

Paola Gonçalves Ribeiro

Engenheira Ambiental e Sanitária, mestranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras - UFLA.
paolagribeiro76@gmail.com

Ivonaldo Pereira

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Lavras
ivonaldopereira2@hotmail.com

Caio Cesar Andrade dos Santos

Mestrando em Sustentabilidade em Recursos Hídricos
professorcaiocesar@hotmail.com

Camila Silva Franco

Doutora em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Professora Adjunta Universidade Federal de Lavras
camila.sfranco@deg.ufla.br

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

Doutora em Recursos hídricos em sistemas agrícolas, Professora integral Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR
roeflorestal@hotmail.com

SISTEMA DE ABASTECIMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO DO ALOJAMENTO IAREM EM LAVRAS - MG

Resumo: O Instituto de Acolhimento e Recuperação Eterna Misericórdia (IAREM), em Lavras-MG, é uma associação civil, sem fins lucrativos, que presta acolhimento a cerca de 60 homens em situação social precária. Objetivou-se avaliar a situação do abastecimento de água do IAREM e propor melhorias visando garantir o fornecimento de água potável, de forma a diminuir o risco de escassez e doenças de veiculação hídrica. Um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva foi dimensionado para o IAREM, sendo o reservatório de acumulação de água de chuva dimensionado pelo método de Rippl e método da simulação. Os componentes do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva foram estimados em: 385 m² para área de cobertura, 626,78 L min⁻¹ para vazão de projeto, 125 mm para diâmetro mínimo de calha, 75 mm para diâmetro comercial mínimo para os condutores verticais, 8 condutores verticais, 9,06 m para espaçamento entre condutos verticais, 2 reservatórios de autolimpeza com volume de 192,49 L para cada reservatório, 3/4" para tubulação de saída do reservatório de autolimpeza, 8 filtros autolimpantes e 2 reservatórios de acumulação de água de chuva. O dimensionamento do reservatório de acumulação de água de chuva pelo método de Rippl leva a uma economicidade de 59,5% conduzindo a um volume de 85,22 m³ inviável técnico e economicamente. Pelo método da simulação proporciona uma confiabilidade de 33% para o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva e confiabilidade volumétrica de 28,43%, fixando-se o volume do reservatório em 30 m³.

Palavras-chave: Sistema de captação, Autolimpeza, Sistemas descentralizados

SUPPLY AND QUALITY SYSTEM WATER FROM ACCOMMODATION IAREM IN LAVRAS - MG

Abstract: The Instituto de Acolhimento e Recuperação Eterna Misericórdia (IAREM), in Lavras-MG, is a non-profit civil association that provides shelter to about 60 men in precarious social situations. The objective was to evaluate the water supply situation of the IAREM and propose improvements to increase and guarantee the supply of drinking water, in order to reduce the risk of scarcity and dissemination of waterborne diseases. A rainwater harvesting and utilization system was designed

for the IAREM, with the rainwater accumulation reservoir sized by the Rippl method and the simulation method. The components of the rainwater harvesting and utilization system were estimated at: 385 m² for coverage area, 626.78 L min⁻¹ for design flow, 125 mm for minimum gutter diameter, 75 mm for minimum commercial diameter for vertical conductors, 8 vertical conductors, 9.06 m for spacing between vertical conduits, 2 self-cleaning tanks, 192 L, 49 L volume for each tank, ¾ "self-cleaning tank output stop, 8 self-cleaning filters and 2 rainwater storage tanks. The design of the water storage tank by the Rippl method leads to a saving of 59.5%, leading to a technically and economically viable volume of 85.22 m³. By the daishing method, there is a guarantee of 33% for the system of capture and use of rainwater and a volumetric voltage of 28.43%, setting the volume of the reservoir in 30 m³.

Keywords: Capture System. Self-cleaning. Decentralized system.

Recebido em: 20/06/2018 - Aprovado em: 20/07/2018 - Disponibilizado em: 30/07/2018

INTRODUÇÃO

A escassez e a baixa qualidade dos recursos hídricos tornaram-se um dos sérios problemas mundiais e vem aumentando em função de diversos fatores como a poluição e contaminação das águas, o crescimento da demanda em algumas localizações em função de aglomerados urbanos, desenvolvimento industrial e agrícola. Esses fatores aliados aos custos econômicos elevados dos sistemas de tratamento contribuem para que o abastecimento de água enfrente dificuldades, sobretudo em regiões periféricas e áreas rurais.

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2016), 66,6% dos domicílios nas áreas rurais

captam água sem nenhum tratamento. Dessa forma, aumenta-se o risco de ocorrência de doenças de veiculação hídrica, tais como: diarreia, amebíase, ascaridíase, esquistossomose, cólera, giardíase, teníase e disenterias.

No Brasil, as doenças de veiculação hídrica são responsáveis por cerca de 65% das internações hospitalares e estão associadas na maioria das vezes às condições precárias de saneamento (BRASIL, 2005).

Nessa perspectiva, as crianças são consideradas as mais vulneráveis. De acordo as doenças gastrointestinais são as principais responsáveis pela mortalidade infantil em todo mundo e matam cerca de 1,5 milhão de crianças a cada ano. Mesmo que a maioria dessas mortes sejam de

crianças com idade ≤ 5 anos, o fardo da doença em crianças em idade escolar ainda é considerável e contribui para as altas taxas de abstenção escolar. Sabe-se ainda que há tratamentos eficazes e baratos contra a diarreia, no entanto, apenas 39% das crianças com diarreia recebem tratamento recomendado nos países menos desenvolvidos.

No estudo realizado por Soto et al. (2006) em escolas públicas da zona rural de Ibiúna, SP, as quais utilizavam água de poço como sistema alternativo de abastecimento sem nenhum tipo de tratamento, foi verificado a presença de coliformes totais e termotolerantes em 90% e 82% respectivamente das amostras de água analisadas. Esse resultado evidencia que o risco de ocorrência de veiculação hídrica em áreas rurais tende a ser alto, especialmente em função da contaminação de águas captadas em poços velhos, com vedação insuficiente e construídos em locais impróprios, como áreas de pastagem e fossas.

Em estudo realizado na área urbana de Anastácio-MS por Capp et al. (2012), em que avaliou-se a qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos, foi constatado que 58,3% dos consumidores consideravam a água de boa qualidade caso estivesse apenas aparentemente limpa e sem sabor. Essa

percepção permite que a água seja consumida sem nenhum tipo de tratamento prévio, maximizando o risco de veiculação de doenças. No entanto, existem diversos métodos de tratamento de água a nível doméstico, isso é, no local de uso.

Diante dessa realidade, vê-se a necessidade de intervenções, da implantação de políticas públicas e de estudos em sistemas descentralizados de captação e tratamento de água para as populações residentes em áreas rurais. Como soluções alternativas para abastecimento de água para consumo humano, têm-se sistemas individuais ou coletivos. Os sistemas individuais aplicam-se para residências unifamiliares e os sistemas coletivos, para um conjunto de casas concentradas em comunidades e distritos rurais.

Em Lavras, MG, o Instituto de Acolhimento e Recuperação Eterna Misericórdia (IAREM) é uma instituição sem fins lucrativos com o objetivo de acolher a homens de 40 a 60 anos que estejam em situação social vulnerável (moradores de rua e/ou dependência química), localizada na zona rural do município. Assim como as demais residências rurais, o instituto enfrenta dificuldades com o saneamento básico.

Para abastecimento e uso de água não potável, grande parte da demanda da população pode ser suprida por sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva. A água de chuva pode ser aproveitada para descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagem de roupas, automóveis e pisos. Um sistema de captação e utilização de água de chuva é composto de: superfície de captação, calhas e tubulações, bombas e sistemas pressurizados, Reservatórios

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a situação do abastecimento de água do IAREM e propor melhorias no sentido de aumentar o suprimento de água e garantir o fornecimento de água potável, diminuindo o risco de escassez e de disseminação de doenças de veiculação hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O trabalho foi conduzido no Instituto de Acolhimento e Recuperação Eterna Misericórdia (IAREM) em Lavras-MG. A Comunidade Eterna Misericórdia é uma associação civil, sem fins lucrativos, sem cunho político, visando à promoção humana e social prestando acolhimento a homens de 40 a 60 anos

que estejam em situação social precária (moradores de rua e/ou dependência química). A sede está em implantação no meio rural (localidade de Ponte Alta, município de Lavras-MG) com capacidade para atender cerca de 60 pessoas.

O clima dessa região é Cwa de acordo com a classificação de Köppen e é caracterizado como temperado chuvoso com invernos secos e verões chuvosos. A temperatura média anual é de 19,4 °C e a precipitação média anual é de 1529,7 mm (BRASIL, 1992;DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Descrição do Sistema de Abastecimento da água e Tratamento de Esgoto

A captação de água para abastecimento da comunidade ocorre em poço tubular de 60m de profundidade, com vazão média de 3500 L h⁻¹ por bomba de 1 cv. O funcionamento da bomba hidráulica é de cerca de 8 horas por dia e não há controle do nível do poço. Anteriormente ao período do mês de abril de 2016, a captação de água para abastecimento era realizada em poço semi-artesiano com vazão média de 5000 L dia⁻¹, cuja bomba funcionava 24 horas por dia. Não obteve-se a profundidade do poço semi-artesiano. Informações mais

precisas como o projeto ou layout descritivos dos poços não estavam disponíveis.

Após a captação, a água é aduzida por tubo de PVC de 50 mm para quatro reservatórios de 5000L cada, fabricados em poliéster reforçado em fibra de vidro. Dois reservatórios são destinados ao abastecimento do alojamento (dormitórios) e os outros dois, ao abastecimento do refeitório e à irrigação da horta e do pomar.

O consumo de água pela comunidade ocorre sem tratamento prévio, sendo feita somente a utilização de filtros com material filtrante cerâmica (vela) para o consumo direto de água.

Sistema de Captação e Aproveitamento de água de chuva.

Na intenção de diminuir o risco de escassez de água no instituto, foi dimensionado um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva. O projeto de drenagem de águas pluviais do Instituto de Acolhimento e Recuperação Eterna Misericórdia (IAREM) foi elaborado conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989).

Os componentes principais para a captação de água de chuva são: área de captação, calhas, condutores verticais e

horizontais, reservatório de autolimpeza, filtros, reservatório de armazenamento e extravasor (TOMAZ, 2005).

O levantamento da área de captação do IAREM foi realizado a partir do projeto estrutural da edificação principal, excetuando-se o refeitório. A altura do pendural informada foi de 2,20 metros. A planta de cobertura não estava disponível. As dimensões da edificação principal (dormitórios) possuem largura de 18,97 metros e comprimento de 26,17 metros (Figura 1).

Figura 1 – Dimensões da edificação principal (dormitórios) do IAREM



Fonte: Do autor

As telhas utilizadas na cobertura da edificação são de cerâmica e do tipo italiana. O telhado é de quatro águas e o comprimento do beiral informado foi de 0,50 metros. Não existe nenhum sistema de calhas e condutores que faça a captação da água da chuva.

Calhas e Condutores

O dimensionamento das calhas, condutores verticais e horizontais foi realizado em função da vazão gerada por uma chuva intensa, considerando uma duração da precipitação de 5 minutos e tempo de retorno de 5 anos, escoada sobre uma superfície. A duração da precipitação é fixada pela ABNT (1989) e o período de retorno adotado para coberturas e/ou terraços é de 5 anos. Na determinação da vazão de projeto, utilizou-se do método racional expresso pela Equação 1.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{60} \quad (1)$$

em que:

Q = vazão de projeto (L min⁻¹);
 C = coeficiente de deflúvio (adimensional);
 i = intensidade de chuva (mm h⁻¹);
 A = área de captação (m²).

O coeficiente de deflúvio representa o quociente entre a água que escoar superficialmente pelo total da água precipitada, e depende do tipo de cobertura da área de captação. Segundo Hofkes e Frasier (1996) e Warwick (2006), o coeficiente de deflúvio médio para superfícies de telhas cerâmicas situa-se na faixa 0,6 – 0,9. No trabalho foi adotado um valor igual a 0,80.

Para Lavras-MG, utilizou-se o aplicativo Plúvio 2.1 ® (GPRH, 2006), os quais foram inseridos dados de: estado

(Minas Gerais), estação (Lavras) e localidade (Lavras). Dessa forma, a intensidade da chuva foi calculada pelo aplicativo e dada por meio da Equação 2.

$$i = \frac{10224,81 \cdot T^{0,187}}{(t + 56,281)^{1,149}} \quad (2)$$

em que:

T = período de retorno (anos);
 t = duração da precipitação (min);

Calhas

O dimensionamento das calhas foi feito pelo emprego da equação de Manning (equação 3).

$$Q = \frac{60000}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S} \quad (3)$$

em que:

Q = vazão suportada pela calha (L min⁻¹);
 A = área da seção molhada (m²);
 R = raio hidráulico (m);
 S = declividade de instalação da calha (m m⁻¹);
 n = coeficiente de rugosidade.

Segundo a NBR 10884 (ABNT, 1989), o coeficiente de rugosidade depende do material utilizado na confecção das calhas. O material escolhido foi o PVC, cujo coeficiente de rugosidade é igual a 0,011. O tipo de calha empregado foi a de beiral e com formato semicircular. De acordo com essa mesma norma, a inclinação das calhas de beiral

deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%. As capacidades de calhas semicirculares com coeficiente de

rugosidade $n = 0,011$ são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em $L \text{ min}^{-1}$)

Diâmetro interno (mm)	Declividade		
	0,5%	1,0%	2,0%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT NBR 10844/89

Condutores Verticais

Os condutos verticais foram dimensionados em função da vazão recolhida pelas calhas, podendo ser de formato circular ou retangular. O formato escolhido foi o circular. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), o diâmetro interno dos condutos verticais de secção circular deve ser de no mínimo 70 mm.

Essa mesma norma apresenta um ábaco para dimensionamento dos condutos verticais para condição de saída da calha com aresta viva e para saída com funil, em função da altura da lâmina de água na calha (H), vazão de projeto (Q) e comprimento do condutor vertical (L). Para o trabalho escolheu-se a condição de saída da calha com aresta viva.

A quantidade e espaçamento entre condutos verticais dependem da capacidade máxima da calha em escoar uma chuva intensa recolhida das áreas de captação. Segundo manual técnico do Grupo Tigre (TIGRE, 2016), o número e espaçamento entre condutores verticais foram obtidos por meios da Equação 4 e 5, respectivamente.

$$N_c = \frac{A_c}{A_t} \quad (4)$$

em que:

N_c = número de condutores;

A_c = Área de captação (m^2);

A_t = Área do telhado de captação da máxima vazão escoada pelas calhas (m^2).

$$d = \frac{b}{(N_c - 1)} \quad (5)$$

em que:

d = diâmetro entre condutores (m);

b = comprimento total do plano do telhado (m).

A área máxima de captação de telhado que os condutores circulares atendem é

estimada de acordo com a chuva crítica de cada localidade do país. Botelho e Ribeiro (1998) citam um método prático que

fornece o diâmetro do tubo para chuvas críticas de 120 mm h^{-1} e 150 mm h^{-1} (Tabela 2).

Tabela 2 – Condutores pluviais

Diâmetro interno (mm)	Vazão (L s^{-1})	Área de telhado (m^2)	
		Chuva de 120 mm h^{-1}	Chuva de 150 mm h^{-1}
50	0,57	17	14
75	1,76	53	42
100	3,78	114	90
125	7,00	212	167
150	11,53	348	275
200	25,18	760	600

Fonte: Botelho e Ribeiro (1998).

Condutores Horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais foi realizado pela equação de Manning e projetados com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. No caso de seção circular a

lâmina de água para o dimensionamento deve ser $2/3$ do diâmetro interno (D) do tubo. A NBR 10844 (ABNT, 1989) apresenta uma tabela com vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais. O material escolhido foi o PVC ($n = 0,011$) (TABELA 3).

Tabela 3 – Vazão de condutores horizontais de seção circular (vazões em L min^{-1})

Diâmetro interno (mm)	n = 0,011			
	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844/89.

Filtro

O processo de filtração da água de chuva faz-se necessário para a remoção de materiais grosseiros, como folhas secas de árvores, pequenos insetos e fezes de animais que são arrastados pela água ao passar pelas coberturas das edificações.

Para o trabalho foram avaliados filtros comerciais com a finalidade de realizar o aproveitamento da água da chuva.

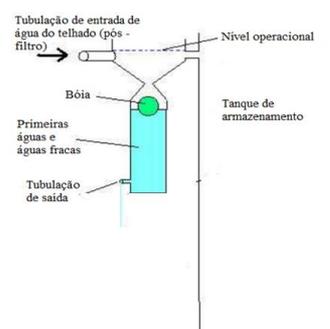
Reservatório de Autolimpeza

O reservatório de autolimpeza tem por finalidade a separação e o descarte das primeiras águas. Essas águas geralmente

fazem a lavagem da atmosfera, do telhado, das calhas e das tubulações e carregam consigo impurezas que não foram retidas pelo filtro.

Para dimensionamento do reservatório de autolimpeza, Dacach (1990) sugere que esse deve ter capacidade para armazenar 0,8 a 1,5 L m⁻² de telhado. Para o trabalho adotou-se 1,0L de chuva por m² ou 1 mm de chuva. O funcionamento do reservatório de autolimpeza pode ser observado na Figura 2.

Figura 2– Dispositivo para autolimpeza baseado em bóia



Fonte: Adaptado de Tomaz (2005)

Quando o reservatório à esquerda enche, a bóia fecha a entrada de água e a água da chuva segue o tanque de armazenamento do lado direito

A vazão máxima que chegará ao reservatório de autolimpeza será a mesma de vazão de projeto obtida pela equação 1. Em relação à tubulação de saída do reservatório de autolimpeza, essa será dimensionada conforme a Equação 6 (TOMAZ, 2005).

$$Q = C_d \cdot A_0 (2g h)^{0,5} \quad (6)$$

em que:

Q = vazão de descarga (m³ s⁻¹);

C_d = 0,62 = coeficiente de descarga do orifício (adimensional);

A₀ = área de seção transversal do orifício (m²);

g = aceleração da gravidade (g = 9,81 m s⁻²);

h = altura da água sobre a geratriz superior da galeria ou da tubulação (m).

Considerando-se que o diâmetro da tubulação de saída será pequeno, h é praticamente a altura do reservatório de autolimpeza. Para o trabalho considerou-se a altura do reservatório em 1 m e que o volume desse deverá ser esvaziado em 5 min.

Reservatório de acumulação de água de chuva

O reservatório ou tanque de armazenamento se constitui no último componente do sistema de aproveitamento de água de chuva e é responsável também pela manutenção da qualidade da água no ponto de consumo.

Os reservatórios podem estar apoiados, enterrados ou elevados e podem ser construídos por diversos materiais, como plásticos, fibra de vidro, concreto, alvenaria, poliéster. Para o trabalho optou-se pelo reservatório apoiado e fabricado em fibra de vidro. Optou-se também pelo uso de dois reservatórios, os quais distribuirão a água por gravidade para o consumo, dispensando a instalação de sistema de recalque.

Entre as diferentes metodologias propostas pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) para o dimensionamento de reservatório de

captação de água de chuva, foram adotados o método de Rippl para demanda constante (analítico) e o método da simulação.

Levantamento da oferta Pluviométrica

Os dados mensais de precipitação utilizados no dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva foram obtidos da estação meteorológica convencional de Lavras, pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia INMET (2017), a partir de série histórica no período de 1950 a 2015. Os dados obtidos foram tratados por estatística descritiva: média e posteriormente utilizados para dimensionamento do reservatório de acumulação de água de chuva.

Levantamento da Demanda de água

A previsão de consumo de água é um fator determinante na concepção de um sistema de captação de água de chuva (DORNELLES, 2012). De acordo com Brow (1986); Caldwell (1986) apud Tomaz (2000), o vaso sanitário é o aparelho que consome maior volume de água, aproximadamente 35% do consumo total. Em segundo lugar vem máquina de

lavar de roupas, com 22% do consumo total.

Segundo Tomaz (2000), a demanda residencial não potável pode ser estimada conforme a Tabela 4.

O aproveitamento de água de chuva no IAREM será destinado para lavanderia,

portanto, considerou-se somente a demanda residencial não potável para uso da máquina de lavar roupas. Adotou-se a frequência de a 170 L/ciclo e frequência de 0,2 carga/hab/dia. Considerou-se também a demanda residencial de água não potável de 60 alojados na comunidade.

Tabela 4 – Demanda residencial não potável

Demanda interna	Faixa	Unidade
Bacia sanitária - Volume	6 - 15	L descarga ⁻¹
Bacia sanitária – Frequência	4 - 6	Descarga hab ⁻¹ dia ⁻¹
Máquina de Lavar Roupa - Volume	100 - 200	L ciclo ⁻¹
Máquina de Lavar Roupa - Frequência	0,2 - 0,3	Cargahab ⁻¹ dia ⁻¹
Rega de Jardim – Volume	2	L dia ⁻¹ m ⁻²
Rega de Jardim - Frequência	8 - 12	Lavagemmês ⁻¹
Lavagem de Carro - Volume	80 - 150	L lavagem ⁻¹ carro ⁻¹
Lavagem de Carro - Frequência	1 - 4	Lavagem mês ⁻¹

Fonte: Tomaz (2000)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sistema de captação de água de chuva

Dimensionamento dos Componentes de Captação e Aproveitamento da Água Pluvial

A cobertura para captação de água de chuva da edificação principal (dormitórios) do IAREM foi calculado por superfície inclinada e aproximado para

duas águas, com valor estimado em 385 m².

O dimensionamento dos componentes de captação e aproveitamento de água de chuva são apresentados na Tabela 5.

Quanto ao dimensionamento da calha de captação, a vazão máxima que a calha semicircular fabricada em PVC suporta para declividade de 2% e diâmetro interno de 125 mm é de 466 mm L⁻¹, como observado na Tabela 1. A escolha desses valores

de declividade e de diâmetro permite uma folga ao sistema, dada que a vazão de pro-

jeto de cada água a ser suportada pela calha é 313,39 L min⁻¹.

Tabela 5 – Resumo do dimensionamento dos componentes de captação e aproveitamento de água de chuva no IAREM

Componente	Valor
Área de cobertura	385 m ²
Vazão de projeto	626, 78 L min ⁻¹
Vazão para cada água	313, 39 L min ⁻¹
Diâmetro mínimo da calha	125 mm
Diâmetro comercial mínimo para os condutores verticais	75 mm
Quantidade total de condutores verticais	8
Quantidade de condutores verticais para cada água	4
Espaçamento entre condutos verticais	9,06 m
Quantidade de reservatórios de autolimpeza	2
Volume do reservatório de autolimpeza	192, 49 L
Tubulação de saída do reservatório de autolimpeza	¾"

Fonte: Do autor.

Para dimensionamento dos condutores verticais, plotou-se no ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais para calha com saída tipo aresta viva, os pares de pontos (Q,H) e (Q,L), aos quais são respectivamente (313,39 L min⁻¹, 62,5 mm) e (313,39 L min⁻¹, 6 m) para vista lateral voltada para o pátio, e (313,39 L min⁻¹, 62,5 mm) e (313,39 L min⁻¹, 9 m) para a outra vista lateral. O comprimento do condutor vertical poderá se alterar em função da altura do reservatório, uma vez

que foi sugerido que esse esteja em posição apoiada. Obteve-se um diâmetro de 50 mm para o condutor vertical nas duas vistas laterais. No entanto, a NBR 10844 (ABNT, 1989) preconiza que o diâmetro interno dos condutos verticais de secção circular seja de no mínimo 70 mm. Portanto, deverá se empregar o tubo vertical de diâmetro comercial 75 mm.

Em relação aos condutores horizontais, para escoar a vazão de projeto de 626,78 L min⁻¹, sendo 313, 39 L min⁻¹ pa-

ra cada água do telhado, considerou-se uma declividade de 2%. Para melhor visualização do projeto, elaborou-se uma ta-

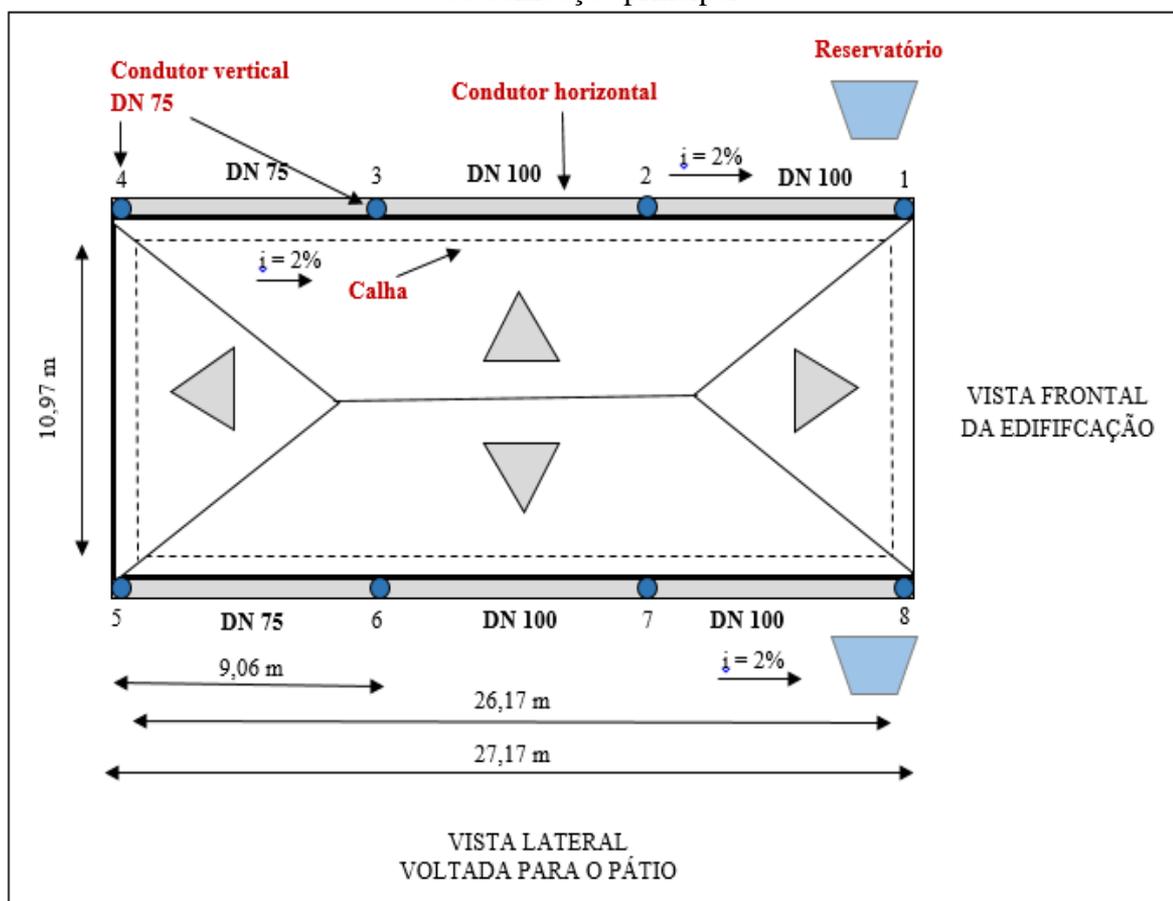
bela com as vazões transportadas para cada trecho (TABELA 6) e um desenho esquemático (FIGURA 2).

Tabela 6 – Vazões transportadas pelos condutores horizontais para cada trecho do projeto

Trecho	Vazão (L min ⁻¹)	Diâmetro (mm)
4 - 3	104,46	75
3 - 2	208,92	100
2- 1	313,38	100
5- 6	104,46	75
6- 7	208,92	100
7 - 8	313,38	100

Fonte: Do autor (2017).

Figura 2 – Desenho esquemático do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva da edificação principal

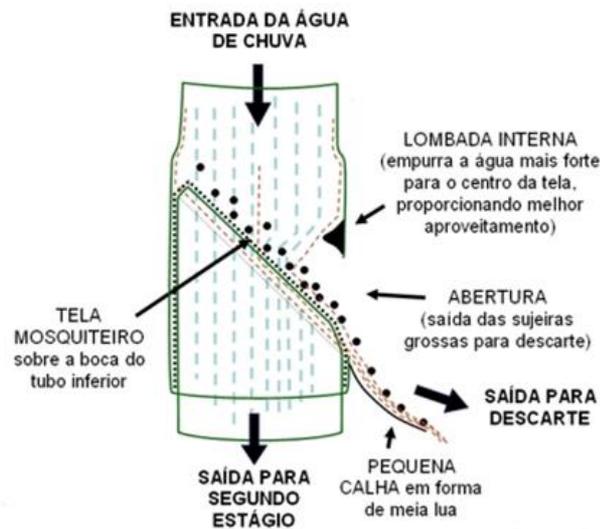


Fonte: Do autor (2017).

O processo de filtração da água de chuva será realizado por filtros auto limpantes, aos quais se configuram em uma alternativa de baixo custo. Esses serão

instalados em cada um dos 8 condutores verticais de água de diâmetro de 75 mm. O funcionamento do filtro auto limpante é exemplificado na Figura 3.

Figura 3 – Funcionamento do filtro auto limpante

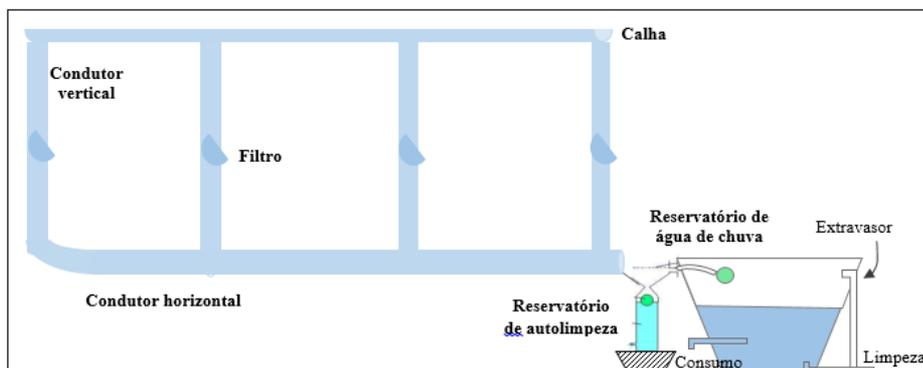


Fonte: Adaptado de Urbano (2014).

Os materiais em suspensão mais finos passarão pela tela e irão para o reservatório de autolimpeza (segundo estágio).

O croqui do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva da edificação principal é apresentado na figura 4.

Figura 4 – Croqui do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva da edificação principal do IAREM



Fonte: Do autor (2017).

Oferta Pluviométrica

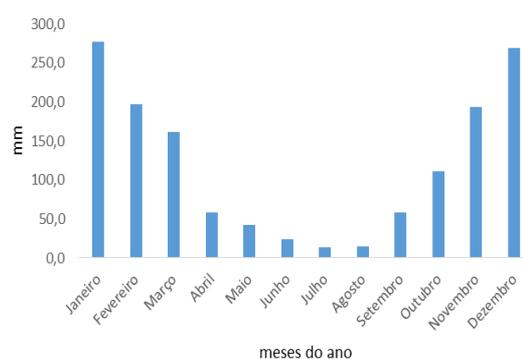
Fez-se uma análise dos dados pluviométricos da estação meteorológica convencional de Lavras com a finalidade de proporcionar um dimensionamento mais preciso do reservatório de armazenamento de água de chuva. Para tal, utilizou-se uma série de dados de chuva do período de 1950 a 2015, totalizando 65 anos de monitoramento. Foram obtidas as precipitações mensais, conforme descritas na Figura 5 e Tabela 7.

Tabela 7 – Precipitação média mensal, de 1950 a 2015, para a Estação meteorológica convencional de Lavras (INMET)

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	276,7
Fevereiro	196,9
Março	161,4
Abril	58,3
Mai	41,9
Junho	24,1
Julho	13,7
Agosto	14,8
Setembro	58,8
Outubro	110,7
Novembro	193,2
Dezembro	269,1
Total anual	1419,7

Fonte: Adaptado de INMET (2017).

Figura 5 – Precipitação média mensal da Estação meteorológica convencional de Lavras (INMET) no período de 1950 a 2015



Fonte: Adaptado de INMET (2017).

Reservatório

A demanda mensal de água para fins não potáveis na lavanderia do IAREM a ser suprida pelo sistema de captação de água de chuva foi estimada em 61,2 m³. O dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl é apresentado na Tabela 8.

Observou-se que não é possível suprir toda a demanda de água para usos não potáveis na lavanderia da comunidade Eterna Misericórdia, pois a diferença entre a demanda e a captação total anual de água é de 297,16 m³ (TABELA 8).

Tabela 8 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³ /mês)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Percentual de redução
Jan	276,7	61,2	385,0	85,2	-24,0	139,3
Fev	196,9	61,2	385,0	60,6	0,6	99,1
Mar	161,4	61,2	385,0	49,7	11,5	81,2
Abr	58,3	61,2	385,0	18,0	43,2	29,3
Mai	41,9	61,2	385,0	12,9	48,3	21,1
Jun	24,1	61,2	385,0	7,4	53,8	12,1
Jul	13,7	61,2	385,0	4,2	57,0	6,9
Ago	14,8	61,2	385,0	4,6	56,6	7,4
Set	58,8	61,2	385,0	18,1	43,1	29,6
Out	110,7	61,2	385,0	34,1	27,1	55,7
Nov	193,2	61,2	385,0	59,5	1,7	97,2
Dez	269,1	61,2	385,0	82,9	-21,7	135,4
Total	1419,6	734,4		437,2	297,16	59,5

Fonte: Do autor (2017).

Desta forma, para maximizar o aproveitamento da água de chuva, seriam necessários dois grandes reservatórios capazes de armazenar o maior volume mensal de precipitação, ou seja, 85,22 m³, sendo 42,61 m³ para cada reservatório. Embora esse método ofereça boa confiabilidade, não é adequado, visto que os reservatórios permanecem na maior parte do tempo com volume ocioso, onerando o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva.

Em estudos semelhantes conduzidos por Marinonoski, Ghisi e Gómez (2004) e por Weieracher (2008), também foi constatada a inviabilidade do dimensionamento do reservatório de água de chuva pelo método de Rippl.

O reservatório também foi dimensionado pelo método da simulação (TABELA 9). Segundo Tomaz (2005), a grande vantagem desse método consiste em proporcionar um dimensionamento mais econômico do reservatório de forma

a atender um determinado grau de confiabilidade.

Tabela 9 – Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Vol. Res. fixado (m ³)	Vol. Res. no tempo (t- 1) (m ³)	Vol. Res. no tempo (t) (m ³)	Overflow (m ³)	Supri- mento de água externo (m ³)
Jan	276,7	61,2	385,0	85,2	30,0	0,0	30,0	0,0	0,0
Fev	196,9	61,2	385,0	60,6	30,0	30,0	29,4	0,0	0,0
Mar	161,4	61,2	385,0	49,7	30,0	29,4	18,0	0,0	0,0
Abr	58,3	61,2	385,0	18,0	30,0	18,0	-25,3	0,0	25,3
Mai	41,9	61,2	385,0	12,9	30,0	0,0	-48,3	0,0	48,3
Jun	24,1	61,2	385,0	7,4	30,0	0,0	-53,8	0,0	53,8
Jul	13,7	61,2	385,0	4,2	30,0	0,0	-57,0	0,0	57,0
Ago	14,8	61,2	385,0	4,6	30,0	0,0	-56,6	0,0	56,6
Set	58,8	61,2	385,0	18,1	30,0	0,0	-43,1	0,0	43,1
Out	110,7	61,2	385,0	34,1	30,0	0,0	-27,1	0,0	27,1
Nov	193,2	61,2	385,0	59,5	30,0	0,0	-1,7	0,0	1,7
Dez	269,1	61,2	385,0	82,9	30,0	0,0	21,7	0,0	0,0
Total	1419,6	734,4		437,2				0,0	312,9

Fonte: Do autor (2017).

Como observado na Tabela 9, fixando-se o volume do reservatório em 30 m³, sendo 15 m³ para cada um dos dois reservatórios, não haverá desperdício de água e o suprimento de água externo será de 312,9 m³.

A falha e a confiança do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva obtidas foram de 0,67 e 33%, respectivamente. Por 4 meses o reservatório

consegue atender à demanda de água na lavanderia do IAREM, sugere-se, portanto, que a água de chuva armazenada seja utilizada nos meses de seca, e nos meses de chuva, esta demanda pode ser suprida majoritariamente pelo manancial subterrâneo de captação. Quanto à confiabilidade volumétrica, foi encontrado um valor de 28,43%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

A proposição de sistemas descentralizados de abastecimento e tratamento de água em áreas periféricas e rurais, somada às boas práticas higiênico-sanitárias, são consideradas soluções viáveis para prevenção de doenças de veiculação hídrica.

Quanto à análise de uso de água de chuva na lavanderia do alojamento, constatou-se redução significativa no consumo de água potável. O dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva pelo método de Rippl considera um maior aproveitamento do potencial pluviométrico existente, o que leva a uma economicidade de 59,5 %. Entretanto, conduz a um reservatório de 85,22 m³, inviável técnico e economicamente. O dimensionamento pelo método da simulação conduz a um reservatório de 30 m³, ou dois de 15 m³. Apesar de promover uma menor diminuição na demanda final.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION / AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION / WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 12p

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JR, G. de. **Instalações Hidráulicas prediais feitas para durar – usando tubos de PVC**. São Paulo: Pro, 1998, 230 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília, DF, 1992. 84p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Centro Nacional de Epidemiologia. **Guia de vigilância epidemiológica**. 5 ed. Brasília, 2005. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/Guia_Vig_Epid_novo2.pdf>. Acesso em: 22 out. 2016.

CAPP et. al. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino & Pesquisa**. v. 16, n. 3. p. 77-92, set/dez. 2012.

DACACH, N. G. **Saneamento básico**. 3^a ed. revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e Científica, 1990.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 239 f. Tese (Doutorado em Engenharia) –

Instituto de Pesquisas Hidráulicas,
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, Porto Alegre, 2012.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE –
FUNASA. **Panorama do Saneamento
Rural no Brasil**. Brasília, 2016.

Disponível em:

<<http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil/>>. Acesso em: 23 out. 2016

GRUPO DE PESQUISAS EM
RECURSOS HÍDRICOS – GPRH. Plúvio
2.1 Copyright (2006). Disponível
em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE
METEOROLOGIA. 2017. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>>.
Acesso em: 26 jan. 2017.

MARINOSKI, D. L.; GHISI, E.; GÓMEZ,
L. A. Aproveitamento de água pluvial e
dimensionamento de reservatório para fins
não potáveis: estudo de caso em um
conjunto residencial localizado em
Florianópolis-SC. In: CONFERÊNCIA
LATINO-AMERICANA DE
CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1.;
ENCONTRO NACIONAL DE
TECNOLOGIA DO AMBIENTE
CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo,
SP. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA
SAÚDE. **Global Health Risk: Mortality
and Burden of Disease Attributable to
Selected Major Risks**. Geneva,
Switzerland, 2009.

SOTO, F. R. M. et al. Monitoramento da
qualidade de água de poços rasos de
escolas públicas da zona rural do
município de Ibiúna/SP: parâmetros
microbiológicos, físico-químicos e fatores

de risco ambiental. **Revista Instituto
Adolfo Lutz**, v.65, n.2, p.106-111, 2006.

TIGRE S/A – Tubos e Conexões.

Disponível

em: <<http://www.tigre.com.br/>>. Acesso

em: 18 jan. 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de
chuva para áreas urbanas e fins não
potáveis**. 2ª ed. São Paulo: Navegar
Editora. 2005. 184p.

URBANO, E. Aproveitamento de água de
chuva de baixo custo para residências
urbanas. 2014. Disponível em :<
<http://www.sempresustentavel.com.br/>>.
Acesso em: 20 jan. 2017.

WEIERBACHER, L. **Estudo De
Captação E Aproveitamento De Água
Da Chuva Na Indústria Moveleira
Bento Móveis de Alvorada – RS**,
Canoas, Novembro de 2008, disponível
em <
<http://www.pliniotomaz.com.br/download/s/07leonardo.pdf>> acesso em 6 de
setembro de 2015

Paola Gonçalves Ribeiro

Engenheira Ambiental e Sanitária, mestranda em
Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade
Federal de Lavras - UFLA.

Ivonildo Pereira

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária,
Universidade Federal de Lavras – UFLA.

Caio Cesar Andrade dos Santos

Licenciado em Ciências Biológicas, mestrando em
Sustentabilidade em Recursos Hídricos, Universidade
Vale do Rio Verde – UninCor, Três Corações.

Camila Silva Franco

Engenheira Ambiental, doutora em Recursos Hídricos
em Sistemas Agrícolas. Professora Adjunta do
Departamento de Engenharia, Universidade Federal de
Lavras - UFLA.

Rosângela Francisca de Paula Vítor Marques

Engenheira Florestal, doutora em Recursos Hídricos em
Sistemas Agrícolas. Professora da Universidade Vale do
Rio Verde – UninCor, Três Corações.
