

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM MUZAMBINHO-MG: Dimensionamento e viabilidade

Danilo Dantas Da Silva¹

Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Junior²

RESUMO

Este trabalho aborda o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residência unifamiliar em Muzambinho - MG. Tal abordagem se justifica considerando que a sustentabilidade no consumo de água pode ajudar na preservação dos recursos naturais e no futuro da sobrevivência humana. O objetivo deste estudo é avaliar a implantação de um sistema de captação de água de chuva em uma residência unifamiliar, visando o seu dimensionamento e o estudo de sua viabilidade.. Este intento foi alcançado através da revisão bibliográfica e estudo de caso. Foi realizada pesquisa de campo no Bairro Canaã em uma casa de 4 habitantes contendo uma área de terreno de 353,00m², área de construção de 164,73m², com uma área de telhado para estudo de 86,40m². A demanda da residência é de 6,700l onde chegamos a uma capacidade do reservatório de 20.000l, ou seja, 2 caixas de 10.000l, totalizando em um valor R\$13.251,07 para implementação do sistema obtendo uma economia de água de aproximada 40% levando 35 anos para o retorno do valor investido.

Palavras-chave: Reaproveitamento. Dimensionamento Reservatório. Água Pluvial.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande potencial hídrico, sendo detentor de 12% das reservas de água doce no mundo (TUGOZ et.al, 2015). Mesmo com o grande volume de água, o país tem grandes problemas de abastecimento, devido a longos períodos de estiagem em determinadas regiões do país e também à dificuldade em controlar o uso desse recurso, havendo uso inconsciente, desperdício.

¹Graduando Em Engenharia Civil (Centro Universitário De Minas Gerais-UNIS)
E-mail.Danilo_muz@hotmail.com

² Prof. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Junior. Engenheiro hídrico, com mestrado nas áreas de energia e doutorado em recursos hídricos. Tem atuação na área de meio ambiente e segurança do trabalho.

Bertoncini (2008) afirma que a falta de planejamento, de tratamento de esgoto e de efluentes industriais e agroindustriais influenciam na situação hídrica no país juntamente com a falta de controle nas irrigações agrícolas.

O país enfrenta ainda dificuldades em tratar os recursos hídricos, tendo como agravante o fato de se utilizar a água tratada em situações em que não seria necessário o tratamento.

Essa falta de tratamento de recursos hídricos levou a sociedade a perceber a necessidade de gerenciar melhor o uso desse recurso (CAMPOS, 2007). Surge, assim, como uma importante alternativa a captação da água da chuva e seu aproveitamento. A captação, o armazenamento e reuso da água pluvial tornam-se um aliado sustentável e econômico para famílias, uso nas indústrias e agricultores, podendo esta ser destinada à lavagem de passeios e quintais, na jardinagem e em descargas de vaso sanitário. No caso da agricultura, a utilização da água ocorre sobretudo na irrigação e, na indústria, a água pode ser usada conforme a empresa dependendo do ramo que ela atua, em ramos alimentícios a utilização é de água tratada.

A chuva reaproveitada reflete na economia de água destinada a fins nobres, pois quando é usada água tratada para fins não potáveis é gerado um desperdício da água preservada para uso potável. (REZENDE; PIZZO, 2007)

Compreendendo tal fato, a pesquisa teve como objetivo avaliar a implantação de um sistema de captação de água de chuva em residências unifamiliares, visando o seu dimensionamento e o estudo de sua viabilidade. Vale ressaltar que o local em que se encontra a edificação também precisa ser analisado, pois o índice pluviométrico é variável e o custo dos materiais disponíveis na região podem interferir na viabilidade do projeto.

Dessa maneira, foi realizado um estudo em uma residência unifamiliar, habitada por 4 pessoas, na cidade de Muzambinho-MG, com área de telhado de 84,6m² visando a obter um resultado economicamente viável e sustentável.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O Brasil possui um dos patrimônios hídricos mais importantes do planeta. A grandeza desse patrimônio dá também a medida da responsabilidade dos brasileiros para a sua conservação e uso sustentável, visando o equilíbrio ecológico planetário e a

sobrevivência da humanidade (LIMA *et al.*, 2016). A disponibilidade hídrica do Brasil é estimada em 35.732 m³/hab/ano, sendo assim considerado um país abundante em água. Em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce disponível no mundo (TOMAZ, 2001).

O consumo de água nas residências é influenciado por vários fatores como o clima da região, a renda familiar, o número de habitantes, as características culturais da comunidade, a forma de gerenciamento do sistema de abastecimento (medição e valor da tarifa). O consumo médio de água nas residências é de 200 L/hab/dia, com grandes oscilações, que podem ir de 50 L/hab/dia a 600 L/hab/dia (TSUTIYA, 2005).

2.1 Utilização das águas pluviais

Precipitação é a água proveniente do vapor de água da atmosfera que cai na superfície terrestre sob qualquer forma: chuva, granizo, neblina, neve, orvalho ou geada (CARVALHO; SILVA, 2006). Os tipos de precipitação são diferenciados pelo estado e o tamanho das partículas de água precipitada. (OLIVEIRA, 2007). Águas pluviais, ou chuva, são resultantes de precipitações atmosféricas que chegam ao solo, coberturas, telhados, infiltram ou escoam na superfície (VIOLA, 2008).

O uso do sistema de aproveitamento de água pluvial apresenta vários aspectos positivos por possibilitar a redução no consumo de água potável, diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento, minimizar riscos de enchentes, preservando o meio ambiente e reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004). O sistema da coleta de telhados é considerado o mais simples e que produz água de melhor qualidade (LEE *et al.*, 2000).

2.2 Normas e Tecnologias na Captação e Armazenamento de Águas Pluviais

No Brasil, a Norma Técnica da Agência Brasileira de Normas Técnicas – ABNT - que regulamenta o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis é a Norma Brasileira - NBR 15527/2007 - Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Esta Norma Técnica é aplicada a usos não potáveis das águas de chuva como: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

A eficácia do sistema de coleta baseia-se na captação da água, no direcionamento, armazenamento e na maioria dos casos bombeamento para um reservatório elevado. (MARINOK, 2007)

A NBR 15.527 tem como objetivo auxiliar dados para o dimensionamento do reservatório disponibilizando métodos de cálculos. A NBR 10.844 fornece parâmetros para a elaboração das calhas, que foi utilizado para dimensionar a calha condutora e as calhas verticais e horizontais.

De acordo com a ABNT, a normalização dos critérios e exigências para projetos de captação de águas pluviais é feita pela NBR 10844/1989, visa garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia, sendo aplicável, a drenagem de águas pluviais, em coberturas e demais áreas associadas ao edifício, tais como terraços, pátios, quintais e similares.

A normalização dos critérios e exigências para projetos de captação de águas pluviais é feita pela NBR 10844/1989, visa garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia, sendo aplicável, a drenagem de águas pluviais, em coberturas e demais áreas associadas ao edifício, tais como terraços, pátios, quintais e similares.

A NBR 15.527 (ABNT 2019) cita os requisitos necessários para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não nobres, adequado para limpeza de calçadas e ruas, irrigação de gramados, conforme as seguintes diretrizes: área de captação; área, medida em metros quadrados, projetada horizontalmente a partir da superfície impermeável do telhado; coeficiente de escoamento superficial; o coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento e o volume total de precipitação, varia da superfície, conforme Tabela 1:

Tabela 1: Coeficiente de escoamento Superficial

Coeficiente de Escoamento Superficial	
Material	Coeficiente de Run-off
Telhado de Amianto	0,80 a 0,90
Telhado Esmaltado	0,90 a 0,95
Telhas de Plástico ou PVC	0,90 a 0,95
Telhas Cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas Corrugadas de metal	0,80 a 0,90

FONTE: THOMAZ (2003) apud AMARAL E SANTOS(2008)

O reservatório é dimensionado conforme a NBR 15.527(2007) que cita alguns tipos de metodologia para cálculos, são eles: Método de Rippl; Método da simulação; Método Azevedo Neto; Método prático alemão; Método prático inglês; Método prático australiano.

O método Rippl é utilizado na série histórica de precipitação, o mais longo possível, convertido em água que alimenta o reservatório. Para a conveniência do cálculo, em circunstâncias normais é formulada uma série sintética, ou seja, uma série de precipitações históricas, podendo ser diário ou mensal (THOMAZ, 2003).

O trabalho de Giacchini (2016) discutiu a aplicação do método de Rippl para dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água de chuva. O autor concluiu que a escolha do método de dimensionamento correto é primordial para o bom desempenho de um sistema de aproveitamento de água de chuva, o qual possibilita dimensionar o reservatório de maneira adequada, atendendo corretamente a necessidade de consumo, a viabilidade econômica e a segurança sanitária e a sustentabilidade hídrica.

Foi realizado um estudo com o objetivo de analisar a viabilidade de armazenamento e aproveitamento da água da chuva para os sanitários do último andar do edifício, além de reaproveitar a água utilizada nos chuveiros dos andares superiores, para abastecer os vasos sanitários dos andares inferiores (SANTOS, 2012). Onde o tamanho do reservatório para captação de água da chuva foi calculado pelo método Rippl, sendo Brasília o local de pesquisa, tendo uma média de gastos mensais de 13.810 litros por morador. O uso do sistema adaptado chegou a reduzir cerca de 1620 litros por apartamento por mês, 3

moradores do apartamento economizam 540 litros por mês, o que representa quase 4% da economia mensal por pessoa.

Já o trabalho de Nolli (2017) teve por objetivo analisar os métodos de dimensionamento para reservatórios para aproveitamento de água pluvial conforme ABNT NBR 15.527, elaborando, a partir daí, um estudo de custo/benefício que leve a um projeto de Reservatório Ótimo. Para analisar o custo/benefício dos reservatórios deste estudo de caso, foi utilizado os valores do Método Analítico, de 31.900 litros, o de Rippl, da Simulação e Prático Australiano, de 400.000 litros aproximadamente. O autor concluiu em seu estudo que o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis pode proporcionar mais qualidade de vida, diminuindo o desperdício de água potável, podendo ainda ajudar na prevenção de enchentes.

O método Rippl, é utilizado na série histórica de precipitação, o mais longo possível, convertido em água que alimenta o reservatório (THOMAZ, 2003).

Assim sendo, foi utilizado o método de Rippl, seguindo dados a seguir:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (l)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}(m^2)$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente valores } S(t) > 0$$

$$\sum D(t) < \sum Q(t)(l)$$

Onde:

$$S(t) = \text{Capacidade do reservatório no tempo } (t), (l)$$

$$Q(t) = \text{Chuva aproveitável no tempo } (t), (l)$$

$$D(t) = \text{a demanda ou o consumo no tempo } (t), (l)$$

$$V = \text{Capacidade do reservatório}(l)$$

$$C = \text{coeficiente de escoamento superficial}$$

A manutenção e limpeza do sistema de captação e armazenamento de águas de chuva são de fundamental importância para a funcionalidade do projeto. A NBR 15527/2007 normaliza a frequência da limpeza e os itens importantes a serem inspecionados, conforme Quadro 01.

Quadro 1 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: ABNT NBR 15.527(2007).

Contudo, Thomaz (2003) pontua que o sistema de qualidade de água de chuva deve permanecer aos critérios do projetista ou pelo dono do reservatório, podendo ou não optar pela utilização de cloro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em Muzambinho, cidade localizada na região sudeste de Minas Gerais com aproximadamente 409,948 km² com uma população estimada em 20.552 em todo seu território. (IBGE, 2021)

O uso do sistema de aproveitamento de água pluvial apresenta vários aspectos positivos por possibilitar a redução no consumo de água potável, diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento, minimizar riscos de enchentes, preservando o meio ambiente e reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

O sistema da coleta de telhados é considerado o mais simples e que produz água de melhor qualidade (LEE *et al.*, 2000).

O estudo foi realizado no Bairro Canaã em uma casa de 4 habitantes contendo uma área de terreno de 353, 00 m², área de construção de 164,73 m², com uma área de telhado para estudo de 86,40 m².

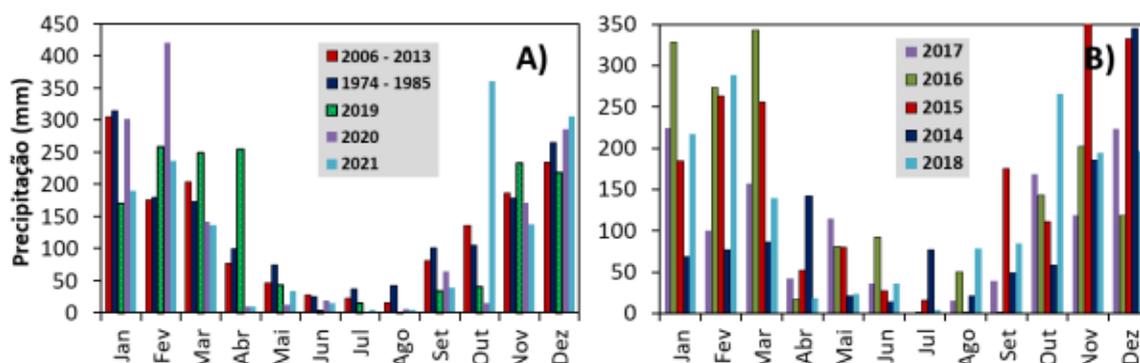
O programa REVIT 2021 foi utilizado para fazer o dimensionamento do sistema em estudo. Para levantamento do índice pluviométrico foi utilizado o programa Pluvio 2.1

disponibilizado pela GPRH _UFV. O orçamento foi feito através do levantamento quantitativo utilizando o programa REVIT 2021 utilizando da tabela de composição de custo do SINAPI (fevereiro, 2022)

3.1 Levantamento de Dados

Para iniciar o estudo, é necessário coletar o índice pluviométrico da região, dados utilizados da Estação Meteorológica “Davis Vantange Pro 2” na latitude: 21° 20’ 47”S e Longitude: 46°32’ 04”W, identificando a precipitação média anual (mm), conforme a Figura 1 a seguir:

Figura 1: Dados Pluviométricos de Muzambinho Minas Gerais.(1974-2021)

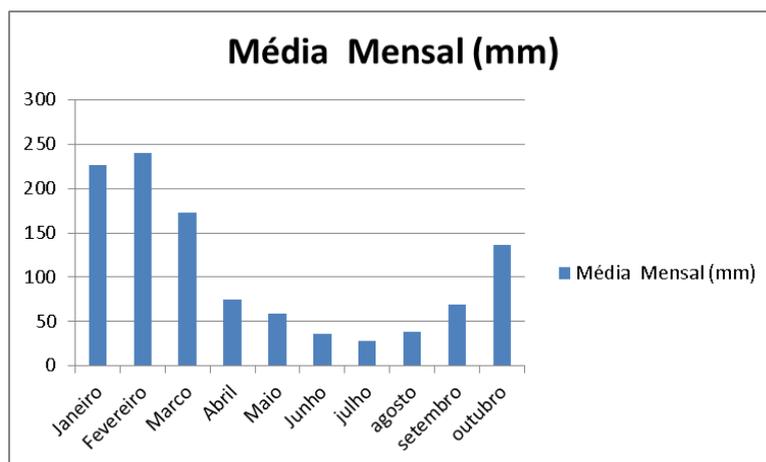


Fonte: APARECIDO, L. E. O; SOUZA, P. S., 2022)

Analisando dados do gráfico, nota-se que o período de mais seca são os meses de junho, julho e agosto, meses que o sistema poderá apresentar déficit em relação à demanda da residência em estudo. Por outro lado, o sistema poderá com sua capacidade mais elevada nos 3 primeiros e nos 3 últimos meses do ano.

Após análise dos dados foram realizados os cálculos das precipitações média mensal para uma melhor compreensão dos dados fornecidos, conforme o gráfico 1 apresenta:

GRÁFICO 1: Média Mensal da precipitação



FONTE: Autor(2022)

3.2 Levantamento de Área do Telhado

Segundo a NBR 10.844, na área de contribuição devem ser considerados os incrementos devido à inclinação da cobertura, seguido pela equação 1:

$$A = a + \left(\frac{h}{2}\right) \cdot b$$

Onde:

A=Área da cobertura (m²)

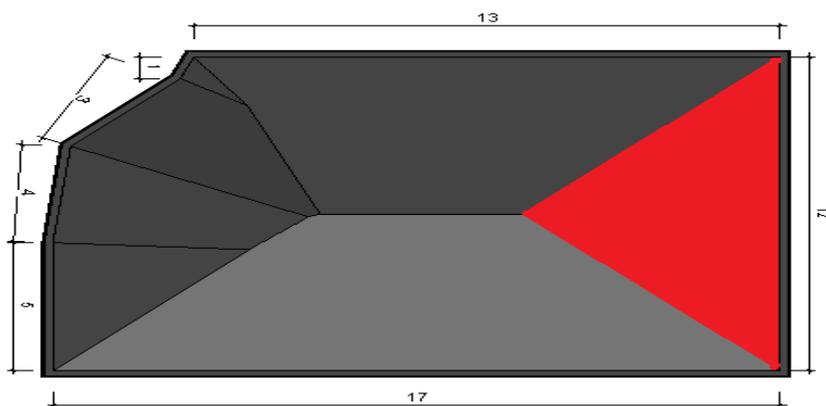
a= medida do centro do telhado até a borda do telhado (m)

h=Altura da cumieira (m)

b=Base do telhado (m)

A Figura 2 a seguir demonstra a planta baixa do telhado a ser estudado:

FIGURA 2 - Planta baixa do Telhado

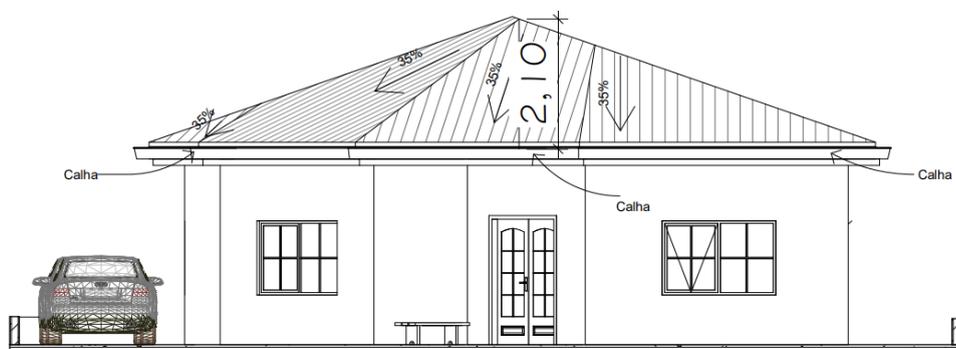


Fonte: o Autor (2021),REVIT 2020.

O telhado em estudo tem 7 vertentes confeccionadas de telhas cerâmicas com inclinação de 35%. Neste estudo foi feita apenas a vertente do fundo da residência, apontada para o norte, área de precipitação. As calhas não serão alteradas para o dimensionamento da pesquisa, pois estão trabalhando sem extravasar.

A figura 3 referente à fachada também mostra a altura do telhado e sua inclinação e suas calhas já dimensionadas e fixadas no local, que já responde muito bem, porém, foi feito um conferimento levando como referência a NBR 10.884,1989.

FIGURA 3 - Fachada



Fonte:O Autor (2021)

A NBR 10.884, orienta que, para a realização de cálculos da calhas, deve ser feito levantamento de alguns dados, como: a) Índice pluviométrico, b) Área de captação e intensidade

Para definir a vazão do primeiro projeto, é necessário definir a intensidade da chuva no local, vale ressaltar que essa vazão determinada pela norma é o volume que a calha condutora recebe, para logo em seguida serem determinadas calhas verticais e horizontais.

Para realização do cálculo de intensidade, foi utilizado o Software Pluvio 2.1 para a cidade de Muzambinho MG, que oferece parâmetros para realização do cálculo, conforme tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros da Equação de intensidade, duração e frequência da precipitação

Parâmetros da Equação de intensidade, duração e frequência da precipitação.			
Localização		Parâmetros para equação	
	Muzambinho	k	3543,3
Longitude	46° 32' 04" W	a	0,218
Latitude	21° 20' 47" S	b	18,233
		c	1,044

Fonte: PLUVIO 2.1

Com dados em mãos, utiliza-se da seguinte equação 1:

EQUAÇÃO 1 - Equação De Intensidade (IDF)

$$I = \frac{k \cdot TR^a}{(t+b)^c}$$

Onde:

I= intensidade média de precipitação

T= Duração de precipitação

TR= Período de Retorno

K, a, b, c= Constante de ajuste locais fornecidos pelo pluvio.

FONTE: Lasdon e Waren, 1981 apud PINTO, 2013.

Em seguida utiliza-se da equação(2) fornecida pela NBR 10.844 para determinar a vazão para calha condutora:

Equação 2 - Vazão de projeto- Método Racional

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$

Onde:

Q= vazão de projeto em L/min;

I= intensidade pluviométrica, em mm/h

A= área de captação, em m²

FONTE: Mulvaney 1851, apud ANGELO 2016.

O cálculo da intensidade resultará em um valor que mostra intensidade média da chuva, com isso, pode-se utilizar os dados de área de captação já mencionados neste trabalho para se chegar em uma vazão de projeto.

A declividade mínima para calhas verticais semicirculares foi adotado seguindo a tabela mencionada por Creder, (2006) que auxiliou a declividade a ser adotada em 5%.

3.3 Demanda de água para área externa.

A residência possui 4 moradores, sendo duas crianças e dois adultos. Os moradores relataram que pretendem fazer a implantação do sistema para diminuir o consumo de água na residência, ou seja, lavar o carro, quintal, limpeza de calçadas e regar o jardim, sendo assim foram relatados os seus hábitos para chegar a um levantamento coerente.

Lavar o carro: 4 vezes ao mês

Lavar quintal e calçada (155 m²): 4 vezes ao mês

Regar Jardim (55 m²) 4 vezes ao mês

Os recursos capturados podem ser usados de diferentes maneiras e devem ser manuseados adequadamente, dependendo de seu destino. Utilizaremos de uma equação muito simples que inclui a soma da demanda diária, multiplicada por um fator de 30 (equivalente ao número de dias presentes em um mês) (PALHARES,2016). A aplicação desta fórmula resulta em um valor para a demanda mensal, conforme mostrado na Equação 2.

$$VDEMANDADO = \sum D \times 30$$

VDEMANDADO = demanda domiciliar (m³/mês)

$\sum D$ = soma da demanda domiciliar (m^3 /dia) 30 = número de dias em um mês demandas.

A Rede de Agronomia, 2017 apud DA SILVA (2021) informa que, para irrigação de jardins, a quantidade de água utilizada varia de acordo com a latitude e o clima onde a moradia está localizada. Mas, em média, esse valor não ultrapassa 5 l/m².

Para a lavagem de carros, DEMAÉ, 2017 apud DA SILVA (2021) determinou o consumo de água em 560 litros, com a torneira aberta meia volta, e por 30 minutos no horário determinado. Além desse parâmetro, o departamento também fornece a quantidade de água necessária para limpar a calçada (15 minutos de uso equivale a 279 litros para limpar 50m²).

Com base nas informações fornecidas pelos moradores e dados coletados, a demanda mensal de água de reuso ficará da seguinte forma:

Demanda do Jardim : 5 L x 55m² s= 275l/semana

Demanda do carro: 560L x 1= 560l/semana

Para a demanda de limpeza do quintal, utilizaremos dados referente à limpeza de calçadas, mas com uma utilização de tempo de 60 minutos. Se a cada 15 min utilizam-se 279 litros, para limpar o quintal utilizaremos cerca de 1.116 litros a cada 50m² resultando em total de 3.348 litros mensais, já que foi informado que os moradores lavam apenas uma vez por mês justamente pelo grande volume requerido. Assim temos:

$\sum D \times 30 = (275 \text{ L} \times 4 \text{ semanas}) + (560 \text{ L} \times 4 \text{ semanas}) + 3348 = 6.688 \text{ L/Mês}$ ou 6,70 m³ mês.

Resultando em um total de demanda para fins não potáveis 6,70 m³ de água por mês, para a demanda externa da residência, ou seja, limpar calçadas, regar jardins, lavar carro, como já mencionado.

Com todos os dados e métodos levantados, foi dado início aos cálculos de dimensionamento do sistema.

4 RESULTADOS

O trabalho iniciou-se na ordem citada para recolhimento dos dados para então começar os cálculos devidos. A tabela 3 apresenta os parâmetros usados para o cálculo do reservatório.

Tabela 3: Parâmetros implementação do método de Rippl

Implementação do método simultâneo		
Parâmetros	Valor	Unidade
Capacidade do Reservatório	18.859	L
Demanda	6.800	L/mês
coeficiente de escoamento	0,85	Ad
Área de captação	84,6	m ²
Descarte da Primeira Chuva	0,16	m ³

Fonte: Autor (2022).

$$A=(a+h/2).b$$

Onde:

$$A=84,6 \text{ m}^2$$

$$a= 6 \text{ m}$$

$$h=2,10 \text{ m}$$

$$b=12 \text{ m}$$

Foram feitos os cálculos do reservatório utilizando o método de Rippl, a Tabela 4 apresenta os dados obtidos.

TABELA 4: MÉTODO RIPPL

Meses	Precipitação média Mensal (mm)	Área	Q= (C*P*A)	Demanda (l/mês)	S(D-Q)
Janeiro	227	84,6	16324	6.800	-9.524
Fevereiro	224	84,6	16072	6.800	-9.272
março	191	84,6	13720	6.800	-6.920
abril	75	84,6	5393	6.800	1.407
maio	59	84,6	4207	6.800	2.593
Junho	36	84,6	2597	6.800	4.203
julho	28	84,6	2034	6.800	4.766
Agosto	38	84,6	2757	6.800	4.043
Setembro	69	84,6	4954	6.800	1.846

Outubro	136	84,6	9780	6.800	-2.980
Novembro	188	84,6	13519	6.800	-6.719
Dezembro	244	84,6	17510	6.800	-10.710
V (reservatório)					18.859

FONTE : AUTOR (2022)

Desta forma, foram realizados os cálculos para verificar a capacidade do reservatório.

A vazão(Q) foi obtida através da relação entre a precipitação média, área de captação e o coeficiente de escoamento, assim, o valor S é a demanda - a vazão . Vale ressaltar que foi compreendido que durante o período de 1 mês a demanda continuar sendo usada normalmente, assim os valores resultantes indicam que nos meses onde o número é negativo a demanda será atendida e nos meses que o resultado está positivo o sistema entrará em déficit.

Tendo dimensionado o volume do reservatório a ser implementado, seguimos então para o conferimento da calha condutora (Tabela 5) e dos condutores verticais e horizontais, todos esses parâmetros já foram mencionados e, como devem ser aplicados conforme a NBR 10. 884.

Tabela 5: Cálculo de Intensidade

Duração da precipitação (min)	Tempo de retorno(anos)	K	A	B	C	Intensidade média da precipitação intensa(mm h-1)
60	5	3543,3	0,218	18,233	1,044	53

FONTE: AUTOR(2022)

Sendo assim, utilizamos da área já mencionada para obter a vazão do projeto equação 2 já citada, representada na tabela 6 a seguir:

TABELA 6: VAZÃO DO PROJETO

Vazão do projeto			
Q	Intensidade	Área telhado	Min

Vazão do projeto			
75	53	84,6	60

FONTE: AUTOR(2022)

Adotado a declividade de 5% podemos verificar altura (a) e base(b) da calha conforme a vazão do projeto na tabela 7 :

TABELA 7: DIMENSIONAMENTO CALHA CONDUTORA

Dimensão(m)		Declividade		
a	b	0,5%	1%	2%
0,2	0,1	512	724	1.024
0,3	0,2	2.241	3.170	4.483
0,4	0,3	5.611	7.935	11.222
0,5	0,4	10.960	15.500	21.920
0,6	0,5	18.700	26.446	37.401
0,7	0,6	29.107	41.164	58.215
0,8	0,7	42.362	59.908	84.724
0,9	0,8	58.789	83.141	117.579
1,0	0,9	78.792	111.429	158.584

FONTE: CREDER, 1994.

Chegamos à conclusão de uma calha 0,2 x 0,1 com a declividade de 5% sendo capaz de receber uma vazão de 512 L /min muito superior que a Q real.

Porém como mencionado será utilizado a calha já fixada no projeto que tem como dimensões:

$$.a= 0,2$$

$$b= 0,15$$

4.1 Implementação do sistema

O reaproveitamento da água da chuva está sendo utilizado em diversos setores, porém para ser um sistema eficaz sabe-se que alguns cuidados são necessários para tornar esse processo seguro e fácil.

O sistema conta com a inclusão de dispositivos de captação de água da chuva, calha condutora de aço galvanizado, seguindo as orientações da NBR 10.844/1989 onde é direcionado a água captada do telhado para o filtro, com a finalidade de remover as maiores

partículas, como galhos, folhas. No mercado existe uma vasta gama de equipamentos para este tipo de filtragem, como no exemplo da figura 4:

FIGURA 4: Filtro VF1 3P TELESCÓPIO.



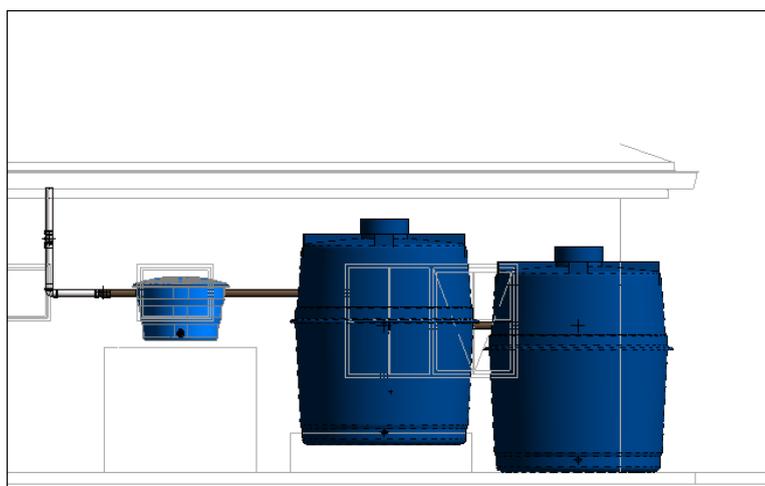
FONTE: TECHNIK

O filtro retrátil VF1 3P é um sistema para filtrar água da chuva em um edifício com um telhado de até 385 m. A eficiência de acordo com o fabricante é aproximadamente 90% a 95% de retenção mecânica dos sólidos, de acordo com a intensidade das chuvas. O lixo separado não se acumula porque é descartado por sistema automático.

O fato de o filtro ter a montagem telescópica facilita o ajuste para diversos tipos de projetos para coleta de água da chuva.

Após a filtragem o sistema direciona os primeiros 2 l/m² para um reservatório de 310 litros, onde o sistema após atingir sua capacidade máxima veda a entrada da água através da bóia acoplada na caixa, direcionando assim através de condutores horizontais para dois reservatórios de 10000 L conforme mostra a figura 5.

Figura 5 : Implementação do sistema de captação de água



FONTE: AUTOR(2022) REVIT 2021

4.2 Estimativa de Custo

Concretizando todos os levantamentos, foi feito o levantamento quantitativo e em seguida o orçamento.

Toda base de dados utilizado foi feita através do SINAPI onde é composto por elementos básicos da construção, como materiais, equipamentos e mão de obra, ou uma única combinação de serviços relacionados à descrição, codificação e quantização cada entrada e/ou combinação auxiliar utilizada para executar uma unidade de serviços (CAIXA, 2022). A Tabela 08 demonstra o levantamento quantitativo e de preço, totalizando R \$13.251,07.

Tabela 8 – Levantamento quantitativo e de preço

Cod	Item	Unidade	Un/medida	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
34637	CAIXAD'AGUA EM POLIETILENO 310 LITROS, COM TAMPA	1	unidade	281,27	281,27
37106	CAIXA D'AGUA FIBRA DE VIDRO PARA 10000 LITROS, COM TAMPA	2	unidade	5.100,97	10.201,94
11830	TORNEIRADEBOIA CONVENCIONAL PARA CAIXA D'AGUA, ÁGUA FRIA, 3/4", COM HASTE E TORNEIRA METALICOS E BALAO PLASTICO	2	unidade	29,55	59,1
1960	CURVA DE PVC 90 GRAUS, SOLDAVEL, 75 MM, PARA ÁGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)	7	unidade	75,29	527,03
3540	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 50 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	2	unidade	7,95	15,90
20169	LUVA SIMPLES, PVC SERIE R, 75 MM, PARA ESGOTO OU ÁGUAS PLUVIAIS PREDIAIS	4	unidade	14,94	59,76
11658	TE SANITARIO, PVC, DN 75 X 75 MM, SERIE NORMAL PARA ESGOTO PREDIAL	1	unidade	17,68	17,68
82	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, LONGO, COM FLANGE LIVRE, 75 MM , PARA CAIXA D' AGUA	2	unidade	312,97	625,94
87	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, LONGO, COM FLANGE LIVRE, 25 MM , PARA CAIXA D' AGUA	1	unidade	24,93	24,93
88	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL, LONGO, COM FLANGE LIVRE, 32 MM, PARA CAIXA D' ÁGUA	1	unidade	27,82	27,82
11675	REGISTRO DE ESFERA, PVC, COM VOLANTE, VS, SOLDAVEL, DN 32 MM, COM CORPO DIVIDIDO	1	unidade	34,66	34,66

9868	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	0,8	metro	5,26	
9869	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 32 MM, ÁGUA FRIA (NBR-5648)	0,5	metro	11,81	5,905
38984	TUBO PPR, CLASSE PN 25, DN 75 MM, PARA ÁGUA QUENTE E FRIA PREDIAL	6,2	metro	117,56	728,872
36375	TUBO PVC PBA JEI, CLASSE 15, DN 50 MM, PARA REDE DE AGUA (NBR 5647)	0,7	metro	27,84	19,49
40810	APONTADOR OU APROPRIADOR DE MAO DE OBRA (MENSALISTA)	3	dia	103,30	309,90
Total					13.251,07

Fonte: O autor (2022).

4.3 Descrição dos resultados

A captação de água da chuva tem muitos benefícios, mas o principal é que é uma prática de gestão sustentável da água que pode ser implementada por qualquer pessoa em muitos níveis diferentes, desde um simples barril de chuva até um sistema abrangente de captação de água da chuva que se integra a um sistema de irrigação ou uso para fins não potáveis.

Para conhecer o impacto financeiro do projeto, foi realizado o levantamento do custo com as despesas da água na residência nos últimos 12 meses, que apontou uma média mensal de consumo de R \$79,87, conforme Tabela 09.

Tabela 09 – Média de consumo de água

Referência	Litros	Valor (R\$)
jan/22	16.000	84,48
dez/21	13.000	64,21
nov/21	9.000	42,25
out/21	8.000	38,37
set/21	15.000	76,25
ago/21	17.000	94,74
jul/21	18.000	103,62
jun/21	16.000	86,15

mai/21	16.000	86,15
abr/21	16.000	86,15
mar/21	17.000	94,88
fev/21	18.000	103,62
jan/21	15.000	77,41
	Total anual	1038,28
	Média	79,87

Fonte: O autor (2022).

Conforme exposto na Tabela 09, a média de consumo mensal da residência é de R \$16.500/L, ou seja, 16,5 m³. Como já citado anteriormente, a demanda pelo consumo não potável é de 6.70 m³ (6.700/L).

A Tabela 10 ilustra o consumo médio mensal e a demanda média mensal em litros, m³ e reais (R\$).

Tabela 10 - Consumo médio mensal e a demanda média mensal

Referência	Litros	m3	R(\$)
Consumo mensal médio total	16.500	16.5	79,87
Demanda mensal consumo não potável	6.700	6.7	5,63

Fonte: O autor (2022).

Pode ser observado que a economia com a implantação do projeto é de aproximadamente 40% do total gasto com água na propriedade. Considerando que o consumo médio mensal é de R \$79,87 e a economia com o projeto é de aproximadamente 40%, o projeto diminuiria o gasto mensal com água para aproximadamente R\$32,00, sendo a economia média anual de R\$384,00.

Para cálculo do tempo de retorno foi considerado: valor investido dividido pelo valor economizado.

$$13.251,07 / 384,00 = 34.5 \text{ anos}$$

O tempo de retorno do projeto seria de aproximadamente 35 anos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de água pluvial é apresentado como uma das opções para minimizar os impactos nos recursos naturais, diminuindo o uso de água potável em ações do dia a dia que permitem utilização de outras fontes, não visando somente as questões econômicas e sustentáveis, mas também possibilitando a diminuição das águas que causam inundações, enchentes e alagamentos nas cidades.

Este estudo procurou demonstrar com detalhe todo o sistema de captação, armazenamento e distribuição de águas pluviais, respeitando todas as Normas Técnicas e Leis que regulamentam essa atividade. Observar esses critérios na elaboração, implantação e manutenção permite um sistema com funcionalidade máxima e qualidade esperada da água a ser reutilizada.

No estudo realizado na Cidade de Muzambinho-MG verificou-se que a implementação do sistema teve um valor gasto de R\$ 13.251,07, suprimindo a demanda necessária, porém havendo a possibilidade de déficit nos meses de pouca precipitação.

Foi encontrado a capacidade do Reservatório somando todos os valores positivos, ou seja, a fórmula de Rippl analisa os períodos mais críticos do ano com intenção de armazenar aquele valor que não foi atendido, fazendo com que o reservatório superdimensionado.

Foi feito todo o levantamento do consumo médio de água potável e o valor de economia do sistema que chega aproximadamente em R\$ 384,00 anuais, sendo possível atingir como tempo de retorno 35 anos.

A execução do projeto tornou-se onerosa, através da capacidade do reservatório, o método Rippl tem como objetivo dimensionar o reservatório usando os meses que não atenderam a demanda, com intuito de armazenar um volume maior nos meses com mais chuva para suprir os meses com menos chuva. Vale ressaltar que o tipo de reservatório também teve contribuição significativa para com o orçamento, deve ser analisado um outro tipo de reservatório que atendam as perspectivas de custos e demanda, é sugerível verificar o valor de um reservatório menos oneroso, alvenaria ou de concreto.

Deve-se avaliar os outros métodos disponíveis na NBR 15.527(2007) como Método da simulação; Método Azevedo Neto; Método prático alemão; Método prático inglês; Método prático australiano, assim, verificar o valor mais coerente para adotar no reservatório em relação a demanda.

Porém devem ser considerados outros aspectos como a economia de água em termos sustentáveis e ambientais, sendo que o valor reaproveitado é bem significativo.

A adoção de um projeto de captação e reuso da água da chuva permite grande economia de água potável de outras fontes e demonstra a preocupação ambiental da instituição que o implantou.

ABSTRACT

This work addresses the use of rainwater for non-potable purposes in a single-family residence in Muzambinho - MG. Such an approach is justified considering that sustainability in water consumption can help in the preservation of natural resources and in the future of human survival. The objective of this study is to evaluate the implementation of a rainwater harvesting system in a single-family residence, aiming at its dimensioning and the study of its feasibility. This aim was achieved through the literature review and case study. Field research was carried out in Bairro Canaã in a house of 4 inhabitants containing a land area of 353.00m², a construction area of 164.73m², with a roof area for the study of 86.40m². The residence demand is 6,700 l where we reach a reservoir capacity of 20,000 l, that is, 2 boxes of 10,000 the average consumption of drinking water is 16,500 l and the value for implementing the system is R\$13,251.07 and for non-potable 6,700 l, with savings of approximately 40%, taking 35 years to return the amount invested.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 10.844: Instalações prediais de água pluviais.** Rio de Janeiro .1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 15.527: Água de chuva_Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis Requisitos.** Rio de Janeiro. 2007.

BERTONCINI, Edna Ivani. **Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola.** Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, v. 1, n. 1, p. 152-169, 2008. Disponível em : <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Tratamento-de-efluente-s-e-re%C3%BAso-da-%C3%A1gua-no-meio-agr%C3%ADcola.pdf>

CATULÉ, Pablo Fernandes; SALOMÃO, Pedro Emilio Amador; CANGUSSU, Luiza; CARVALHO, Paulo Henrique Vieira. **Estudo de verificação da viabilidade de captação e**

uso de água da chuva no município de Teófilo Otoni-MG. Research, Society and Development, v. 7, n. 11, p. e6711438-e6711438, 2018. Disponível em : <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/438>

CARVALHO, Daniel F.; SILVA, Leonardo D. B. Hidrologia. **Ciclo Hidrológico.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro:2006

DA SILVA PIZZO, Henrique et al. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA RESIDÊNCIA DE ALTO PADRÃO NA CIDADE DE JUIZ DE FORA–MG.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 7, n. 6, p. 749-771, 2021. Disponível em : <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/1428/624>

DE ANGELO, DOUGLAS VIALLE et al. FACULDADE CAPIXABA DE NOVA VENÉCIA–MULTIVIX ENGENHARIA CIVIL. **CALÇADA SUSTENTÁVEL: PROPOSTA DE PROJETO PARA A ÁREA EXTERNA DA FACULDADE CAPIXABA DE NOVA VENÉCIA - MULTIVIX.** Disponível em : <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/12/calçada-sustentavel-proposta-de-projeto-para-a-area-externa-da-faculdade-capixaba-de-nova-venecia-multivix.pdf>
Acesso em: 4 Abril 2022

DE CARVALHO MACHIONE, Eduardo Lopes, Marco Antonio. **Análise da viabilidade econômico-ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em construções de 100m² de cobertura no município de Colina-SP.** Revista Unimontes Científica, v. 17, n. 1, p. 03-17, 2015. Disponível em :

GIACCHINI, Margolaine. **O Método de Rippl para dimensionamento de reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC’2016. Disponível em: <https://confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/contecc2016/civil/o%20m%C3%A9todo%20de%20ripppl%20para%20dimensionamento%20de%20reservat%C3%B3rios%20de%20sistemas%20de%20aproveitamento%20da%20%C3%A1gua%20de%20chuva.pdf>

INSTITUTO FEDERAL CAMPUS MUZAMBINHO-MG, APARECIDO, LUCAS. E. O; SOUZA, PAULO. S, **BOLETINS CLIMÁTICOS DO IFSULDEMINAS**, Nº 94,2021. Disponível em: https://www.muz.ifsuldeminas.edu.br/images/2022/01/PDF/Boletim_Climatic_o_N.104-dez-2021-finalizado.pdf

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; IBGE 2022. Disponível em : <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/muzambinho.html> Acesso em : Fevereiro 2022.

LIMA, Eugenio Antônio; CANO, Helen; NASCIMENTO, José Antonio Sena. **Uma contribuição à geografia dos recursos hídricos.** Biblioteca IBGE: 2016. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97884_cap7.pdf. Acesso em: 11 fev. 2022.

LIMA, Luiza Martins; MENDES, Luana Ferreira. **PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM USO RESIDENCIAL.** -, 2019. Disponível em : <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1267>

MAY, Simome. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações.** Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: uso racional e reúso.** Oficina de Textos, 2005. Disponível em

: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=V1iXBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT10&dq=utilizacao+da+agua+nas+industrias&ots=ipdTPDjidC&sig=IB4lyBuYUaJ6k3e9-wwOB-pWwRE#v=onepage&q=utilizacao%20da%20agua%20nas%20industrias&f=false>

Acesso em: Janeiro 2022.

NILLI, A. C. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento de reservatório ótimo em aproveitamento de águas pluviais [manuscrito]:** do trabalho / Augusto Campos Noll. - 2017. 91f. Disponível em:

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MMMD-B5ZKTL/1/augusto_21.08.18.pdf.

Acesso em: 08 fev. 2022

OLIVEIRA, Mateus Souza; ROSA, Rafael José Nogueira. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA RESIDÊNCIA.** -, 2018. Disponível em

: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/637/1/Mateus%20Souza.pdf> acesso Fevereiro 2022

PEREIRA, R. P.; PASQUALETTO, Antônio; MINAMI, Marco YM. **Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m² de cobertura.** Recuperado em, v. 10, 2008. Disponível em : Acesso Janeiro 2022

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36524952/viabilidade_economico_ambiental_da_implantaCAo_de_um_sistema_de_captaCAo_e_aproveitamento_de_Agua-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1645395699&Signature=NWxjj8DCjGAgso2CyE6l~qtCZgrmBAuU9wMrdjittKEi1gfk-MRvpjAh5ggacCowntIyJfWNdBQ5jupjuig0FPGmZgIb-mw2QH4YkgnjFYPQB4ipbUIyWhHLMR-vtZBUk8rGuLsnOtzik4DDx6wOPnGjNNU-0-tC0R9silRXZo80C2EIEQ4PtfQjWs-yRXqawQtSWMd70aYAbHJ4SumPhUTpWT8LwrmY1Q~ymTYEAmfPouq3sqMHjV6WQHfdY7V7UapbfgE~kwWJ2wI940MwSfqTNwK4FCGyc5cTYKZqgVSEnSDwZ6Ii5B2zNlaz8nHzQh0c2-mWpOjgoaLmNu0Mra4A_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

PINTO, Eber José de Andrade. **Atlas pluviométrico do Brasil: metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico.** 2013. Disponível em :

https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/11560/1/metodologia_idf_atlas.pdf acesso em : Abril 2022

RUPP, Ricardo Formagliari; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.** Ambiente

