dos problemas que enfrentam na atividade agropecuária, as populações rurais das regiões áridas e semi-áridas do mundo deparam-se também com outros problemas que colocam em xeque o seu bem-estar ou até mesmo afetam o frágil equilíbrio do seu sistema de vida.

A escassez e a má qualidade da água para o abastecimento familiar é um dos mais agudos desses problemas, dada a participação vital desse insumo nas atividades fisiológicas dos seres humanos.

No Nordeste do Brasil, este tem sido um problema secular e, apesar dos esforços institucionais para tentar reduzi-lo ou erradicá-lo, ele persiste numa dimensão tão grave que, certamente, a simples existência de tecnologia não será suficiente para debelá-lo.

Dada a situação de pobreza da população atingida, certamente a maior necessidade será "determinação política" para atacar em definitivo o problema na dimensão que a realidade está a exigir.

Considerando as elevadas perdas de água de chuva, na região Nordeste, por escoamento superficial, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) vem, com esta publicação, colocar à disposição dos governos Federal, Estadual e Municipal e dos órgãos de desenvolvimento um modelo alternativo de cisterna que capta a água que escoo sobre o solo no período chuvoso.

*Com este trabalho, **Captção e conservação de água de chuva para consumo humano CISTERNAS RURAIS: dimensionamento, construção e manejo**, o CPATSA espera estar contribuindo para o atendimento de um velho sonho das famílias rurais da região: a obtenção da autonomia da família no que corresponde à água potável para o seu sustento.*

RENIVAL ALVES DE SOUZA

Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido

LAÉRCIO VIEIRA DE MELO

Coordenador do Projeto Sertanejo

Captação e conservação de água de chuva
para consumo humano

CISTERNAS RURAIS

Dimensionamento, construção e manejo

Aderaldo de Souza Silva¹
Everaldo Rocha Porto¹
Luiza Teixeira de Lima²
Paulo César Farias Gomes³

RESUMO – Desde 1979, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) vem desenvolvendo e adaptando técnicas de captação e conservação de água de chuva para consumo humano, com o objetivo de oferecer alternativas para solucionar ou amenizar o problema de escassez ou falta de água potável nas zonas rurais do Semi-Árido brasileiro. A técnica de captação aproveita o escoamento superficial da água de chuva, que nesta região contribui para o desperdício de aproximadamente 36 bilhões de m³/ano. Neste trabalho, são apresentadas técnicas e métodos de dimensionamento, construção e manejo de cisternas rurais, que constitui uma das tecnologias mais simples, eficientes e duradouras para abastecimento de água no meio rural. São apresentados modelos tradicionais que captam água do telhado das casas, um modelo desenvolvido pelo CPATSA, que capta água no próprio solo, e seus respectivos custos para diferentes capacidades.

Termos para indexação: recursos hídricos, cisterna, captação de água, consumo humano, escoamento superficial, semi-árido.

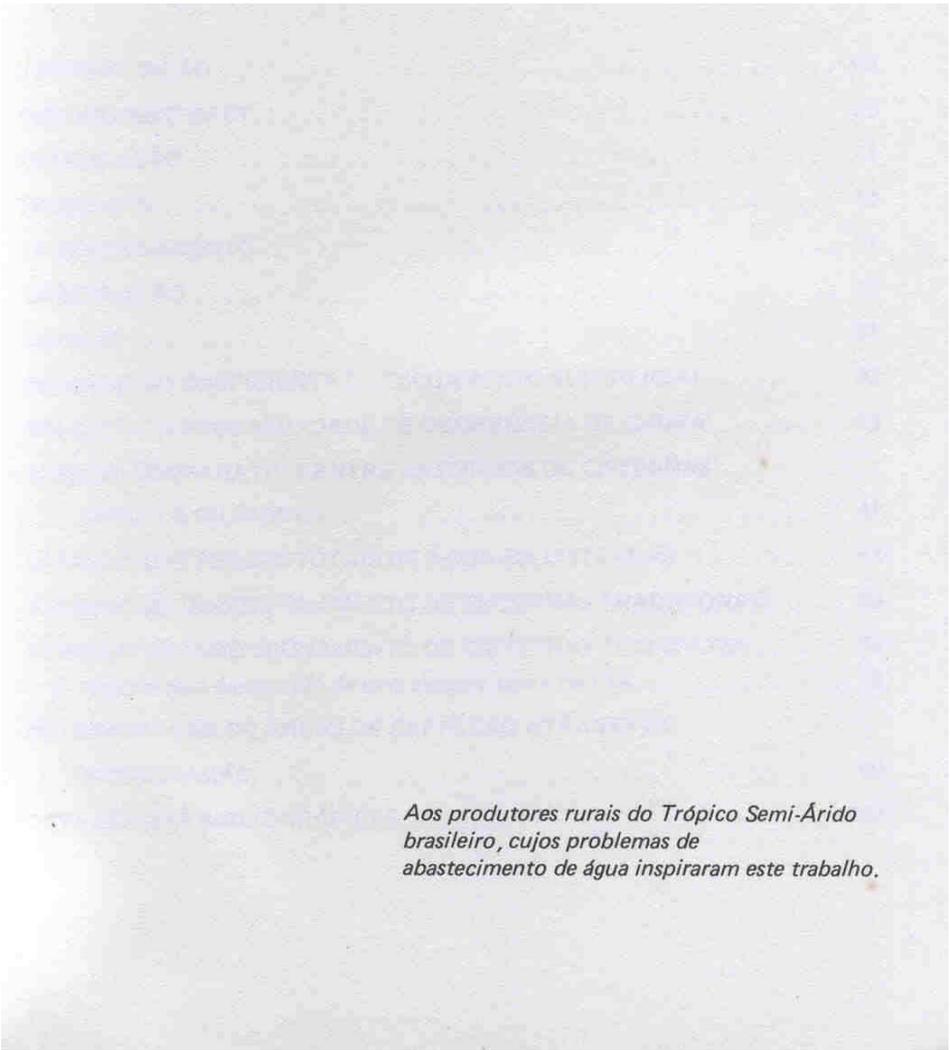
ABSTRACT – Since 1979, the Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) has been developing and adapting techniques on rainwater harvesting and storage for human consumption purpose. This work aims to identify alternatives to solve or alleviate the problem derived from potable water scarcity in the rural areas of the semi-arid region. The rural cistern, one of the techniques, is based on collection of runoff water. The runoff water losses today in that region, are estimated to be approximately 36 billions m³/year. This paper shows how these cisterns are designed, constructed and operated, providing with one of the simplest, most efficient and long lasting ways of potable water supply for small-farms. Conventional types of cistern based on water collection from house roofs and a new CPATSA type cistern which collects water from the ground surface are described. Costs for different sizes of both types are also presented.

Index terms: water resources, cistern, water collection, human consumption, runoff, semi-arid.

¹ Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesquisador em Manejo de Solo e Água, EMBRAPA-CPATSA.

² Eng^a Agrícola, pertencente ao convênio CNPq/EMBRAPA-CPATSA.

³ Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesquisador em Irrigação e Drenagem, EMBRAPA-CPATSA.



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	03
RESUMO/ABSTRACT	05
INTRODUÇÃO	11
DESCRIÇÃO	13
DIMENSIONAMENTO	17
CONSTRUÇÃO	22
MANEJO	31
CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	32
CÁLCULO DA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVA	33
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS FORMAS DE CISTERNAS	
CÚBICA E CILÍNDRICA	41
CÁLCULO DAS PERDAS TOTAIS DE ÁGUA EM CISTERNAS	43
EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE CISTERNAS TRADICIONAIS	50
EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE CISTERNAS TIPO CPATSA	68
• Material para construção de uma cisterna tipo CPATSA	79
DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE CAPTAÇÃO ATRAVÉS DE	
NOMOGRAMAS	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

Captação e conservação de água de chuva
para consumo humano

CISTERNAS RURAIS

Dimensionamento, construção e manejo

Aderaldo de Souza Silva¹
Everaldo Rocha Porto¹
Luíza Teixeira de Lima²
Paulo César Farias Gomes³

INTRODUÇÃO

As regiões áridas e semi-áridas correspondem a 55 por cento da parte terrestre do planeta com uma população de 628 milhões de pessoas. A escassez ou a falta de água potável para consumo humano é um dos principais problemas para a sobrevivência e melhoria da qualidade de vida de suas populações rurais.

Segundo SAUNDERS e WARFORD (1983), até 1970, em 91 países em desenvolvimento, apenas 68 por cento da população urbana e 14 por cento da rural tinham uma adequada disponibilidade de água potável.

No Brasil, o problema é mais intenso na região semi-árida no Nordeste, onde no meio rural encontram-se, geralmente, homens e animais partilhando a mesma fonte de água, comprometendo não só a qualidade da água para o consumo familiar como também agravando o problema da escassez, pela competição. Estima-se que nesta região mais de 20 milhões de pessoas, distribuídas em mil municípios, numa área equivalente a 115 milhões de hectares, são afetadas pela falta de água potável, principalmente durante as secas prolongadas.

O semi-árido brasileiro não apresenta períodos de baixas temperaturas, diferente da maioria das zonas semi-áridas do mundo, onde se registra até 0°C. Por este motivo, mesmo nos anos considerados normais quanto à distribuição das chuvas no tempo e no espaço, é característica desta região ocorrer 8 a 10 meses de escassez de água para o consumo humano, favorecida por altas temperaturas (médias anuais de 23 a 28°C) e por uma evaporação média potencial estimada em 2500 milímetros/ano.

¹ Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesquisador em Manejo de Solo e Água, EMBRAPA-CPATSA.

² Eng^o Agrícola, pertencente ao convênio CNPq/EMBRAPA-CPATSA.

³ Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesquisador em Irrigação e Drenagem, EMBRAPA-CPATSA.

A situação agrava-se porque de 1.500.000 estabelecimentos inferiores a 100 hectares, em torno de um milhão dispõe de reservas hídricas escassas ou não apresenta disponibilidade de água para consumo humano e animal.

Há milênios, diferentes povos — africanos, asiáticos, europeus, americanos — têm desenvolvido variadas técnicas de captação e armazenamento de água de chuva para o consumo familiar. Entre as alternativas em uso, uma das mais simples e eficientes é a cisterna.

No Brasil, a cisterna é conhecida como um tanque de alvenaria para armazenar a água de chuva que escoar dos telhados das casas e é canalizada através de calhas (Figura 1). Esse tipo de cisterna, bastante difundido na zona urbana da região, não é muito utilizado na zona rural.

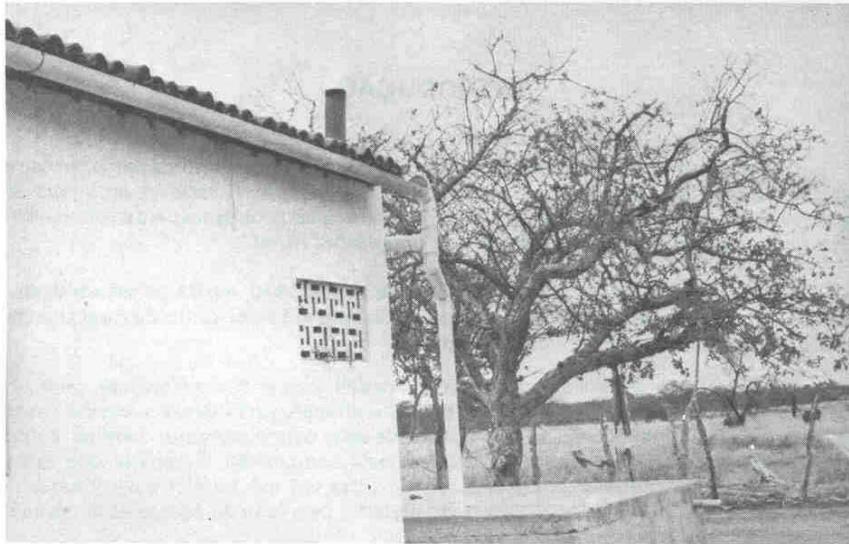


FIGURA 1. Cisterna tradicional de alvenaria.

Em suas pesquisas a nível de propriedades rurais, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) observou que a pequena área do telhado da maior parte das casas limita a eficiência da cisterna. Nem sempre é possível captar volume de água suficiente para o consumo total da família durante os meses sem chuva.

Sabe-se porém que, anualmente, no curto período chuvoso da região semi-árida, muitas chuvas são torrenciais. Isto provoca intenso escoamento superficial e o desperdício de mais de 36 bilhões de m^3 de água, que correm para os rios e destes para o mar.

Diante desse potencial, o CPATSA desenvolveu um sistema de captação e armazenamento de água de chuva que dispensa o telhado das casas como área de captação. No sistema, a área de captação é o próprio solo, onde a água escorre por gravidade para o tanque de armazenamento (Figura 2).

Neste trabalho apresenta-se a metodologia de dimensionamento, construção e manejo de cisternas rurais para o semi-árido brasileiro. A opção de construir um ou outro modelo de cisterna dependerá das peculiaridades de cada caso.

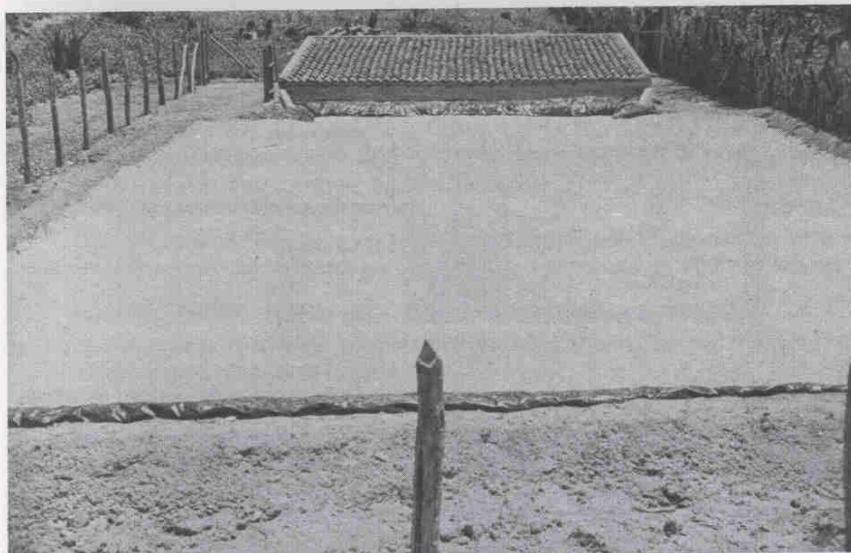


FIGURA 2. Cisterna modelo CPATSA.

DESCRIÇÃO

Uma cisterna é composta basicamente de três elementos: área de captação, sistema de filtragem e tanque de armazenamento.

Área de captação (Ac) – No modelo tradicional corresponde à cobertura das construções rurais, podendo ser de diferentes tipos de material como telhas, laje de concreto e outros (Figura 3).

No modelo CPATSA, a Ac é o próprio solo, que pode ser protegido com uma gramínea. Para aumentar a produção do escoamento superficial, o terreno pode ser revestido por um material impermeabilizante, como lona plástica, asfalto, argamassa e outros (Figura 4).

Ac - ÁREA DE CAPTAÇÃO
 Sc - SISTEMA CONDUCTOR DE ÁGUA
 Tc - TANQUE DE ARMAZENAMENTO OU CISTERNA

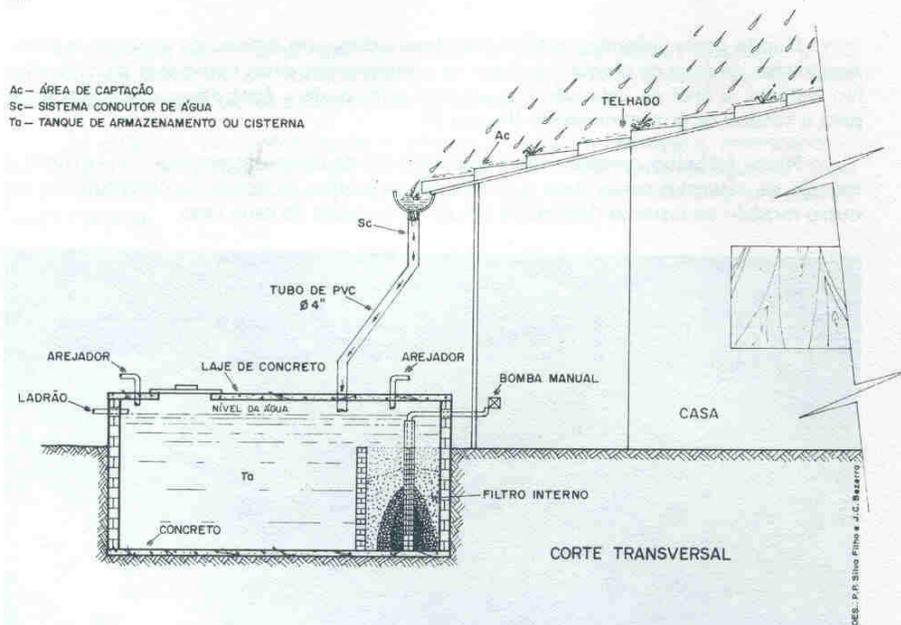


FIGURA 3. Modelo esquemático de uma cisterna de alvenaria com área de captação no telhado.

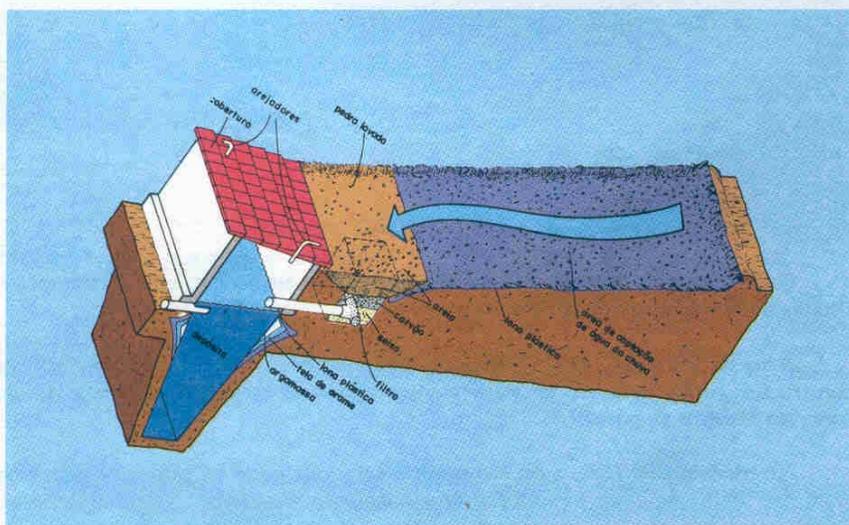


FIGURA 4. Modelo esquemático de uma cisterna modelo CPATSA com área de captação no próprio solo.

Sistema de filtragem – Para garantir a boa qualidade da água, as cisternas devem ser dotadas de filtros. Os filtros são compostos de camadas de pedra (brita ou seixo rolado), carvão vegetal, areia grossa e areia fina, superpostas nesta ordem, de baixo para cima.

No modelo tradicional é necessário apenas um filtro, instalado no interior do tanque de armazenamento (Figura 3).

No modelo CPATSA, além do filtro interno pode ser instalado um outro, na parte externa, entre a área de captação e o tanque de armazenamento, principalmente se a Ac não for revestida com material impermeabilizante. Isto porque a água captada no solo contém maior grau de impureza (Figura 4).

Tanque de armazenamento (Ta) – No modelo tradicional, é construído sobre o solo, semi-enterrado ou totalmente subterrâneo.

No modelo CPATSA, uma vez que a água é captada no solo, o tanque de armazenamento é sempre subterrâneo, para possibilitar a condução da água por gravidade.

Em ambos os modelos, o tanque pode ser de alvenaria e ter a forma cúbica ou cilíndrica. A forma cilíndrica proporciona maior economia de material e melhor distribuição do peso da coluna líquida.

Na construção do tanque a alvenaria pode ser substituída por outros materiais. Nesse sentido, o CPATSA testou o uso de lona plástica, tela de arame e argamassa de cimento e areia e sika (produto líquido, impermeabilizante).

Os testes, realizados em cisterna com a forma trapezoidal demonstraram ser necessário que as paredes laterais tenham uma declividade, para melhor fixação do material de revestimento. Além disso, a partir do nível do solo, deve ser construída uma pequena base da alvenaria que deverá servir de suporte à cobertura (Figura 4).

Condutores – No modelo tradicional corresponde às calhas ou bicas, instaladas nas laterais do telhado onde existe um tubo que recolhe a água dessas calhas, conduzindo-a para o tanque de armazenamento. Esses condutores podem ser de folhas de zinco, de tubo PVC, troncos de árvores e outros materiais.

No modelo CPATSA correspondem aos tubos de PVC ou manilhas que conduzem a água para o tanque de armazenamento.

Cobertura – As cisternas devem ser sempre cobertas para evitar a exposição à luz, sujeira e acidentes. A cobertura pode ser de laje, telha, madeira, folhas de zinco e outros materiais. No modelo CPATSA, deve ficar inclinada para a área de captação, para aumentar o volume de água captada.

Arejadores – A circulação de ar no interior do tanque de armazenamento é fator decisivo para manter a qualidade da água. Com essa finalidade devem ser instalados, na cobertura, dois “joelhos” de PVC ou de manilha, um na direção do vento e outro no sentido contrário (Figura 4).

Tampa – Deve ser localizada na cobertura, para possibilitar a limpeza anual da cisterna e a retirada diária da água, quando não for instalada uma bomba manual com esta finalidade. Quando existir a bomba manual, a tampa pode ser localizada lateralmente.

Bomba manual – A instalação de uma bomba manual traz algumas vantagens: facilita a retirada da água, que pode ser feita até por crianças; evita a abertura freqüente da tampa, preservando mais a qualidade da água e reduzindo o risco de acidentes e de contaminação da água (Figura 5).

Cano-ladrão do Ta – Toda cisterna deve ter um cano-ladrão à altura da linha máxima de água, para permitir o escoamento de excedentes eventuais.



FIGURA 5. Cisterna equipada com bomba manual.

DIMENSIONAMENTO

Consumo familiar – Para o dimensionamento da cisterna, considera-se água do consumo familiar aquela usada para beber, para cozer alimentos e para higiene do corpo, com exceção do banho. Nesse enfoque, estudos demonstraram que na zona rural uma pessoa consome, no mínimo, 14 litros de água por dia. Portanto, uma família de 10 pessoas consome pelo menos 140 litros de água por dia (Tabela 1).

TABELA 1. Volume total de água necessário para homens e animais, em diferentes períodos de utilização.

Descrição	Volume Total (litros)							
	Diário		240 dias		300 dias		Anual	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Homem	14	28	3.360	6.720	4.200	8.400	5.110	10.220
Bovino	53	83	12.720	19.920	15.900	24.900	19.345	30.295
Eqüino	41	68	9.840	16.320	12.300	20.400	14.965	24.820
Caprino	6	11	1.440	2.640	1.800	3.300	2.190	4.015
Ovino	6	11	1.440	2.640	1.800	3.300	2.190	4.015
Suíno	6	16	1.440	3.840	1.800	4.800	2.190	5.840
Ave (galinha)	0,20	0,38	48	91,2	60	114	73	138,7

Na região semi-árida do Nordeste do Brasil podem ocorrer até 10 meses (300 dias) sem chuvas. Assim, nesse período, uma família de 10 pessoas (140 litros/dia) necessita de pelo menos 42 mil litros de água, ou seja, um volume de água útil de 42 m³.

Numa cisterna ocorrem perdas eventuais de água e perdas por evaporação. Deve-se considerar como perdas eventuais em torno de 10% do volume útil necessário. As perdas por evaporação são calculadas em função do índice médio de evaporação da região.

Tanque de armazenamento – Conhecido o volume total a ser armazenado, o tanque de armazenamento é dimensionado de acordo com sua forma: cúbica, cilíndrica ou trapezoidal. Como exemplo, para cada uma dessas formas, são apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4, medidas do tanque de armazenamento, para cinco capacidades (20, 30, 50, 70 e 100 mil litros).

Área de captação – Definida a capacidade do tanque de armazenamento, calcula-se a área de captação. Para dimensioná-la, considera-se o volume total a ser armazenado, a precipitação média da região, a 50% de probabilidade, e o tipo da cobertura do terreno. Na ausência de informação sobre o valor da precipitação média a 50% de probabilidade, usa-se o valor da precipitação média anual, subtraindo-se 50 mm.

O dimensionamento da A_c é feito levando-se em conta que ela será delimitada por diques, que funcionam como divisores de água e definem a área de escoamento. A A_c deverá ter, no mínimo, 3% de declividade.

Como exemplo, são apresentadas na Tabela 5 dimensões das áreas de captação para tanques de armazenamento com diferentes capacidades (20, 30, 50, 70 e 100 m^3).

TABELA 2. Dimensões de cisternas tradicionais para diferentes capacidades – forma cúbica.

Capacidade (mil litros)	h = 1,5 m		h = 2,0 m		h = 2,5 m	
	Largura (m)	Comp. (m)	Largura (m)	Comp. (m)	Largura (m)	Comp. (m)
20	3,00	4,50	3,00	3,40	2,70	3,00
30	3,50	5,70	3,00	5,00	3,00	4,00
50	3,50	9,60	3,50	7,20	3,50	5,70
70	3,50	13,40	3,50	10,00	3,50	8,00
100	3,50	19,20	3,50	14,30	3,50	11,50

h = altura

TABELA 3. Dimensões de cisternas tradicionais para diferentes capacidades – forma cilíndrica.

Capacidade (mil litros)	h = 1,5 m	h = 2,0 m	h = 2,5 m
	Raio (m)	Raio (m)	Raio (m)
20	2,10	1,80	1,60
30	2,50	2,20	2,00
50	3,30	2,80	2,50
70	3,90	3,40	3,00
100	4,60	4,00	3,60

h = altura

TABELA 4. Dimensões de cisternas rurais para diferentes capacidades-forma trapezoidal.

Capacidade (mil litros)	h = 1,5 m		h = 2,0 m		h = 2,5 m	
	Base maior (m)	Base menor (m)	Base maior (m)	Base menor (m)	Base maior (m)	Base menor (m)
20	3,0 x 8,0	1,0 x 6,0	3,5 x 6,0	0,90 x 3,40	–	–
30	3,0 x 11,0	1,0 x 9,0	3,5 x 8,0	0,90 x 5,4	–	–
50	4,0 x 12,5	2,0 x 10,5	4,0 x 10,6	1,4 x 8,0	4,4 x 9,0	1,0 x 5,6
70	4,0 x 17,0	2,0 x 15,0	4,0 x 14,4	1,4 x 11,8	4,4 x 12,4	1,0 x 9,0
100	5,0 x 17,8	3,0 x 15,8	5,0 x 14,8	2,4 x 12,2	5,0 x 14,0	1,6 x 10,6

h = altura

T = 1,5: 1 (talude)

TABELA 5. Áreas de captação com coberturas de telhas de barro (a), lona plástica + seixo rolado (b) e gramínea (c), para diferentes capacidades.

Precipitação média anual (mm)	Tipo de cobertura	Área de captação = A_c (m^2)				
		20 m^3	30 m^3	50 m^3	70 m^3	100 m^3
300	a	89,0	134,0	223,0	311,0	445,0
	b	96,0	143,0	238,0	334,0	477,0
	c	445,0	667,0	1.111,0	1.556,0	2.223,0
350	a	77,0	115,0	191,0	267,0	381,0
	b	82,0	123,0	204,0	286,0	409,0
	c	381,0	572,0	953,0	1.334,0	1.905,0
400	a	67,0	100,0	167,0	234,0	334,0
	b	72,0	107,0	179,0	250,0	357,0
	c	334,0	500,0	834,0	1.167,0	1.667,0
450	a	59,0	89,0	148,0	208,0	296,0
	b	64,0	95,0	159,0	222,0	318,0
	c	296,0	445,0	741,0	1.037,0	1.482,0
500	a	54,0	80,0	134,0	187,0	267,0
	b	57,0	86,0	143,0	200,0	286,0
	c	267,0	400,0	667,0	934,0	1.334,0
550	a	49,0	73,0	121,0	170,0	243,0
	b	52,0	78,0	130,0	182,0	260,0
	c	243,0	364,0	606,0	849,0	1.212,0
600	a	45,0	67,0	112,0	156,0	223,0
	b	48,0	72,0	119,0	167,0	238,0
	c	223,0	334,0	556,0	778,0	1.112,0
650	a	41,0	62,0	103,0	144,0	205,0
	b	44,0	66,0	110,0	154,0	220,0
	c	205,0	308,0	513,0	718,0	1.026,0
700	a	38,0	57,0	95,0	134,0	191,0
	b	41,0	61,0	102,0	143,0	204,0
	c	191,0	286,0	476,0	667,0	953,0
750	a	36,0	54,0	89,0	125,0	178,0
	b	38,0	57,0	95,0	134,0	191,0
	c	178,0	267,0	445,0	622,0	899,0

(continua)

continuação da Tabela 5

Precipitação média anual (mm)	Tipo de cobertura	Área de captação = Ac (m ²)				
		20 m ³	30 m ³	50 m ³	70 m ³	100 m ³
800	a	34,0	50,0	84,0	117,0	167,0
	b	36,0	54,0	89,0	125,0	176,0
	c	167,0	250,0	417,0	584,0	834,0
850	a	32,0	47,0	79,0	110,0	157,0
	b	34,0	51,0	84,0	118,0	168,0
	c	157,0	235,0	392,0	549,0	784,0
900	a	30,0	45,0	74,0	104,0	148,0
	b	32,0	48,0	80,0	111,0	159,0
	c	148,0	222,0	371,0	519,0	741,0
950	a	28,0	42,0	70,0	98,0	141,0
	b	30,0	45,0	75,0	105,0	151,0
	c	141,0	211,0	351,0	491,0	702,0
1.000	a	27,0	40,0	67,0	94,0	134,0
	b	29,0	43,0	72,0	100,0	143,0
	c	134,0	200,0	334,0	467,0	667,0
1.050	a	25,0	38,0	64,0	89,0	127,0
	b	27,0	41,0	68,0	95,0	136,0
	c	127,0	191,0	318,0	445,0	635,0
1.100	a	24,0	37,0	61,0	85,0	121,0
	b	26,0	39,0	65,0	91,0	130,0
	c	121,0	182,0	303,0	424,0	606,0
1.150	a	23,0	35,0	58,0	81,0	116,0
	b	25,0	37,0	62,0	87,0	124,0
	c	116,0	174,0	290,0	406,0	580,0
1.200	a	22,0	33,0	56,0	78,0	112,0
	b	24,0	36,0	60,0	84,0	119,0
	c	111,0	167,0	278,0	389,0	556,0
1.250	a	21,0	32,0	54,0	75,0	107,0
	b	23,0	34,0	57,0	80,0	114,0
	c	107,0	160,0	267,0	374,0	534,0

CONSTRUÇÃO

Escolha do local — O local ideal para construir uma cisterna deve estar, pelo menos, a 15 m de distância de latrinas, currais, fossas, estábulos, depósitos de lixo, matadouros etc, para reduzir os perigos de contaminação da água armazenada.

Os solos muito pedregosos dificultam a escavação do tanque de armazenamento. Por isso, deve-se fazer uma inspeção da área antes de definir o local. A inspeção é feita fincando-se uma barra de ferro ou um trado no solo, para verificar se a profundidade desejada pode ser alcançada facilmente ou se a camada rochosa está muito próxima da superfície.

Os solos muito pedregosos, todavia, não representam problema para a locação da Ac, quer ela seja descoberta, quer seja coberta com gramínea ou lona plástica.

O terreno plano não constitui fator limitante para a localização da cisterna. Isto porque a declividade mínima de 3% na Ac pode ser conseguida utilizando-se o material proveniente da escavação do Ta.

Preparo da área — Caso seja necessário o desmatamento, esta operação deve ser seguida do arranquio de raízes e da raspagem do solo.

Demarcação — No modelo CPATSA, preparado o local, devem-se colocar piquetes para delimitar a Ac e o Ta (tanto a base maior quanto a base menor), obedecendo as dimensões pré-estabelecidas. De preferência, devem-se interligar os piquetes através de cordões (Figura 6A).

Escavação do Ta — Em primeiro lugar, escava-se o terreno delimitado como base menor do Ta. O corte do terreno deve ser vertical, de modo que as dimensões dessa base sejam mantidas até a profundidade desejada (Figuras 6B e 7A). Qualquer alteração dessas medidas altera, também, a capacidade de armazenamento do tanque.

Em seguida, são feitas escavações laterais no interior do Ta, até se conseguir a abertura total da base maior. As escavações devem ser de tal forma que se obtenha a declividade estabelecida para as paredes do tanque. Esta declividade deve formar uma superfície plana entre as bases maior e menor do Ta (Figuras 6C e 7B).

Reboco — Após a escavação, deve-se uniformizar (rebocar) as paredes do tanque, antes de colocar a lona plástica. Isto evita que pontas de pedra, ondulações ou depressões na parede danifiquem a lona ou comprometam sua correta fixação. O reboco é feito com uma mistura de barro e água (Figura 8).

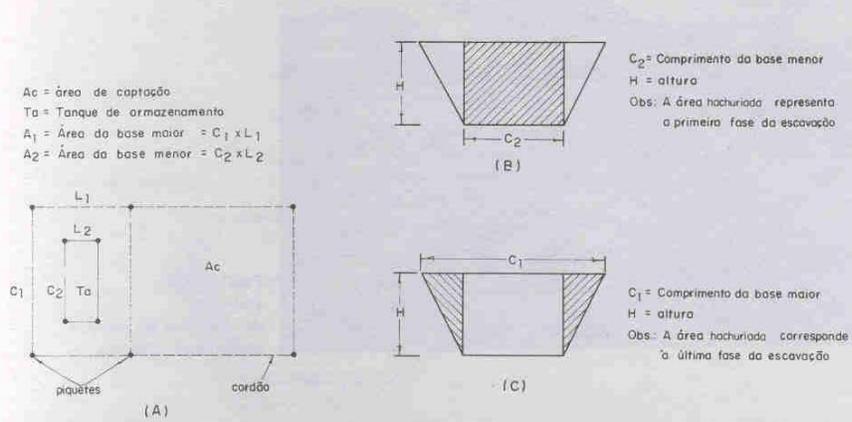


FIGURA 6. Demarcação da área de captação (A) das áreas das bases maior e menor (A) e da escavação do tanque de armazenamento (B) e (C).



FIGURA 7 A.
Escavação do tanque de armazenamento (base menor).

FIGURA 7 B.
Escavação do tanque de armazenamento (base maior).





FIGURA 8.
Reboco
das paredes do tanque
de armazenamento.

Valeta de fixação – Deve-se abrir uma valeta em torno do Ta, para fixação das extremidades da lona plástica e da tela de arame. A valeta deve ser aberta a 0,4 m das extremidades da base maior do Ta (Figura 9).

Colocação da lona – A lona plástica deve ser colocada no sentido longitudinal (comprimento). À medida que se desenrola o plástico, colocam-se tijolos ou outros pesos, na bordadura e no piso do tanque, para prender a lona. Esta deve ficar um pouco folgada (Figura 10).

Colocação da tela – A tela de arame tem a finalidade de permitir a aderência da argamassa de cimento e areia à lona plástica. Deve ser colocada no sentido da largura do tanque. Coloca-se uma das extremidades na valeta de fixação e estende-se a tela, primeiro sobre uma das paredes, seguindo-se depois o piso e a parede oposta (Figuras 11A e 11B).

Feito isto, corta-se a tela e repete-se a operação, até recobrir todo o tanque, de maneira que suas laterais fiquem superpostas cerca de 3 cm, pelo menos. As telas são emendadas através de fios de arame, devendo-se evitar que as pontas destes fiquem expostas no interior do tanque e perfurem a lona.

Piso de concreto – Colocadas a lona e a tela, forma-se um piso de concreto, com 5 cm de espessura. Esta laje, que deve ficar bem nivelada, serve para suportar o peso da água sem comprometer a estrutura do tanque. É feita com cimento, areia de textura média ou grossa e brita ou seixo rolado, na proporção (traço) 1:3:5, respectivamente (Figura 12).

As demais etapas de construção do tanque só devem ser iniciadas após a “cura” da laje, o que ocorre em pelo menos 24 horas. Durante esse intervalo, a laje deve ser molhada algumas vezes, para garantir uma boa cura e reduzir o risco de rachaduras.

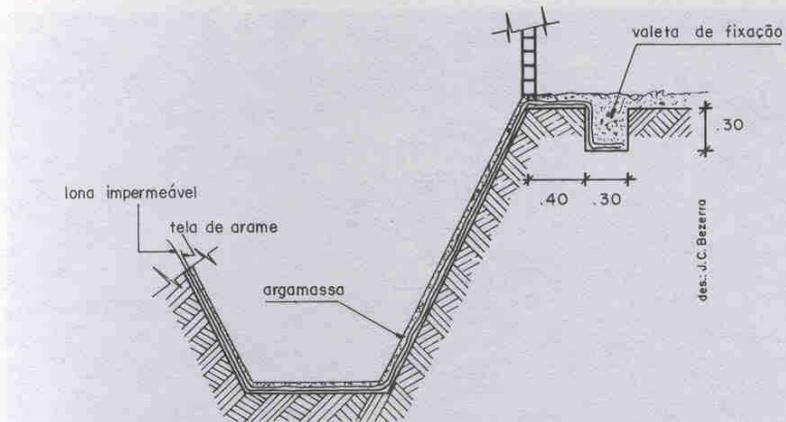


FIGURA 9. Detalhe da valeta de fixação da lona impermeável e tela de arame.



FIGURA 10.
Colocação
da lona
plástica.



FIGURA 11 A. Colocação da tela de arame.



FIGURA 11 B. Ajuste da lona e da tela.



FIGURA 12. Formação do piso de concreto.

Ajuste da lona e da tela – Quando o piso de concreto atingir o ponto de cura, procede-se ao ajuste da tela. Isto é feito puxando-se apenas as extremidades da tela, enquanto a lona deve permanecer folgada nas paredes. As extremidades da tela e da lona são imediatamente introduzidas na valeta de fixação, que deve ser fechada com o próprio material escavado, umedecido e compactado.

Revestimento com argamassa – Para aumentar a durabilidade da lona e reduzir os riscos de perdas de água por infiltração, devido a eventuais vazamentos, deve-se revestir o tanque também com uma camada de argamassa (cimento + areia, na proporção de 1:4), com espessura em torno de 1,5 cm. Esta etapa deve ser começada e concluída no mesmo dia (Figura 13).

Para aumentar o efeito impermeabilizante da parede, faz-se uma aplicação de sika – 2, cimento e água, na proporção de 1:1:3, respectivamente. Esta aplicação deverá ser realizada antes que a argamassa do revestimento atinja a cura total. É necessário, também, molhar as paredes laterais do tanque uma vez por dia ou, se possível colocar água até pelo menos 1/4 de sua capacidade, logo que esteja concluída, para evitar eventuais rachaduras.

Áreas de captação – A declividade da área de captação deve ser de, no mínimo, 3%. Caso o terreno não tenha declividade, esta é obtida distribuindo-se, uniformemente, o material escavado do tanque de armazenamento.

Todas as partes da Ac devem convergir para o filtro externo, a fim de evitar a formação de poças de água, principalmente junto à parede do Ta.

Após preparada a Ac, faz-se a cobertura com a lona plástica. A lona deve cobrir, também, os diques divisores de água e ser presa em suas extremidades. Caso seja necessária alguma emenda, basta superpor uma lona à outra, de forma que esta superposição abranja no mínimo um metro, observando-se o sentido da declividade para evitar infiltrações de água.

Para proteger a lona dos raios solares e, conseqüentemente, dar-lhe maior durabilidade, deve-se cobri-la com brita ou seixo rolado.

Filtro externo - Entre a área de captação e o tanque de armazenamento é construído um filtro medindo 3 x 1 x 0,40 m. O maior comprimento do filtro fica paralelo à parede lateral do tanque. O filtro é escavado a partir de 1 metro da parede do tanque e, quando de sua escavação, abre-se uma valeta que vai da parede do filtro até a parede do tanque, permitindo o assentamento do tubo condutor (Figura 14).



FIGURA 13. Revestimento com argamassa.



FIGURA 14. Localização do filtro externo.

O caixão do filtro deve ser revestido com lona plástica. Esta pode ser uma extensão da lona que reveste a área de captação ou da que reveste a parede do tanque. Durante o revestimento do caixão do filtro, a parte da lona que está sobre a valeta deve ser pressionada até o fundo para permitir que o tubo condutor seja assentado sobre ela, ao invés de perfurá-la, o que evitará perdas de água.

O material filtrante deve ser disposto em camadas horizontais de 10 cm cada, na seguinte ordem: brita ou seixo rolado, carvão vegetal, areia grossa e areia fina. A primeira camada, brita ou seixo rolado deve ser colocada, inicialmente, até 5 cm. Sobre ela são colocados, no sentido do comprimento do filtro, dois tubos de PVC, com 4 polegadas, conectados por um "T". Os dois tubos, medindo cerca de 1,20 m cada, devem ser previamente perfurados para permitir a penetração da água filtrada. Na parte central do "T", voltada para o tanque, deve ser conectado um terceiro tubo de 4 polegadas, não perfurado, medindo 1,5m que conduzirá a água filtrada para o interior do tanque (Figura 15).

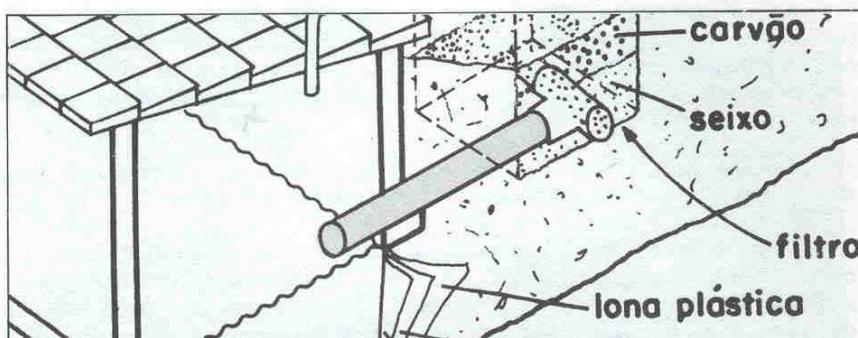


FIGURA 15. Tubo condutor da água filtrada para o interior do tanque.

Filtro interno — A partir do piso, a uma distância de 1 m de uma das paredes laterais menores, constrói-se uma parede de tijolo, sem reboco, até 1 m de altura. Até uma altura de 0,50 m, os tijolos devem ser superpostos, de forma intercalada, rejuntados apenas nas extremidades para permitir a passagem (fluxo) da água em direção ao material filtrante (Figura 16).

No centro da área limitada por três paredes laterais do filtro e pela parede interna do Ta, coloca-se um tubo de PVC, na posição vertical, que vai até à altura do solo. A extremidade inferior do tubo deve ser previamente perfurada (perfurações com diâmetro de 3/4"), até uma altura de 0,50 m para permitir a passagem da água filtrada. O diâmetro do tubo, 4, 6 ou 8 polegadas, varia em função da bomba manual que será usada. A tubulação de sucção da bomba deve penetrar no tubo até uma profundidade de 10 cm acima do nível do piso (Figura 16) Este tubo de PVC pode ser substituído por um pequeno reservatório de alvenaria.

Em volta da base do tubo, o material filtrante deve ser colocado em camadas superpostas na seguinte ordem: brita ou seixo rolado, carvão vegetal, areia grossa e areia fina. Cada camada, de no mínimo 10 cm de espessura, deve ser disposta de forma cônica para permitir que a água oriunda de qualquer direção passe pelo processo integral de filtragem. A última camada, de areia fina, deve ocupar todo o espaço restante do caixão do tanque de filtragem.

Parede externa — (Base da cobertura) — Ao nível do solo, sobre a extremidade superior das paredes laterais, constrói-se uma sapata (com tijolo de duas vezes) circundando todo o tanque de armazenamento. Sobre esta sapata, levanta-se uma parede (com tijolo de uma vez) que irá suportar a cobertura (Figura 17). Para que a cobertura funcione também como área de captação, é necessária uma declividade voltada em direção ao filtro externo. Para isso, a parede do lado do filtro externo deve ter uma altura em torno de 0,60 m e a do lado oposto em torno de 0,80 m.

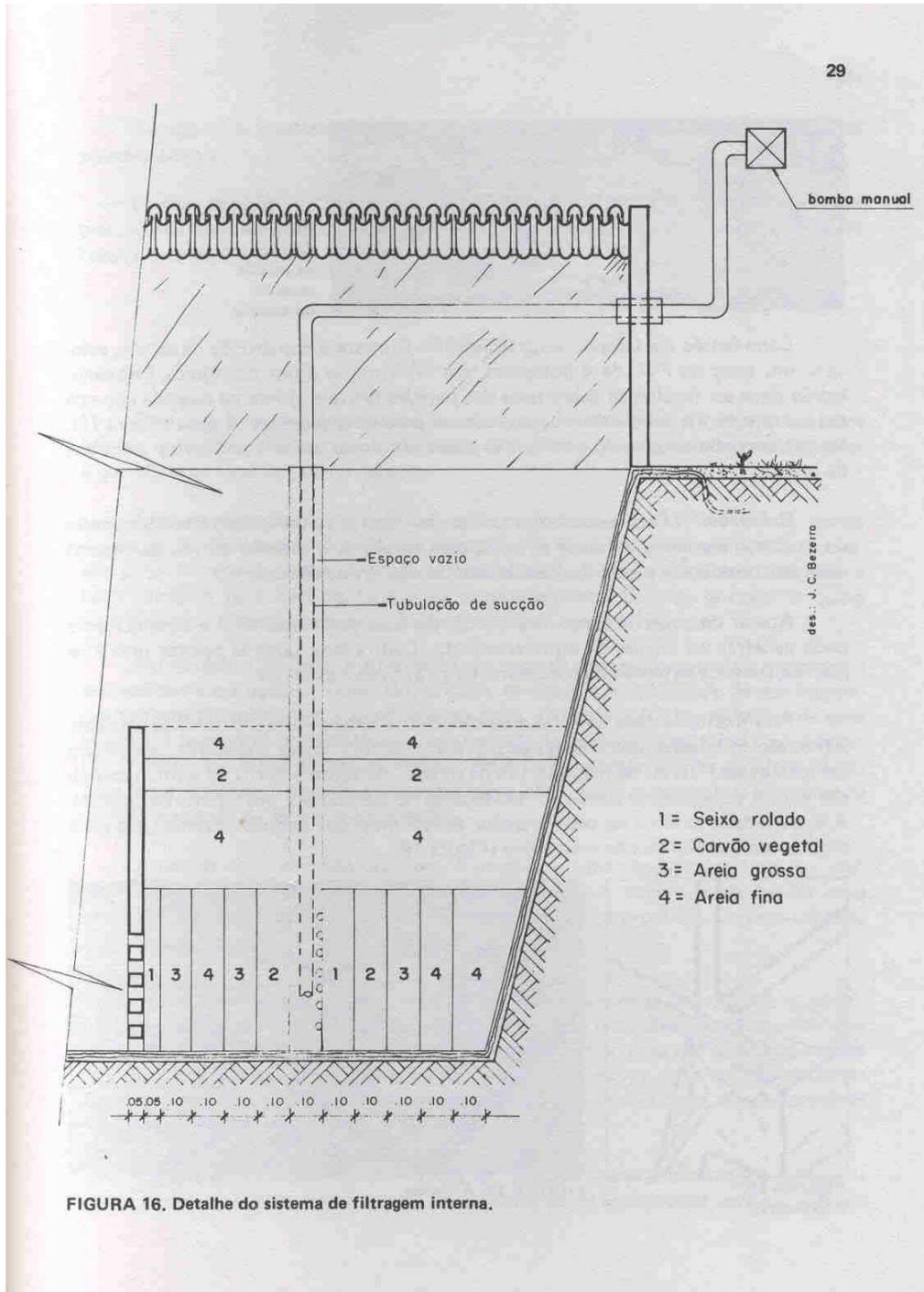


FIGURA 16. Detalhe do sistema de filtragem interna.



FIGURA 17.
Sapata
da parede
externa
do tanque.

Cano-ladrão do tanque (sangradouro) — Durante a construção da sapata, coloca-se um cano de PVC de 4 polegadas, em substituição a um dos tijolos. Este cano-ladrão deve ser localizado sobre uma das paredes laterais, diferente daquela que está em contato com o filtro externo, para escoamento de excedentes de água (Figura 18). Na extremidade externa do cano-ladrão, deve-se colocar um ralo para evitar a entrada de insetos.

Cobertura — Para a cobertura podem ser usados caibros, ripas e telhas comuns ou outros materiais, conforme as condições locais. A dimensão do vão da cisterna deve ser considerada para a decisão de usar ou não linhas de suporte.

Apesar da cobertura, ocorrem perdas de água por evaporação e alguma sujeira pode penetrar no tanque de armazenamento. Contra isto, pode-se colocar uma lona plástica em toda extensão da cobertura, entre as ripas e as telhas.

Para manter a água com taxa de oxigênio e temperatura satisfatórias para consumo, são instalados dois arejadores sobre a cobertura. Estes arejadores, que podem ser joelhos de PVC ou de manilha, um na direção do vento e outro no sentido contrário, com 4 polegadas de diâmetro, são fixados no telhado por um rejunte de cimento. A extremidade externa de cada arejador deve conter um tampão protetor, que pode ser um ralo ou uma tela de malha fina (Figura 19).

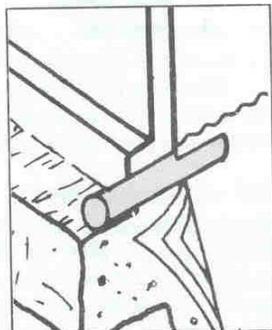


FIGURA 18.
Cano-ladrão.

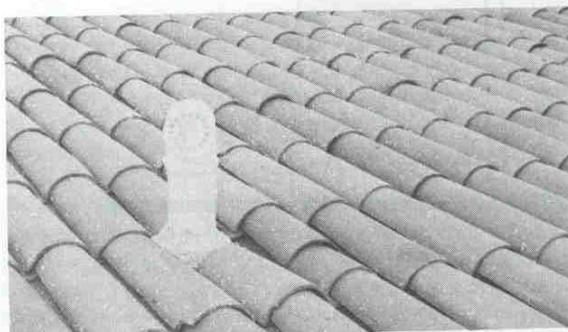


FIGURA 19. Arejador.

Tampa – A localização desta pode ser tanto na cobertura como em uma das paredes laterais.

Bomba manual – Quando a cisterna tiver um sistema de filtragem interno, essa bomba deve ser instalada de maneira que sua tubulação de sucção penetre no reservatório do filtro.

MANEJO

Para um bom funcionamento, as cisternas rurais requerem alguns cuidados básicos, que podem aumentar a eficiência do sistema, sua durabilidade e conservar a qualidade da água por maior tempo.

Área de captação – No início de cada período chuvoso as primeiras águas não devem ser utilizadas para o consumo humano. No modelo tradicional devem ser usadas para limpeza do telhado, onde se acumulam impurezas. Para isto, desvia-se o tubo condutor para fora do tanque de armazenamento. Quando se observar que a água já escorre limpa, coloca-se novamente o tubo na posição normal.

No modelo CPATSA, a Ac precisa ser cercada para evitar estragos, provocados por animais e/ou pessoas. Com isso, evita-se, também, a possibilidade de que impurezas venham comprometer a qualidade da água. Quando a Ac for revestida de lona plástica, é necessário protegê-la com uma camada de brita ou seixo rolado, para evitar que a incidência direta dos raios solares venha comprometer sua durabilidade. Neste caso, deve-se evitar o trânsito de pessoas sobre a Ac, o que provocaria o rompimento da lona e a perda de água por infiltração.

Antes de cada período chuvoso, é necessária uma limpeza geral na Ac, retirando o material (impureza) mais grosseiro. Quando a cobertura da Ac for uma gramínea, a limpeza deve incluir um roço para facilitar a produção do escoamento superficial.

Condutores – Na cisterna tradicional, deve-se verificar anualmente as condições das calhas, para identificar vazamentos ou outros problemas que provocam desperdício de água. No modelo CPATSA, deve-se conferir logo nas primeiras chuvas se a água escorre normalmente pelos tubos que conduzem a água do filtro externo para o interior do tanque. Caso seja observada alguma anormalidade, deve-se procurar a orientação de um pedreiro ou de um técnico.

Tanque de armazenamento – Deve ser mantido sempre coberto e a tampa ou janela permanecer bem travada, para evitar a criação de algas (lodo) devido a entrada

da luz, entrada e acúmulo de sujeira, acidentes com pessoas e animais e para reduzir a evaporação.

Deve-se lavar o tanque anualmente. Para isso, pode-se usar a sobra de água do período anterior ou a água das primeiras chuvas.

CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Coefficiente de escoamento superficial (C) — é a relação que existe entre o volume escoado e o volume precipitado, cujos valores variam entre 0 e 1, e é dado por:

$$C = \frac{\text{Volume escoado}}{\text{Volume precipitado}}$$

Como o coeficiente C não é um fator constante com o tempo e, sim, variável de acordo com a intensidade da chuva e as condições físicas da área de captação (Ac), seu valor é aproximado. Por outro lado, um pequeno erro em sua estimativa tem grande repercussão na dedução do escoamento superficial a ser produzido em uma determinada Área de captação (Ac), o que não ocorre com uma pequena defasagem na estimativa da precipitação média ou no volume de água desejado.

Exemplo:

Fator	Valor Estimativo	Valor Real	Erro
Precipitação média (Pm)	375 mm	400 mm	- 6,25%
Volume desejado (Vt)	180 m ³	200 m ³	- 10,0 %
Coefficiente de escoamento (C)	0,10	0,15	+ 50,0 %

Utilizando-se os valores estimados anteriormente, necessita-se de uma área de captação de 4.800 m², para que uma cisterna armazene 180 m³ de água anualmente ($Ac = Vt / C \times Pm$). Em compensação, usando-se os valores reais, necessita-se de uma Ac de apenas 3.333,3 m², diferença bastante significativa com relação aos valores estimados, com a condição de se obter um volume de água superior ao valor estimado. Demonstra-se assim, a importância de uma adequada seleção no coeficiente de escoamento (C).

Na Tabela 6, relacionam-se os principais coeficientes de escoamento superficial, de acordo com as características do material de cobertura da área de captação (Ac) para o Trópico Semi-Árido brasileiro.

O coeficiente C, apresentado na Tabela 6, depende de vários fatores, tais como: topografia, cobertura vegetal, comprimento da Ac, textura e profundidade do solo, teor de matéria orgânica, grau de compactação do solo, teor de umidade do solo, intensidade e freqüência com que se apresentam as chuvas. Por este motivo, estão sendo apresentados valores médios para o C.

TABELA 6. Valores médios do coeficiente superficial (c) de acordo com as características do material usado na cobertura da área de captação (Ac), para o TSA brasileiro, CPATSA – 1983.

Materiais e tipos de cobertura da Ac	C (Médio)
Ac – cobertura de polietileno	0,90
Ac – cobertura de argamassa de cimento e areia	0,88
Ac – cobertura com asfalto	0,88
Ac – cobertura com telha de barro	0,75
Ac – cobertura com lona impermeabilizante + seixo rolado	0,70
Ac – solo de textura fina raspado com lâmina	0,50
Ac – solo de textura média raspado com lâmina	0,40
Ac – solo de textura fina em “pousio”	0,24
Ac – solo de textura grossa	0,20
Ac – cobertura com capim buffel usando drenos coletores	0,15
Ac – cobertura com capim buffel	0,07
Ac – solo coberto com uma camada de seixos pequenos	0,02

CÁLCULO DA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVA

Para se dimensionar adequadamente um sistema de captação de água de chuva é importante conhecer, com um certo grau de confiabilidade, o volume de água no próximo ciclo de chuvas, e assim partir para o seu dimensionamento, de acordo com as necessidades. Na falta de informações deste valor poderá ser considerado o da precipitação média anual da região. Entretanto, para se ter maior segurança, e isto é possível, é necessário que se conheça a probabilidade de ocorrência da chuva esperada.

Segundo ANAYA G., M. et al. (1977), para calcular a precipitação média da região a uma predeterminada probabilidade de ocorrência, consideram-se os valores das precipitações obtidos em uma estação pluviométrica da região, durante uma série

de anos de registro diário, mensal ou anual, colocando-os em ordem decrescente, determinando-se a probabilidade de ocorrência pela fórmula:

$$P = \frac{N}{n + 1} \times 100$$

Sendo: P – a probabilidade de ocorrência %

N – o número de ordem

n – o número total de anos observados

Na elaboração da Tabela 7, primeiro agrupam-se valores das precipitações observadas em ordem decrescente, com o seu respectivo ano de ocorrência; ordenam-se estes valores e finalmente aplica-se a fórmula da probabilidade.

A Tabela 7 apresenta os totais anuais da precipitação em milímetros para o município de Petrolina, PE, no período de 1912 a 1978, e suas respectivas probabilidades de ocorrência, determinadas pela fórmula exposta anteriormente.

A precipitação média anual esperada com 50% de probabilidade para a região de Petrolina, PE, é de 385,5 mm, isto é, em cada dois anos, um terá precipitação igual ou maior a 385,5 mm. Pode-se concluir, com este exemplo, que quanto menor a chuva esperada maior é a probabilidade de que ocorra **pelo menos** esse volume estimado, e vice-versa.

TABELA 7. Totais anuais da precipitação (mm), em Petrolina, PE, no período de 1912 a 1978 – Probabilidade de ocorrência.

Lat. – 09° 23'

Long. – 40° 30'

Alt. – 376 m

Nº Ordem	Ano	Precipitação Ordenada (mm)	Probabilidade de Ocorrência ¹ %	Observação
1	1964	1009,7	1,47	
2	1924	846,4	2,94	
3	1967	771,5	4,44	
4	1974	729,1	5,88	
5	1947	703,9	7,35	
6	1926	698,8	8,82	
7	1960	680,0	10,29	
8	1921	679,4	11,76	
9	1977	670,4	13,23	

(continua)

continuação da Tabela 7

Nº Ordem	Ano	Precipitação Ordenada (mm)	Probabilidade de Ocorrência ¹ %	Observação
10	1978	654,7	14,70	
11	1973	652,5	16,18	
12	1957	586,7	17,65	
13	1940	578,4	19,12	
14	1972	565,8	10,59	
15	1971	557,2	22,06	
16	1975	520,4	23,53	
17	1969	513,8	25,00	
18	1920	506,4	26,47	
19	1976	499,4	27,94	
20	1925	491,3	29,41	
21	1922	489,2	30,88	
22	1966	485,0	32,35	
23	1923	484,2	33,82	
24	1927	466,7	35,29	
25	1913	460,4	36,76	
26	1912	458,8	38,23	
27	1937	457,9	39,70	
28	1965	418,4	41,18	Precipitação média = 423,8 mm
29	1917	395,2	42,65	
30	1942	394,5	44,12	
31	1936	391,7	45,59	
32	1935	391,7	47,06	
33	1970	391,4	48,53	
34	1954	385,5	50,00	Precipitação a 50% de probabilidade.
35	1934	379,5	51,47	
36	1929	372,7	52,94	
37	1930	368,8	54,41	
38	1945	364,2	55,88	
39	1968	362,8	57,35	
40	1949	355,0	58,82	
41	1941	349,3	60,29	
42	1938	347,5	61,79	
43	1944	341,7	63,23	
44	1953	340,0	64,70	
45	1956	318,1	66,17	
46	1962	316,6	67,65	
47	1918	313,2	69,11	
48	1948	306,9	70,59	
49	1916	304,1	72,06	
50	1963	293,8	73,53	
51	1946	293,3	75,00	Precipitação a 75% de probabilidade
52	1939	292,8	76,47	
53	1955	283,2	77,94	
54	1928	280,4	79,41	
55	1952	269,0	80,88	

(continua)

continuação da Tabela 7

Nº Ordem	Ano	Precipitação Ordenada (mm)	Probabilidade de Ocorrência ¹ %	Observação
56	1931	246,2	82,35	
57	1950	244,6	83,82	
58	1933	239,1	85,29	
59	1959	234,0	86,76	
60	1919	226,8	88,23	
61	1961	226,8	89,70	
62	1958	218,0	91,12	
63	1943	201,0	92,65	
64	1914	199,9	94,12	
65	1915	194,1	95,59	
66	1951	174,0	97,06	
67	1932	151,7	98,53	
X = 423,8mm				Precipitação média

¹ Probabilidade = (Nº de ordem / (Nº total de anos + 1)) x 100

Com o procedimento citado, e com base no grau de precisão desejado, pode-se estimar o volume de chuva para um próximo ciclo, tornando-se possível determinar o escoamento médio esperado para certos sistemas de armazenamento de água, como cisternas ou barreiros.

Na Figura 20 encontram-se os valores totais anuais da precipitação, a precipitação média e a precipitação a 50% de probabilidade, para efeitos comparativos.

Analisando a Tabela 7 e a Figura 20, pode-se observar que a precipitação média para a região exemplificada é de 423,8 mm, correspondendo a uma probabilidade de 40,97%. Como citado anteriormente, aumentando-se a probabilidade aumenta-se conseqüentemente a certeza de que o evento ocorra. Por este motivo é que no dimensionamento da Ac da cisterna não se considera a precipitação média anual, mas a que corresponde a 50% de probabilidade, permitindo assim, ao longo do tempo, uma maior segurança na quantidade de água a ser armazenada na cisterna, uma vez que, a 50% de probabilidade, tem-se um número bem maior de anos com precipitações iguais ou superiores a 385,5 mm.

Para dimensionar sistemas de captação de água de chuva, pode-se considerar o valor da precipitação média anual da região menos 50 mm, caso não existam dados de precipitação a 50% de probabilidade de ocorrência.

A Tabela 8 apresenta os dados de precipitação (mm) a 50% de probabilidade de ocorrência de alguns municípios do Nordeste, segundo HARGREAVES (1973).

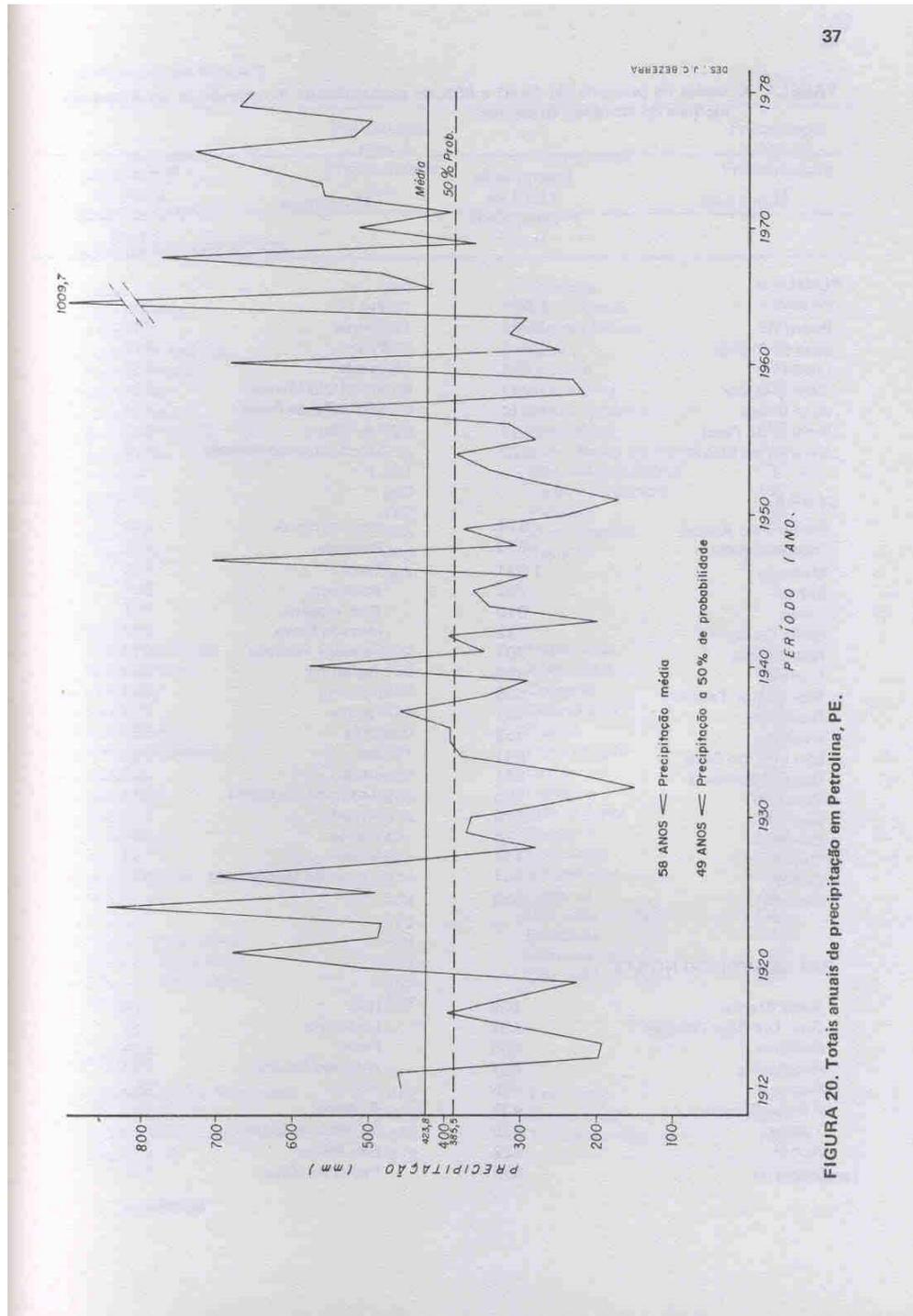


FIGURA 20. Totais anuais de precipitação em Petrolina, PE.

TABELA 8. Dados de precipitação (mm) a 50% de probabilidade de ocorrência, de alguns municípios do Nordeste Brasileiro.

Municípios	Precipitação a 50% de Probabilidade (mm)	Municípios	Precipitação a 50% de Probabilidade (mm)
PIAUI			
. Piripiri	1.594	. Pio IX	605
. Pedro II	1.054	. Oeiras	837
. José de Freitas	1.446	. Picos	658
. União	1.474	. Jaicós	650
. Campo Maior	1.247	. Simplicio Mendes	681
. Alto Longa	1.310	. São João do Piauí	637
. Castelo do Piauí	992	. Paulistana	452
. Valença do Piauí	872	. São Raimundo Nonato	644
CEARÁ			
. Santana do Acaraú	814	. Novo Oriente	546
. Independência	573	. Parambu	476
. Meruoca	1.531	. Tauá	585
. Sobral	757	. Arneiroz	551
. Carire	810	. Boa Viagem	651
. Santa Quitéria	712	. Morada Nova	690
. Hidrolândia	707	. Senador Pompeu	670
. Ipueriras	854	. Jaguaribe	600
. Monsenhor Tabosa	596	. Iracema	643
. Itapipoca	1.051	. Iguatu	733
. Irauçuba	469	. Orós	689
. São Luiz do Curu	891	. Icó	691
. General Sampaio	681	. Jucás	792
. Paramoti	566	. Antonina do Norte	1.011
. Canindé	679	. Assaré	646
. Caridade	726	. Cariús	760
. Itatira	757	. Umari	731
. Cedro	761	. Lavras da Mangabeira	830
. Crateús	655		
RIO GRANDE DO NORTE			
. Areia Branca	506	. Itaú	729
. Gov. Dix-Sept Rosado	657	. Upanema	528
. Mossoró	566	. Paraú	536
. Pendências	487	. Augusto Severo	673
. Macau	406	. Açu	500
. Afonso Bezerra	436	. Angicos	474
. Touros	939	. Santana do Matos	615
. Apodi	722	. São Rafael	372
. Caraúbas	559	. Pedro Avelino	377

(continua)

continuação da Tabela 8

Municípios	Precipitação a 50% de Probabilidade mm	Municípios	Precipitação a 50% de Probabilidade mm
RIO GRANDE DO NORTE			
. Lajes	344	. Florânia	566
. João Câmara	597	. São Vicente	471
. Taipu	691	. Currais Novos	346
. Jardim de Angicos	468	. Acari	440
. Pau dos Ferros	655	. Cruzeta	501
. São Miguel	768	. Santa Cruz	455
. Luiz Gomes	890	. Santo Antônio	735
. Marcelino Vieira	729	. Nova Cruz	682
. Alexandria	715	. Serra Negra do Norte	645
. Martins	1.001	. São João do Sabugi	531
. Lucrécia	993	. Jardim do Seridó	493
. Patu	792	. Parelhas	499
. Jucurutu	766	. Ouro Branco	494
. João Dias	846	. Equador	344
. Caicó	581		
PARAÍBA			
. Catolé do Rocha	802	. Itaporanga	797
. Brejo do Cruz	750	. Bom Jesus	863
. Cajazeiras	806	. Coremas	786
. Souza	681	. Catingueira	816
. Nazarezinho	660	. Piancó	703
. Antenor Navarro	931	. Olho D'água	837
. Pombal	667	. Patos	729
. Condado	845	. Teixeira	627
. Malta	675	. Mãe D'Água	602
. Santa Luzia	470	. Desterro	280
. Picuí	297	. Imaculada	561
. Pedra Lavrada	271	. Salgadinho	366
. Olivedos	432	. Taperoá	487
. Araruna	822	. São João do Cariri	345
. Bonito de Santa Fé	708	. Soledade	740
. Barra de Santa Rosa	298	. Umbuzeiro	757
. São José de Piranhas	885	. São João do Tigre	387
. Aguiar	786		
SERGIPE			
. Canindé de São Francisco	452	. Frei Paulo	786
. Porto da Folha	505	. Simão Dias	820
. Nossa Senhora da Glória	649	. Tobias Barreto	749
. Poço Verde	718		

(continua)

continuação da Tabela 8

Municípios	Precipitação a 50% de Probabilidade mm	Municípios	Precipitação a 50% de Probabilidade mm
PERNAMBUCO			
. Ouricuri	574	. Salgueiro	555
. São José do Egito	361	. Terra Nova	726
. Petrolina	378	. Betânia	478
. São José do Belmonte	538	. Custódia	795
. Triunfo	1.180	. Sertânia	481
. Serra Talhada	573	. Floresta	425
. Afogados da Ingazeira	521	. Cabrobó	434
. Ingazeira	342	. Santa Maria da Boa Vista	410
. Flores	688	. Belém de São Francisco	387
. Parnamirim	585	. Inajá	308
ALAGOAS			
. Água Branca	957	. Piranhas	467
. Mata Grande	991	. Pão de Açúcar	569
. Delmiro Gouveia	480	. Major Isidoro	636
. Santana do Ipanema	824	. Lagoa da Canoa	905
. Poços das Trincheiras	709	. Traipu	818
. Palmeira dos Índios	978		
BAHIA			
. Glória	354	. Condeúba	690
. Uauá	446	. Jeremoabo	591
. Pindobaçu	867	. Pedro Alexandre	570
. Seabra	732	. Cipó	377
. Ibitiara	624	. Monte Santo	632
. Macaúbas	748	. Itiúba	603
. Rio de Contas	790	. Euclides da Cunha	695
. Guanambi	605	. Quijingue	258
. Brumado	612	. Ribeira do Pombal	517
. Malhada de Pedras	591	. Tucano	530
. Aracatu	504	. Nova Soure	829
. Urandi	760	. Itapicuru	665
. Presidente Jânio Quadros	489		
MINAS GERAIS			
. Salinas	863	. Rio Pardo de Minas	894
. Januária	953	. Rubelita	813
. Monte Azul	902		

TABELA 9. Análise comparativa entre cisternas de bases retangular (a), quadrada (b) e circular (c), considerando a mesma capacidade (50 m^3), altura (2 m) e mesma área de base (25 m^2).

Alternativas Dimensões	(a)	(b)	(c)	Obs.
Capacidade (m^3)	50	50	50	
Altura (m)	2,0	2,0	2,0	
Área da base (m^2)	25	25	25	
Área da cobertura (m^2)	25	25	25	
Área das paredes (m^2)	50	40	35,4	Redução na área das paredes na forma (c)
Área total (m^2)	100	90	85,5	

TABELA 10. Análise comparativa entre cisternas de base circular, considerando capacidade igual (50 m^3), altura e raio diferentes.

Alternativas Dimensões	(a)	(b)	(c)	Obs.
Capacidade (m^3)	50	50	50	
Altura (m)	7,20	1,80	4,0	
Raio (m)	1,50	3,00	2,0	
Área da base (m^2)	7,07	28,27	12,56	
Área da cobertura (m^2)	7,07	28,27	12,56	
Área das paredes (m^2)	67,86	33,93	50,24	Redução na área das paredes na alternativa (c).
Área total	82,00	90,47	75,36	

A alternativa C, apresentada na Tabela 10, é a mais adequada por apresentar as vantagens já citadas anteriormente, além de permitir uma maior resistência à pressão da coluna líquida de água e não formar ângulos internos de 90° , onde geralmente aparecem rachaduras e a lavagem é difícil.

A cisterna construída de lona impermeabilizante + tela de arame + argamassa de cimento e areia tem o inconveniente de não poder ter a forma cilíndrica, devido à largura do material comercializado, e ao risco de vazamento quando se faz uma emenda. A Tabela 11 apresenta as dimensões da lona impermeabilizante disponível no mercado nacional.

TABELA 11. Dimensões da lona impermeabilizante.

Aplicação	Largura x Comprimento x Espessura	Características
Revestimento de reservatório canais de irrigação, cacimbas etc.	(2 x 100) m x 0,20 mm*	. Lona de cor preta . Longa durabilidade
	(3 x 100) m x 0,20 mm	
	(4 x 100) m x 0,20 mm	
	(5 x 100) m x 0,20 mm	
	(6 x 100) m x 0,20 mm	
	(8 x 100) m x 0,20 mm	
	(10 x 100) m x 0,20 mm	

*0,20 mm = 200 micra.
Fonte: SALVETTI (1983).

CÁLCULO DAS PERDAS TOTAIS DE ÁGUA EM CISTERNAS

A aeração interna no tanque de armazenamento é fator decisivo para a manutenção da qualidade da água. Com essa finalidade, devem ser instalados arejadores para permitir a constante circulação do ar. Porém, apesar de melhorar substancialmente a qualidade da água, foi detectada uma maior ocorrência de perdas por evaporação. Visando determinar essas perdas, o CPATSA iniciou seus estudos básicos em três cisternas instaladas em seu campo experimental.

A Figura 22 representa as perdas totais de água (PTA) diárias nas cisternas 1,2 e 3, e a evaporação do tanque classe "A" (EV), considerando o mesmo período e as mesmas condições climáticas. As cisternas funcionaram como tratamento e o tanque de evaporação como testemunha, para efeito de correlação.

Na Figura 22 descrevem-se a EV, as PTA nas cisternas e delimita-se a fase inicial de armazenamento de água (Fi) e as fases de estabilização Fe 1 e Fe 2, por um período de 45 dias. Analisando essa Figura, constata-se que durante os primeiros 15 dias de

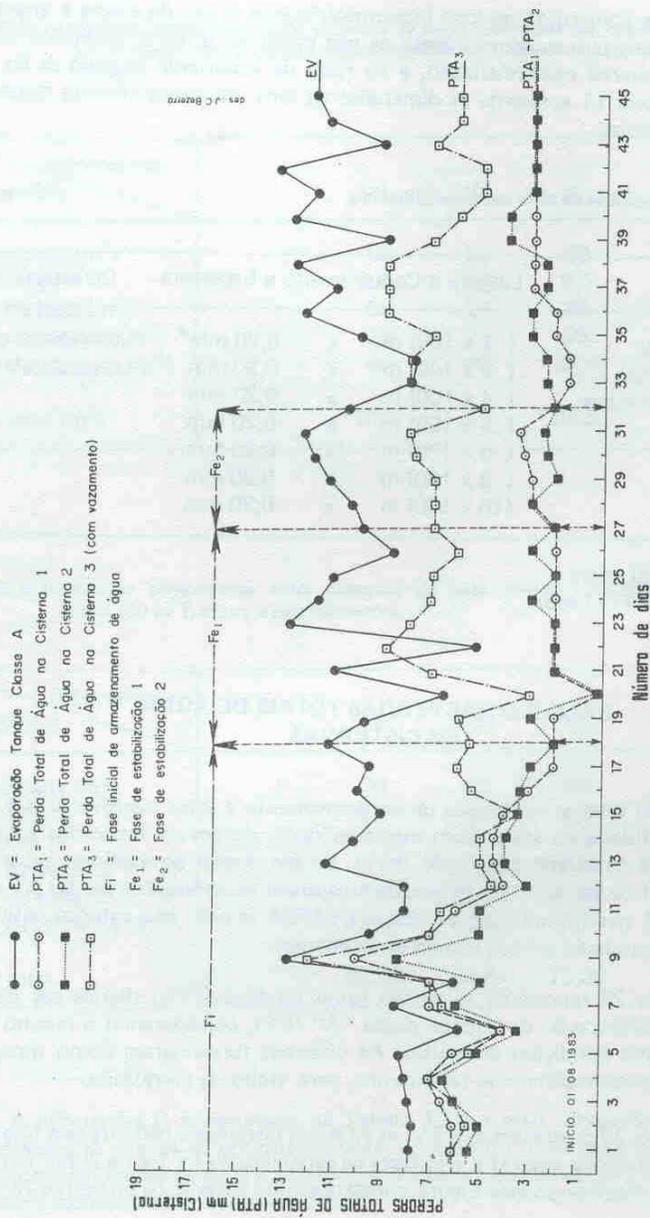


FIGURA 22. Perdas diárias de água em cisternas confeccionadas com lona plástica + tela de arame + argamassa e cobertas com telhas de barro.

armazenamento de água, quando as cisternas eram recém-construídas, ocorreu uma maior perda, devido, principalmente, à absorção da água pela argamassa em sua fase inicial, estabilizando-se, aproximadamente, a partir do 18^o dia, apesar da EV nesse período ter sido inferior à das fases Fe 1 e Fe 2. A partir desse período inicial as PTA variaram apenas em função das condições climáticas e da velocidade do vento.

Observa-se ainda na Figura 22 um comportamento diferenciado entre as perdas ocorridas nas cisternas 1 e 2 com relação à cisterna 3. Refere-se isto a um eventual vazamento durante o período de teste.

Já a Figura 23 mostra estas perdas analisadas durante um período de 228 dias ininterruptos e em condições climáticas críticas, em virtude da ocorrência das mais elevadas temperaturas na região. Também nesta figura encontram-se os dados de evaporação do Tanque Classe A, para o período considerado.

Analisando-se os dados de evaporação e de perdas totais de água, nas Tabelas 12 e 13 observa-se que a evaporação diária do tanque apresenta variações bruscas com um desvio padrão correspondente a 3,1 mm/dia para uma média de 9,95 mm/dia, enquanto as perdas de água da cisterna tem um desvio de apenas 0,586, para uma média de 2,027 mm/dia, com relação ao mesmo número de observações.

Dos dados apresentados na Figura 23, conclui-se que não existe uma correlação entre as perdas de água por evaporação do Tanque Classe A e da cisterna construída com lona impermeabilizante, tela de arame e argamassa e coberta com telhas de barro, lona plástica e com arejadores, permitindo assim realizar uma extrapolação dos resultados encontrados para a região semi-árida nordestina, levando-se em consideração apenas o fator tempo.

As perdas totais de água (PTA) na cisterna e as freqüências relativa e absoluta durante o período de 180 dias encontram-se na Tabela 12 e na Figura 24, respectivamente.

Analisando a Tabela 12 e a Figura 24, conclui-se que em 77,2% dos 180 dias estudados as PTA variaram até 2,167 mm/dia, sendo a média destas perdas durante o período de agosto de 1983 a junho de 1984, descartados os meses chuvosos, de 2,027 mm/dia, com uma variância de 0,343.

Considerando a média diária da PTA igual a 2,0 mm pode-se determinar as perdas em cisternas para o período em que a água ficará armazenada.

Da análise conclui-se que há necessidade de se considerar estas PTA por ocasião do dimensionamento das cisternas, principalmente aquelas cobertas com telhas de barro e com arejadores, por serem estas perdas bastante significativas.

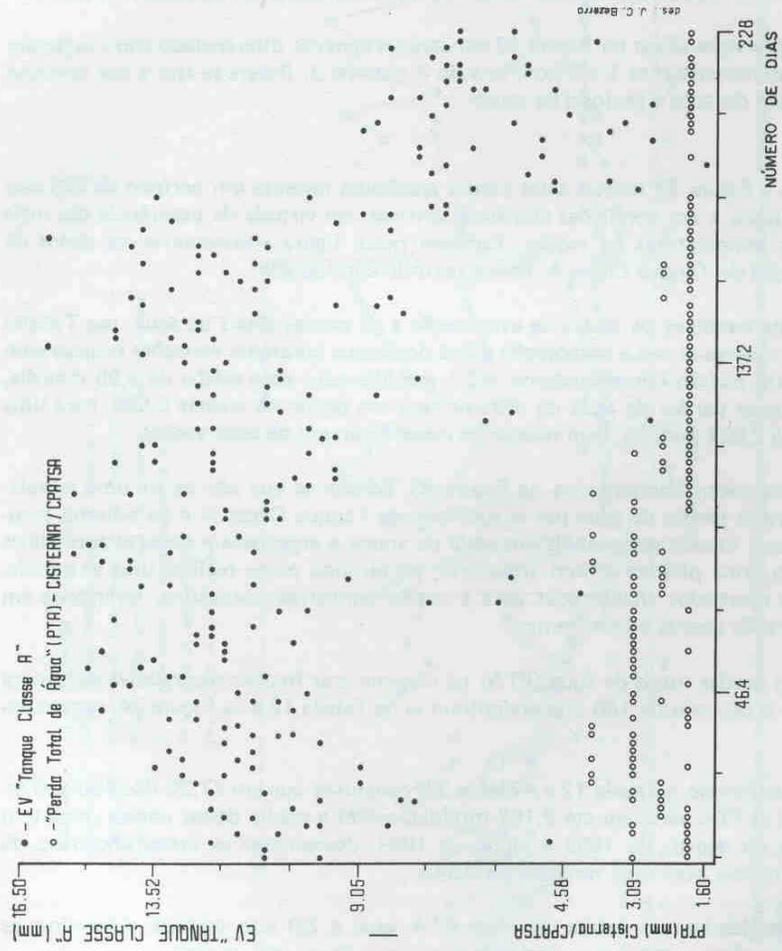


FIGURA 23. Evaporação do tanque classe A e perdas totais de água em cisternas cobertas com telhas de barro e dotadas de arejadores.

TABELA 12. Perda Total de água (mm) em cisterna modelo CPATSA.

Classe	Limite Inferior (mm)	Limite Superior (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Frequência Acumulada Absoluta	Frequência Acumulada Relativa
1	1,000	1,167	24	13,3%	24	13,3%
2	1,167	1,333	0	0,0%	24	13,3%
3	1,333	1,500	0	0,0%	24	13,3%
4	1,500	1,667	14	7,8%	38	21,1%
5	1,667	1,833	0	0,0%	38	21,1%
6	1,833	2,000	0	0,0%	38	21,1%
7	2,000	2,167	101	56,1%	139	77,2%
8	2,167	2,333	0	0,0%	139	77,2%
9	2,333	2,500	0	0,0%	139	77,2%
10	2,500	2,667	13	7,2%	152	84,4%
11	2,667	2,833	0	0,0%	152	84,4%
12	2,833	3,000	0	0,0%	152	84,4%
13	3,000	3,167	25	13,9%	177	98,3%
14	3,167	3,333	1	0,6%	178	98,9%
15	3,333	3,500	2	1,1%	180	100,0%

PARÂMETROS PARA PTA

Média (mm)	2,027	Desvio Padrão	0,586
Variância (mm)	0,343	Soma Quadrs.	801,140
Mínimo (mm)	1,000	Máximo (mm)	3,500
Amplitude (mm)	2,500	Assimetria	0,135
Curtose	2,963	Coef. Variação	28,9%
Núm. Obs.	180	N. Registros	180

TABELA 13. Evaporação em tanque classe A, em milímetros.

Classe	Limite Inferior (mm)	Limite Superior (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Frequência Acumulada Absoluta	Frequência Acumulada Relativa
1	1,600	2,560	1	0,6%	1	0,6%
2	2,560	3,520	5	2,8%	6	3,3%
3	3,520	4,480	4	2,2%	10	5,6%
4	4,480	5,440	9	5,0%	19	10,6%
5	5,440	6,400	8	4,4%	27	15,0%
6	6,400	7,360	16	8,9%	43	23,9%
7	7,360	8,320	12	6,7%	55	30,6%
8	8,320	9,280	13	7,2%	68	37,8%
9	9,280	10,240	13	7,2%	81	45,0%
10	10,240	11,200	26	14,4%	107	59,4%
11	11,200	12,160	19	10,6%	126	70,0%
12	12,160	13,120	29	16,1%	155	86,1%
13	13,120	14,080	15	8,3%	170	94,4%
14	14,080	15,040	7	3,9%	177	98,3%
15	15,040	16,000	3	1,7%	180	100,0%

PARÂMETROS

Média (mm)	9,952	Desvio Padrão	3,100
Variância (mm)	9,671	Soma Quadrs.	19566,800
Mínimo (mm)	1,600	Máximo (mm)	16,000
Amplitude (mm)	14,400	Assimetria	-0,504
Curtose	2,480	Coef. Variação	31,2%
Num. Obs.	180	N. Registros	180

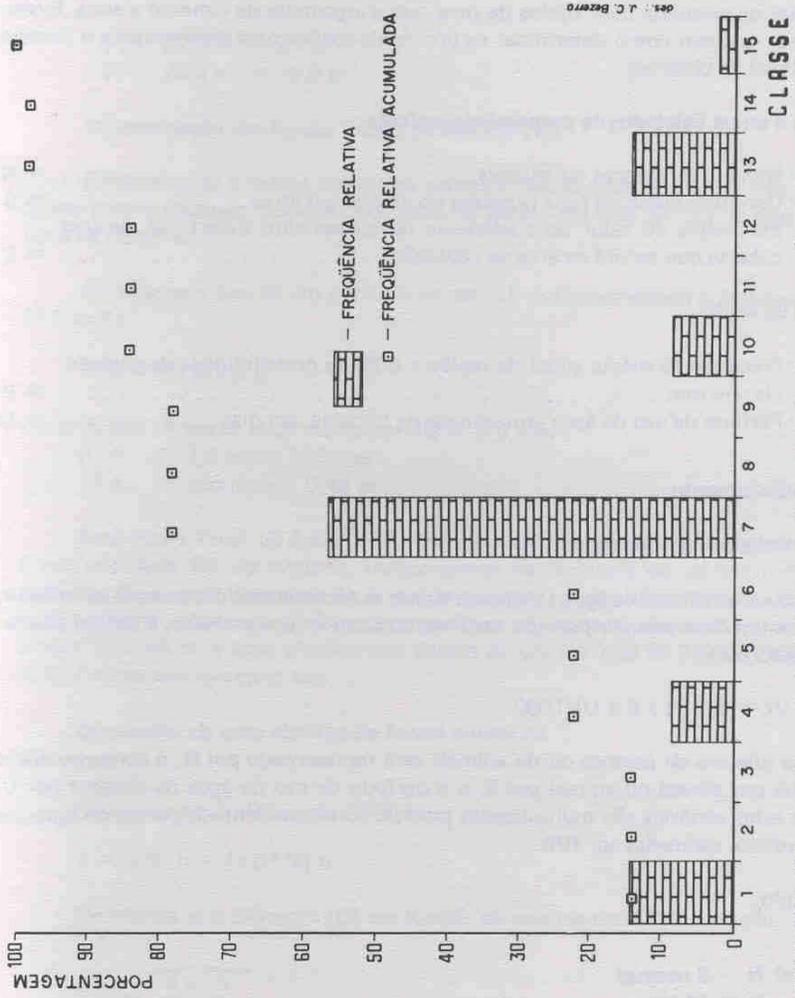


FIGURA 24. Histograma das perdas totais de água em cisternas rurais cobertas com telhas de barro e dotadas de arejadores.

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE CISTERNAS TRADICIONAIS

A seguir, são apresentados os procedimentos necessários para dimensionar cisternas de alvenaria com tijolos de uma vez e argamassa de cimento e areia. Exemplifica-se também como determinar os principais coeficientes técnicos para o modelo tradicional de cisternas.

Dados a serem coletados na propriedade agrícola

- * Número de pessoas ou animais = N
- * Consumo diário de água p/pessoa ou animal em litros. = S
- * Estimativa do valor do coeficiente de escoamento superficial da área coberta que servirá de área de captação = C

Dados da região

- * Precipitação média anual da região a 50% de probabilidade de ocorrência, em mm = P
- * Período de uso de água armazenada na cisterna, em dias = U

Dimensionamento

Volume Total de Água

O volume total de água (V_t), para suprir as necessidades das pessoas ou animais, durante um determinado período no Trópico Semi-Árido brasileiro, é obtido pela seguinte fórmula:

$$V_t = 1,1 (N \times S \times U)/1000$$

onde o número de pessoas ou de animais está representado por N, o consumo diário de água por pessoa ou animal por S, e o período de uso de água da cisterna por U. Todas estas variáveis são multiplicadas por 1,1, correspondente às perdas de água por desperdício, estimadas em 10%.

Exemplo:

- a) N = 6 pessoas
- S = 14 l/d
- U = 240 dias
- V = 1,1 (6 x 14 x 240)/1000
- V = 22,2 m³

$$\begin{aligned} \text{b) } N &= 70 \text{ aves (galinhas)} \\ U &= 240 \text{ dias} \\ V &= 1,1 (70 \times 0,2 \times 240)/1000 \\ V &= 3,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_t &= 22,2 \text{ m}^3 + 3,7 \text{ m}^3 \\ V_t &= 25,9 \text{ m}^3 = 26,0 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Determinação das Perdas Totais de Água (PTA)

Considerando a média diária das perdas totais de água igual a 2,0 mm, para cisternas com arejadores, pode-se determiná-las para o período de uso da água armazenada na cisterna.

No exemplo tem-se um período de uso (U) correspondendo a 240 dias, logo as PTA serão:

$$PTA = PTA_m \times U$$

$$\begin{aligned} \text{onde: } PTA_m &= \text{perda total média por dia} = 2,0 \text{ mm} \\ PTA &= 2,0 \text{ mm} \times 240 \text{ dias} \\ PTA &= 480 \text{ mm} = 0,48 \text{ m} \end{aligned}$$

Esta Perda Total de Água (PTA) corresponde ao acréscimo que deverá ser dado à profundidade (h) da cisterna, independente da largura e do comprimento, pois corresponde a uma lâmina de água que se perderá, mesmo que não seja usada. Isto é, se for construída uma cisterna com qualquer capacidade, que tenha uma profundidade de 0,48 m, a água armazenada depois de um período de 240 dias terá evaporado, mesmo sem qualquer uso.

Dimensões de uma cisterna de forma cilíndrica

O volume é calculado pela fórmula:

$$V = \pi R^2 h = (\pi D^2/4) h$$

Determina-se o diâmetro (D) em função do volume total (Vt) e da altura (h).

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V_t}{\pi \times h}}$$

onde: $\pi = 3,1416$ (constante)

No exemplo tem-se:

$$V_t = 26,0 \text{ m}^3$$

Supondo uma altura $h = 1,0 \text{ m}$, tem-se:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 26,0}{3,1416 \times 1,0}} = \sqrt{\frac{104}{3,1416}} = 5,75 \text{ m}$$

Como na cisterna de forma cilíndrica, à medida que o valor do diâmetro se aproxima do valor da altura economiza mais material de construção, faz-se então uma nova tentativa aumentando-se o valor da altura h .

$$V_t = 26,0 \text{ m}^3$$

$$h = 2,22 \text{ m}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 26,0}{3,1416 \times 2,22}} = \sqrt{\frac{104}{6,974}} = 3,86 \text{ m}$$

Como as Perdas Totais de Água (PTA) por evaporação, durante o período de uso de 240 dias, correspondem a 0,48 m, deve-se acrescentar à altura (h) este valor equivalente às perdas.

$$h = 2,22 \text{ m} + 0,48 \text{ m}$$

$$h = 2,70 \text{ m}$$

Finalmente determina-se a capacidade da cisterna com as dimensões calculadas:

$$D = 3,86 \text{ m}$$

$$h = 2,70 \text{ m}$$

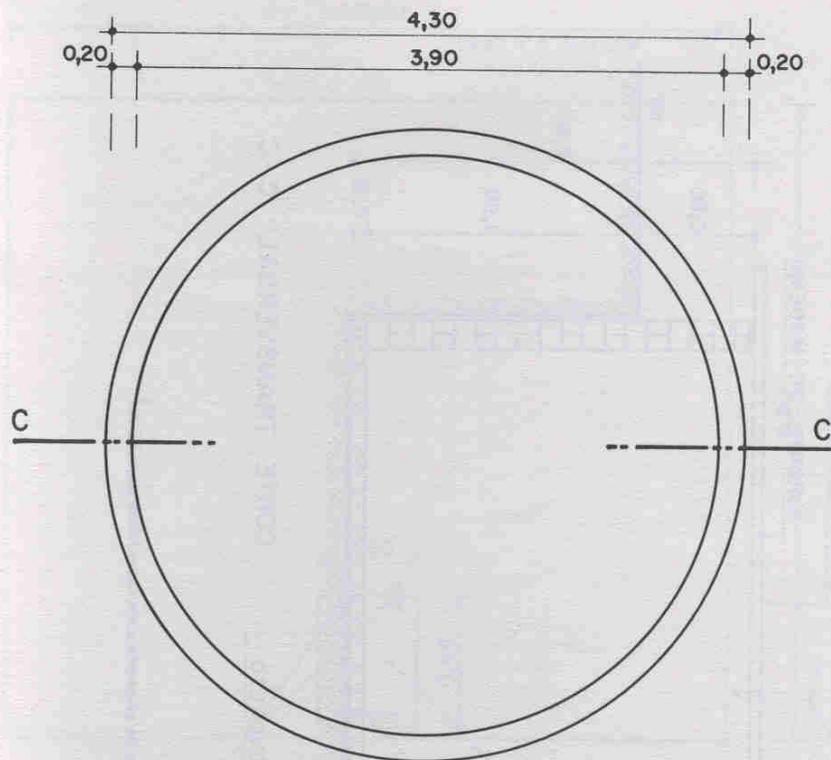
$$V_t = \frac{\pi D^2}{4} \times h = \frac{3,1416 (3,86 \text{ m})^2}{4} \times 2,70 \text{ m}$$

$$V_t = 31,60 \text{ m}^3$$

$$V_t = 32,0 \text{ m}^3$$

Para as cisternas com outras formas, usa-se o mesmo procedimento.

Nas figuras 25, 26, 27 e 28 apresentam-se plantas baixas e corte transversal de uma cisterna de alvenaria com tijolo de uma vez e argamassa de cimento e areia, com as dimensões especificadas anteriormente.



DES.: J. C. BEZERRA

PLANTA BAIXA

FIGURA 25. Planta baixa de cisterna cilíndrica de alvenaria com capacidade para 32m^3 .

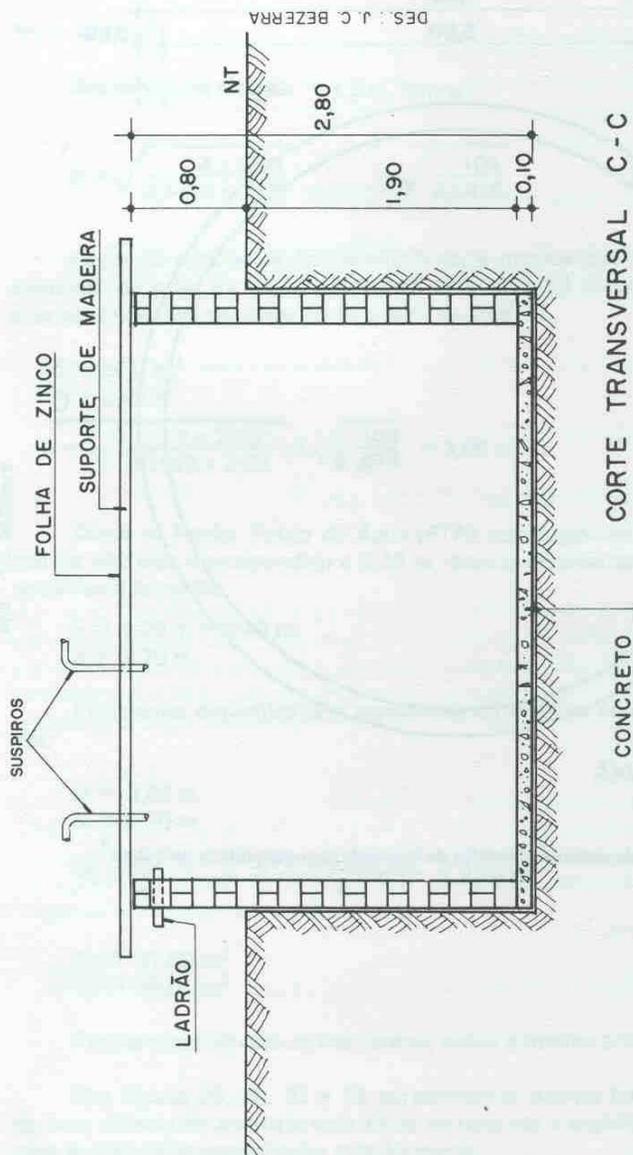


FIGURA 26. Corte transversal de cisterna cilíndrica de alvenaria com capacidade para 32 m³.

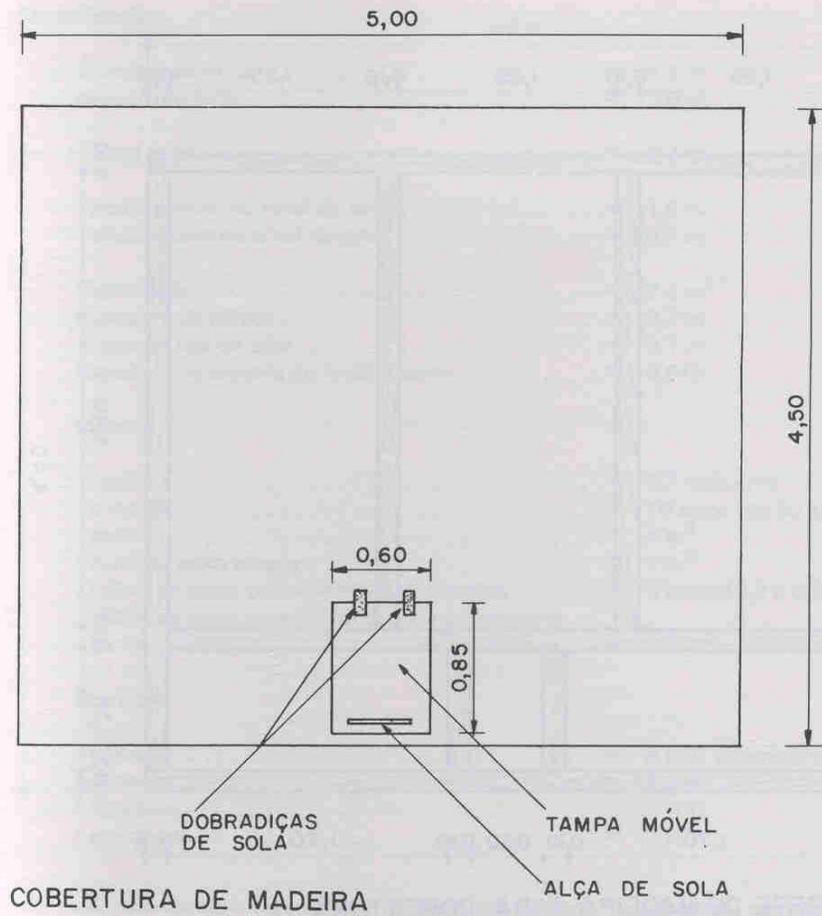
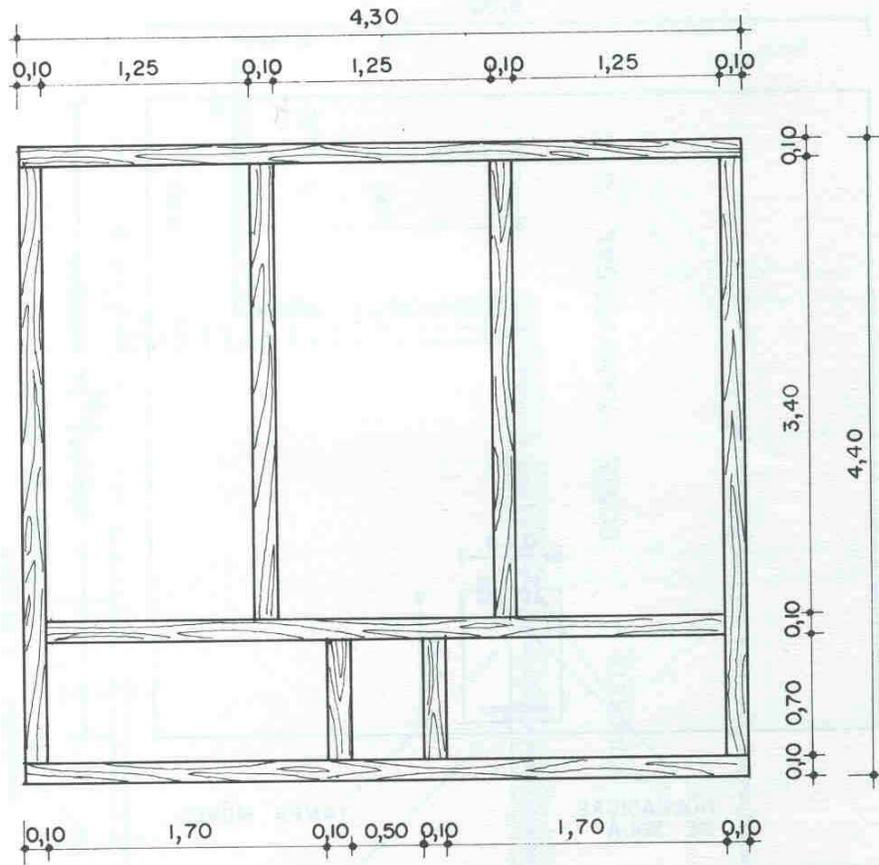


FIGURA 27. Cobertura de madeira para cisterna cilíndrica de alvenaria, com capacidade para 32 m^3 .



SUPORE DE MADEIRA PARA COBERTURA

FIGURA 28. Suporte de madeira para cobertura de cisterna cilíndrica de alvenaria com capacidade para 32 m³.

Especificações:

diâmetro externo.	=	4,3 m
diâmetro interno.	=	3,9 m
Altura total	=	2,7 m
* altura abaixo do nível do solo	=	1,9 m
* altura acima do nível do solo	=	0,8 m
Capacidade.	=	32,0 m ³
Espessura da parede	=	0,2 m
Altura da laje do piso	=	0,1 m
Espessura da camada do revestimento.	=	0,015

Material:

* tijolos	=	5,7 milheiros
* cimento	=	19 sacos (de 50 kg)
* areia	=	4 m ³
* brita ou seixo rolado	=	2 m ³
* folhas de zinco para cobertura da cisterna	=	5 folhas(5,0 x 0,90m)
* calhas de zinco para coleta de água proveniente da Ac	=	30 m

Serviços:

* pedreiro.	=	8 H/D (Homem/dia)
* servente.	=	12 H/D
* flandreiro	=	3 H/D
* marceneiro.	=	2 H/D

A mão-de-obra especificada na parte de serviços é a necessária para executar as atividades tais como: 1) escavação do reservatório e retirada do material; 2) apiloamento da base da cisterna; 3) confecção da laje da base; 4) levantamento das paredes de alvenaria; 5) revestimento interno desde o piso até a parte superior da parede acima do solo; 6) reaterro em volta da cisterna; 7) confecção do suporte de madeira e assentamento das folhas de zinco (cobertura) e 8) confecção e assentamento das calhas de zinco para coleta da água do telhado.

Aspectos técnicos a serem considerados:

Escavação: escavar um buraco de 4,50 m de diâmetro por 2 m de profundidade. Como a parede externa só será revestida na parte que está acima do nível do solo, é desnecessário um buraco de diâmetro maior (o pedreiro vai trabalhar por dentro e não por fora da cisterna).

Piso: apiloar bem a base do buraco escavado. Revestir o piso apiloado com uma camada de concreto de espessura igual a 0,10 m e com um traço de 1:2:4 (cimento, areia, brita ou seixo rolado).

Alvenaria: alvenaria de tijolo de uma vez, com argamassa de cimento e areia, com traço de 1:4 e espessura de 0,20 m.

Revestimento: argamassa de cimento e areia, com traço de 1:4. Revestir a parede interna e a parte da parede externa que se encontra acima do nível do solo.

Calhas: de folhas-de-flandres (zinco), uma calha para cada lado da casa. As calhas devem ser encomendadas a um flandreiro que deve tomar as medidas do telhado da casa e da distância para a cisterna, confeccioná-las e assentá-las (ou o pedreiro se tiver prática). Esta calha poderá ser também construída com tubos de PVC de 4 ou 6 polegadas divididos no sentido longitudinal da tubulação.

Ladrão: deverá permanecer com uma rolha em sua extremidade externa, durante o período de estiagem, para evitar a entrada de insetos (Figura 26).

Tampa: no suporte de madeira deve haver uma tampa móvel com dobradiças e alças de sola (Figura 27), por onde entrará a água coletada no telhado e será retirada a água para consumo. Como a cisterna fica a 0,80 m acima do nível do solo, aconselha-se que a tampa seja fechada com um cadeado, evitando assim acidentes com crianças e pequenos animais.

Cobertura: suporte de madeira (Figura 28) onde serão assentadas (pregadas) as folhas-de-flandres de 5,0 m x 0,90 m cada.

Arejadores: devem ser instalados joelhos de PVC de 4 ou 6 polegadas de diâmetro, em cima da cobertura da cisterna, de maneira que permitam a circulação do ar no interior da cisterna.

A Tabela 14 apresenta os custos de implantação de uma cisterna rural para 32 m³ de água.

As Figuras 29, 30, 31, 32, 33 e 34 mostram as plantas baixas, cortes e coberturas de cisternas retangulares de alvenaria com capacidade para 15 e 30 m³, respectivamente. As Tabelas 15 e 16 apresentam seus respectivos custos de implantação.

TABELA 14. Custo de implantação de uma cisterna com capacidade para 32 m³, Junho – 1984. Petrolina, PE.

Alternativa A: Cisterna cilíndrica de alvenaria

Descrição	Unid.	Quant.	Valor ^(a)	
			ORTN	US\$
ÁREA DE CAPTAÇÃO				
– Telhado	–	–		
– Calha: folhas de folhas-de-flandres	m ²	20	14,83	115,53
CISTERNA (Ta)				
– Escavação do Tanque	H/D ^(b)	12	2,96	23,11
– Tijolo	milh.	6,0	5,93	46,21
– Cimento	saco	25	10,30	80,23
– Areia grossa	m ³	4,0	0,74	5,78
– Brita ou seixo rolado	m ³	2,0	0,49	3,85
– Sika 1	kg	20	3,29	25,67
– Bomba manual	uma	1,0	7,90	61,55
– Tubos de PVC de 4" de Ø	m	12	2,64	20,54
FILTRO INTERNO				
– Tijolo	milh.	0,25	0,25	1,93
– Cimento	saco	0,50	0,21	1,60
– Areia grossa	m ³	0,30	0,07	0,58
– Areia fina	m ³	0,20	0,05	0,38
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,20	0,05	0,38
– Carvão vegetal	kg	20,0	0,08	0,64
COBERTURA				
– Caibros	m	90	2,00	15,60
– Ripas	m	90	0,96	7,51
– Telhas	milh.	1,3	2,14	16,88
PROTEÇÃO				
– Estacas	uma	60	2,00	15,40
– Arame	m	480	1,58	12,32
MÃO-DE-OBRA				
– Flandeiro	H/D	3,0	1,73	13,48
– Pedreiro	H/D	15	8,65	67,39
– Servente	H/D	32	7,91	61,62
TOTAL			76,76	598,18

(a) ORTN = Cr\$ 12.137,98 (junho – 84)
DÓLAR = Cr\$ 1.558,00 (30.05.84)

(b) H/D = Homem/dia

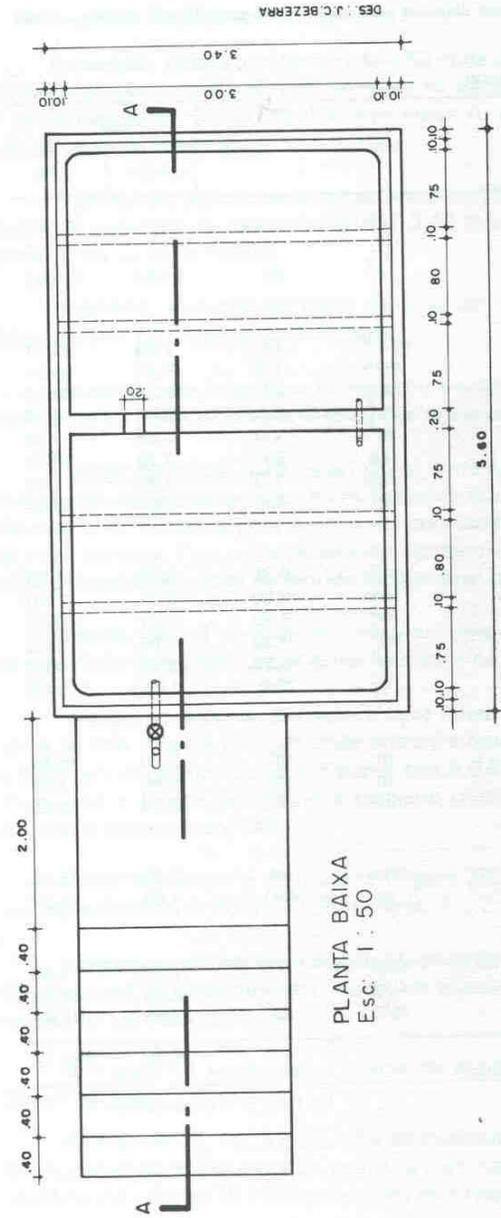


FIGURA 29. Planta baixa de cisterna retangular de alvenaria com capacidade para 15 m³.

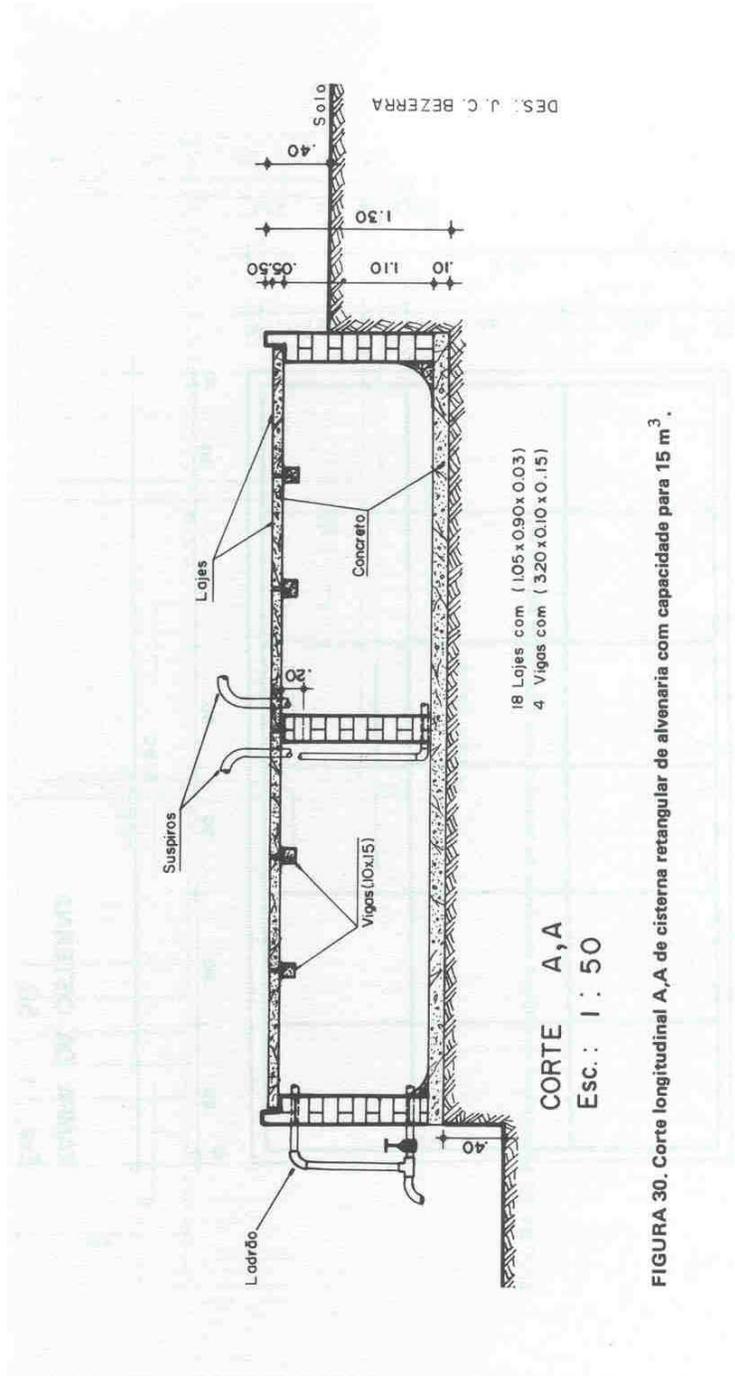


FIGURA 30. Corte longitudinal A,A de cisterna retangular de alvenaria com capacidade para 15 m³.

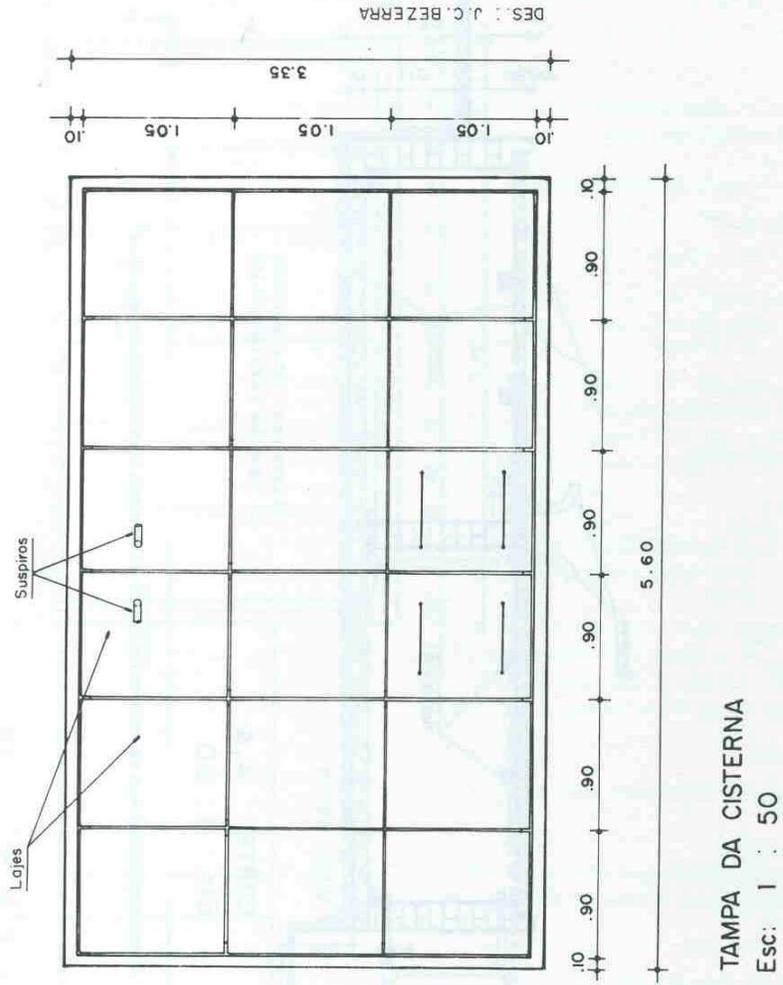


FIGURA 31. Tapa de cisterna retangular de alvenaria com capacidade para 15 m³.

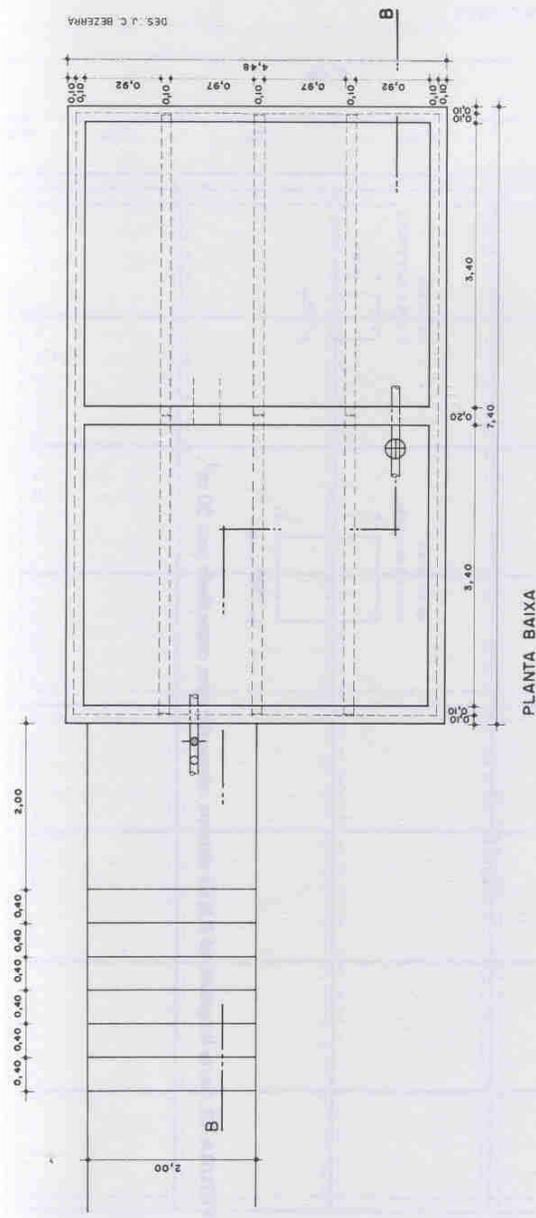
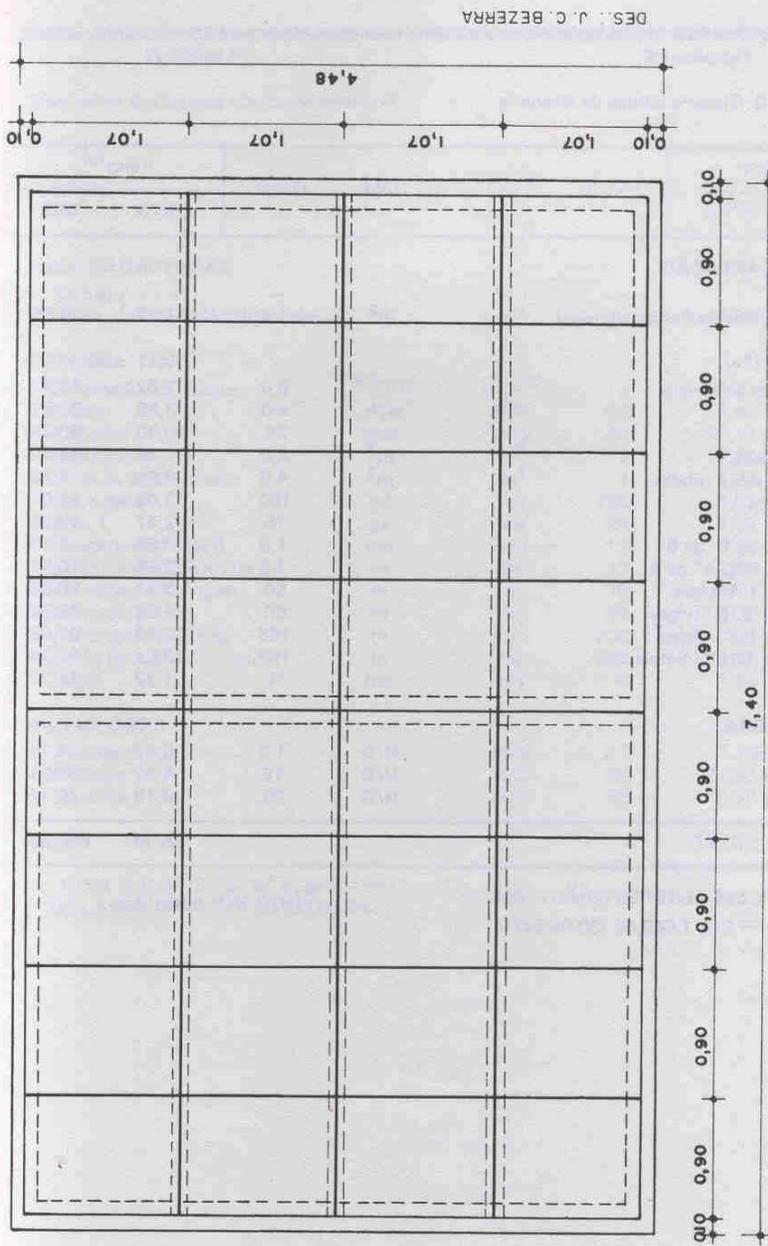


FIGURA 32. Planta baixa de cisterna retangular de alvenaria com capacidade para 30 m³.



TAMPA DA CISTERNA

FIGURA 34. Tapa de cisterna retangular de alvenaria com capacidade para 30 m³.

TABELA 15. Custo de implantação de uma cisterna com capacidade para 15 m³, Junho – 1984, Petrolina, PE.

Alternativa B: Cisterna cúbica de alvenaria

Descrição	Unid.	Quant.	Valor ^(a)	
			ORTN	US\$
ÁREA DE CAPTAÇÃO				
– Telhado	–	–		
– Calha: folhas-de-flandres (zinco)	m ²	15	11,12	86,65
CISTERNA (Ta)				
– Escavação do tanque	H/D ^(b)	9,0	2,22	17,33
– Tijolo	milh.	4,0	3,95	30,81
– Cimento	saco	25	10,30	80,23
– Areia grossa	m ³	8,0	1,98	15,40
– Brita ou seixo rolado	m ³	4,0	0,99	7,70
– Cal virgem	kg	150	3,09	24,07
– Sika 1	kg	15	2,47	19,26
– Registro de 1" de Ø	um	1,0	0,66	5,14
– Tubo de PVC 4" de Ø	m	12	2,64	20,54
– Ferro de 1/4 (vigas)	m	50	3,71	28,88
– Ferro de 3/16" (vigas)	m	60	4,65	36,20
– Ferro de 1/4" (lajes)	m	168	12,46	97,05
– Ferro de 3/16" (cintas)	m	168	13,01	101,36
– Vigas	um	4	1,32	10,27
MÃO-DE-OBRA				
– Flandeiro	H/D	1,5	0,67	6,74
– Pedreiro	H/D	12	6,92	53,91
– Servente	H/D	25	6,18	48,14
TOTAL			88,34	689,68

(a) ORTN = Cr\$ 12.137,98 (junho – 84)
DÓLAR = Cr\$ 1.558,00 (30.05.84)

(b) H/D = Homem/dia

TABELA 16. Custo de implantação de uma cisterna com capacidade para 30 m³ Junho – 1984. Petrolina, PE.

Alternativa B: Cisterna cúbica de alvenaria.

Descrição	Unid.	Quant.	Valor ^(a)	
			ORTN	US\$
ÁREA DE CAPTAÇÃO				
– Telhado	–	–		
– Calha: folhas-de-flandres (zinco)	m ²	20	14,83	115,5
CISTERNA (Ta)				
– Escavação do tanque	H/D ^(b)	12	2,97	23,11
– Tijolo	milh.	6,5	6,43	50,06
– Cimento	saco	40	16,48	128,37
– Areia grossa	m ³	12	2,97	23,11
– Brita ou seixo rolado	m ³	7	1,73	13,48
– Cal virgem	kg	220	4,53	35,30
– Sika 1	kg	20	3,29	25,67
– Registro de 1" de Ø	um	1,0	0,66	5,14
– Tubo de PVC de 4" de Ø	m	12	2,64	20,54
– Ferro de 1/4" (vigas)	m	70	5,19	40,44
– Ferro de 3/16"	m	80	6,20	48,27
– Ferro de 1/4" (lajes)	m	230	17,05	132,86
– Ferro de 3/16" (cintas)	m	230	17,82	138,77
– Vigas	m	6	1,98	15,40
MÃO-DE-OBRA				
– Flandeiro	H/D	3,0	1,73	13,48
– Pedreiro	H/D	20	11,53	89,86
– Servente	H/D	35	8,60	67,39
TOTAL			126,93	986,75

(a) ORTN = Cr\$ 12.137,98 (junho – 84)
DÓLAR = Cr\$ 1.558,00 (30.05.84).

(b) H/D = Homem/dia

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE CISTERNAS – TIPO CPATSA

Método por Tentativas

Neste item descreve-se o dimensionamento de cisternas rurais tipo CPATSA, bem como relacionam-se os principais coeficientes técnicos, plantas e custos de implantação para diversas alternativas.

Dados da Região

- Município:
- Estado:
- Precipitação média anual a 50% de probabilidade de ocorrência, P = 400 mm
- Período de uso da água armazenada na cisterna em dias U = 240 dias

Dados da propriedade

- a) Número de pessoas N = 5 pessoas
- Consumo diário S = 14 ℓ
- b) Número de animais. N = 20 galinhas
- Consumo diário S = 0,2 ℓ
- Período de uso da água armazenada. U = 240 dias

Dimensionamento

O Volume útil de água (Vu) para suprir as necessidades de 5 pessoas(a), e 20 galinhas(b), em condições mínimas de uso de água, por um período de 8 meses (240 dias) no TSA brasileiro é obtido pela seguinte fórmula:

$$Vu = 1,1 (N \times S \times U)/1000$$

onde o coeficiente 1,1 representa o acréscimo ao volume devido aos desperdícios eventuais de água, durante o período de uso. Substituindo os valores N, S e U apresentados na fórmula, tem-se:

- a) Volume de água necessário para 5 pessoas em 240 dias

$$Vu = 1,1 (5 \times 14 \times 240)/1000 = 18,5 \text{ m}^3$$

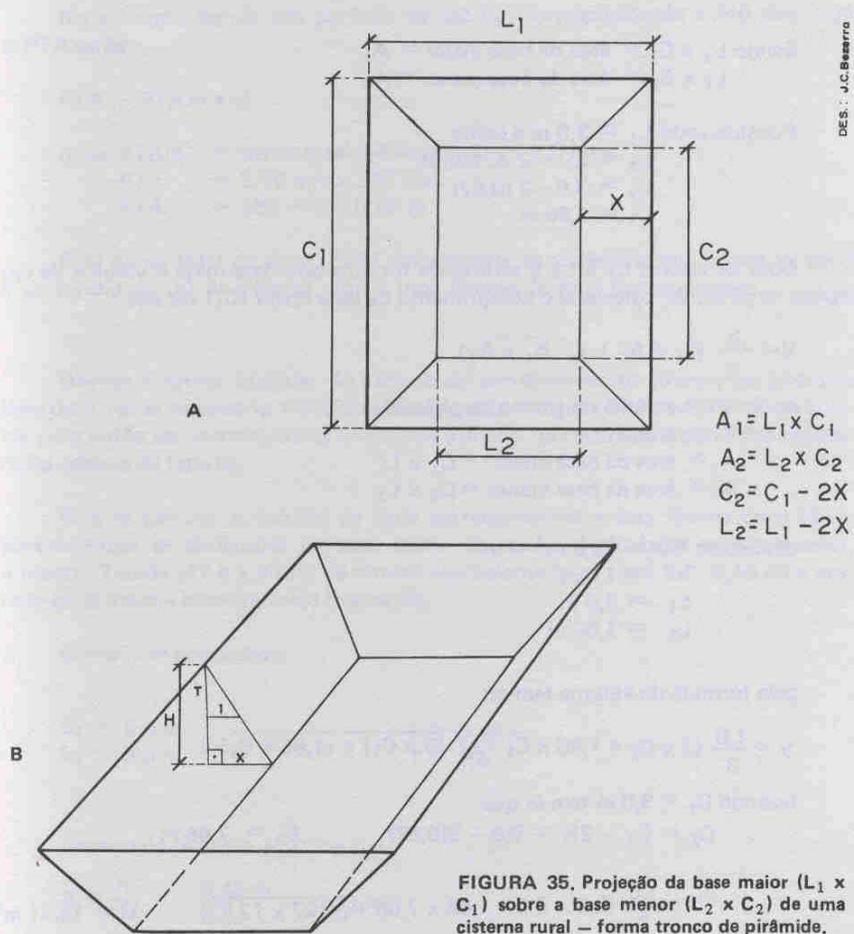
- b) Volume de água necessário para 20 galinhas em 240 dias

$$Vu = 1,1 (0,2 \times 20 \times 240)/1000 = 1,0 \text{ m}^3$$

Somando-se os valores de V_u determinados para as 5 pessoas(a), e as 20 galinhas(b), obtém-se o volume útil total de água que deverá ser armazenado na cisterna (Ta), portanto:

$$V_u = 18,5 + 1,0 = 19,5 \text{ m}^3$$

Já conhecido o Volume útil (V_u) e o Talude (T) de 1,5:1 e supondo uma altura (h) de 1,0 m determinam-se as dimensões das bases maior ($L_1 \times C_1$) e menor ($L_2 \times C_2$) do tanque de armazenamento (Figura 35A e B).



À semelhança da altura (h), há necessidade de prefixar a largura da base maior (L_1) de maneira que este valor atinja no máximo 4,0 m, isto visando uma maior economia de material e de mão-de-obra na cobertura do tanque de armazenamento.

Com um Talude 1,5:1 e uma altura $h = 1,0$ m pode-se determinar a projeção (X), (Figura 35 A e B) da base maior ($L_1 \times C_1$) sobre a base menor ($L_2 \times C_2$), obtendo-se a seguinte relação.

$$X = \frac{h}{T} = \frac{1,0}{1,5} = 0,67 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sendo } L_1 \times C_1 &= \text{área da base maior} = A_1 \\ L_2 \times C_2 &= \text{área da base menor} = A_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Considerando } L_1 &= 3,0 \text{ m e como} \\ L_2 &= L_1 - 2 X, \text{ tem-se} \\ L_2 &= 3,0 - 2(0,67) \\ L_2 &= 1,66 \text{ m} \end{aligned}$$

Com os valores L_1 e L_2 e através da fórmula que determina o volume de um tronco de pirâmide, calcula-se o comprimento da base maior (C_1) ou seja,

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

$$\begin{aligned} \text{onde } V &= \text{volume do tronco de pirâmide} \\ h &= \text{altura} \\ A_1 &= \text{área da base maior} = C_1 \times L_1 \\ A_2 &= \text{área da base menor} = C_2 \times L_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{conhecido } Vu &= 19,5 \text{ m}^3 = V \\ h &= 1,0 \text{ m} \\ L_1 &= 3,0 \text{ m} \\ L_2 &= 1,66 \text{ m} \end{aligned}$$

pela fórmula do volume tem-se:

$$V = \frac{1,0}{3} (3 \times C_1 + 1,66 \times C_2 + \sqrt{(3 \times C_1) \times (1,66 \times C_2)})$$

fazendo $C_1 = 9,0$ m tem-se que

$$C_2 = C_1 - 2X = 9,0 - 2(0,67) \quad C_2 = 7,66 \text{ m}$$

$$V = \frac{1,0}{3} (3,0 \times 9,0 + 1,66 \times 7,66 + \sqrt{27 \times 12,72}) \quad V = 19,41 \text{ m}^3$$

Como o volume útil $V_u = 19,5 \text{ m}^3$ e o valor encontrado com as dimensões de C_1 e C_2 foi $V = 19,41 \text{ m}^3$ logo essas dimensões são satisfatórias, então parte-se para a determinação das perdas totais de água (PTA).

Determinação das Perdas Totais de Água (PTA)

Considerando a média diária das perdas totais de água igual a 2,0 mm, para cisternas com arejadores, pode-se determiná-las para o período de uso de água armazenada na cisterna.

No exemplo tem-se um período de uso (U) correspondendo a 240 dias, logo as PTA serão:

$$PTA = PTAm \times U$$

$$\begin{aligned} \text{onde: } PTAm &= \text{perda total média por dia} = 2,0 \text{ mm} \\ PTA &= 2,00 \text{ mm} \times 240 \text{ dias} \\ PTA &= 480 \text{ mm} = 0,48 \text{ m} \end{aligned}$$

Esta perda total de água (PTA) corresponde ao acréscimo que deverá ser dado à profundidade (h) da cisterna, pois é uma lâmina de água que se perderá.

Devido a forma irregular do tanque de armazenamento (tronco de pirâmide invertido) faz-se necessário transformar esta perda de água ($PTA = 0,48 \text{ m}$) em volume para então ser incrementado ao volume útil (V_u), já calculado a partir das necessidades básicas da família.

Para se calcular o volume de água correspondente a essa lâmina de 0,48 m, consideram-se as dimensões da base maior do tanque (calculadas anteriormente), o mesmo Talude (T) e a altura da lâmina equivalente às perdas ($h = 0,48 \text{ m}$) e procede-se da mesma maneira. Veja Figura 36.

Como já se conhecem:

$$\begin{aligned} C_1 &= 9,0 \text{ m} & h &= 0,48 \text{ m} \\ L_1 &= 3,0 \text{ m} & T &= 1,5 \end{aligned}$$

Determina-se então X, C_2' e L_2'

$$X = \frac{h}{T} = \frac{0,48 \text{ m}}{1,5} = 0,32 \text{ m}$$

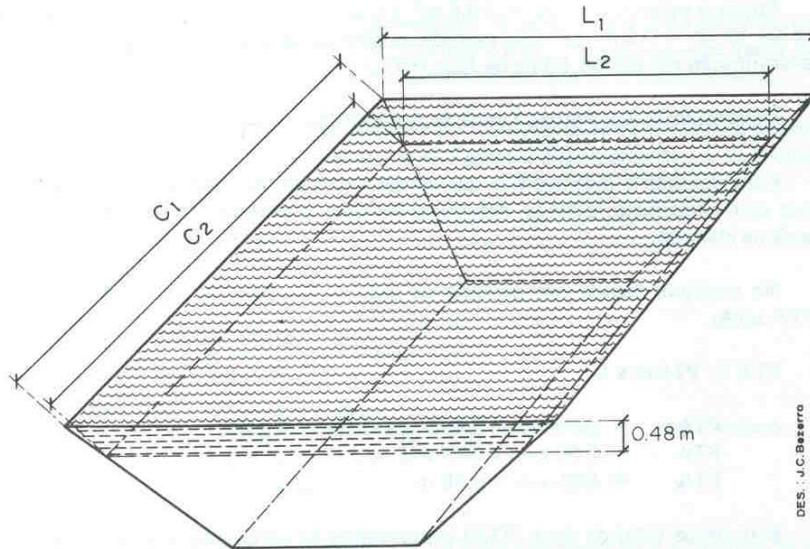


FIGURA 36. Volume de água correspondente às perdas totais (V_p).

$$\begin{aligned} \text{logo: } C_2' &= C_1 - 2x \\ C_2' &= 9,0 - 2(0,32) \\ C_2' &= 8,36 \text{ m} \\ L_2' &= L_1 - 2x \\ L_2' &= 3,0 - 2(0,32) \\ L_2' &= 2,36 \text{ m} \end{aligned}$$

O volume correspondente às perdas totais de água (V_p) é calculado pela fórmula:

$$V_p = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

$$V_p = \frac{0,48}{3} (3,0 \times 9,0 + 2,36 \times 8,36 + \sqrt{(3,0 \times 9,0) \times (2,36 \times 8,36)})$$

$$V_p = 11,17 \text{ m}^3$$

Portanto o Volume Total (V_t) será:

$$\begin{aligned} V_t &= V_u + V_p \\ V_t &= 19,5 \text{ m}^3 + 11,17 \text{ m}^3 \\ V_t &= 30,7 \text{ m}^3 \\ V_t &= 30,0 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Em seguida, parte-se para determinar as dimensões finais do tanque de armazenamento, considerando que $V_t = 30,0 \text{ m}^3$.

À $h = 1,0 \text{ m}$ deve-se acrescentar a altura da lâmina ($h = 0,48 \text{ m}$), correspondente às perdas por evaporação:

$$h = (1,0 \text{ m} + 0,48 \text{ m}) = 1,5 \text{ m}$$

Então, determinam-se as dimensões finais da cisterna pela fórmula já conhecida:

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

como $V_T = 30,0 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} h &= 1,5 \text{ m} \\ T &= 1,5 \rightarrow X = \frac{h}{T} = \frac{1,5}{1,5} = 1,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$X = 1,0 \text{ m}$$

$$L_1 = 3,0 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 - 2X = 3,0 - 2(1) = 1,0 \text{ m}$$

Supondo:

$$C_1 = 11,0 \text{ m tem-se}$$

$$C_2 = C_1 - 2(1) = 11 - 2(1) = 9,0 \text{ m logo:}$$

$$V_T = \frac{1,5}{3} (3 \times 11 + 1 \times 9 + \sqrt{33 \times 9})$$

$$V_T = 29,62 \text{ m}^3$$

$$V_T = 30 \text{ m}^3$$

Portanto, as dimensões finais do Ta são:

$$L_1 = 3,0 \text{ m}$$

$$C_1 = 11,0 \text{ m}$$

$$L_2 = 1,0 \text{ m}$$

$$C_2 = 9,0 \text{ m}$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$V_T = 30,0 \text{ m}^3$$

Dimensionamento da Área de Captação (Ac) – A Ac é calculada a partir da fórmula:

$$Ac = \frac{VT}{C \times Pm} \quad , \text{ onde}$$

V_T = Volume total de água armazenável = $30,0 \text{ m}^3$

C = Coeficiente de Escoamento Superficial (Tabela 6) = $0,70$

P = Precipitação média anual (50% de probabilidade) = $400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$

$$\text{logo: } Ac = \frac{30 \text{ m}^3}{0,70 \times 0,40 \text{ m}} = \frac{30 \text{ m}^3}{0,28 \text{ m}} = 107,0 \text{ m}^2$$

$$Ac = 107,0 \text{ m}^2$$

A Ac deve ter as dimensões de maneira que um dos seus lados coincida com o comprimento do tanque de armazenamento. Para tanto, divide-se o valor da Ac pelo valor do comprimento do tanque (C_1).

Do valor total da Ac deve-se diminuir a área do telhado da cisterna que serve também como área de captação.

$$\text{Como } Ac = 107,0 \text{ m}^2$$

$$\text{Área do telhado} = 3 \times 11 = 33,0 \text{ m}^2$$

$$Ac \text{ final} = 107,0 - 33,0 = 74 \text{ m}^2, \text{ logo}$$

$$Ac = 7,0 \times 11,0 = 77 \text{ m}^2.$$

As Figuras 37, 38, 39 e 40 mostram detalhes, em plantas, da cisterna dimensionada, sua área de captação e sistema de filtragem.

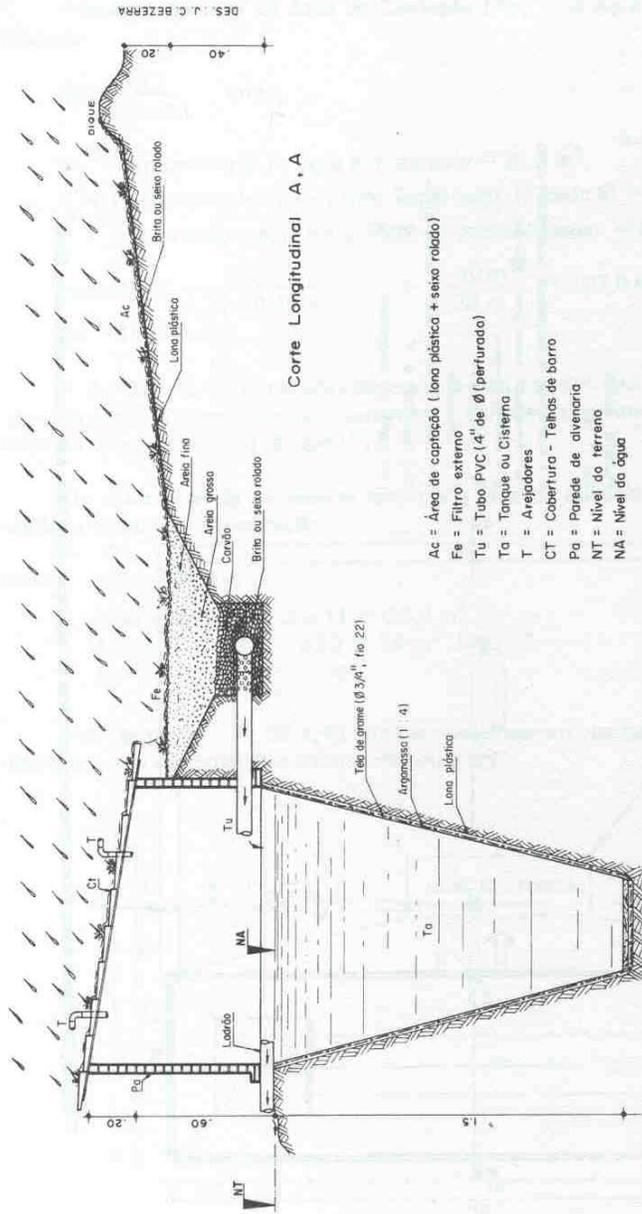
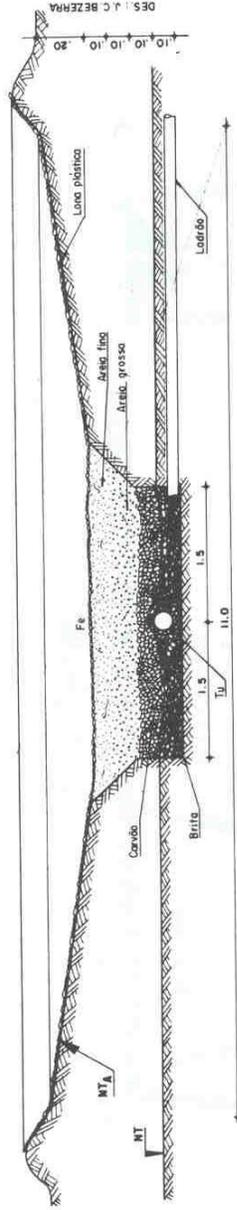


FIGURA 38. Corte longitudinal A,A de cisterna rural com área de captação no próprio solo e capacidade para 30 m³.

- Ac = Área de captação
- Fe = Filtro externo
- NT = Nivel do terreno
- NT_A = Nivel do terreno na Ac após o aterro
- Tu = Tubo PVC com 4" de ϕ = Ladrão



Corte transversal C,C

FIGURA 40. Corte transversal C,C de cisterna rural com área de captação no próprio solo e capacidade para 30 m³.

Material para a construção de uma Cisterna Rural Tipo CPATSA

De acordo com o dimensionamento feito nos itens anteriores, pelo método das tentativas, é necessário o seguinte material para uma cisterna com capacidade para 30m^3 :

Revestimento do Ta.

• Lona impermeável: observando-se os cortes longitudinal e transversal da Figura 41, e considerando uma folga de 1,0 m de lona em cada extremidade, tem-se:

Largura	Comprimento
$2 \times 1,8 + 2 + 2$	$2 \times 1,8 + 9 + 2$
$(7,6 \times 14,6)\text{m}$	$(8 \times 15)\text{m}$
$= 120 \text{ m}^2$	

- Tela de arame (7,5m x 14,0m) = 105 m^2
- Sika: dosagem padrão = 200 g/m^2

Área das paredes: A_p

$$A_p = \frac{2(22 + 9) 1,8}{2} + \frac{2(3 + 1) 1,8}{2} = 43,2 \text{ m}^2$$

$$200 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 43,2 \text{ m}^2 \therefore x \cong 10 \text{ kg}$$

- Cimento: revestimento das paredes – traço 1:4
 1 m^3 de argamassa – 7 sacos cimento
 – areia grossa ou média $\cong 1,2 \text{ m}^3$

Com 1 m^3 de argamassa e uma espessura de 0,015 m para a camada de revestimento, tem-se

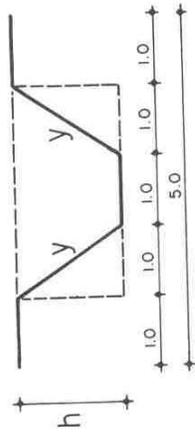
$$1 \text{ m}^3 \text{ de argamassa} / 0,015 \text{ m} \cong 67 \text{ m}^2$$

logo:

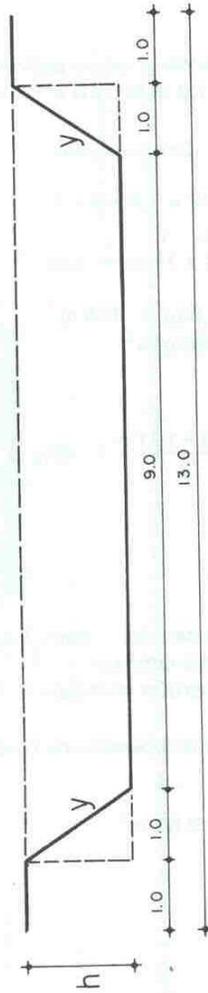
- Cimento:

$$7 \rightarrow \text{sacos} \rightarrow 67 \text{ m}^2$$

$$x \text{ sacos} \rightarrow 43 \therefore x \cong 5 \text{ sacos}$$



A Corte transversal



B Corte longitudinal

Escala : 1 / 100

Talude : 1,5 / 1

h : 1,5 m

$$y = \sqrt{h^2 + 1^2}$$

$$y = 1,8 \text{ m}$$

FIGURA 41. Cortes transversal e longitudinal para determinação da quantidade de material a ser utilizado na implantação de cisterna rural tipo CPATSA.

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Areia: } 1,2 \text{ m}^3 &\rightarrow 67 \text{ m}^2 \\ x &\rightarrow 43 \text{ m}^2 \therefore x \cong 1,0 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ Piso: laje de concreto – dimensões do piso: } (9,0 \times 1,0) = 9,0 \text{ m}^2$$

altura da laje: 0,05 m

traço 1 : 3 : 5

1 m² de piso com 0,05 m de altura da laje, necessita:

10,6 kg cimento

0,029 m³ de areia

0,048 m³ de brita ou seixo rolado

logo: para 9,0 m² será necessário: (+ 10%)

9,0 x (10,6) \cong 2 sacos de cimento

Areia \cong 0,3 m³

Brita ou

seixo rolado \cong 0,5 m³

Filtro interno (Fi)

A Figura 39, corte transversal B B', mostra a disposição de suas camadas filtrantes.

Área das paredes:

$$\text{Parede interna} = 1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 1,0 \text{ m}^2$$

$$\text{Reservatório} = 4(0,5 \times 1,5) = 3,0 \text{ m}^2$$

$$\bullet \text{ Tijolo } 1 \text{ m}^2 \rightarrow 60 \text{ tijolos}$$

$$4 \text{ m}^2 \rightarrow x \therefore x = 250 \text{ tijolos}$$

$$x = 0,250 \text{ milheiro}$$

• Cimento: traço 1:4

$$7 \text{ sacos} \rightarrow 67 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 4,0 \text{ m}^2$$

$$x = 0,5 \text{ sacos}$$

$$\bullet \text{ Areia: } 1,2 \text{ m}^3 \rightarrow 67 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 4,0 \text{ m}^2 \therefore x = 0,08 \text{ m}^3$$

• Material filtrante: área do filtro: 2 x 1 = 2 m²

camadas de 0,10 m (=10 cm)

$$\text{brita ou seixo rolado} = 2 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 0,2 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Areia fina} &= 2 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 0,2 \text{ m}^3 \\ \text{Areia grossa} &= 0,2 \text{ m}^3 \\ \text{Carvão vegetal} &\cong 20 \text{ kg} \end{aligned}$$

O reservatório de alvenaria do filtro pode ser substituído por um tubo de PVC, de 4, 6 ou 8 polegadas de diâmetro, dependendo da vazão da bomba.

Área de Captação

- Considerando o telhado da cisterna como área de captação, tem-se:
 $\text{Área do telhado} = (11 \times 3) \text{ m} = 33 \text{ m}^2$
 portanto:
 $A_c = 107,0 \text{ m}^2 - 33,0 \text{ m}^2 = 74,0 \text{ m}^2$
- dimensões da $A_c = (7,0 \times 11,0) = 77,0 \text{ m}^2$.

Material para a cobertura da A_c

- Dimensões da lona impermeável: considerando um acréscimo de 1,0 m de cada lado da lona tem-se:

$$\text{lona} = (8 \times 13) = 104 \text{ m}^2$$

- Quantidade de brita ou seixo rolado; considerando-se o diâmetro da brita ou do seixo rolado de 0,01 m,

$$A_c = 77 \text{ m}^2 \times 0,01 \text{ m} = 0,77 \text{ m}^3 \times 10\% \cong 1,0 \text{ m}^3$$

Com um aumento em todo material de 10% tem-se a quantidade de brita de $1,0 \text{ m}^3$.

Filtro externo (Fe)

O filtro deve ter as dimensões de $1 \times 3 \times 0,4 \text{ m}$ de largura, comprimento e profundidade respectivamente, e camadas de material filtrante de no mínimo $0,10 \text{ m}$. As Figuras 38 e 40 mostram como este se apresenta. A quantidade do material de cada camada será:

$$1,0 \times 3,0 \times 0,1 = 0,3 \text{ m}^3,$$

foram considerados 30 kg de carvão vegetal.

Cobertura

- Parede de suporte

alturas das paredes: parte mais alta = 0,80 m
 parte mais baixa = 0,60 m
 média = 0,70 m

Área das paredes: $2 (11,0 \times 0,7) = 15,4 \text{ m}^2$
 $2 (3,0 \times 0,7) = 4,2 \text{ m}^2$

Total = $19,6 \cong 20 \text{ m}^2$

- $1 \text{ m}^2 \rightarrow 60$ tijolos (tipo comum)
- $20 \text{ m}^2 \rightarrow \therefore x = 1.200$ (10%) = 1.300 tijolos

- Cimento – traço 1:4
 7 sacos $\rightarrow 67 \text{ m}^2$
 $x \rightarrow 20 \therefore x = 2,3$ sacos

- Areia grossa ou média

$1,3 \text{ m}^3 \rightarrow 67 \text{ m}^2$
 $x \rightarrow 20 \text{ m}^2 \therefore x = 0,36 \text{ m}^3$ (10%) $\cong 0,4 \text{ m}^3$

- Área a ser coberta: $(11,0 \times 3,0) = 33 \text{ m}^2$
- Caibros $(0,07 \times 0,05)$: espaçados de $0,4 \text{ m} = 90 \text{ m}$
- Ripas = 90 m
- Telhas: $1 \text{ m}^2 \rightarrow 36$ telhas (tipo comum)
 $33 \text{ m}^2 \rightarrow x \therefore x \cong 1.300$ telhas

Proteção (animais, crianças, etc.)

Comprimento = $2 (11 + 2) = 26 \text{ m}$
 largura = $2 (3 + 7 + 2) = 24 \text{ m}$
 total = 50 m (10%) = 55 m

- Estacas espaçadas de $1,0 \text{ m} \cong 60$ estacas
- Arame farpado – 8 fios = $(60 \times 8) = 480 \text{ m}$.

A Tabela 17 mostra o custo da cisterna rural tipo CPATSA, ora dimensionada. As Figuras 42, 43 e 44 e Tabelas 18 a 20 mostram as plantas e os custos de implantação para outras alternativas com capacidades para 15, 50 e 100 mil litros, e tanque de armazenamento revestido com lona plástica, tela de arame e argamassa.

**TABELA 17. Custo de implantação de uma cisterna tipo CPATSA, com capacidade para 30 m³.
Junho – 1984. Petrolina, PE.**

ALTERNATIVA 1: Ac = Área de captação – lona impermeável e brita ou seixo rolado
 F = Filtro – brita ou seixo rolado, areia, carvão vegetal, lona impermeável, cimento e tijolo
 Ta = Tanque ou cisterna – lona impermeável, tela de arame, cimento, brita ou seixo rolado e areia
 S = Solo pesado

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR ^(a)	
			ORTN	US\$
ÁREA DE CAPTAÇÃO				
– Lona impermeável (8 x 8) m	m ²	104	5,78	45,06
– Brita ou seixo rolado	m ³	1,0	0,25	1,93
– Mão-de-obra	H/D(b)	2,0	0,49	3,85
FILTRO EXTERNO				
– Areia grossa (camada 0,10 m)	m ³	0,3	0,07	0,58
– Areia fina (camada 0,10 m)	m ³	0,3	0,07	0,58
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,3	0,07	0,58
– Carvão vegetal	kg	30	0,12	0,96
– Tubo de PVC de 4" de Ø	m	12	2,64	20,52
– Mão-de-obra	H/D	2,0	0,49	3,85
CISTERNA (Ta): h [(m x n) (r x s)]^(c)				
– Escavação do tanque	H/D	12	2,97	23,11
– Lona impermeável (8 x 15) m	m ²	120	6,67	51,99
– Tela de arame, malha de 3/4" ou 1" fio 22	m ²	105	17,30	134,79
– Sika 2	kg	10,0	1,65	12,84
– Cimento	saco	7,0	2,88	22,46
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,5	0,12	0,96
– Areia grossa	m ³	1,3	0,32	2,50
– Bomba manual	uma	1,0	7,90	61,55
– Mão-de-obra	H/D	3,0	1,73	13,48
FILTRO INTERNO				
– Tijolo	milh.	0,25	0,25	1,93
– Cimento	saco	0,5	0,20	1,60
– Areia grossa	m ³	0,3	0,07	0,58
– Areia fina	m ³	0,2	0,05	0,39
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,2	0,05	0,39
– Carvão vegetal	kg	20	0,08	0,64
– Mão-de-obra	H/D	2,0	0,49	3,85
PAREDE EXTERNA				
– Tijolo	milh.	1,3	1,29	10,01
– Cimento	saco	2,3	0,95	7,38
– Areia grossa	m ³	0,4	0,10	0,77
– Mão-de-obra	H/D	3,0	1,73	13,48

(continua)

continuação da Tabela 17

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR(a)	
			ORTN	US\$
COBERTURA				
- Caibros	m	90	2,00	15,60
- Ripas	m	90	0,96	7,51
- Telhas	milh.	1,3	2,14	16,69
- Mão-de-obra	H/D	3,0	0,74	5,78
PROTEÇÃO				
- Estacas	uma	60	1,98	15,40
- Arame	m	480	1,58	12,32
- Mão-de-obra	H/D	2,0	0,49	3,85
TOTAL			66,67	519,76

(a) ORTN = 12.137,98 (junho - 84)

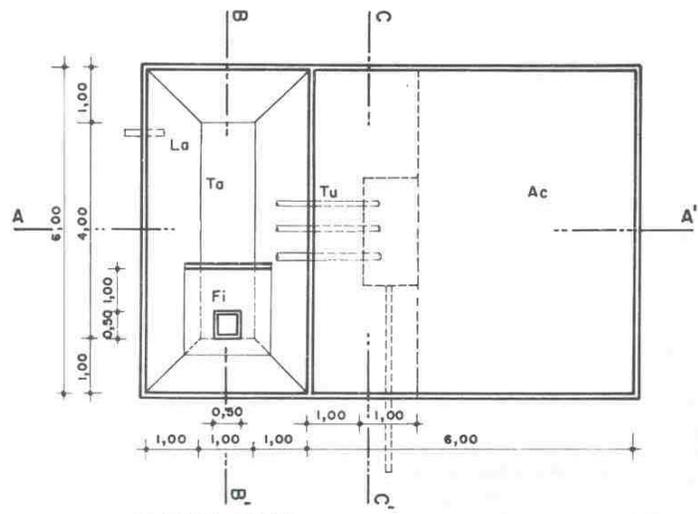
1 dólar = Cr\$ 1.558,00 (30.05.84)

(b) H/D = Homem/dia

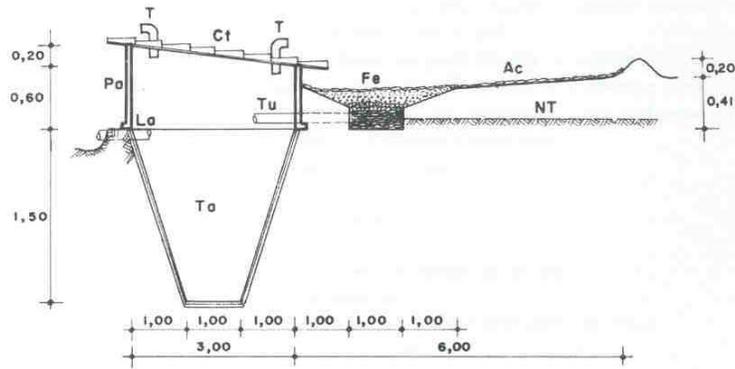
(c) V = Volume de água armazenada = 30 m³
h = altura de cisterna = 1,5 m

Base maior: m = 11,0 m
n = 3,0 m

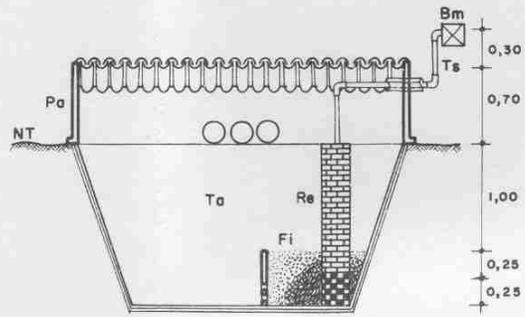
Base menor: r = 9,0 m
s = 1,0 m



PLANTA BAIXA
ESC. 1 : 100

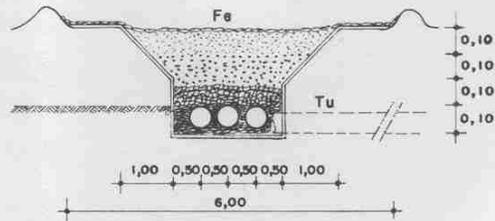


CORTE LONGITUDINAL A - A'
ESC. H - 1 : 100
V - 1 : 50



CORTE TRANSVERSAL B-B'

ESC. H - 1:100
V - 1:50



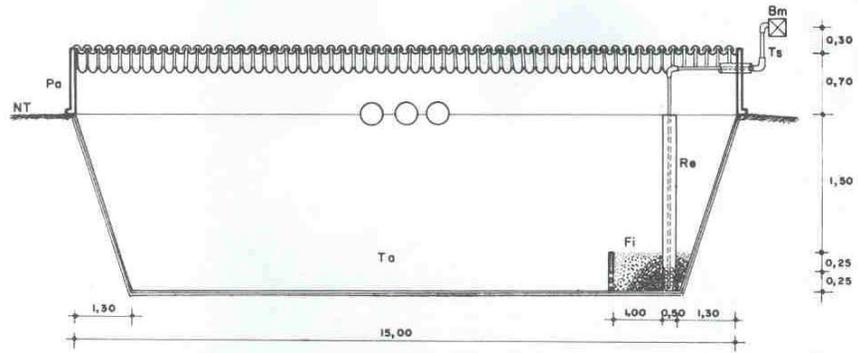
CORTE TRANSVERSAL C-C'

ESC. H - 1:100
V - 1:20

LEGENDA :

○ ○ ○	-	BRITA OU SEIXO ROLADO
□ □ □	-	CARVÃO VEGETAL
• • •	-	AREIA GROSSA
• • •	-	AREIA FINA
Cc	-	CAPACIDADE DA CISTERNA = 15 m^3
C	-	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL = 0,7
Pm	-	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL = 400 mm
Ac	-	ÁREA DE CAPTAÇÃO : $Ct + Ac = (18 + 36) \text{ m}^2$ (+ TELHA + LONA IMPERMEABILIZANTE + BRITA OU SEIXO ROLADO)
Fe	-	FILTRO EXTERNO : BRITA OU SEIXO ROLADO + CARVÃO VEGETAL + AREIA GROSSA + AREIA FINA = $2,0 \text{ m}^2$
Fi	-	FILTRO INTERNO : BRITA OU SEIXO ROLADO + CARVÃO VEGETAL + AREIA GROSSA + AREIA FINA + TIJOLO + CIMENTO = $1,5 \text{ m}^2$
Ta	-	TANQUE DE ARMAZENAMENTO OU CISTERNA : LONA IMPERMEABILIZANTE + TELA DE ARAME + ARGAMASSA (Traço 1:4)
Ct	-	COBERTURA : MADEIRA + TELHA
Pa	-	PAREDE DE UMA VEZ
Tu	-	TUBO DE PVC DE $\varnothing 4''$
Bm	-	BOMBA MANUAL
Ts	-	TUBULAÇÃO DE SUÇÃO DA BOMBA DE $\varnothing 3/4''$
La	-	LADRÃO OU SANGRADOURO
Re	-	RESERVATÓRIO DE ÁGUA FILTRADA (ALVENARIA OU PVC)
T	-	TUBO PARA CIRCULAÇÃO DO AR

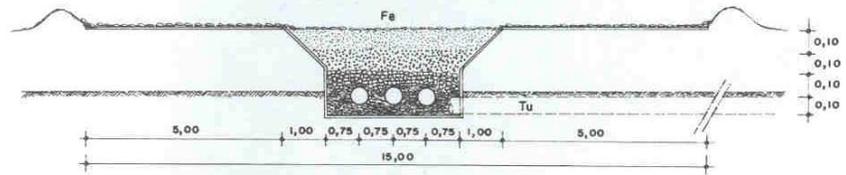
FIGURA 42. Cisterna rural com área de captação no próprio solo e capacidade para 15 m^3 .



CORTE TRANSVERSAL B - B'

ESC. H - 1 : 100

V - 1 : 50



CORTE TRANSVERSAL C - C'

ESC. H - 1 : 100

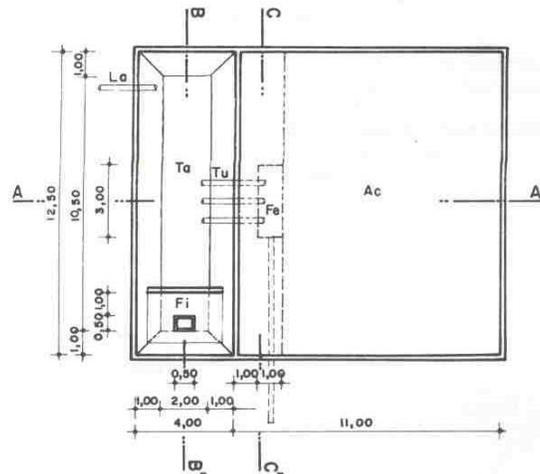
V - 1 : 20



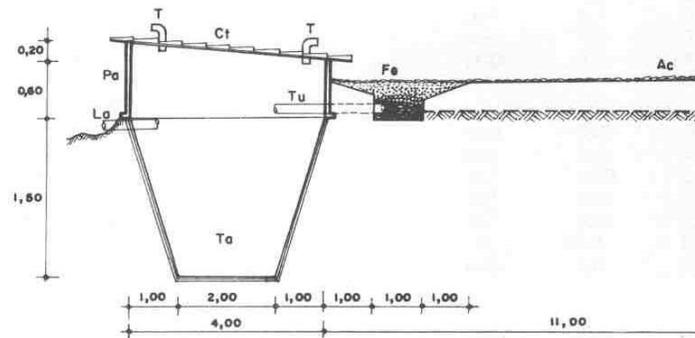
LEGENDA :

○ ○ ○	-	BRITA OU SEIXO ROLADO
□ □ □	-	CARVÃO VEGETAL
• • •	-	AREIA GROSSA
• • •	-	AREIA FINA
Cc	-	CAPACIDADE DA CISTERNA = 100 m^3
C	-	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL = 0,7
Pm	-	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL = 400 mm
Ac	-	ÁREA DE CAPTAÇÃO : $Cf + Ac = (75 + 285) \text{ m}^2 = 360 \text{ m}^2$, (TELHA + LONA IMPERMEABILIZANTE + BRITA OU SEIXO ROLADO)
Fe	-	FILTRO EXTERNO : BRITA OU SEIXO ROLADO + CARVÃO VEGETAL + AREIA GROSSA + AREIA FINA = 3 m^2
Fi	-	FILTRO INTERNO : BRITA OU SEIXO ROLADO + CARVÃO VEGETAL + AREIA GROSSA + AREIA FINA + TIJOLO + CIMENTO = $3,6 \text{ m}^2$
Ta	-	TANQUE DE ARMAZENAMENTO OU CISTERNA : LONA IMPERMEABILIZANTE + TELA DE ARAME + ARGAMASSA (Traço 1:4)
Cf	-	COBERTURA : MADEIRA + TELHA
Pa	-	PAREDE DE UMA VEZ
Tu	-	TUBO DE PVC DE $\phi 4''$
Bm	-	BOMBA MANUAL
Ts	-	TUBULAÇÃO DE SUCÇÃO DA BOMBA DE $\phi 3/4''$
La	-	LADRÃO OU SANGRADOURO
Re	-	RESERVATÓRIO DE ÁGUA FILTRADA (ALVENARIA OU PVC)
T	-	TUBO PARA CIRCULAÇÃO DO AR

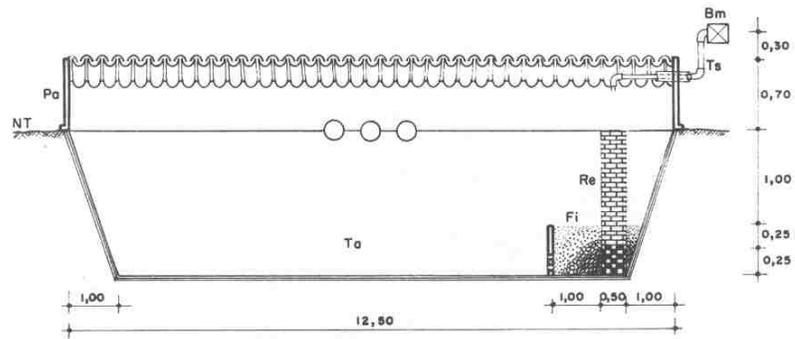
FIGURA 43. Cisterna rural com área de captação no próprio solo e capacidade para 50 m^3 .



PLANTA BAIXA
ESC. 1 : 200

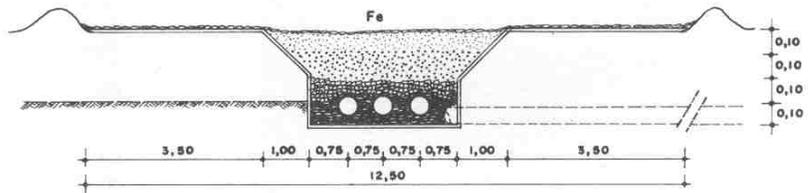


CORTE LONGITUDINAL A.-A'
ESC. H - 1 : 100
V - 1 : 50



CORTE TRANSVERSAL B - B¹

ESC. H - 1:100
V - 1:50



CORTE TRANSVERSAL C - C¹

ESC. H - 1:100
V - 1:20



LEGENDA :

○ ○ ○	-	BRITA OU SEIXO ROLADO
□ ▢ □	-	CARVÃO VEGETAL
• • •	-	AREIA GROSSA
• • •	-	AREIA FINA
Cc	-	CAPACIDADE DA CISTERNA = 50 m^3
C	-	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL = 0,7
Pm	-	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL = 400 mm
Ac	-	ÁREA DE CAPTAÇÃO : $Cf + Ac = (50 + 150) \text{ m}^2 = 200 \text{ m}^2$, (TELHA + LONA IMPERMEABILIZANTE + BRITA OU SEIXO ROLADO)
Fe	-	FILTRO EXTERNO : BRITA OU SEIXO ROLADO + CARVÃO VEGETAL + AREIA GROSSA + AREIA FINA = 3 m^2
Fi	-	FILTRO INTERNO : BRITA OU SEIXO ROLADO + CARVÃO VEGETAL + AREIA GROSSA + AREIA FINA + TIJOLO + CIMENTO = 3 m^2
Ta	-	TANQUE DE ARMAZENAMENTO OU CISTERNA : LONA IMPERMEABILIZANTE + TELA DE ARAME + ARGAMASSA (Traço 1:4)
Ct	-	COBERTURA : MADEIRA + TELHA
Pa	-	PAREDE DE UMA VEZ
Tu	-	TUBO DE PVC DE $\varnothing 4''$
Bm	-	BOMBA MANUAL
Ts	-	TUBULAÇÃO DE SUÇÃO DA BOMBA DE $\varnothing 3/4''$
La	-	LADRÃO OU SANGRADOURO
Re	-	RESERVATÓRIO DE ÁGUA FILTRADA (ALVENARIA OU PVC)
T	-	TUBO PARA CIRCULAÇÃO DO AR

FIGURA 44. Cisterna rural com área de captação no próprio solo e capacidade para 100 m^3 .

**TABELA 18. Custo de implantação de uma cisterna tipo CPATSA, com capacidade para 15 m³.
Junho – 1984. Petrolina, PE.**

ALTERNATIVA 1: Ac = Área de captação – lona impermeável e brita ou seixo rolado
 F = Filtro – brita ou seixo rolado, areia, carvão vegetal, lona impermeável, cimento e tijolo
 Ta = Tanque ou cisterna – lona impermeável, tela de arame, cimento, brita ou seixo rolado e areia.
 S = Solo pesado

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR ^(a)	
			ORTN	US\$
ÁREA DE CAPTAÇÃO				
– Lona impermeável (8 x 8) m	m ²	64,0	3,56	27,73
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,5	0,12	0,96
– Mão-de-obra	H/D ^(b)	1,5	0,37	2,89
FILTRO EXTERNO				
– Areia grossa (camada 0,10 m)	m ³	0,3	0,07	0,58
– Areia fina (camada 0,10 m)	m ³	0,3	0,07	0,58
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,3	0,07	0,58
– Carvão vegetal	kg	20,0	0,08	0,64
– Tubo de PVC de 4" de Ø	m	12,0	2,64	20,52
– Mão-de-obra	H/D	1,5	0,37	2,89
CISTERNA (Ta): h [(m x n) (r x s)]^(c)				
– Escavação do tanque	H/D	6,0	1,48	11,55
– Lona impermeável (8 x 10)m	m ²	80,0	4,45	34,66
– Tela de arame, malha de 3/4" ou 1" fio 22	m ²	65,0	10,71	83,44
– Sika 2	kg	10,0	1,65	12,84
– Cimento	saco	4,0	1,65	12,84
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,2	0,05	0,38
– Areia grossa	m ³	0,7	0,17	1,35
– Bomba manual	uma	1,0	7,90	61,55
– Mão-de-obra	H/D	2,0	1,15	8,98
FILTRO INTERNO				
– Tijolo	milh.	0,25	0,25	1,93
– Cimento	saco	0,50	0,20	1,60
– Areia grossa	m ³	0,30	0,07	0,58
– Areia fina	m ³	0,20	0,05	0,39
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,20	0,05	0,39
– Carvão vegetal	kg	20,0	0,08	0,64
– Mão-de-obra	H/D	2,0	0,49	3,85
PAREDE EXTERNA				
– Tijolo	milh.	0,83	0,82	6,39
– Cimento	saco	1,50	0,62	4,81
– Areia grossa	m ³	0,30	0,07	0,58
– Mão-de-obra	H/D	2,0	1,15	8,98

(continua)

continuação da Tabela 18

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR(a)	
			ORTN	US\$
COBERTURA				
– Caibros	m	50,0	1,11	8,66
– Ripas	m	50,0	0,53	4,17
– Telhas	milh.	0,75	1,24	9,63
– Mão-de-obra	H/D	2,0	0,49	3,85
PROTEÇÃO				
– Estacas	uma	45,0	1,48	11,55
– Arame	m	360	1,19	9,24
– Mão-de-obra	H/D	2,0	0,49	3,85
TOTAL			46,94	366,05

(a) ORTN = Cr\$ 12.137,98 (junho - 84)

1 dólar = Cr\$ 1.558,00 (30.05.84)

(b) H/D = Homem/dia

(c) V = Volume de água armazenada = 15 m³

h = altura da cisterna = 1,5 m

Base maior: m = 6,0 m
n = 3,0 m

Base menor: r = 4,0 m
s = 1,0 m

**TABELA 19. Custo de implantação de uma cisterna tipo CPATSA, com capacidade para 50 m³.
Junho — 1984. Petrolina, PE.**

ALTERNATIVA 1: Ac = Área de captação — lona impermeável e brita ou seixo rolado
 F = Filtro — brita ou seixo rolado, areia, carvão vegetal, lona impermeável, cimento e tijolo
 Ta = Tanque ou cisterna — lona impermeável, tela de arame, cimento, brita ou seixo rolado e areia.
 S = Solo pesado

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR ^(a)	
			ORTN	US\$
ÁREA DE CAPTAÇÃO				
— Lona impermeável (16 x 13) m	m ²	208	11,57	90,12
— Brita ou seixo rolado	m ³	1,5	0,37	2,89
— Mão-de-obra	H/D ^(b)	2,0	0,49	3,85
FILTRO EXTERNO				
— Areia grossa (camada 0,10 m)	m ³	0,3	0,07	0,58
— Areia fina (camada 0,10 m)	m ³	0,3	0,07	0,58
— Brita ou seixo rolado	m ³	0,3	0,07	0,58
— Carvão vegetal	kg	30	0,12	0,96
— Tubo de PVC de 4" de Ø	m	24	2,64	20,52
— Mão-de-obra	H/D	2,0	0,49	3,85
CISTERNA (Ta): h [(m x n) (r x s)]^(c)				
— Escavação do tanque	H/D	24	5,93	46,21
— Lona impermeável (8 x 16) m	m ²	128	7,12	55,46
— Tela de arame, malha de 3/4" ou 1" de fio 22	m ²	120	19,77	154,04
— Sika 2	kg	15,0	2,47	19,25
— Cimento	saco	11,0	4,53	35,30
— Brita ou seixo rolado	m ³	1,2	0,30	2,31
— Areia grossa	m ³	1,7	0,42	3,27
— Bomba manual	uma	1,0	7,90	61,55
— Mão-de-obra	H/D	3,0	1,73	13,48
FILTRO INTERNO				
— Tijolo	milh.	0,26	0,26	2,00
— Cimento	saco	0,50	0,21	1,60
— Areia grossa	m ³	0,40	0,10	0,77
— Areia fina	m ³	0,30	0,07	0,58
— Brita ou seixo rolado	m ³	0,30	0,07	0,58
— Carvão vegetal	kg	30,0	0,12	0,96
— Mão-de-obra	H/D	2,0	0,59	3,85
PAREDE EXTERNA				
— Tijolo	milh.	1,50	1,48	11,55
— Cimento	saco	2,70	1,11	8,66
— Areia grossa	m ³	0,50	0,12	0,96
— Mão-de-obra	H/D	3,00	1,73	13,48

(continua)

continuação da Tabela 19

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR (a)	
			ORTN	US\$
COBERTURA				
- Caibros	m	140	3,11	24,26
- Ripas	m	140	1,50	11,68
- Telhas	milh.	2,0	3,29	25,67
- Mão-de-obra	H/D	3,0	0,74	5,78
PROTEÇÃO				
- Estacas	uma	70	2,31	17,97
- Arame	m	600	1,98	15,40
- Mão-de-obra	H/D	3,0	0,74	5,78
TOTAL			85,49	665,57

(a) ORTN = Cr\$ 12.137,98 (junho - 84)

1 dólar = Cr\$ 1.558,00 (30.05.84)

(b) H/D = Homem/dia

(c) V = Volume de água armazenada = 50 m³

h = altura da cisterna = 1,5 m

Base maior: m = 12,5 m
n = 4,0 m

Base menor: r = 10,5 m
s = 2,0 m

**TABELA 20. Custo de implantação de uma cisterna tipo CPATSA, com capacidade para 100 m³.
Junho – 1984. Petrolina, PE.**

ALTERNATIVA 1: Ac = Área de captação – lona impermeável e brita ou seixo rolado
 F = Filtro – brita ou seixo rolado, areia, carvão vegetal, lona impermeável, cimento e tijolo.
 Ta = Tanque ou cisterna – lona impermeável, tela de arame, cimento, brita ou seixo rolado e areia.
 S = Solo pesado

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR ^(a)	
			ORTN	US\$
ÁREA DE CAPTAÇÃO				
– Lona impermeável (16 x 21) m	m ²	336	18,68	145,57
– Brita ou seixo rolado	m ³	3,0	0,74	5,78
– Mão-de-obra	H/D ^(b)	3,0	0,74	5,78
FILTRO EXTERNO				
– Areia grossa (camada 0,10 m)	m ³	0,3	0,07	0,58
– Areia fina (camada 0,10 m)	m ³	0,3	0,07	0,58
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,3	0,07	0,58
– Carvão vegetal	kg	30	0,12	0,96
– Tubo de PVC de 4" de Ø	m	12	2,64	20,52
– Mão-de-obra	H/D	3,0	0,74	5,78
CISTERNA (Ta): $h [(m \times n) (r \times s)]^{(c)}$				
– Escavação do tanque	H/D	40	9,88	77,02
– Lona impermeável (8 x 19,3)m	m ²	155	8,62	67,15
– Tela de arame, malha de 3/4" ou fio 22	m ²	155	25,54	198,97
– Sika 2	kg	20	3,29	25,67
– Cimento	saco	18	7,41	57,77
– Brita ou seixo rolado	m ³	2,0	0,49	3,85
– Areia grossa	m ³	3,0	0,74	5,78
– Bomba manual	uma	1,0	7,90	61,55
– Mão-de-obra	H/D	5,0	2,88	22,46
FILTRO INTERNO				
– Tijolo	milh.	0,35	0,35	2,69
– Cimento	saco	0,60	0,25	1,92
– Areia grossa	m ³	0,60	0,15	1,15
– Areia fina	m ³	0,50	0,12	0,96
– Brita ou seixo rolado	m ³	0,50	0,12	0,96
– Carvão vegetal	kg	30	0,12	0,96
– Mão-de-obra	H/D	3,0	0,74	5,78
PAREDE EXTERNA				
– Tijolo	milh.	1,8	1,78	13,86
– Cimento	saco	3,3	1,36	10,60

(continua)

continuação da Tabela 20

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR ^(a)	
			ORTN	US\$
– Areia grossa	m ³	0,6	0,15	1,15
– Mão-de-obra	H/D	5,0	2,88	22,46
COBERTURA				
– Caibros	m	200	4,45	34,66
– Ripas	m	200	2,14	16,69
– Telhas	milh.	3,0	4,94	38,51
– Mão-de-obra	H/D	4,0	0,99	7,70
PROTEÇÃO				
– Estacas	uma	95	3,13	24,39
– Arame	m	800	2,64	20,54
– Mão-de-obra	H/D	4,0	0,99	7,70
TOTAL			117,92	919,03

(a) ORTN = Cr\$ 12.137,98 (junho - 84)

1 dólar = Cr\$ 1.558,00 (30.05.84)

(b) H/D = Homem/dia

(c) V = Volume de água armazenada = 100 m³

h = altura da cisterna = 2,0 m

Base maior m = 15,0 m
n = 5,0 m

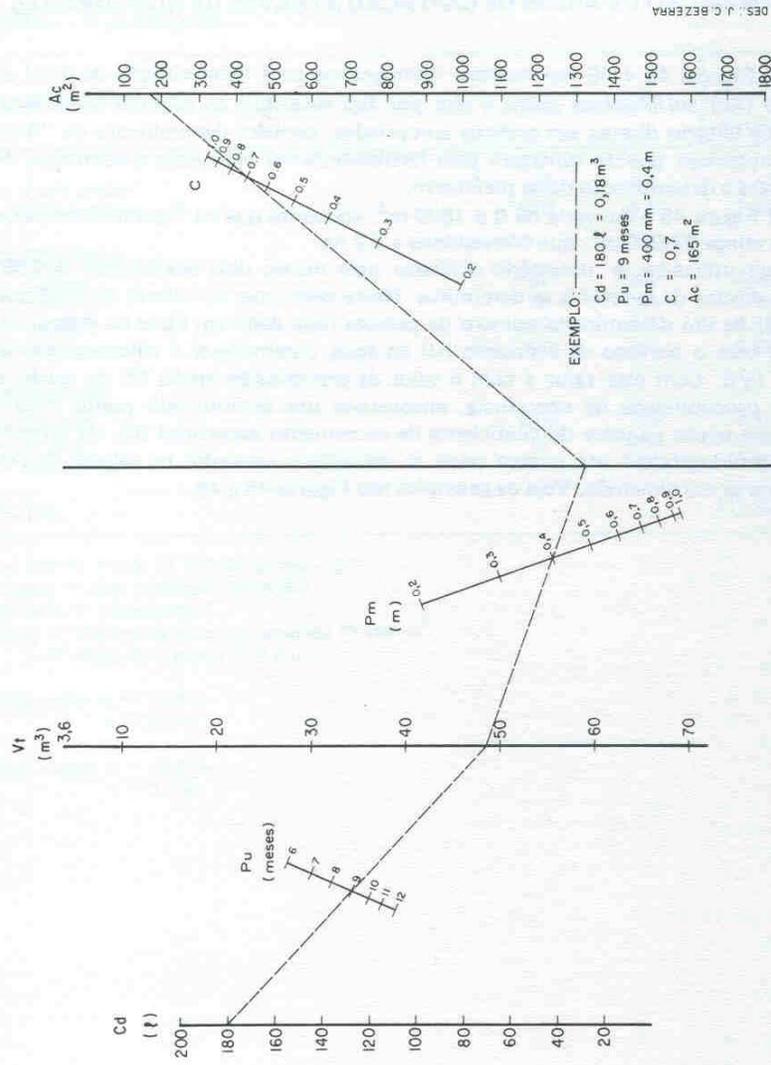
Base menor r = 12,5 m
s = 2,4 m

DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE CAPTAÇÃO ATRAVÉS DE NOMOGRAMAS

As Figuras 45 e 46 representam nomogramas para determinação de áreas de captação (A_c) em cisternas rurais e têm por fim substituir os cálculos numéricos, através de leituras diretas, em gráficos apropriados, também denominados de "Abaco". Apresentam grande vantagem pela facilidade de seu manuseio e economia de tempo para a determinação deste parâmetro.

Na Figura 45 a A_c varia de 0 a 1800 m², enquanto que na Figura 46 seu valor máximo atinge 22.000 m², que corresponde a 2,2 ha.

Para utilizá-los, é necessário conhecer pelo menos dois coeficientes que são funções diretas da variável a se determinar. Neste caso, com os valores do consumo diário (S) de um determinado número de pessoas (seja dado em litros ou metros cúbicos) e com o período de utilização (U) da água, determina-se o volume total necessário (V_t). Com este valor e com o valor da precipitação média (P) da região, a 50% de probabilidade de ocorrência, encontra-se um determinado ponto. Interligando este ponto ao valor do coeficiente de escoamento superficial (C), da referida área, e prolongando-o até o eixo onde se encontram escalados os valores da A_c , determina-se sua dimensão. Veja os exemplos nas Figuras 45 e 46.



DES. J. C. BEZERRA

FIGURA 45. Determinação da área de captação (Ac) em função dos coeficientes: consumo diário (Cd), período de utilização (Pu), volume total (Vt), precipitação (P) e coeficiente de escoamento superficial (C) necessários para dimensionamento de sistemas rurais.

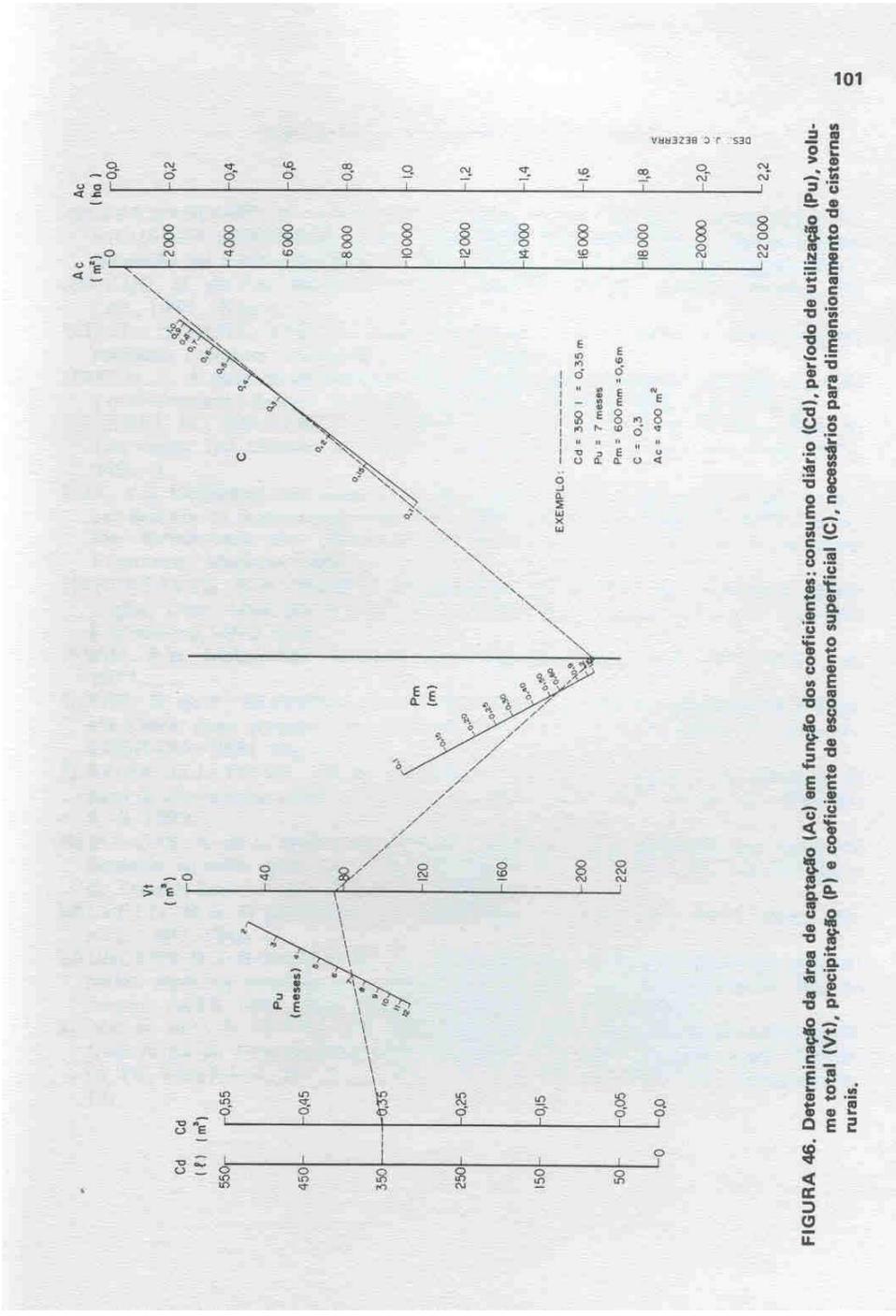


FIGURA 46. Determinação da área de captação (A_c) em função dos coeficientes: consumo diário (C_d), período de utilização (P_u), volume total (V_t), precipitação (P) e coeficiente de escoamento superficial (C), necessários para dimensionamento de cisternas rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAYA GARDUÑO, M.; MARTINEZ MENES, M.R.; TRUEBA CARRANZA, A.; FIGUEROA SANDOVAL, B. & FERNANDEZ MARROQUIN, O. **Manual de conservación del suelo y del agua**. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1977.
- ARAÚJO, V. de P.A. **Sólidos espaciais: aplicações práticas**. Campina Grande, PB, s.ed., 1984. 151p. il.
- BRASIL. SUDENE. ATECEL. Departamento de Recursos Naturais. **Dados evaporimétricos**. Campina Grande, PB, 1974. v.1. 204p.
- DAKER, A. **A água na agricultura: manual de hidráulica agrícola; captação, elevação e melhoramento de água**, 4 ed. Rio de Janeiro, F. Bastos, 1973. V.2, 377p. il.
- EVENARI, M.; SHANAM, L.; TADMOR, N.; ITAZHAKI, Y. & SHOKOLNIK, A. **The negev; the challenge of a desert**. Cambridge, Harvard University Press, 1971, 345p. il.
- FOK, Y.S. **Collecting rain water for rural water supply**. St. Joseph, Michigan, American Society of Agricultural Engineers, 1982, 7p. (ESAE. Paper, 82-2070). Trabalho apresentado em "Summer Meeting American Society of Agricultural Engineers", Madison, 1982.
- HARGREAVES, G.H. **Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil**. Logan, Utah, Utah State University, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, 1973. 423p.
- IRWIN, R.W. **Cistern for domestic water use**. *Can. Agric. Eng.* 19(1):12-4, June 1977.
- NUNES, R. de P.; BEZERRA, F.F. & PEREIRA, O.J. **Módulos familiares de resistência à seca; novo enfoque para os programas de emergência: sugestões**. Brasília, DF, EMBRAPA, 1980. 10p. il.
- PEREIRA, O.J.; PAIVA, J.B. & ANDRADE, E.M. de. **Rendimento da captação de água de chuva pelas cobertas de telhas de barro**, *Ci.Agron.*, Fortaleza, CE, 14(1/2): 91-6, 1983.
- REBOUÇAS, A. da C. **Guia para obtenção de água de boa qualidade para consumo humano no meio rural**. s.n.t. 14p. il. Trabalho apresentado no Simpósio Brasileiro do Trópico Semi-Árido, Olinda, PE, 1982.
- SALVETTI, M.G. **O polietileno na agropecuária brasileira**. 2.ed. Porto Alegre, RS, s.ed., 1983. 154p. il.
- SAUNDERS, R.J. & WARFORD, J.J. **Abastecimento de água em pequenas comunidades; aspectos econômicos e políticos nos países em desenvolvimento**. Rio de Janeiro, ABES, 1983. 252p. Convênio: ABES/CODEVASF/BNH.
- SILVA, A. de S. & PORTO, E.R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil; tecnologias de baixo custo**. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1982, 128p. il. (EMBRAPA-CPATSA, Documentos, 14).

Fotolito e Impressão:
Polikromia do Nordeste
Rua Dois de Julho, 128
Santo Amaro – Recife – PE
Fones: 231-5667 - 231-5475

Composição e Arte-Final:
M. Magalhães – Composições Gráficas
Rua Belarmino Carneiro, 220 - Torre
Recife - PE
Fone: 227-0969

Capa: Desenho de Tortelli
Adaptação de Clétis Bezerra