



## Technical and economic feasibility of the use of rainwater for non-potable purposes for a residence in the city of Manaus-AM

Reylla Carvalho Ribeiro<sup>1</sup>, Alexandra Amaro de Lima<sup>2</sup>, Andreia Rodrigues Gomes<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidade Paulista - UNIP, Brasil, Av Mario Ypiranga 4390, – Parque 10 de Novembro, Manaus – AM, CEP: 69050-030.

Email: [reylla.carvalho@gmail.com](mailto:reylla.carvalho@gmail.com), [xanduca@gmail.com](mailto:xanduca@gmail.com), [arodriguesm.eng@gmail.com](mailto:arodriguesm.eng@gmail.com)

### ABSTRACT

Several countries face problems of water scarcity, making it imperative to raise questions about the conservation and preservation of water resources. As causes for this problem, are related the development of cities, population growth, related with the increasing demand for water by industry and agriculture. In an attempt to solve this problem it is necessary to reformulate the water supply system, especially with regard to the use of non-potable water in residences. In the incessant search for viable alternatives, there is the reuse of precipitation, which with its utilization brings benefits such as a reduction of drinking water consumption and flood control in regions with large paved areas. The objective of this article is to design and implement a system of reuse of rainwater for non-potable purposes, presenting a capture and storage process. For the development of the methodology, data lengths of the precipitation of the city of Manaus were provided by the National Institute of Meteorology (INMET). With the data, the dimensioning of the size of the rainwater reservoir was compared through the English Practical Method, German Practical Method and Rippl Method. Based on the results obtained, it was established the type of reservoir to be adopted and the calculation to find the pump-motor capacity to be used in the elevation of the water to a superior reservoir, as well to demonstrate the economy that the implantation of this system will go generate.

**Keywords:** Water. Reuse. Rain. Rainwater.

## Viabilidade técnica e econômica do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis destinada a uma residência na cidade de Manaus-AM

### RESUMO

Vários países enfrentam problemas de escassez de água, tornando-se imprescindível levantar questões sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos. As causas para este problema estão relacionadas ao desenvolvimento desordenado das cidades, crescimento populacional, aliado ao aumento da demanda de água pela indústria e pela agricultura. Na tentativa de solucionar este problema é preciso que se reformule o sistema de abastecimento de água, principalmente no que diz respeito ao uso de água não potável nas residências. Na busca incessante para alternativas viáveis, encontra-se o reuso da precipitação que com a sua utilização traz benefícios como a redução do consumo de água potável e o controle de enchentes em regiões com grandes áreas pavimentadas. Este artigo tem por objetivo dimensionar e implantar um sistema de reaproveitamento da água pluvial para fins não potáveis, apresentando processo de captação e armazenamento. Para o desenvolvimento da metodologia, foram utilizados dados de precipitação da cidade de Manaus fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Com os dados, foi comparado o dimensionamento do tamanho do reservatório de águas pluviais através do Método Prático Inglês, Método Prático Alemão e Método Rippl. Através dos resultados pôde-se definir o tipo de reservatório a ser adotado e a potência da bomba-motor a ser utilizada na elevação da água, bem como demonstrar a economia que a implantação deste sistema irá gerar.

**Palavras-chave:** Água. Reaproveitamento. Chuva. Águas Pluviais.

**Received:** October 16<sup>th</sup>, 2018

**Accepted:** November 27<sup>th</sup>, 2018

**Published:** December 31<sup>th</sup>, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## I INTRODUÇÃO

A água é fonte de vida e essencial para a vida no planeta. Com o crescimento populacional e desenvolvimento econômico, o consumo de água vem sendo maior, onde se torna imprescindível seu uso em diversas atividades, além de sua constante degradação. Várias alterações na sua qualidade ocorrem durante o ciclo ecológico, devido às influências sofridas nos centros urbanos, como as indústrias, agricultura e falta de saneamento (diluição de resíduos e esgotos). Um tratamento prévio desses esgotos é fundamental para manter certa qualidade, compatível com a utilização desse recurso natural para os diversos fins.

O Instituto Trata Brasil (2017) informa que “a cada 100 litros de água coletados e tratados, em média, apenas 63 litros são consumidos.” O restante da água é desperdiçado através de vazamentos, roubos e ligações clandestinas, falta de medição ou medições incorretas no consumo de água.

A distribuição deste recurso natural torna-se desigual não sendo proporcionais às necessidades, tornando este fator preocupante. [1] afirma que “[...] potências mundiais não mais disputarão pela hegemonia nuclear e petrolífera, e sim pela detenção de reservas hídricas que atendam a demanda de consumo de seus países.” Além disso, a água possui um valor econômico alto, na qual é capaz de delimitar o desenvolvimento que uma região pode alcançar.

O Brasil é um país privilegiado, pois possui 53% da água doce da América Latina. Segundo [2], os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há muita água possuem baixo índice populacional. Como exemplo, temos a Região Norte do país, onde localiza a Bacia Amazônica, contando com 69% do recurso hídrico nacional e 8% da população brasileira.

Em [3] explica que a civilização ainda não se conscientizou de que dependem da água e necessitam conservá-la, pois, trata-se de um recurso limitado e vulnerável.

Durante os últimos séculos a água serve-nos para múltiplos usos, como: geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, recreação, aquíicultura, piscicultura e pesca, enquanto grande quantidade é desperdiçada diariamente.

A prática de aproveitamento de águas pluviais vem sendo adotado em diversos países Europeus e Asiáticos. No Brasil, esta técnica vem sendo muito utilizado nas comunidades do interior do Nordeste, onde ocorre escassez de água potável e a água captada é usada como fonte de suprimento. Outros usos para a utilização da água são aproveitamentos para fins não potáveis, como uso na descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins e lavagem de pátio, onde será possível a redução do consumo de água tratada.

Devido ao crescimento populacional desenfreado nos centros urbanos, resultando no uso irracional dos recursos hídricos, há grandes contribuições para um maior consumo deste bem natural. Torna-se imprescindível a conscientização das pessoas para o uso sustentável da água, principalmente no que diz respeito à preservação dos recursos hídricos para hoje e as futuras gerações.

Desta forma, tendo em vista os fatores legais e a busca incessante por alternativas que promovam a economia dos recursos hídricos, este estudo propõe a análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação e distribuição de águas pluviais com fins não potáveis, de modo a demonstrar, de forma prática e funcional, o custo-benefício que esse sistema irá gerar.

A região Amazônica é conhecida mundialmente por sua

disponibilidade hídrica e variedade de fauna e flora ocupando uma área total da ordem de 6.110.000 km<sup>2</sup>, desde suas nascentes nos Andes Peruanos até sua foz no oceano Atlântico. Mas ao mesmo tempo, a região Amazônica apresenta médias anuais em torno de 2300 mm, conforme [4], mostrando um grande potencial no reuso e tratamento das águas pluviais. A distribuição espacial e temporal das chuvas foi detalhadamente estudada por [5], utilizando-se de 226 estações pluviométricas, mostrando um forte potencial pluviométrico na região.

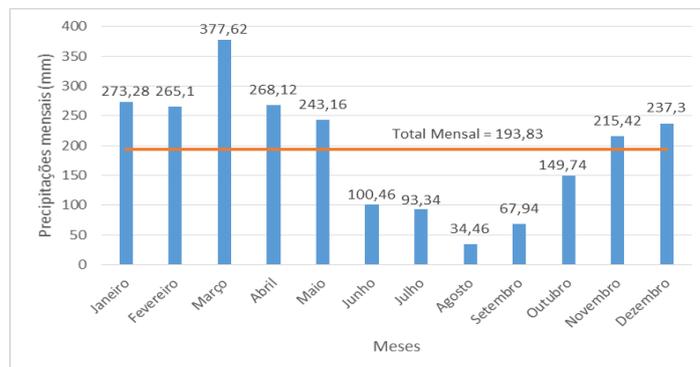


Figura 1: Médias mensais de precipitações (mm) na cidade de Manaus, durante o período de 2012 a 2016.

Fonte: Autores, (2018).

O uso racional da água pode definir-se como um conjunto de atividades onde tem como principais objetivos; reduzir a demanda de água; melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios; implantar práticas e tecnologias para economizar água; informar e conscientizar a população. [6] esclarece que a economia de água em meios urbanos, pode ser classificada em convencionais e não convencionais.

O reuso da água não potável pode servir para diversas atividades, tais como: recargas de aquíferos subterrâneos, aquíicultura, industriais, agrícolas e usos domésticos (rega de jardins, descargas sanitárias, lavagem de pátio). Essas águas podem ser reutilizadas várias vezes, desde que recebam tratamento adequado, garantindo condições de potabilidade adequado, pois deve-se considerar as impurezas presentes no ar contaminando a precipitação e resíduos contidos nos telhados, calhas e pisos.

O resultado da instalação de um sistema para captação minimiza partes do escoamento de água, funcionando também como uma drenagem urbana. A forma de captação mais tradicional e simples para captar as águas das chuvas é através de calhas instaladas em telhados ou até mesmo pelos pisos de estacionamentos. Essas águas passam por tubos e são armazenadas em cisternas, normalmente acoplados abaixo do nível do solo. Antes de ocorrer o armazenamento no reservatório, a água deverá passar por um filtro, na qual eliminará as impurezas da água, como resíduos líquidos e sólidos e folhas.

Para evitar que a água chegue ao solo, onde normalmente ocorre a contaminação, tem-se a ideia de usar calhas nos telhados. Para o dimensionamento do volume do reservatório, alguns fatores deverão ser levados em consideração, tais como: séries históricas das precipitações e área do telhado da residência. O formato cilíndrico da cisterna garante uma melhor manutenção da qualidade da água por longo tempo, fazendo-se necessário algum tipo de filtragem dessas águas. [7] sugere o uso de filtro volumétrico, que vem pronto para instalação, tendo baixa necessidade de revisões e limpezas.

Conforme NBR 15.527 [8], as tubulações provenientes do reservatório de águas pluviais devem ser claramente identificadas

em relação às demais tubulações da edificação. A frequência de manutenção para cada componente pode ser conferida na tabela abaixo. O uso de sistema de aproveitamento de águas pluviais é uma alternativa que deve-se considerar em novos projetos, pois toda a água captada ajudará a minimizar a ocorrência de enchentes e falta de água, sem falar do consumo indevido de água tratada, a qual possui um custo relativamente elevado, procurando assim motivar a sociedade e os órgãos governamentais para que as medidas de captação comecem a ser usadas.

Tabela 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
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Autores, (2018).

## II MÉTODOS

Para a análise do comportamento da precipitação na cidade de Manaus/AM foram utilizadas as médias mensais de durante o período de 2012 a 2016, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conforme pode-se verificar abaixo.

Nota-se que os altos índices pluviométricos concentram-se entre os meses de dezembro e maio, caracterizado como a estação chuvosa/transição na região. Entre os meses de agosto e setembro é caracterizado por baixos índices pluviométricos

O projeto da residência contempla 140,00 m<sup>2</sup> de área construída de padrão popular para uma família de quatro pessoas. Sendo composta por sala de estar/jantar, cozinha, dois quartos, uma suíte, banheiro social, lavanderia e garagem. A cobertura será de telhas trapezoidais, tendo como área de captação pluvial de 140,62 m<sup>2</sup>.

Tabela 2: Quantidade de chuva acumulada (mm).

MÊS	ANO					MÉDIA (MM)
	2012	2013	2014	2015	2016	
Janeiro	365,2	314,6	253,3	303,7	129,6	273,28
Fevereiro	288,7	342,1	245,4	214,0	235,3	265,1
Março	277,4	427,4	527,7	373,7	281,9	377,62
Abril	195,6	420,6	255	165,5	303,9	268,12
Maio	167,8	238,4	411,3	280,8	117,5	243,16
Junho	85,4	32,3	211,7	75,8	97,1	100,46
Julho	83,0	167,1	66,1	47,3	103,2	93,34
Agosto	26,6	53,0	32,2	10,7	49,8	34,46
Setembro	90,3	121	0,6	15,8	112,0	67,94
Outubro	181,3	193	190,9	31,3	152,2	149,74
Novembro	284,5	312,2	196	90,7	193,7	215,42
Dezembro	266,2	101,3	173,8	126,4	518,8	237,3
<b>TOTAL ANUAL</b>						2325,94
<b>TOTAL MENSAL</b>						193,83

Fonte: Autores, (2018).

Para poder analisar a eficiência do sistema de aproveitamento de água da chuva e seu dimensionamento, foi necessário quantificar as previsões de consumo de água na residência. O trabalho de [9] mostra que o consumo diário por pessoa é de 150 litros. Considerando que o total de moradores será de quatro pessoas mais uma empregada teremos; um consumo diário de 150 l/dia para 5 pessoas, totaliza em média 750 litros, adicionalmente se faz necessário uma reserva de incêndio (20%):150 litros, que totaliza 900 litros/dia. Nota-se que essa quantidade mostrada acima engloba toda a água tanto para fins potáveis quanto não potáveis. De acordo com [10], do total de água consumida em uma residência, 40% deste total são destinadas aos usos não potáveis.

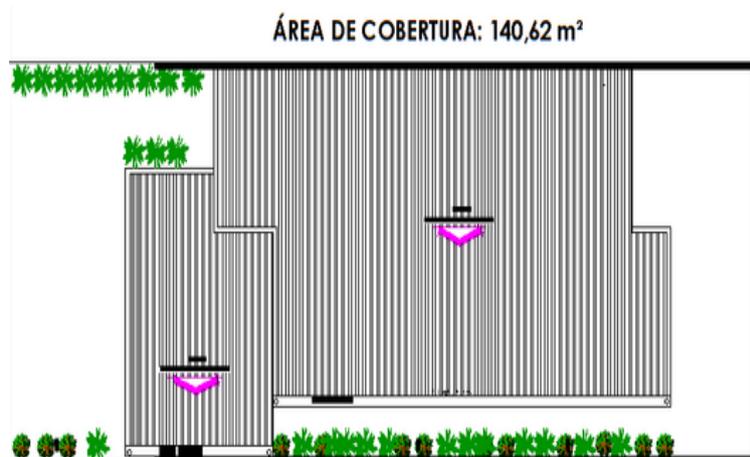


Figura 2: Projeto da área de cobertura para a captação de águas pluviais.

Fonte: Autores, (2018).

## III RESULTADOS

### III.1 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Considerando o método prático Inglês conforme Equação 1 para dimensionarmos o reservatório, chegaremos a um volume mensal de captação, conforme demonstrado abaixo:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (1)$$

$$V = 0,05 \times 2353,82 \times 140,62$$

$$V = 16,54 \text{ m}^3$$

Onde: P = Precipitação média anual (mm); e A = Área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>).

### III.2 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Considerando o método prático Alemão conforme Equação 2 para dimensionarmos o reservatório, chegaremos a um volume de captação, conforme demonstrado abaixo:

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo entre } (V \text{ e } D) \times 0,06. \quad (2)$$

$$V1 = 0,06 \times 330,46 = 19,82 \text{ m}^3$$

$$V2 = 0,06 \times 131,40 = 7,88 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{adotado}} = 7,88 \text{ m}^3$$

Onde: V = Volume anual de precipitação aproveitável (m<sup>3</sup>); e D = Demanda anual de água não potável (m<sup>3</sup>).

### III.3 MÉTODO DE RIPPL

Considerando o método de Rippl para dimensionarmos o reservatório, chegaremos a um volume mensal de captação, conforme demonstrado abaixo na Tabela 3. O coeficiente de runoff (CR) utilizado foi de 0,8.

De acordo com os resultados apresentados através do Método Prático Inglês, Método Prático Alemão e Método de Rippl para o dimensionamento, optou-se por utilizar um tanque de poliéster reforçado em fibra de vidro da marca FIBRATEC com capacidade de 10 m<sup>3</sup>, devido a disponibilidade no mercado, com uma bomba de transferência de água para o reservatório superior.

$$P = \frac{1000xQxHm}{75xn}$$

Tabela 3: Aplicação do Método de Rippl. Legenda das Colunas (C1 – Média Mensal (MM); C2 – Demanda Mensal (M<sup>3</sup>); C3 – Área de Captação (M<sup>2</sup>); C4 – Volume de Chuva Mensal (M<sup>3</sup>); C5 – Diferença entre volume da demanda e Volume de Chuva (M<sup>3</sup>); C6 – Diferença entre acumulada dos valores positivos de C6 (M<sup>3</sup>); C7 – Situação do Reservatório.

MESES	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Janeiro	301,16	11,16	140,62	34,0	-22,84	0,0	E
Fevereiro	265,1	10,08	140,62	30,0	-19,92	0,0	E
Março	377,62	11,16	140,62	42,0	-30,84	0,0	E
Abril	268,12	10,8	140,62	30,0	-19,2	0,0	E
Mai	243,16	11,16	140,62	27,0	-15,84	0,0	E
Junho	100,46	10,8	140,62	11,0	-0,2	0,0	E
Julho	93,34	11,16	140,62	11,0	0,16	0,16	D
Agosto	34,46	11,16	140,62	4,0	7,16	7,32	D
Setembro	67,94	10,8	140,62	8,0	2,8	10,12	D
Outubro	149,74	11,16	140,62	17,0	-5,84	4,28	S
Novembro	215,42	10,8	140,62	24,0	-13,2	0,0	E
Dezembro	237,3	11,16	140,62	27,0	-15,84	0,0	E
<b>Total</b>	<b>2353,82</b>	<b>131,4</b>		<b>265,0</b>		<b>10,12</b>	

Fonte: Autores, (2018).

### III. 4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO

Para realizar o cálculo da potência da bomba, a fim de

transportar a água pluvial a ser reutilizada para o reservatório superior, iremos estabelecer a vazão da água a ser utilizada, conforme resultante pela Equação 3.

$$Q = V/T \quad (3)$$

Onde: V: é o volume de água em m<sup>3</sup>; e T, é o tempo de funcionamento da bomba em minutos.

$$Q = 10.000 / 8$$

$$Q = 1.250 \text{ L/h} \rightarrow 1,25 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 0,000347 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para encontrarmos o diâmetro do recalque utilizamos a fórmula da NBR 5626 [11] recomendada para funcionamento intermitente ou não contínuo, deve-se utilizar a equação 4, conforme demonstrado abaixo:

$$D_r = 1,3 \times \sqrt[4]{\frac{T}{24} \times \sqrt{Q}} \quad (4)$$

Onde; Dr: diâmetro de recalque – em metros ou milímetros; T, período - número horas de funcionamento da bomba por dia; e Q, vazão - em m<sup>3</sup>/s ou m<sup>3</sup>/h e Ds é o diâmetro de sucção é o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque calculado pela Equação 4 – em metros ou milímetros.

$$D_r = 1,3 \times \sqrt[4]{\frac{8}{24} \times \sqrt{0,000347}}$$

$$D_r = 0,018 \text{ m ou } 18 \text{ mm}$$

Ao mesmo tempo, o Ds mostrado acima é o diâmetro de sucção, considerado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque calculado pela fórmula anterior – em metros ou milímetros (m ou mm).

$$\text{O } D_r = 20 \text{ mm} \rightarrow 0,020 \text{ m e } D_s = 25 \text{ mm} \rightarrow 0,025 \text{ m}$$

Apesar disso, verificou-se que a tubulação de sucção é a tubulação antes da bomba e a tubulação de recalque é a tubulação após a bomba, será então dimensionada uma instalação de bombeamento de água sabendo que a vazão a ser recalçada é de 0,347 L/s e as tubulações serão de PVC, na qual apresentam comprimentos de 1,80 e 15,46 metros, para a sucção e recalque, respectivamente.

A cota da água é de zero metro, a cota do conjunto moto-bomba é de 1 metro e a cota do reservatório é 4,40 metros. Serão desconsideradas as perdas de carga localizada. Paralelamente, através da equação de Hazen-Williams foi obtida a perda de carga na sucção e recalque, utilizaremos a Equação 5 conforme demonstrado abaixo:

$$hf = 10,646 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,97}} \quad (5)$$

Onde, hf é a perda de carga contínua, m; Q, a vazão, m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> e C, o coeficiente que depende da natureza da perda do tubo (material e estado).

$$hfs = 10,646 \left( \frac{0,000347}{145} \right)^{1,852} \frac{1,80}{0,025^{4,87}}$$

$$hfs = 0,0472 \text{ m}$$

$$hfr = 10,646 \left( \frac{0,000347}{145} \right)^{1,852} \frac{15,46}{0,025^{4,87}}$$

$$hfr = 1,203 \text{ m}$$

Portanto, para o cálculo da altura manométrica utilizaremos a Equação 6, conforme abaixo:

$$Hm = HGS + HGR + hfS + hfR \quad (6)$$

$$Hm = 1,00 + 3,40 + 0,0472 + 1,203 = 5,65 \text{ m}$$

Sabendo-se que HGS é 1,00m (diferença entre cota de bomba e nível da água da cisterna); HGR é usado 3,40 (diferença entre reservatório elevado e cota da bomba); e o valores constantes hfS = 0,0472 m hfR = 1,203 m.

Para a potência da bomba, utilizaremos a Equação 7.

$$P = \frac{1000 \times 0,000347 \times 5,65}{75 \times 0,40} \quad (7)$$

$$P = \frac{1000 \times Q \times Hm}{75 \times n}$$

Onde, P é a potência necessária em C.V.; Q, a vazão do recalque em m<sup>3</sup>/s; n, o rendimento da moto-bomba; e finalmente Hm é a altura manométrica, em m.

$$P = 0,065 \text{ C.V.}$$

A potência calculada deve ter um acréscimo de 50%, visto que a potência calculada é inferior a 2 C.V., portanto será utilizada uma bomba com potência de 0,1204 C.V. A menor bomba comercial é de 0,5 C.V., portanto será a adotada.

A residência possuirá duas caixas d'água para atender a demanda da casa, sendo que uma delas será abastecida somente pela empresa responsável pelo fornecimento de água (Manaus Ambiental) com capacidade de 1000 litros e terá como finalidade atender os usos em que é necessário melhor qualidade da água. A caixa para usos não potáveis será de 500 litros, sendo abastecida pelo reservatório inferior através de uma bomba de 0,5 c.v. e possuirá duas fontes de abastecimento, sendo que funcionará de forma automática com a bóia elétrica conforme a demanda existente e em caso de falta de água no reservatório, está será desligada e será aberto o registro de gaveta que permitirá a passagem de água da concessionária para não prejudicar o funcionamento do sistema.

### III.5 ECONOMIA NA TAXA DE ÁGUA E ESGOTO

Para realizar a implantação do sistema serão gastos os materiais conforme pode ser verificado na Tabela 4.

### III.6 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO

Em [12] apresenta os cálculos abaixo demonstrado como alternativa para reduzir custos com água tratada. O volume de água captado será de 327,07 m<sup>3</sup>/ano, sendo considerado a área de captação de água e a precipitação pluviométrica anual.

Para uma residência de 140,62 m<sup>2</sup> de cobertura na cidade de Manaus pode captar em média 327,07 m<sup>3</sup> de água por ano.

O gasto de água e esgoto varia conforme o consumo de m<sup>3</sup> de água na residência, portanto esse valor não será igual em todos

os meses. Conforme informação disponibilizada na fatura de saneamento, a tarifa de esgoto é 100% do valor referente ao consumo de água.

Na Tabela 5 são apresentados os valores referentes a economia por ano de água e esgoto em relação ao valor cobrado por m<sup>3</sup> para cada faixa de consumo. Ao mesmo tempo, na Tabela 6 é possível verificar a quantidade de anos que será possível obter o retorno do investimento de acordo com a faixa de consumo.

Tabela 4: Custo para implantação do sistema de captação.

ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QTD	VALOR TOTAL
01.01	Caixa d'água em polietileno, 500 l, com acessórios	Und.	1,00	R\$ 557,74
01.02	Cisterna 10.000 l em fibra de vidro azul com tampa p/ enterrar – fornecimento e instalação	Und.	1,00	R\$ 6.000,00
01.03	Boia automática p/ caixa d'água – 15 amperes	Und.	1,00	R\$ 59,52
01.04	Torneira de boia real, roscável, 1", fornecida e instalada em reservação de água	Und.	1,00	R\$ 74,01
01.05	Registro de gaveta bruto, roscável, 1", instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra – fornecimento e instalação	Und.	1,00	R\$ 58,31
01.06	Bomba recalque d'água trifásico 0,5 hp	Und.	1,00	R\$ 686,47
01.07	Filtro VF1 – Acquasave/3P Technik	Unid.	1,00	R\$ 2.530,00
01.08	Tubo, Pvc, soldável, Dn 25 mm, instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra – fornecimento e instalação	M	15,46	R\$ 6,02
01.09	Tubo, Pvc, soldável, Dn 20 mm, instalado em ramal de distribuição de água – fornec. e instalação	M	1,80	R\$ 4,48
01.10	Disjuntor monopolar tipo din corrente nominal de 16A – fornecimento e instalação	Und.	1,00	R\$ 9,68
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 9.986,23</b>

Fonte: Autores, (2018).

Tabela 5: Economia de água e esgoto por ano relacionado a faixa de consumo.

FAIXAS DE CONSUMO (M <sup>3</sup> /MÊS)	ÁGUA E ESGOTO (R\$/M <sup>3</sup> )	ECONOMIA / ANO DE ÁGUA (R\$)	ECONOMIA / ANO DO ESGOTO (R\$)
0 a 10 m <sup>3</sup>	3,274	939,20	751,36
11 a 20 m <sup>3</sup>	6,345	1.820,16	1.456,13
21 a 30 m <sup>3</sup>	9,686	2.778,57	2.222,86
31 a 40 m <sup>3</sup>	13,195	3.785,18	3.028,14
41 a 60 m <sup>3</sup>	15,223	4.366,94	3.493,55
> 60 m <sup>3</sup>	17,358	4.979,40	3.983,52

Fonte: Autores, (2018).

Tabela 6: Retorno de investimento relacionado a faixa de consumo.

FAIXAS DE CONSUMO (M <sup>3</sup> /MÊS)	TOTAL ECONOMIZADO / ANO (R\$)	RETORNO DE INVESTIMENTOS (ANOS)
0 a 10 m <sup>3</sup>	1.690,55	5,91
11 a 20 m <sup>3</sup>	3.276,28	3,05
21 a 30 m <sup>3</sup>	5.001,43	2,00
31 a 40 m <sup>3</sup>	6.813,33	1,47
41 a 60 m <sup>3</sup>	7.860,50	1,27
> 60 m <sup>3</sup>	8.962,92	1,11

Fonte: Autores, (2018).

O total economizado por ano e o cálculo de retorno para o investimento, referem-se ao benefício financeiro do valor aplicado no sistema de captação e armazenamento de água pluvial, demonstrando a economia anualmente na residência com 140,62 m<sup>2</sup> de cobertura.

Para uma residência na cidade de Manaus com 140,62 m<sup>2</sup> de cobertura e uma família de cinco pessoas na qual consomem 21 m<sup>3</sup>/mês tem-se que 8,4 m<sup>3</sup> desse total no mês são destinados para uso não potável.

Tabela 7: Resultados obtidos.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	RESULTADO
Consumo em 1 ano na residência	m <sup>3</sup> /ano	100,80
Valor do consumo de água em 1 ano na residência	R\$	976,35
Valor do consumo de esgoto em 1 ano na residência	R\$	976,35
Economia por ano de água e esgoto	R\$	1.952,70
Valor da implantação do sistema	R\$	9.986,23
Tempo de retorno do investimento	Anos	5,5

Fonte: Autores, (2018).

#### IV DISCUSSÕES

Os resultados mostrados nesse trabalho concordaram com

trabalhos anteriores assim como os de [7], no qual conclui que Rippl “[...] é o método mais usado no aproveitamento de águas pluviais devido a facilidade na aplicação.” Por outro lado, nossos resultados assim como, os resultados mostrados em [14] aplicando os métodos práticos, mostraram que estes são indicados para residências unifamiliar, pois são de fácil aplicação. Ao mesmo tempo, os métodos mais complexos, como o Método de Rippl apresentam uma eficiência considerável para construções maiores.

Os resultados desse artigo ainda mostram que, o método mais indicado para as regiões onde ocorre escassez de água é o Prático Inglês e o Prático Alemão é instruído a ser usado quando ocorre o interesse na diminuição de gastos com a implantação do sistema, pois o volume do reservatório é reduzido.

Estudos que tratam de métodos para o dimensionamento de reservatório para o armazenamento de água pluvial já foram apresentados por diversos autores, dentre eles [14], na qual constatam que para os métodos de Rippl e Prático Alemão, os volumes de reservatório resultantes aumentam com a demanda de água pluvial. Ou seja, aumentando-se a demanda, verifica-se que a capacidade necessária no reservatório também será maior.

Assim, a opção por um método ou outro deve ocorrer com base no espaço disponível para instalação do reservatório. Foi efetuado comparativo entre três métodos, sendo dois práticos (Inglês e Alemão) e o Método de Rippl. No tocante ao volume de reserva, o Método Inglês resultou em 16,54 m<sup>3</sup>; no Método Alemão o volume foi de 7,88 m<sup>3</sup> e o Método Rippl o resultado foi de 10,12 m<sup>3</sup>. Levou-se em consideração a disponibilidade dos reservatórios comercializados, onde a melhor escolha para a solução proposta foi a implantação de um com capacidade de 10 m<sup>3</sup>.

Considerando o valor da implantação do sistema na residência de R\$ 9.986,23, os cálculos econômicos obtidos permitem que esse custo seja amortizado em cinco anos e meio.

#### V CONCLUSÕES

Neste artigo foi comparado três métodos de dimensionamento para o reservatório e demonstrado a possibilidade de reduções da utilização de água tratada para fins não potáveis através da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência na cidade de Manaus.

A partir destes resultados obtidos nos cálculos econômicos, verificou-se o retorno em curto prazo, tendo o custo do sistema amortizado em um período de cinco anos e meio, tempo que permite obter o retorno do valor investido na implantação do sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais, podendo considerar após este retorno de investimento uma economia no valor do consumo de até R\$ 1.952,70 ao ano. Com esse resultado, é possível trabalhar com a redução do consumo excessivo da água no dia-a-dia.

#### VI REFERENCIAS

[1] GOMES, M. A. F., EMBRAPA, <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/921047/1/2011AM02.pdf>. Acessado em outubro de 2016.

[2] GHISI, E. “Potential for Potable Water Savings by Using Rain water in the Residential Sector of Brazil.” *Building and Environment*, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

[3] SZÖLLÖSI-NAGY, András. *O Correio da UNESCO*, 1º ed., Rio de Janeiro, Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1993.

[4] FISCH, G., MARENGO, J. A., NOBRE, C. A., “Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia”, *ACTA Amazônica* 28(2): 101-126, 1998.

[5] Figueroa, S.N.; Nobre, C.A. “Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America.” *Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, 5(6):36-45, 1990.

[6] TOMAZ, P. *A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água*. Navegar Editora, São Paulo, 2001.

[7] TOMAZ, P. *Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, NBR 15.527:2007 - Sobre aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.

[9] CREDER, H. *Instalações hidráulicas e sanitárias*. 6 ed., Rio de Janeiro, LTC, 2006.

[10] GONÇALVES, R. F., *Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria.

[12] PEREIRA, L. R., PASQUALETTO, A., MINAMI, M. Y. M., *Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m<sup>2</sup> de cobertura*. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia, GO, Brasil, 2008.

[13] AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A., “Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial.” *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

[14] RUPP, R. F.; GHISI, U. M. E. “Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.” *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, out./dez. 2011.