



Projeto de aproveitamento da água de chuva para o uso não potável domiciliar

Project of rain water enjoyment for household use not potable

Renata Karla Reis Campos Barbosa¹
Giangiulio Pietro Reis Cocco²
Guilherme Henrique Leite de Almeida³
Lucas Sampaio Luiz Lupp⁴
Renan Igor Bodevan⁵
Valquíria da Silva Leão Sales⁶
Raquel Sampaio Jacob⁷

Resumo

Em virtude da crise hídrica vivenciada na atualidade, a adoção de práticas que visam à economia de água tem sido preconizadas. Desde 2012, o Brasil obteve índices pluviométricos abaixo da média histórica. Sendo assim, localidades que nunca haviam se deparado com a ausência de água tiveram que, repentinamente, alterar os seus hábitos. Desse modo, tornou-se imprescindível o desenvolvimento de soluções que reduzissem o consumo de água, ou que aproveitassem recursos disponíveis, os quais eram dispensados anteriormente, como, por exemplo, a água da chuva. Neste contexto, o artigo tem por objetivo desenvolver um projeto para a captação, tratamento e reserva da água da chuva para uma residência unifamiliar localizada no Barreiro, região administrativa do município de Belo Horizonte, Minas Gerais, visando o uso não potável da água a ser reaproveitada. Adicionalmente, faz-se uma comparação de custos entre o sistema convencional e o sistema de aproveitamento da água de chuva. Contrariamente ao que se esperava, este sistema não se mostrou viável economicamente, embora não se descarte que estudos mais aprofundados podem ser a chave para a redução dos custos dos materiais empregados.

Palavras-chave: Escassez de água. Reaproveitamento de água de chuva. Uso para fins não potáveis de água de chuva.

Abstract

In virtue of the current water crisis, the adoption of water-saving practices has been advocated. Since 2012, the Brazil has registered levels of precipitation below the historical average. In fact, places that had never encountered the water absence had to suddenly change their customs. In this way, the development of solutions that reduce water consumption, or take advantage of available resources previously dispensed, such as rainwater, has become essential. In this context, the objective of this article is to develop a project to collect, treat and reserve rainwater for a single-family residence located in Barreiro, Belo Horizonte administrative region, Minas Gerais, aiming at the non-potable use of water to be reused. In addition, a cost comparison is made between the conventional system and the rainwater harvesting system. Contrary to what was expected, this system was not economically viable, although it cannot be ruled out that more in-depth studies could be the key to reducing the costs of the materials used.

Key-words: Water scarcity. Reuse of rainwater. Use for non-potable purposes of rainwater.

Artigo recebido em 30 de Junho de 2016 e aprovado em 13 de Setembro de 2017.

¹ Engenheira Civil, graduada pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: renatakcampos@gmail.com

² Engenheiro Civil, graduado pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: giangiuliococco@hotmail.com

³ Engenheiro Civil, graduado pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: guilhermehla@hotmail.com

⁴ Engenheiro Civil, graduado pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: lucassampaioec@gmail.com

⁵ Engenheiro Civil, graduado pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: ribodevan@gmail.com

⁶ Engenheira Civil, graduada pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: valquiriakikass@hotmail.com

⁷ Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos DESA – UFMG. E-mail: raqueljacob@pucminas.br

Introdução

A água é um dos recursos mais valiosos e utilizados no mundo. Não sendo diferente, a área de Engenharia Civil a utiliza em vários processos, seja como matéria na formação de algum componente, como, por exemplo, o concreto, ou com o seu manejo em obras de drenagem ou de contenção.

Entretanto, o aproveitamento da água de forma desregrada, aliado a falta de investimentos em obras hídricas, trouxe, nos últimos anos, preocupação com o consumo e a destinação deste recurso essencial.

Segundo Campos; Azevedo (2013), pesquisas da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que até 2025 há possibilidade de que dois terços da população do planeta sofra escassez moderada ou grave de água, caso seja mantido o padrão de consumo e os altos índices de poluição. Além disso, há previsão de que em 2050 “[...] apenas um quarto da humanidade terá água para satisfazer suas necessidades básicas”. (CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

Neste contexto, a Engenharia Civil, como área de extrema importância no desenvolvimento da sociedade, tem buscado alternativas para o aproveitamento de água de chuva, visando o prolongamento do seu ciclo de vida; seja na inclusão de novas práticas, aplicadas em seus processos, ou na elaboração de projetos que aproveitem ao máximo o recurso já utilizado.

Sendo assim, o campo para a pesquisa acadêmica se torna amplo, além de incentivar o desenvolvimento de projetos alternativos que visem resultados, tanto para o consumo, quanto na reutilização da água dispensada.

Almejando contribuição à área e ao tema, objetiva-se com este artigo apresentar o desenvolvimento de um projeto que estabeleça o aproveitamento da água de chuva para uso não potável domiciliar. Além disso, pretende-se comparar os custos deste sistema de aproveitamento com o sistema convencional, de modo a atrair o interesse por parte da população para a utilização do sistema de aproveitamento.

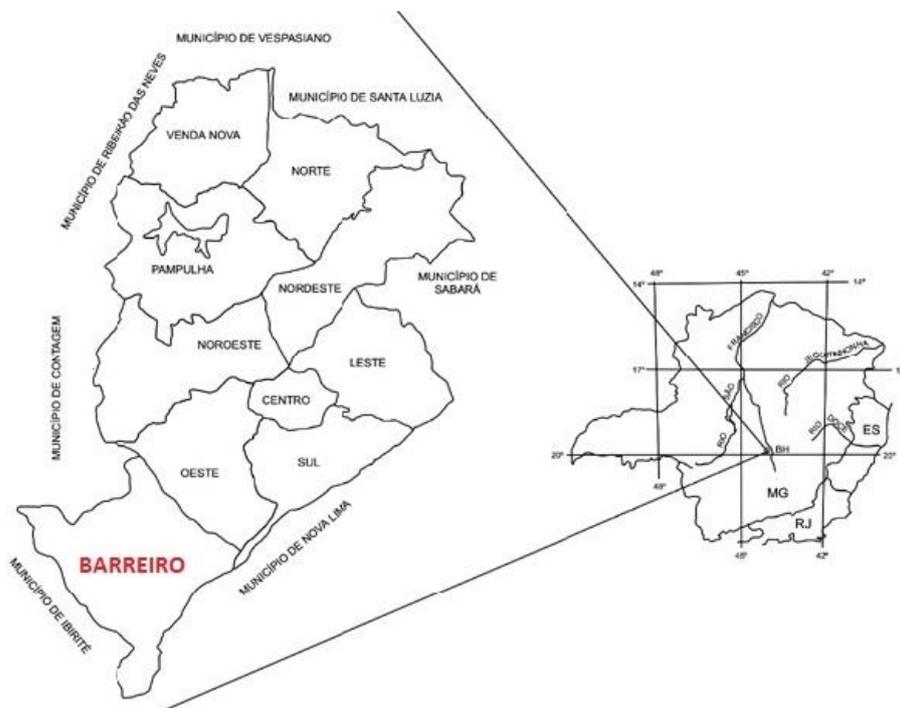
1 Metodologia

1.1 Área de estudo

A residência em estudo está situada no lote 15, quadra 16, no Barreiro, região administrativa do município de Belo Horizonte, Minas Gerais (Figura 1). A mesma está locada sob latitude e longitude de -19.978409, -44.020487.

Vale ressaltar que o clima do município de Belo Horizonte se caracteriza como tropical de altitude, com temperatura média anual de 21,1°C. A precipitação média mensal do período de 2000 a 2012 foi de 276 mm (novembro a março) e 42 mm (abril a outubro). Apresenta altitude média de 852 m acima do nível do mar e seu o relevo é composto de rochas cristalinas. (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 20--).

Figura 1 - Mapa das regiões administrativas do município de Belo Horizonte.



Fonte: Adaptado de SOUSA; ROESER; MATOS, 2002.

A residência abriga quatro pessoas e possui duas salas, copa, cozinha, área de serviço, três quartos, três banheiros e escritório. Seu lote possui área total de 360,00 m² e tem área de cobertura em projeção de 189,37 m². A Figura 2 apresenta a fachada da residência em estudo.

O consumo de água na residência é de 22 m³ por mês (média aritmética entre o consumo dos três últimos meses: setembro, outubro, novembro de 2015).

Figura 2 - Foto da fachada da residência estudada.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2014.

1.2 Desenvolvimento do projeto

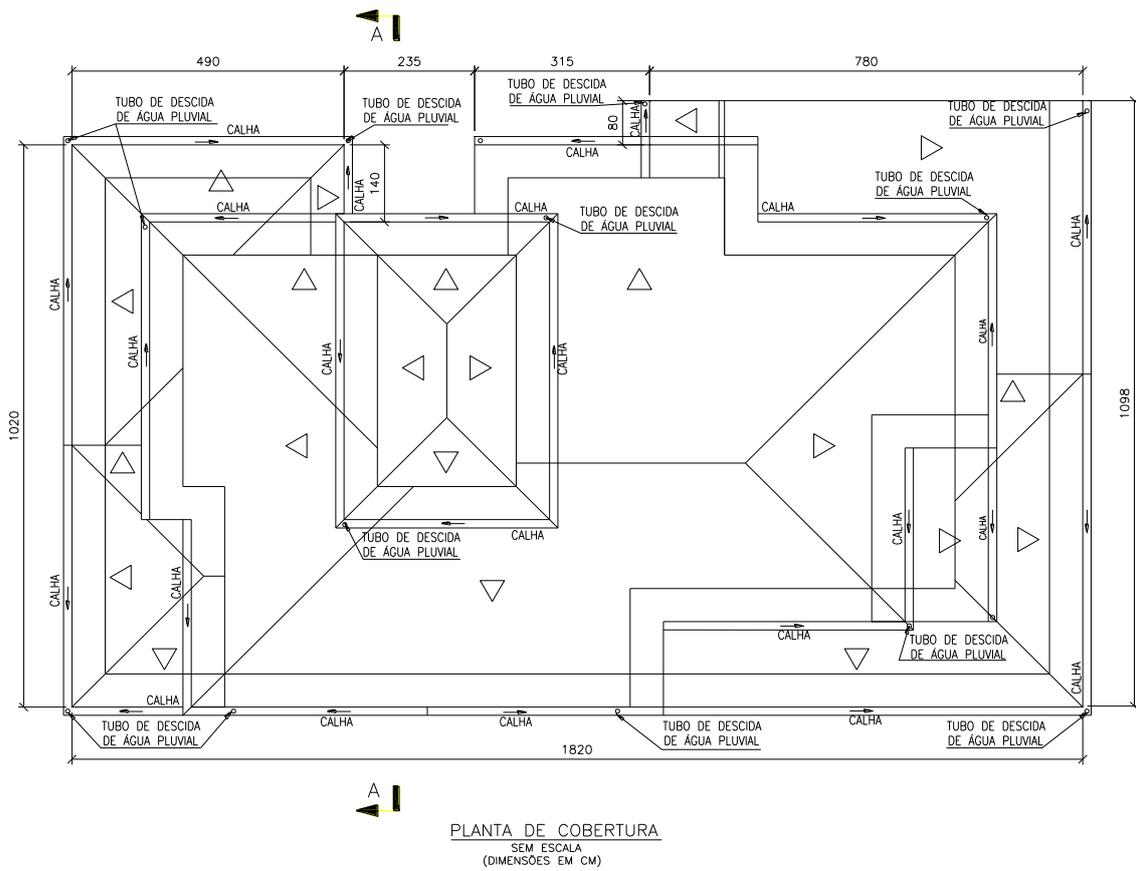
O projeto consiste no dimensionamento completo de um sistema de aproveitamento da água de chuva fundamentado, a partir de normas e formulações específicas da engenharia hidráulica e sanitária.

Como premissa para este projeto, foi adotado o uso não potável da água de chuva. Este tipo de uso requer um menor acompanhamento de sua qualidade, nesse sentido, é notável a simplificação de um sistema de reaproveitamento para este fim.

1.2.1 Dimensionamento do sistema de captação da água de chuva

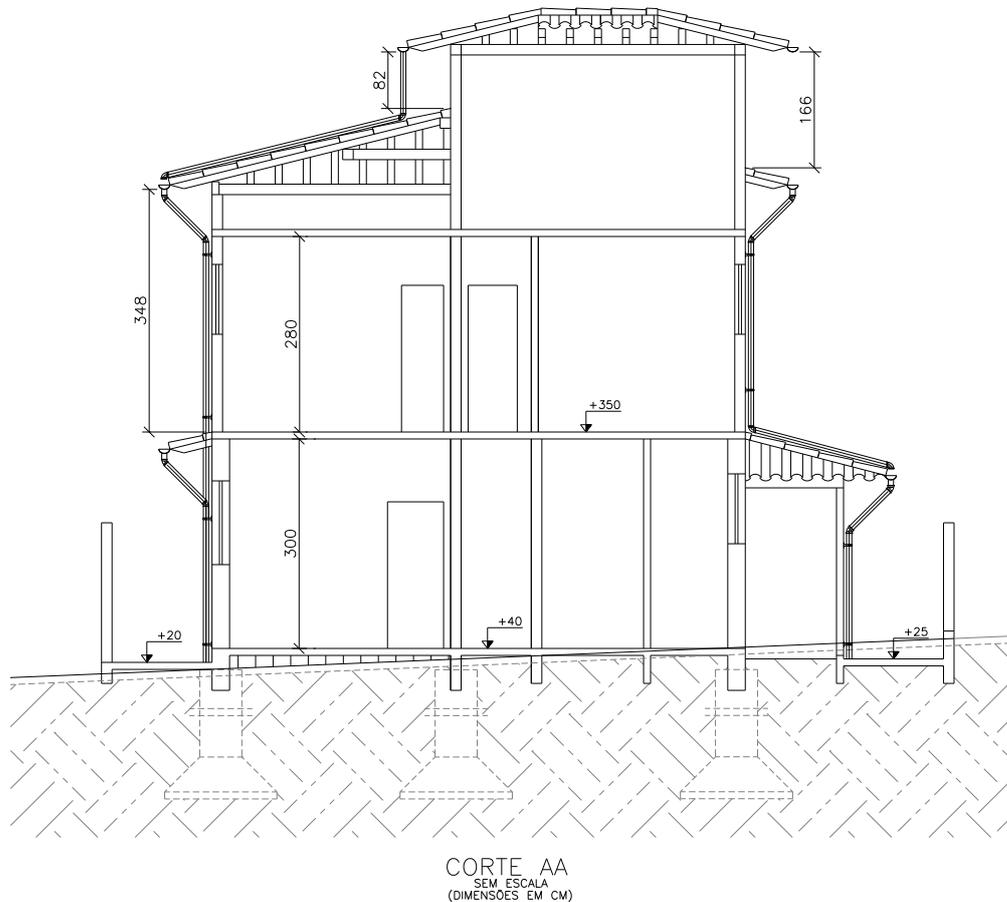
Para o dimensionamento do sistema de captação da água pluvial partiu-se da verificação hidráulica dos componentes do telhado. São eles: área de contribuição, calhas, condutores verticais e horizontais (ver Figura 3 e Figura 4).

Figura 3 – Planta de cobertura.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 4 – Corte AA.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir das recomendações da norma NBR 10.844:1989 – Instalação Predial de Águas Pluviais, as vazões de projeto foram determinadas através da equação 1:

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

Onde:

- Q = Vazão máxima (l/min);
- i = Índice de precipitação pluviométrica (mm/h);
- A = Área de contribuição (m²).
- C = Coeficiente de escoamento (adimensional);

Ainda conforme a NBR 10.844:1989:

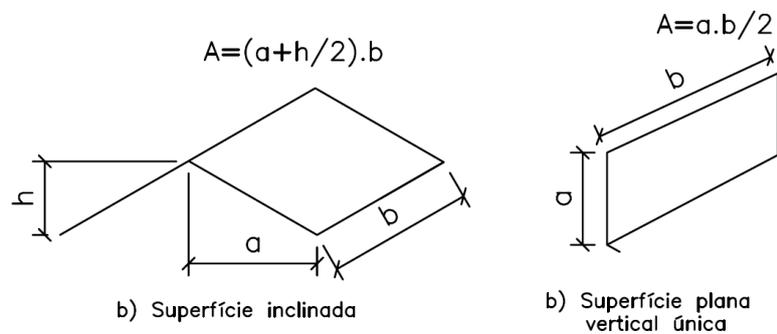
[...] a determinação da intensidade pluviométrica “i”, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. [...] A duração da precipitação deve ser fixada em $t = 5 \text{ min}$ ”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989).

Portanto, foi considerado o índice pluviométrico de Belo Horizonte de 230 mm/h para um período de retorno de 12 anos, com intuito de abranger mais episódios de chuva e duração de precipitação de 5 minutos.

Conforme ressaltado por Nobrega (2007), as áreas de contribuição consideradas para o dimensionamento da calha e dos condutores são aquelas que interceptam a água da chuva, a saber: a área de cobertura com os incrementos devido à inclinação e as áreas de parede, tendo em vista que a ação do vento ocasiona um ângulo de inclinação na chuva.

Portanto, para o cálculo das áreas de contribuição foram utilizadas as fórmulas apresentadas nas Figuras 2b e 2c da norma NBR 10.844:1989, reproduzidas na Figura 5.

Figura 5 – Fórmulas para cálculo das áreas de contribuição



Fonte: Adaptado de NBR 10.844:1989

Conforme pode ser visto na Tabela 1, o coeficiente de escoamento para telhas cerâmicas deve ser de 0,80 à 0,90.

Tabela 1 – Coeficiente de runoff médios

Material	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95

Fonte: TOMAZ, 2007

Segundo Dornelles (2012, p. 24):

Dada à variabilidade do coeficiente, o projetista deve ponderar a determinação do coeficiente de escoamento em função dos fatores de risco. Assim para o caso de o sistema de aproveitamento de água de chuva garantir o abastecimento, deve-se optar por um valor mais baixo. Para atuar como um dispositivo de redução de alagamentos urbanos, opta-se por um valor mais alto. Podendo ainda ser adotado um valor intermediário, que tenha compromisso em atender parcialmente ambos os quesitos.

Portanto, optou-se por utilizar um valor médio entre 0,8 e 0,9, ou seja, $C=0,85$, desta maneira o cálculo estará a favor da segurança.

Para o dimensionamento das calhas foi verificado na tabela 3 da NBR 10.844:1989, reproduzida abaixo.

Tabela 2 – Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade

$n=0,011$ (vazão em L/min)

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: Adaptado de NBR 10.844:1989.

Esta tabela determina o diâmetro das calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade de $n = 0,011$ a partir da equação de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_H^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Onde:

- Q = Vazão a escoar em (m^3/s);
- n = Coeficiente de rugosidade do tubo,
- R_H = Raio hidráulico (m);
- I = Declividade (m/m);
- A = Área molhada da seção (m^2).

O coeficiente de rugosidade (n) varia de acordo com o material utilizado para a confecção da calha, para este projeto será adotado o PVC, cujo coeficiente de rugosidade é $n = 0,011$.

A declividade diz respeito à inclinação em que serão dispostas as calhas. Neste caso, a inclinação deve ser uniforme e com valor mínimo de 0,5% que corresponde a 0,005 m/m.

O condutor vertical, que faz a ligação da calha com o condutor horizontal, foi definido através do ábaco para calhas com saída em aresta viva da NBR 10.844:1989. Para este cálculo, partiu-se da vazão de projeto obtida e traçou-se uma reta vertical até interceptar a curva que condiz com o comprimento da tubulação, a partir deste ponto traçou-se uma reta horizontal até interceptar o eixo das ordenadas, o qual apresenta o diâmetro do condutor a necessário.

Os condutores horizontais têm por objetivo encaminhar as vazões acumuladas ao reservatório. Sendo assim, para seu dimensionamento, considerou-se a tabela 4 da NBR 10.844:1989.

Para a verificação da velocidade de escoamento foi utilizada a fórmula de Manning (equação 3) e equação da Continuidade (equação 4):

$$V = \frac{1}{n} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$Q = V \times A \quad (4)$$

Onde:

- Q = Vazão a escoar em (m^3/s);

- n = Coeficiente de rugosidade do tubo = 0,011 (PVC),
- RH = Raio hidráulico (m);
- I = Declividade (m/m);
- A = Área molhada da seção (m²).
- V = velocidade (m/s).

1.2.2 Tratamento

Para definir o método de tratamento foram analisados os materiais disponíveis no mercado, as facilidades de instalação e manutenção, assim como sua eficiência no tratamento.

Vale ressaltar que as técnicas de remoção dos materiais grosseiros e o descarte da primeira água de chuva também foram levados em consideração, já que as mesmas contribuem diretamente para a qualidade da água a ser captada.

1.2.3 Reservatório

O reservatório foi dimensionado utilizando os dados de precipitação média anual, obtida através do banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Foram utilizados os dados da estação meteorológica da Pampulha, localizada na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com altitude de 854 metros. Os valores utilizados são referentes às médias históricas, entre os anos de 1961 a 1990.

A estimativa do volume do reservatório para a acumulação da água de chuva coletada foi baseada no levantamento das áreas da cobertura em projeção da residência em estudo (Figura 3), e no índice pluviométrico da região em estudo.

Para o dimensionamento do reservatório foi utilizado o método prático inglês, apresentado na NBR 15.527:2007. A escolha do método foi em função da necessidade de um reservatório que pudesse suprir a demanda de água não potável para todo o ano, levando em consideração também a área disponível para instalação e os custos de implantação. A formulação do método inglês é apresentada abaixo:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (5)$$

Onde:

- V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (litros);
- P = valor numérico da precipitação média anual (mm);
- A = valor numérico da área de coleta em projeção (m²).

1.2.4 Conjunto motor-bomba

O cálculo do conjunto motor-bomba foi baseado nas recomendações da norma ABNT NBR 12214:1992, a qual dispõe sobre projetos de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Além disso, foi também verificada a norma ABNT NBR 5626:1998, que instrui sobre instalações hidráulicas prediais.

Para o dimensionamento da tubulação de recalque foi utilizada a equação 6 de Forchheimer, uma vez que o funcionamento do sistema de recalque não será contínuo.

$$Dr = 1,3 \times \sqrt{Q} \times \sqrt[4]{\frac{H}{24}} \quad (6)$$

Onde:

- Dr é o diâmetro da tubulação de recalque (m);
- Q é vazão de recalque (m³/s);
- H é número de horas de funcionamento do motor-bomba (horas/dia).

Para a tubulação de sucção foi adotado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro da tubulação de recalque.

As perdas de carga e alturas de recalque e de sucção foram estimadas pela fórmula de Fair-Whipple Hsiao (equação 7), e pelas equações 8 e 9, respectivamente.

$$J = 869000 \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (7)$$

Onde:

- J é a perda de carga da tubulação em m/m;
- D é o diâmetro da tubulação em milímetro;
- Q é a vazão submetida em L/s;

$$hr = (L_{real} + L_{eq}) \times J_{recalque} \quad (8)$$

$$hs = ((L_{real} + L_{eq}) \times J_{sucção}) + h_{suc} \quad (9)$$

Onde:

- h_r é a altura de recalque em metro;
- h_s é a altura de sucção em metro;
- L_{real} é o comprimento real da tubulação de recalque/sucção em metro;
- L_{eq} é o comprimento equivalente (referente a perda de carga localizada das peças utilizadas) da tubulação de recalque/sucção em metro;
- J é a perda de carga de recalque/sucção calculada na equação 7;
- h_{suc} é a altura representativa da velocidade na sucção em metro.

Contudo, foi possível calcular a altura manométrica do sistema utilizando a equação 10.

$$h_{man} = H_g + h_r + h_s \quad (10)$$

Onde:

- h_{man} é a altura manométrica em metro;
- H_g é a altura geométrica em metro;
- h_r é a altura de recalque em metro;
- h_s é a altura de sucção em metro.

1.2.5 Previsão de Custos do Projeto

Neste projeto foi realizado um estudo da viabilidade econômica da implantação do sistema de captação de água pluvial.

Para este estudo, foi consultada a tabela de composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que serviu de referência para o cálculo do custo final. Este custo foi comparado ao consumo da residência sem a implantação do sistema em questão.

No que se refere aos custos dos materiais que serão utilizados, foram adotados os valores do serviço composto, ou seja, o custo do material e da mão de obra agregados.

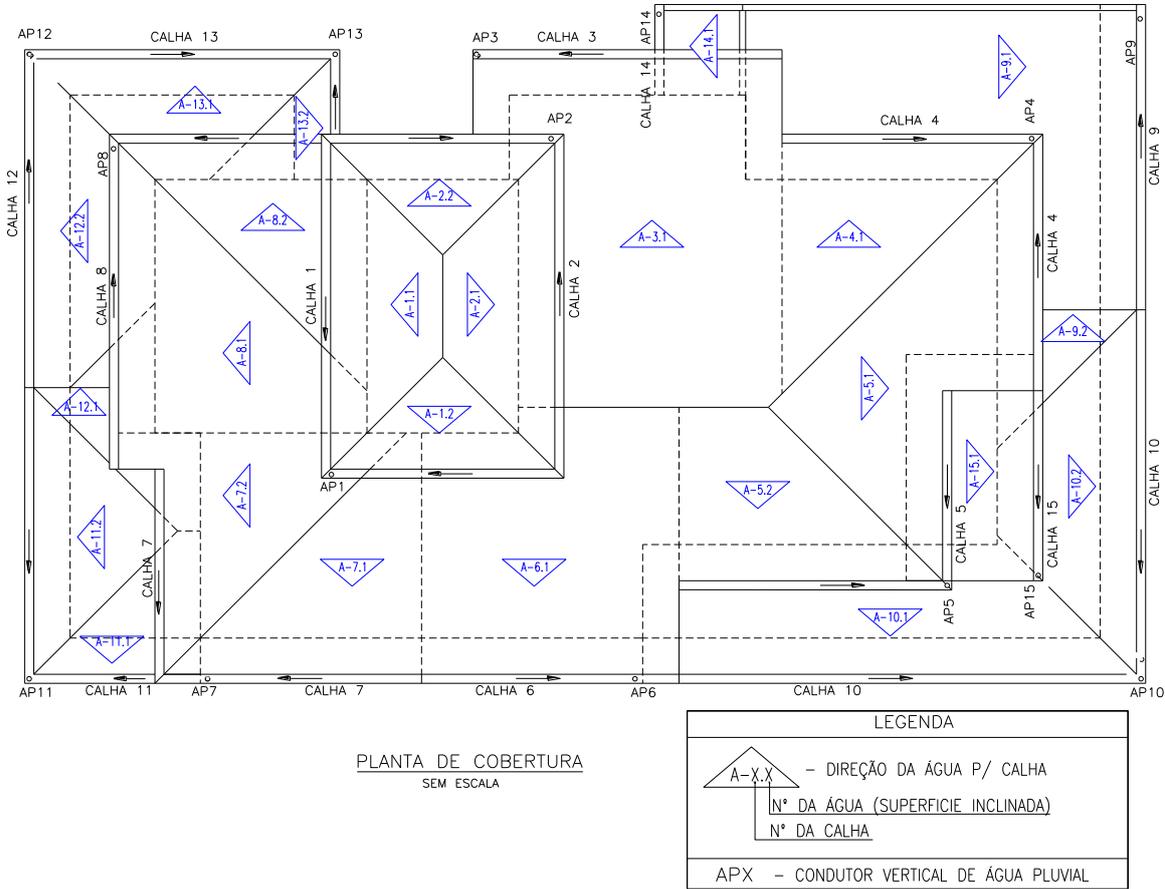
2 Resultados e discussões

2.1 Cálculo da área de contribuição do telhado

Aplicando-se as fórmulas apresentadas na Figura 5, foram calculadas as áreas de contribuição das superfícies inclinada e plana vertical do telhado. Em seguida, aplicando-se a equação 1, foi calculada a vazão de projeto. As áreas consideradas para o

cálculo da vazão do telhado estão mostradas na Figura 6, e os valores obtidos no cálculo estão apresentados no Quadro 1 a seguir.

Figura 6 - Planta divisão das áreas do telhado



Fonte: Elaborada pelos autores.

Quadro 1 - Vazão de contribuição

Descrição	Área de contribuição (m ²)	Vazão de projeto (L/min)	Vazão de projeto (m ³ /s)	
CALHAS	C1	11,48	37,40	0,0006
	C2	11,48	37,40	0,0006
	C3	31,48	102,57	0,0017
	C4	20,78	67,71	0,0011
	C5	15,25	49,69	0,0008
	C6	21,5	70,06	0,0012
	C7	17,37	56,58	0,0009
	C8	28,44	92,68	0,0015
	C9	37,28	121,48	0,0020
	C10	37,58	122,43	0,0020
	C11	13,13	42,78	0,0007
	C12	19,29	62,85	0,0010
	C13	12,84	41,84	0,0007
	C14	2,61	8,50	0,0001
	C15	10,08	32,84	0,0005
Total	290,59			

Fonte: Elaborada pelos autores.

Bressan (2006), em seu estudo sobre as técnicas para o dimensionamento de condutores verticais, encontrou, para uma área de contribuição de 48,94 m², uma vazão de projeto de 122,35 L/min. Esta vazão é muito próxima da vazão apresentada na Tabela 1 para a calha C10 igual à 122,43 L/min, cuja área de contribuição é de 37,58m². Esta proximidade nos valores de vazão para distintos valores de área de contribuição é resultado dos valores adotados para o índice de intensidade pluviométrica e de coeficiente de escoamento superficial. No referido estudo, foram adotados o $c = 1,00$ e $i = 150$ mm/h, já que a NBR 10844:1989 permite que para telhados de até 100 m² seja adotado este valor para o índice pluviométrico.

2.2 Dimensionamento das calhas

Para o dimensionamento da calha foram consideradas as seguintes premissas:

- Coeficiente de rugosidade da calha plástico (n) = 0,011;
- Calha semicircular;
- Declividade mínima da calha (i) = 0,005 m/m.

A partir dos valores de vazão de projeto calculados para cada calha e da declividade adotada, foram identificados na Tabela 2 os diâmetros interno necessários para as calhas, conforme apresentado no Quadro 2 – Vazão de Calhas.

Vale ressaltar que o menor diâmetro comercial para este tipo de calha é 125 mm, portanto, considerando os cálculos a favor da segurança, será adotado o diâmetro de 125 mm para todas as calhas da cobertura.

Quadro 2 - Vazão das calhas

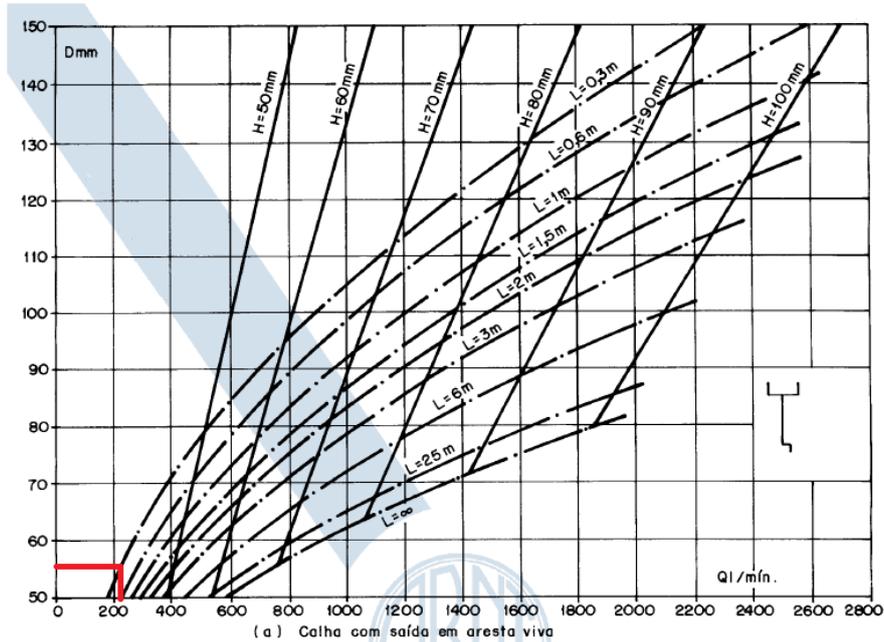
Calha	Recebe a vazão das calhas	Vazão de projeto (l/min)	Declividade (%)	Diâmetro interno da calha (mm)	Diâmetro interno adotado (mm)
C1	-	44,00	0,5	100	125
C2	-	44,00		100	
C3	C2	139,97		125	
C4	-	79,66		100	
C5	-	58,46		100	
C6	-	82,42		100	
C7	C1	93,99		100	
C8	-	109,03		100	
C9	C4	189,19		125	
C10	C5, C15	204,97		125	
C11	-	42,78		100	
C12	C8	155,52		125	
C13	-	49,23		100	
C14	-	10,01		100	
C15	C5	82,54		100	

Fonte: Elaborada pelos autores.

2.3 Dimensionamento condutor vertical

Para o dimensionamento dos condutores verticais foi considerada a maior vazão de projeto: 204,97 L/min. De acordo com o ábaco 1 para calhas com saída em aresta viva da NBR 10.844:1989, este valor de vazão conduz a um condutor inferior com diâmetro menor do que o diâmetro mínimo estabelecido pela norma que é de 70mm. Portanto, adotou-se o condutor com diâmetro comercial de 75 mm para todos os condutores verticais da cobertura.

Ábaco 1 – Dimensionamento condutor vertical



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844:1989

2.4 Dimensionamento do condutor horizontal

Para a verificação hidráulica dos condutores horizontais utilizou-se as equações 3 e 4, considerando:

- Seção máxima de escoamento - 67% da seção do tubo;
- Velocidade mínima de escoamento - 0,60 m/s;
- Velocidade máxima de escoamento - 2,00 m/s;
- Declividade mínima - 0,5%

O dimensionamento e a verificação hidráulica dos trechos são apresentados no Quadro 3.

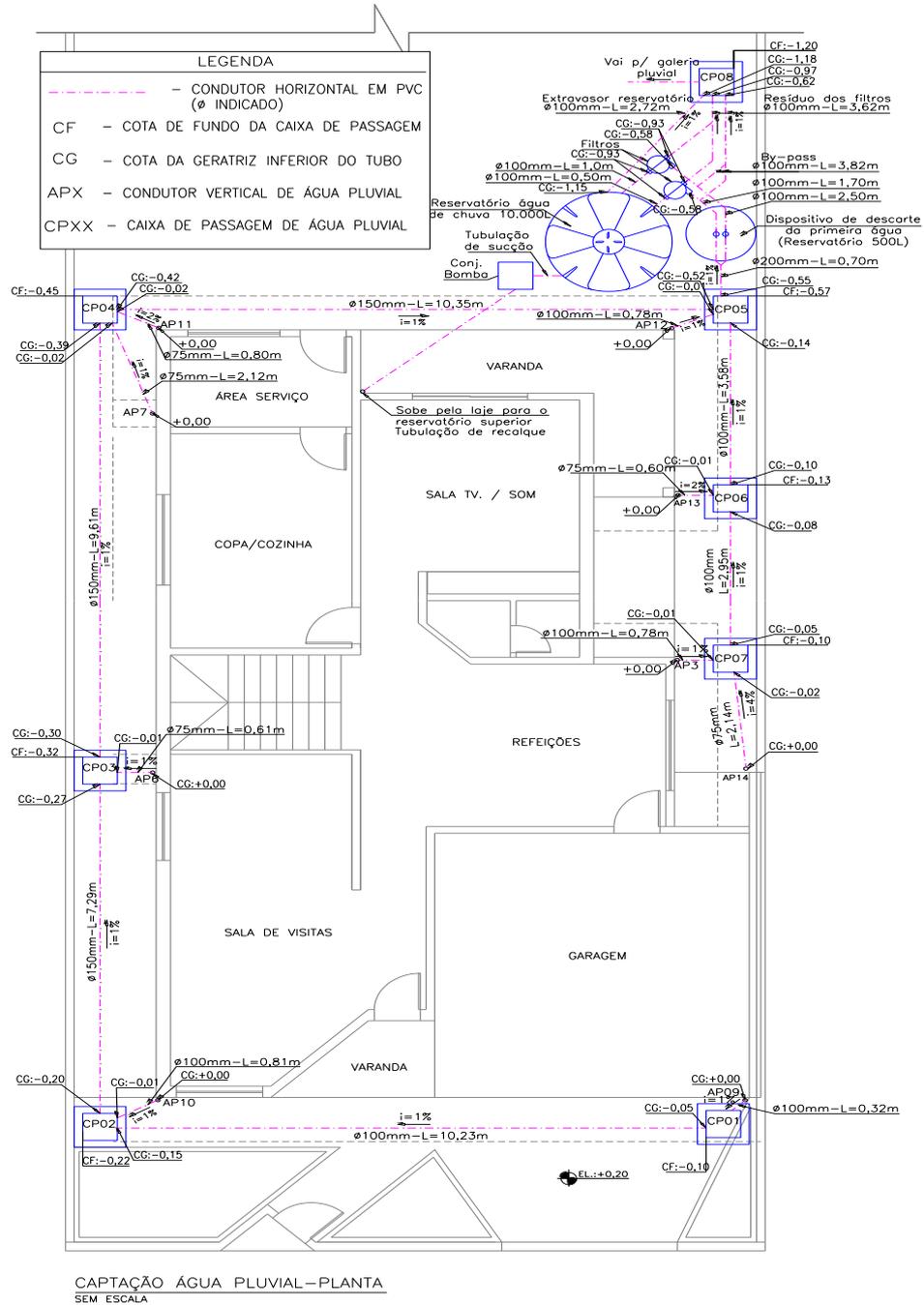
Quadro 3 - Dimensionamento dos condutores horizontais

DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO HORIZONTAL										
Trecho	Vazão Calculada	Vazão acumulada	i	n	Y/D	Diâmetro calculado	Diâmetro necessário (NBR10844)	Diâmetro comercial adotado	RH	Veloc.
	(l/min)		(m/m)			(mm)	(mm)	(mm)	(m)	(m/s)
AP9 -> CP1	189,19	-	0,01	0,011	<67%	85,29	100	100	0,025	0,775
CP1 -> CP2	189,19	189,19	0,01	0,011		85,29	100	100	0,025	0,775
AP10-> CP2	204,97	394,16	0,01	0,011		87,90	100	100	0,026	0,790
CP2 -> CP3	394,16	-	0,01	0,011		112,32	125	150	0,033	0,931
AP6 -> CP3	82,42	476,58	0,01	0,011		62,46	75	75	0,018	0,629
CP3 -> CP4	476,58	-	0,01	0,011		120,61	125	150	0,035	0,976
AP7 -> CP4	93,99	570,57	0,01	0,011		65,61	75	75	0,019	0,650
AP11-> CP4	42,78	613,35	0,02	0,011		42,89	50	75	0,013	0,693
CP4 -> CP5	613,35	-	0,01	0,011		132,58	150	150	0,039	1,040
AP12-> CP5	155,52	768,88	0,01	0,011		79,25	100	100	0,023	0,738
AP14-> CP7	10,01	-	0,04	0,011		21,84	50	75	0,006	0,625
AP3 -> CP7	139,97	149,98	0,01	0,011		76,18	100	100	0,022	0,719
CP7 -> CP6	149,98		0,01	0,011		78,18	100	100	0,023	0,731
AP13-> CP6	49,23	199,21	0,02	0,011		45,21	50	75	0,013	0,718
CP6 -> CP5	199,21		0,01	0,011		86,96	100	100	0,025	0,785
CP5 -> RS. DESCARTE	968,08	-	0,01	0,011		157,33	200	200	0,046	1,165

Fonte: Elaborada pelos autores

O caminhamento dos condutores horizontais está representado na Figura 7.

Figura 7 - Caminhamento dos condutores horizontais



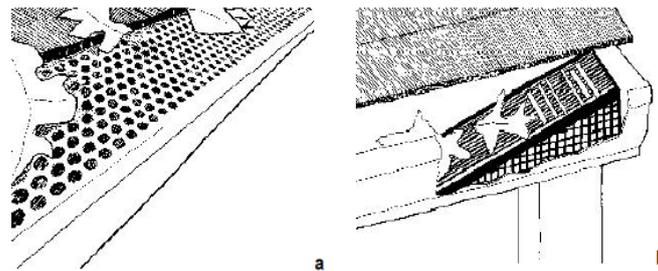
Fonte: Elaborada pelos autores.

2.5 Dimensionamento do pré-tratamento

A remoção de materiais grosseiros será feita através de grades que serão instaladas na saída das calhas para o condutor vertical, conforme já mostrado na figura 8b.

Esse sistema foi escolhido devido sua simplicidade e por possuir um custo menor se comparado com outros disponíveis no mercado.

Figura 8 - Sistema de remoção de materiais grosseiros

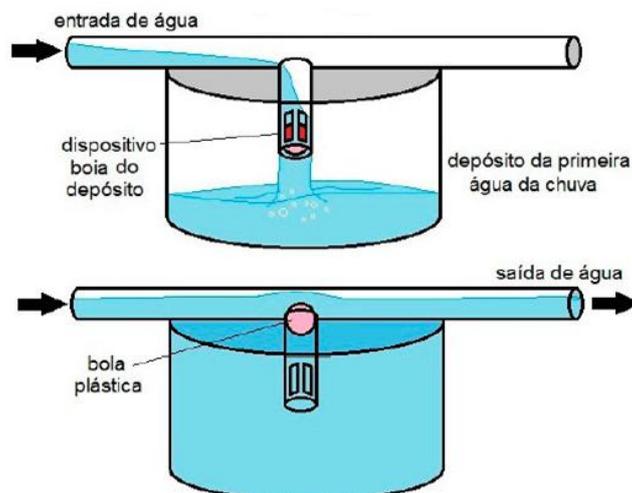


Fonte: BASTOS, 2007.

2.5.1 Dimensionamento do reservatório de descarte da primeira água

A Figura 9 apresenta um esquema de como será o reservatório de acúmulo dos primeiros milímetros de chuva.

Figura 9 - Reservatório de descarte da primeira água de chuva



Fonte: OLIVEIRA *et al.*, 2012.

Para o dimensionamento do reservatório de descarte da primeira água de chuva será seguida a recomendação da Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva – ABCMAC. (ABCMAC apud RODRIGUES, 2007). A ABCMAC especifica que o descarte seja de 1 a 2 litros por m² de telhado, ou seja, 1 a 2 mm da primeira precipitação. Neste caso, será adotado o descarte de 2 litros de água por m² da cobertura em projeção, o que resulta em um volume de 378,74 litros (2 x 189,37 m²). Portanto, para o descarte deste volume será utilizado um reservatório com capacidade de até 500 litros.

2.5.2 Dimensionamento do filtro de pré-tratamento

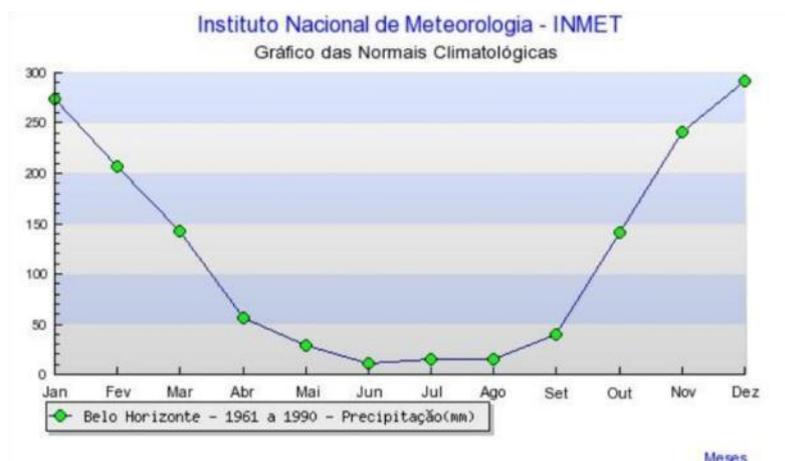
O tratamento será feito por meio de um filtro, facilmente encontrado no mercado, da marca Acqualimp, esse filtro faz parte de um kit de acessórios para o reservatório que será detalhado posteriormente. Sua função é fazer o tratamento primário da água que, nesse caso, atende ao especificado para a finalidade proposta.

O sistema citado acima será utilizado pelo fato de fazer parte do kit de instalação do reservatório, sendo de fácil instalação e manutenção e não necessita de mão de obra especializada.

Vale ressaltar que, segundo o fabricante, cada filtro possui capacidade para coleta de água de até 200m² de área de telhado. Desse modo, sendo a área total de contribuição do telhado igual a 290,59m², serão utilizados dois filtros.

2.6 Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório foi considerada a precipitação média da cidade de Belo Horizonte entre 1961 a 1990, conforme apresentado no Gráfico 1, no qual se percebe uma maior precipitação nos meses de início e final de ano e uma menor precipitação no período do meio do ano.

Gráfico 1 - Precipitação média entre 1961 a 1990 em Belo Horizonte

Fonte: INMET, 2015

O cálculo da área de coleta em projeção teve como base a planta apresentada na Figura 3, que representa a planta baixa da cobertura, onde se obteve uma área em projeção de 189,37 m².

Utilizando o método prático inglês (equação 5), o volume de água aproveitável foi de 13.777 litros. Considerando que a água coletada não corresponde a 100% da precipitação sobre o telhado, visto que parte da água é evaporada, outra parte é absorvida pela própria telha, outra parte se destina para a limpeza do sistema (telhado, calhas e tubulações), estimou-se um descarte de 20% da água precipitada. Sendo assim, o volume a ser armazenado deve ser de 11.058 litros.

Por se tratar de uma residência em um centro urbano, que possui área para a construção do reservatório reduzida, e visando a viabilidade econômica e técnica do sistema, foi adotado nesse estudo reservatórios pré-fabricados. Foi considerado para o reservatório inferior que o mesmo fosse enterrado, aproveitando melhor a área do terreno e visando conduzir a água de chuva por meio da gravidade.

No mercado, os volumes mais comuns para esse tipo de reservatório são de até 10.000 litros, por isso optou-se pelo uso de uma cisterna 10.000 litros, com 316 cm de altura e 222 cm de diâmetro. O reservatório inferior adotado será enterrado, pois o mesmo está localizado em uma área de circulação de pessoas. Além disso, há o intuito de utilizar a gravidade na condução da água de chuva até o mesmo.

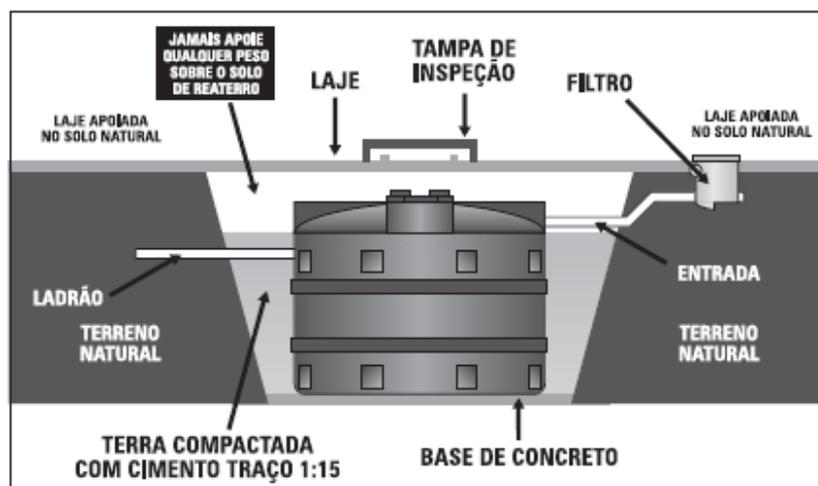
O reservatório utilizado será a cisterna da marca Acqualimp que é específica para reservatórios enterrados e de fácil montagem e instalação. Essa cisterna possui um extravasor ligado diretamente ao terreno natural para que a água possa escoar em caso

de defeito na boia. Toda a preparação do local e instalação da cisterna atenderá ao previsto pelo catálogo guia de instalação da Acqualimp.

O volume a ser reservado encontrado, utilizando o método prático inglês, condiz com a conclusão apresentada por Amorim; Pereira (2008), que indicam a utilização desse método quando se deseja suprir a demanda de água pluvial para a maior parte do ano possível, já que o mesmo fornece valores de volumes a serem reservados relativamente elevados.

A Figura 10 representa um modelo para instalação do reservatório inferior.

Figura 10 - Reservatório de água de chuva proposto



Fonte: ACQUALIMP, 2010

Para o reservatório superior foi considerado uma caixa d'água de 500L, pois o consumo de água não potável será destinado para a lavagem dos sanitários, serviço de limpeza de pisos externos e lavagem de automóveis.

Com base na Tabela 3, o consumo estimado será de 112L/dia.

$$28 \frac{L}{hab \times dia} \times 4 hab = 112 \frac{L}{dia}$$

Tabela 3 - Consumo por utilização.

Utilização	Consumo (l/hab./dia)
Lavagem de sanitários	20
Lavagem de roupa	12
Serviços de limpeza	4
Lavagem de automóveis	4

Fonte: BERTOLO, 2006.

2.7 Dimensionamento do conjunto motor-bomba

A NBR 5626:1998 recomenda que a vazão de projeto para o abastecimento do reservatório seja determinada através da razão entre a capacidade do reservatório (500 litros) e o tempo de enchimento do mesmo. No caso de residência unifamiliar, o tempo de enchimento não pode ser maior que 1 hora.

Portanto, para o dimensionamento do conjunto motor-bomba foi utilizada uma vazão de projeto de 0,138L/s.

Aplicando os dados acima, na equação 6, foi dimensionada a tubulação de recalque, cujo diâmetro obtido foi de 6,89 mm, como este diâmetro não é comercial, adotou-se o diâmetro mínimo comercial para o conjunto motor-bomba, o qual é 3/4" (20 mm). Sendo assim, o diâmetro para a tubulação de sucção será de 1" (25 mm).

Para a continuidade das especificações, se faz necessário conhecer a altura manométrica a qual o sistema estará sujeito. Para o cálculo dessa altura, é preciso conhecer altura geométrica, a qual corresponde ao desnível dos reservatórios inferior e superior, a altura de recalque e a altura de sucção.

A altura geométrica, tendo em vista a localização dos reservatórios, foi estimada em 9,90m. As perdas de carga de recalque e sucção foram calculadas usando a equação 7. Em seguida, estes valores foram usados nas equações 8 e 9 para determinar a altura de recalque e sucção respectivamente. Os resultados obtidos estão descritos nos quadros 4 e 5.

Quadro 4 – Comprimento equivalente da tubulação.

COMPRIMENTO EQUIVALENTE (Leq)

Tubulação de recalque Ø 3/4"				Tubulação de sucção Ø 1"			
Peça	L (m)	qtd	Leq. (m)	Peça	L (m)	qtd	Leq. (m)
Joelho 90°	1,1	2	2,2	Joelho 90°	1,2	2	2,4
Reg. Gav.	0,1	1	0,1	Reg. Gav.	0,2	1	0,2
Total =			2,3	Válvula pé de crivo	9,5	1	9,5
				Total =			12,1

Fonte: Elaborada pelos autores

Quadro 5 – Altura de recalque e altura de sucção.

RESULTADOS								
Recalque				Sucção				
Lreal (m)	Leq (m)	J (m/m)	hr (m)	Lreal (m)	Leq (m)	J (m/m)	hsuc (m)	hs (m)
13,20	2,30	0,02	0,31	2,5	12,10	0,01	0,01	0,16

Fonte: Elaborada pelos autores

Portanto, aplicando a equação 10, tem-se que a altura manométrica é de 10,37m.

De posse destas informações foi feita uma verificação em catálogos dos fabricantes de motor-bomba e observou-se que o conjunto mais indicado é o que possui potência de 1/4 cv. A Tabela 4 apresenta os modelos de motor-bomba que podem ser utilizados.

Tabela 4 - Modelos de bombas de recalque indicadas

Marca	Tipo	Modelo	Potência (CV)	Tipo de motor
Dancor	Centrífuga	CAM-W4C	0,25	Elétrico
Schneider	Centrífuga	BCR-2000	0,25	Elétrico
Schulz	Centrífuga	SHX	0,25	Elétrico

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados dos fornecedores.

Portanto, será adotada a bomba centrífuga de menor custo entre as indicadas na tabela acima.

2.8 Dimensionamento da instalação predial

A instalação predial compreenderá todas as ligações entre o reservatório superior e os pontos de utilização. Por se tratar de uma residência concluída, a mesma já dispõe de um projeto hidrossanitário implantado, requerendo dessa maneira adaptação do sistema existente ao proposto neste estudo.

Tendo em vista a presença de tubulação nos pontos de utilização, serão dimensionados somente os comprimentos das novas tubulações, já que a instalação da água proveniente da rede pública será distinta da instalação da água proveniente da chuva. Além disso, não haverá alteração das peças hidráulicas utilizadas em relação ao projeto original, não sendo necessária a readequação dos diâmetros. O quantitativo de materiais necessários para esta reforma foi contabilizado e está englobado ao restante dos quantitativos descritos na tabela 5, apresentada adiante na discriminação de custos.

2.9 Manutenção do sistema

Uma etapa importante para o correto funcionamento do sistema é a manutenção. A NBR 15.527:2007 traz recomendações para os prazos de manutenção para cada componente do sistema, conforme mostra o Quadro 6 - Frequência de manutenção.

Portanto, a frequência recomendada de manutenção para as calhas é de duas vezes por ano. Entretanto, se a cobertura estiver localizada próximo às árvores é preciso ficar atento ao acúmulo de folhas, visto que poderá atrapalhar o escoamento da água de chuva nas calhas. Vale ressaltar que é importante observar a recomendação dos fabricantes quanto à frequência de limpeza dos componentes do sistema.

Quadro 6 - Frequência de manutenção.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais.	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR 15.527:2007

2.10 Discriminação dos custos

Após o dimensionamento do sistema predial, foram extraídos os custos relacionados à implantação do sistema de captação e armazenamento de água de chuva. Com os valores em questão foi elaborada a Tabela 5, que contempla as composições de fornecimento e instalação dos materiais.

Tabela 5 - Discriminação das composições de fornecimento e instalação dos materiais (base: novembro/2015)

Área interna					
Composições	Diâmetro	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Total
Joelho 90° PVC	20	4,00	pç	R\$ 4,36	R\$ 17,44
	25	1,00	pç	R\$ 5,14	R\$ 5,14
Luva de redução PVC	60 x 50	3,00	pç	R\$ 10,93	R\$ 32,79
Registro de gaveta	25	6,00	pç	R\$ 35,03	R\$ 210,18
	60	1,00	pç	R\$ 174,14	R\$ 174,14
Tê PVC	20	1,00	pç	R\$ 4,21	R\$ 4,21
	25	3,00	pç	R\$ 5,13	R\$ 15,39
	60	1,00	pç	R\$ 29,80	R\$ 29,80
Tê de redução	50 x 40	1,00	pç	R\$ 17,70	R\$ 17,70
Tubo PVC	20	29,10	m	R\$ 4,67	R\$ 135,90
	25	5,20	m	R\$ 5,77	R\$ 30,00
	50	6,80	m	R\$ 11,07	R\$ 75,28
	60	2,00	m	R\$ 16,95	R\$ 33,90
Área externa					
Composições	Diâmetro	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Total
Calha semicircular PVC, comprimento de 3m	125	35,00	pç	R\$ 41,86	R\$ 1.465,10
	75	76,35	m	R\$ 20,93	R\$ 1.598,01
Tubo PVC	100	19,31	m	R\$ 32,31	R\$ 623,91
	150	27,56	m	R\$ 39,55	R\$ 1.090,00
	200	1,00	m	R\$ 35,52	R\$ 35,52
	75	28,00	pç	R\$ 28,96	R\$ 810,88
Joelho 90° PVC	75	19,00	pç	R\$ 11,08	R\$ 210,52
Caixa de passagem 0,25 x 0,85 x 1,00m, em alvenaria	-	8,00	unidade	R\$ 609,13	R\$ 4.873,04
Reservatórios					
Capacidade	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Total	
Caixa d'água em polietileno	500 L	1	pç	R\$ 521,34	R\$ 521,34
	1000 L	1	pç	R\$ 665,78	R\$ 665,78
Fornecimento e instalação (incluindo escavação e uma diária de um bombeiro hidráulico) Kit Acqualimp Água de Chuva, incluindo reservatório e acessórios	10000 L	1	conjunto	R\$ 12.953,41	R\$ 12.953,41
Total geral					R\$ 25.629,37

Fonte: Elaborada pelos autores.

Considerando a utilização da água na residência em média de 22,00m³ de água relacionado aos índices de utilização de água não potável em residências (40%), conclui-se que há a utilização de 8,8 m³ ao mês para fins não potáveis.

A partir deste consumo e considerando-se o preço de mil litros de água praticado pela concessionária regional (COPASA), R\$ 5,48/m³ em novembro de 2015, conclui-se que o custo pela água não potável seria de R\$ 48,22 ao mês. Tal resultado

inviabilizou economicamente a implantação do projeto, visto que seriam gastos mais de 43 anos para o sistema ser pago.

Citadin (2010), em seu estudo, observou também inviabilidade no seu sistema de aproveitamento de água, pois obteve um tempo de retorno do projeto de 15 anos. A diferença entre o tempo de retorno encontrado por este projeto e do tempo de retorno encontrado por Citadin (2010), é devido a implantação do projeto de Citadin ter sido em uma escola, ou seja, é evidente que o gasto da água para fins não potáveis representa uma parcela demasiadamente maior em uma escola do que em uma residência unifamiliar.

Ainda conforme Citadin (2010), o custo do reservatório representaria a maior parte do custo total de implantação e seriam necessários novos estudos para determinação de soluções alternativas de baixo custo para a substituição do mesmo.

Conclusão

Com a base nos resultados apresentados pode se dizer que o projeto de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, proposto neste trabalho, demonstrou ser tecnicamente aplicável, tendo em vista que é eficaz no uso da água de chuva. Frente à escassez de recursos hídricos, tal projeto é de suma importância, devido a gama de aplicações possíveis para a água de chuva, podendo ser utilizada na rega de jardins, lavagem de carros, limpeza de garagens e áreas descobertas, lavagem de sanitários, entre outras. Reafirma-se a obrigatoriedade do uso da água da chuva com filtragem primária apenas para fins não potáveis.

O tipo de cisterna/reservatório adotado é de grande eficiência e pode ser utilizado na prática, devido ao espaço disponível para tal instalação, mas não impossibilita de serem utilizados outros tipos de reservatórios, desde que sejam calculados segundo as normas vigentes.

Dessa forma, a aplicação de técnicas de reaproveitamento de água da chuva no âmbito doméstico configura uma alternativa eficaz na redução de consumo de água potável e, portanto, opção aliada no combate à crise hídrica. Porém, na prática, os custos inviabilizaram a implantação do projeto na residência considerada, visto que seriam gastos mais de 43 anos para o sistema ser pago.

Esse trabalho se apresenta como parte integrante da vasta área de conhecimento ainda pouco explorada, permitindo assim a melhoria contínua dos métodos e resultados aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

AQUALIMP - DALKA DO BRASIL Ltda. **Guia de instalação Cisterna Acqualimp.** Disponível em: <http://www.acqualimp.com/arquivos/64421_manual-cisterna.pdf> Acesso em: 23 Set. 2015.

AMORIM, Simar Vieira de; PEREIRA, Daniel José de Andrade. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, Abr./Jun. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844: Instalação Predial de Águas Pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.** Rio de Janeiro, 2007.

BASTOS, Fernanda Pereira. **Tratamento da água de chuva através da filtração lenta e desinfecção UV.** 2007. 135f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_2637_Fernanda_Disserta%E7%E3o%20completa.pdf> Acesso em: 13 Mar. 2015.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água de chuva em edificações.** 2006. 174f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60529/2/Texto%20integral.pdf>> Acesso em: 20 Fev. 2015.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a política nacional de recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 Jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm> Acesso em: 29 Mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> Acesso em: 10 Mar. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução 54, de 28 de novembro de 2005.** Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14> Acesso em: 10 Mar. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução 121, de 16 de dezembro de 2010.** Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2004. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14> Acesso em: 21 Mar. 2015.

BRESSAN, Cláudia Priscila. **Levantamento de técnicas para o dimensionamento de condutores verticais em instalações prediais de águas pluviais.** 2006. 48f. Monografia (Conclusão do Curso) – Universidade São Francisco, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Itatiba. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1006.pdf>> Acesso em: 18 Mai. 2015.

CAMPOS, Mônica Maria; AZEVEDO, Flávio Rocha. Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto. **Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Junior.** Juiz de Fora, mai. 2013. Edição I. p. 23-42. Disponível em: <http://portal.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523_155633.pdf> Acesso em: 14 Abr. 2015.

CITADIN, Diego Damiani. **Estudo da viabilidade econômica do aproveitamento de água da chuva na escola municipal Parque Avenida de Praia Grande.** 2010. 64f. Monografia (Conclusão do Curso) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000043/000043E5.pdf>> Acesso em: 20 Out. 2015.

DANCOR S.A. INDÚSTRIA MECÂNICA. **Catálogo geral de produtos.** Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.dancor.com.br/catalogos/cam-w4c-pbe_cat.pdf> Acesso em: 20 Set. 2015.

DORNELLES, Fernando. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial.** 2012. 219f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/55968>> Acesso em: 03 Abr. 2015.

FERRARI INDÚSTRIA METALÚRGICA CARACOL LTDA. **Catálogo de bombas de água.** São Paulo. Disponível em: <<http://www.ferrarinet.com.br/#!/downloads/c1pel>> Acesso em: 20 Set. 2015.

GOOGLE. **472, Rua Lúcio dos Santos – Google Maps.** 2014. 1 fotografia, color. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-19.9784723,-44.0206326,3a,75y,75.53h,85.72t/data=!3m6!1e1!3m4!1srfwo05bJ0oItezIR5vRx2A!2e0!7i13312!8i6656>> Acesso em: 31 Dez. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Gráficos**

Climatológicos. Brasília. 2015. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>> Acesso em: 13 Out. 2015.

JACUZZI DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Tabela de bombas:**

Série JCP. Itu. Disponível em: <http://www.jacuzzi.com.br/wp-content/themes/Karma/uploads/2012/07/6567/S%C3%A9rie_JCP.pdf> Acesso em: 20

Set. 2015.

NOBREGA, Rodolfo Luiz Bezerra. **Relatório de estágio supervisionado**.

Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2007. Disponível em: <

http://www.hidro.ufcg.edu.br/tcc_rodolfo.pdf> Acesso em: 17 Mai. 2015.

OLIVEIRA, P. A. V. de *et al.* **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves**. Concórdia. 2012. Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79687/1/Doc-157.pdf>> Acesso em: 01 Out. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (PBH). **Estatísticas e**

indicadores - Síntese de indicadores de Belo Horizonte. Belo Horizonte [20--].

Disponível em:

<<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?app=estatisticaseindicadores>> Acesso em: 06 Jun. 2017.

RODRIGUES, Herbert Kohl *et al.* Dispositivo automático de descarte da primeira água de chuva. In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. 09 Jul. 2007, Belo Horizonte. Disponível em:

<http://www.abcmac.org.br/files/simpodio/6simp_kohl_dispositivo.pdf> Acesso em: 15 mar. 2015.

SÃO PAULO. Lei nº 12.526, de 02 jan. 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 3 Jan. 2007. Disponível em:

<<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20070103&Caderno=Legislativo&NumeroPagina=7>> Acesso em: 29 Mar. 2015.

SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). **Caixa Econômica Federal: Relatório de Insumos e Composições – outubro 2015**, Minas Gerais. Disponível em:

<http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_648> Acesso em: 10 Nov. 2015.

SCHULZ S.A. **Catálogo de motobombas e lavadoras**. Joinville. Disponível em:

<<http://www.schulz.com.br/uploads/filebank/96cbbdb012a002e6b5d342c7585710d9764e724f.pdf>> Acesso em: 20 Set. 2015.

SOUSA, Helio Antonio de; ROESER, Hubert Mathias Peter; MATOS, Antonio Teixeira de. Métodos e técnicas aplicados na avaliação ambiental do aterro da BR-040 da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - MG. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, Out. 2002. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672002000400011>
Acesso em: 06 Jun. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis**. Diretrizes básicas para um projeto. In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. 09 Jul. 2007, Belo Horizonte. Disponível em:
<http://abcmac.org.br/files/simpodio/6simp_plinio_agua.pdf> Acesso em: 15 Mar. 2015.