Análise do Potencial Econômico do Aproveitamento da Água Pluvial com o Desenvolvimento de um Projeto de Captação para uma Edificação Comercial



Jefferson Martins Vieira [1]; Weslley S. Bezerra [2]; Fabiano B. Marques [3];
[1] *Faculdade Educacional Araucária*

RESUMO

Tendo em conta que a água é um recurso natural, imprescindível à vida e limitado, questões sobre a preservação e conservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais relevantes. Atualmente, a transformação dos meios naturais da água doce em água potável e lenta, onerosa e limitada. Uma das principais soluções para reservas e economia da água é o reaproveitamento com a captação da água de chuva para diversas finalidades. O presente trabalho tem por objetivo desenvolver um projeto de reaproveitamento com a captação da água pluvial para o uso de fins não potáveis em limpeza de pisos e lavagem de pátios e para sistemas de prevenção e combate a incêndio, por abastecimento de hidrantes em uma edificação comercial. Assim, obtem-se uma maneira mais simples de captação com um custo baixo no tratamento da água para o reuso e na necessidade dos equipamentos, que não precisam de uma água como potável. Com a aplicação deste sistema de reuso de água pluvial, presume-se que o custo a ser pago para as concessionárias de água reduza, e o consumo de água tratada potável seja utilizado somente para sua causa necessária. Na avaliação do potencial de economia de água potável, verificou-se um percentual de 80,13% dos usos finais é utilizado em fins não potáveis (bacias sanitárias, limpeza geral dos pisos e lavagens do piso do pátio de estacionamento). Desta forma, definiu-se que esse percentual de água potável, que corresponde a um volume de 21,42 m³/mês, poderia ser substituído por água pluvial.

Palavras chave: Água pluvial, Captação, Reaproveitamento, Edificação comercial.

ABSTRACT

Taking into account that water is essential to life and a limited natural resource, questions about the conservation and preservation of water resources are becoming increasingly relevant. Currently, the ways of turning fresh water into drinking water are slow, expensive and limited. One of the mains solutions to save water is it's reuse, for various pourposes, derived from rainwater harvesting. The present work aims to develop a project of reuse of rainwater harvest to non-drinkable purposes, such as floor cleaning and fire prevention systems by hydrant supply in a commercial building. Thus, a simpler way of low cost harvesting is obtained, aiming the treatment of water for the reuse and the necessity of the equipments that do not need 100% pure water (drinking water). With the application of this rainwater reuse system, it is assumed that the amount to be paid to the water concessionaries will decrease, and the consumption of treated drinking water is made only for its necessary cause. In the evaluation of the drinking water saving potential, a percentage of 80.13% of the end uses is used for non-potable purposes (sanitary basins, general floor cleaning and parking patio floor wash). Thus, it was defined that this percentage os drinking water, which corresponds to a volume of 21,42 m³ per month, could be replaced by rainwater.

Key Words: Rainwater. Reuse. Commercial building.

1. INTRODUÇÃO

As transformações dos meios naturais da água doce em água potável são lentos, onerosos e limitados. Sendo assim, deve-se usufruir da água com consumo consciente e sem excessos ou desperdícios, ou seja, deve-se preservá-la para que não chegue em uma situação de escassez das reservas.

Desta forma, uma das principais idéias para economia da água é o reaproveitamento com a captação da água pluvial.

O sistema de captação de água pluvial neste trabalho tem como principal finalidade a sua utilização em: sistemas de prevenção e combate a incêndio por hidrantes, nos sistemas de descarga de hidrossanitários, além do uso em limpeza de pisos de uma edificação comercial.

Com um sistema de reaproveitamento da água pluvial para os destinos citados anteriormente, presumi-se que o custo a ser pago para as concessionárias de água reduza, e o consumo de água tratada potável seja utilizado somente para causas necessárias.

2. DESENVOLVIMENTO

Devido à necessidade de a empresa Casas Pernambucanas, localizada no Município de Almirante Tamandaré, a qual é o objeto desse estudo, buscar alternativas para redução de seus gastos financeiros, uma opção para sanar este problema foi analisar a possibilidade de reduzir o consumo de água potável em suas instalações, seja para o uso na rede de incêndio, seja para utilização na rede hidráulica não potável e também para o uso em limpeza de pisos.

Como objetivo, foi analizado o potencial econômico do aproveitamento da água pluvial com desenvolvimento de um projeto de captação para esta edificação comercial, com a utilização de equipamentos e estrutura de qualidade, que proporcione rendimento e benefício longo prazo em termos financeiros para a empresa, além de contribuir para a conservação e preservação do meio ambiente local.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a verificação do potencial de economia de água potável obtido através de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, foi desenvolvida

uma metodologia na qual objeto de estudo do presente trabalho é a Casas Pernambucanas, localizada na avenida Emílio Johnson, esquina com a rua Athaíde de Siqueira, no bairro Vila Santa Terezinha, na cidade de Almirante Tamandaré – PR.

3.1 Levantamento de dados

3.1.1 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos (alturas mensais de precipitação) utilizados neste trabalho foram fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná, o qual é o órgão executivo gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH-PR. (ÁGUAS PARANÁ, 2017). Os dados fornecidos incluem informações sobre precipitações mensais de dezenove anos, de 01/11/1997 a 31/07/2017.

Estes dados foram coletados da Estação Meteorológica “Almirante Tamandaré” – Código: 02549100. A estação está localizada há apenas 831,52 metros da edificação em estudo, com latitude 25° 19' 00" Sul, longitude 49° 18' 00” Oeste e altitude 1.050 metros, conforme a Tabela 1:

TABELA 1 - DADOS PLUVIOMÉTRICOS - ESTAÇÃO ALMIRANTE TAMANDARÉ

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237,0	187,7
1998	155,3	132,7	241,4	150,1	54,2	94,6	147,7	206,2	385,1	199,4	7,4	188,9
1999	305,3	267,3	76,3	42,0	48,6	94,7	139,3	7,2	106,4	167,4	58,0	75,7
2000	206,9	187,4	107,3	10,4	22,1	135,4	95,6	109,3	227,5	160,7	136,5	188,9
2001	159,3	288,4	282,2	75,3	190,4	130,1	164,3	62,6	94,2	250,5	135,4	145,8
2002	219,0	171,3	85,2	55,0	108,1	51,3	56,2	109,8	198,1	165,0	254,8	165,8
2003	297,2	210,0	131,6	160,7	29,3	137,4	135,3	24,3	173,0	107,7	139,2	275,1
2004	184,1	173,0	152,8	175,9	189,7	88,6	131,6	24,7	80,9	201,7	154,6	185,4
2005	123,6	153,7	171,5	110,2	164,4	116,1	137,2	126,0	372,8	286,6	187,5	162,7
2006	194,8	186,6	164,6	20,8	18,7	44,7	69,5	67,5	323,8	161,9	263,3	131,2
2007	165,9	206,6	163,5	165,7	233,9	29,9	197,0	31,1	103,1	255,5	205,6	341,3
2008	246,8	153,9	150,8	171,9	72,7	74,6	11,5	133,6	113,6	248,3	118,6	68,8
2009	274,7	271,2	119,7	74,3	123,0	105,0	281,2	94,7	326,7	150,7	103,6	116,9
2010	379,0	229,5	204,8	165,9	147,2	67,9	158,2	46,2	97,1	149,4	108,2	301,3
2011	296,4	377,8	233,2	124,6	56,9	62,4	119,1	261,7	100,3	212,2	88,4	162,5
2012	237,0	219,6	44,1	199,9	123,1	208,2	128,9	4,4	39,5	117,6	76,8	140,9
2013	62,5	189,4	139,6	37,9	111,9	326,2	143,9	31,1	141,8	93,4	132,5	45,5
2014	100,7	103,3	134,0	107,5	98,4	138,2	48,2	50,3	168,8	111,4	119,8	192,7
2015	79,2	148,2	84,8	45,2	89,4	61,4	135,0	48,9	161,8	203,2	205,5	207,4

2016	209,3	187,8	102,3	72,5	124,6	140,8	120,8	147,3	86,9	144,1	117,1	139,0
2017	112,5	109,2	116,6	58,6	122,5	126,0	5,3	-	-	-	-	-
MÊS	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**
MÉD	**200,5**	**198,3**	**145,3**	**101,2**	**106,5**	**111,7**	**121,3**	**83,5**	**173,8**	**178,2**	**142,5**	**171,2**
MÍN	62,5	103,3	44,1	10,4	18,7	29,9	5,3	4,4	39,5	93,4	7,4	45,5
MÁX	379,0	377,8	282,2	199,9	233,9	326,2	281,2	261,7	385,1	286,6	263,3	341,3
DP	81,7	63,9	58,4	57,8	58,0	64,4	61,4	67,1	102,5	53,6	64,6	71,5

FONTE: ÁGUAS PARANÁ, (2017).

De posse dos valores históricos da estação, foi verificado por meio da Validação Temporal, o cálculo do Escore Z (Equação 1) o quanto um valor de precipitação analisado se comporta, quando comparado com os demais, no mesmo período, seguindo este método desenvolvido por Kazuo (2014), “Correção de dados agrometeorológicos utilizando Métodos Estatísticos”.

$$Z = \frac{Xd - Xm}{\sigma} \tag{1}$$

Onde:

Z: avalia quantas vezes o valor analisado se afastou do desvio padrão, a partir da média da amostragem. Foi estabelecido um limite para Z: {-2 ≤ Z ≤ 2} recomendado por Kazuo (2014), para que no máximo até duas vezes a precipitação medida tenha se afastado do desvio padrão em questão;
Xd: é a precipitação a ser avaliada;
Xm: é a média da amostragem;
σ: é o desvio padrão da amostragem.

Analisando a Tabela 1 acima, foi verificado por meio da Validação Temporal, o cálculo do Escore Z, quais alturas de precipitação (destacadas em vermelho) encontraram-se fora do limite para Z: {-2 ≤ Z ≤ 2}. A Tabela 2 a seguir apresenta os resultados obtidos pelo cálculo do Escore Z e o tratamento das alturas de precipitação fora do limite, através de cálculos pelo Método de Ponderação Regional. As novas alturas estimadas estão destacadas em azul.

TABELA 2 - ESCORE Z E MÉTODO DA PONDERAÇÃO REGINAL - CÁLCULOS

ESCORE Z	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,462589	0,231101
	1998	-0,553037	-1,027722	1,646455	0,845845	-0,901454	-0,265215	0,430460	1,827768	2,060939	0,394744	-2,090585	0,247883
	1999	1,283279	1,079542	-1,182600	-1,024773	-0,998060	-0,263662	0,293547	-1,137092	-0,656852	-0,202430	-1,307525	-1,335213
	2000	0,078656	-0,171352	-0,651402	-1,571596	-1,455213	0,368506	-0,418725	0,384075	0,524075	-0,327464	-0,092698	0,247883
	2001	-0,504069	1,409879	2,345580	-0,448533	1,448140	0,286184	0,701026	-0,311698	-0,775822	1,348358	-0,109721	-0,354868
	2002	0,226785	-0,423410	-1,030095	-0,799815	0,028378	-0,937768	-1,060911	0,391525	0,237376	-0,247219	1,738053	-0,075169
	2003	1,184118	0,182468	-0,235012	1,029273	-1,331005	0,399571	0,228351	-0,882322	-0,007391	-1,316535	-0,050914	1,453386
	2004	-0,200465	-0,396795	0,128259	1,292301	1,436064	-0,358410	0,168044	-0,876363	-0,905520	0,437666	0,187408	0,198936
	2005	-0,941112	-0,698951	0,448691	0,155395	0,999612	0,068731	0,259319	0,632885	1,940993	2,022046	0,696552	-0,118522
	2006	-0,069474	-0,183877	0,330456	-1,391629	-1,513866	-1,040281	-0,844132	-0,238694	1,463161	-0,305070	1,869595	-0,559048
	2007	-0,423271	0,129238	0,311607	1,115795	2,198560	-1,270161	1,234008	-0,781010	-0,689033	1,441667	0,976659	2,379190
	2008	0,567116	-0,695820	0,093988	1,223083	-0,582309	-0,575863	-1,789482	0,746116	-0,586640	1,307302	-0,369710	-1,431709
	2009	0,908671	1,140600	-0,438923	-0,465838	0,285419	-0,103679	2,606395	0,166553	1,491441	-0,514081	-0,601842	-0,759033
	2010	2,185523	0,487755	1,019300	1,119256	0,702894	-0,679930	0,601601	-0,556039	-0,747543	-0,538341	-0,530655	1,819792
	2011	1,174324	2,809503	1,505945	0,404580	-0,854876	-0,765358	-0,035695	2,654651	-0,716337	0,633614	-0,837070	-0,121319
	2012	0,447143	0,332763	-1,734360	1,707610	0,287144	1,499263	0,124036	-1,178808	-1,309239	-1,131784	-1,016586	-0,423394
	2013	-1,689105	-0,140041	-0,097929	-1,095722	0,093932	3,332084	0,368524	-0,781010	-0,311643	-1,583397	-0,154600	-1,757559
	2014	-1,221457	-1,488001	-0,193887	0,108672	-0,138957	0,411996	-1,191304	-0,494954	-0,048348	-1,247486	-0,351139	0,301026
	2015	-1,484662	-0,785058	-1,036949	-0,969399	-0,294217	-0,780890	0,223461	-0,515812	-0,116609	0,465659	0,975111	0,506605
	2016	0,108037	-0,165090	-0,737079	-0,496986	0,313020	0,452381	-0,007987	0,950229	-0,847010	-0,637248	-0,392923	-0,449966
	2017	-1,077000	-1,395632	-0,492043	-0,737518	0,276793	0,222501	-1,890537	-	-	-	-	-

MÉTODO DA PONDERAÇÃO REGIONAL (ESPACIAL)	ALTURAS ESTAÇÕES VIZINHAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
		2010	2011	2001	_	2007	2013	2009	2011	1998	2005	1998	2007
	P1(X1)	486,2	385,0	94,8	_	183,9	279,2	274,4	288,3	351,4	205,4	13,7	225,8
	P2 (X2)	316,1	297,7	130,0	_	124,0	253,8	267,9	304,2	288,9	198,5	7,2	195,0
	P3 (X3)	486,7	259,1	189,5	_	151,8	279,7	332,7	286,7	319,9	191,6	16,7	259,6
	Xm1	214,6	175,0	145,6	_	92,1	111,1	116,2	86,2	147,5	164,4	114,0	152,6
	Xm2	162,2	154,4	105,2	_	79,9	105,9	100,1	73,7	131,0	130,8	98,0	138,7
	Xm3	207,8	174,8	124,1	_	90,1	111,0	115,4	77,5	157,3	160,3	120,0	158,4
	Xm5	200,5	198,3	145,3	_	106,5	111,7	121,3	83,5	173,8	178,2	142,5	171,2
	ALTURAS ESTIM ADAS (Y)	**438,2**	**370,8**	**165,3**	_	**185,8**	**276,6**	**320,3**	**310,9**	**383,6**	**235,4**	**15,8**	**258,2**

FONTE: OS AUTORES, (2017).

De posse aos valores do Escore Z extrapolados encontrados, foi necessário corrigir tais falhas de precipitações, com base em outro método, o Método de Ponderação Regional (Equação 2), através da Apostila de Hidrologia Aplicada – DACOC (2010), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Este método se caracteriza por ser um método simplificado, normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais de

precipitações, visando a homogeneização do período de informações e à análise estatística das precipitações:

$$Y = \frac{1}{3} \times \left[\frac{x1}{xm1} \times \frac{x2}{xm2} \times \frac{x2}{xm2} \right] \times Ym \qquad (2)$$

Onde:

Y: é a precipitação do posto y a ser estimada;
x1, x2, x3: são as precipitações 6ltura66ndents ao mês (ano) que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas;
ym: é a precipitação 6ltur do posto;
xm1, xm2, xm3: são as precipitações 6ltura nas três estações circunvizinhas.

Cabe ressaltar que apesar da utilização do Método de Validação Temporal por meio do Escore Z, foi adaptado a ele o Método da Ponderação Regional, a qual utiliza dados de estações vizinhas (Validação Espacial), visando unicamente um melhor tratamento dos dados históricos de precipitações da estação em estudo. As novas alturas estimadas pelo Método de Ponderação Regional foram avaliadas pelos cálculos do Escore Z ("Novo Escore Z"), conforme a seguir, na Tabela 3.

TABELA 3 – NOVO ESCORE Z

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237,0	187,7
1998	155,3	132,7	241,4	150,1	54,2	94,6	147,7	206,2	383,6	199,4	15,8	188,9
1999	305,3	267,3	76,3	42,0	48,6	94,7	139,3	7,2	106,4	167,4	58,0	75,7
2000	206,9	187,4	107,3	10,4	22,1	135,4	95,6	109,3	227,5	160,7	136,5	188,9
2001	159,3	288,4	165,3	75,3	190,4	130,1	164,3	62,6	94,2	250,5	135,4	145,8
2002	219,0	171,3	85,2	55,0	108,1	51,3	56,2	109,8	198,1	165,0	254,8	165,8
2003	297,2	210,0	131,6	160,7	29,3	137,4	135,3	24,3	173,0	107,7	139,2	275,1
2004	184,1	173,0	152,8	175,9	189,7	88,6	131,6	24,7	80,9	201,7	154,6	185,4
2005	123,6	153,7	171,5	110,2	164,4	116,1	137,2	126,0	372,8	235,4	187,5	162,7
2006	194,8	186,6	164,6	20,8	18,7	44,7	69,5	67,5	323,8	161,9	263,3	131,2
2007	165,9	206,6	163,5	165,7	185,8	29,9	197,0	31,1	103,1	255,5	205,6	258,2
2008	246,8	153,9	150,8	171,9	72,7	74,6	11,5	133,6	113,6	248,3	118,6	68,8
2009	274,7	271,2	119,7	74,3	123,0	105,0	320,3	94,7	326,7	150,7	103,6	116,9
2010	438,2	229,5	204,8	165,9	147,2	67,9	158,2	46,2	97,1	149,4	108,2	301,3
2011	296,4	370,8	233,2	124,6	56,9	62,4	119,1	310,9	100,3	212,2	88,4	162,5
2012	237,0	219,6	44,1	199,9	123,1	208,2	128,9	4,4	39,5	117,6	76,8	140,9
2013	62,5	189,4	139,6	37,9	111,9	276,6	143,9	31,1	141,8	93,4	132,5	45,5
2014	100,7	103,3	134,0	107,5	98,4	138,2	48,2	50,3	168,8	111,4	119,8	192,7
2015	79,2	148,2	84,8	45,2	89,4	61,4	135,0	48,9	161,8	203,2	205,5	207,4
2016	209,3	187,8	102,3	72,5	124,6	140,8	120,8	147,3	86,9	144,1	117,1	139,0
2017	112,5	109,2	116,6	58,6	122,5	126,0	5,3	-	-	-	-	-

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	203,4	198,0	139,5	101,2	104,0	109,2	123,2	86,1	173,7	175,6	142,9	167,0
MÍNIMA	62,5	103,3	44,1	10,4	18,7	29,9	5,3	4,4	39,5	93,4	15,8	45,5
MÁXIMA	438,2	370,8	241,4	199,9	190,4	276,6	320,3	310,9	383,6	255,5	263,3	301,3
DESVIO PADRÃO	88,9	62,9	49,5	57,8	53,5	56,6	66,8	74,5	102,4	49,2	63,8	63,5
NOVO ESCORE Z	2,642006	2,747636	0,522168	_	1,529230	2,960562	2,949709	3,018025	2,050328	1,216267	-1,993454	1,436751

FONTE: OS AUTORES, (2017).

Analisando a Tabela 3 acima, verificou-se que algumas alturas estimadas pelo Método de Ponderação Regional ainda ficaram I do limite para o Escore Z, conforme indicações em vermelho.As 06 alturas de precipitação, que ficaram I do limite do Escore Z, foram eliminadas do histórico, sendo substituídas pelo valor obtido de uma nova 7ltur (valores em azul), as quais foram definidas como as 7ltura mensais de precipitação para os cálculos de volume de chuva sobre a área de contribuição da cobertura da edificação, conforme Tabela 4 a seguir.

TABELA 4 – MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237,0	187,7
1998	155,3	132,7	241,4	150,1	54,2	94,6	147,7	206,2	162,0	199,4	15,8	188,9
1999	305,3	267,3	76,3	42,0	48,6	94,7	139,3	7,2	106,4	167,4	58,0	75,7
2000	206,9	187,4	107,3	10,4	22,1	135,4	95,6	109,3	227,5	160,7	136,5	188,9
2001	159,3	288,4	165,3	75,3	190,4	130,1	164,3	62,6	94,2	250,5	135,4	145,8
2002	219,0	171,3	85,2	55,0	108,1	51,3	56,2	109,8	198,1	165,0	254,8	165,8
2003	297,2	210,0	131,6	160,7	29,3	137,4	135,3	24,3	173,0	107,7	139,2	275,1
2004	184,1	173,0	152,8	175,9	189,7	88,6	131,6	24,7	80,9	201,7	154,6	185,4
2005	123,6	153,7	171,5	110,2	164,4	116,1	137,2	126,0	372,8	235,4	187,5	162,7
2006	194,8	186,6	164,6	20,8	18,7	44,7	69,5	67,5	323,8	161,9	263,3	131,2
2007	165,9	206,6	163,5	165,7	185,8	29,9	197,0	31,1	103,1	255,5	205,6	258,2
2008	246,8	153,9	150,8	171,9	72,7	74,6	11,5	133,6	113,6	248,3	118,6	68,8
2009	274,7	271,2	119,7	74,3	123,0	105,0	112,9	94,7	326,7	150,7	103,6	116,9
2010	191,1	229,5	204,8	165,9	147,2	67,9	158,2	46,2	97,1	149,4	108,2	301,3
2011	296,4	188,9	233,2	124,6	56,9	62,4	119,1	73,6	100,3	212,2	88,4	162,5
2012	237,0	219,6	44,1	199,9	123,1	208,2	128,9	4,4	39,5	117,6	76,8	140,9
2013	62,5	189,4	139,6	37,9	111,9	100,4	143,9	31,1	141,8	93,4	132,5	45,5
2014	100,7	103,3	134,0	107,5	98,4	138,2	48,2	50,3	168,8	111,4	119,8	192,7
2015	79,2	148,2	84,8	45,2	89,4	61,4	135,0	48,9	161,8	203,2	205,5	207,4
2016	209,3	187,8	102,3	72,5	124,6	140,8	120,8	147,3	86,9	144,1	117,1	139,0
2017	112,5	109,2	116,6	58,6	122,5	126,0	5,3	-	-	-	-	-
MÊS	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**
MEDIA	191,1	188,9	139,5	101,2	104,1	100,4	112,9	73,6	162,0	175,6	142,9	167,0
MINIMA	62,5	103,3	44,1	10,4	18,7	29,9	5,3	4,4	39,5	93,4	15,8	45,5
MAXIMA	305,3	288,4	241,4	199,9	190,4	208,2	197,0	206,2	372,8	255,5	263,3	301,3
DESVIO PADRÃO	80,1	62,4	56,7	60,4	56,7	45,8	53,7	54,3	97,6	69,6	69,3	71,4
ESCORE Z	0	0	0,455197	_	1,442435	0	0	0	0	0,859939	-1,835051	1,276695
MÊS	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**
MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO (mm)	**191,08**	**188,90**	**139,47**	**101,22**	**104,05**	**100,38**	**112,87**	**73,62**	**162,02**	**175,55**	**142,91**	**167,02**

FONTE: OS AUTORES, (2017).

Analisando a Tabela 4, o mês que apresentou a menor altura mensal de precipitação é altura, com índice de 73,62 mm. Já ao contrário, o mês de janeiro apresentou a maior altura de precipitação, com 191,08 mm. O levantamento das áreas de cobertura da edificação (áreas de contribuição, em m²) fez-se necessário para a verificação do volume de chuva captado mensalmente (698,92 m²). Foi verificado que a calha atende a vazão de projeto, garantindo assim o funcionamento de todo o altura. A vazão de projeto estabelecida foi de 1.188,16 l/min = 19,80 l/s.

Foi verificado, através da Equação de Manning-Strickler (NBR 10844, 1989) (Equação 3), se o dimensionamento da calha existente atende a vazão de projeto estabelecida, atribuindo os dados: largura (a) de 12,5 cm, altura (b) de 20,0 cm, inclinação (i) de 0,5%, e coeficiente de rugosidade (n) igual a 0,012, conforme:

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2} \quad (3)$$

Onde:

Q: vazão de projeto (L/min);
S: área da seção molhada (m²);
N: coeficiente de rugosidade (ferro fundido = 0,012);
R: raio hidráulico (m);
PH: P/S perímetro molhado (m);
I: declividade da calha (m/m);
K: 60.000.

Dessa forma, tem-se como resultado uma vazão Q= 1.247,12 l/min= 20,79 l/s, atendendo à vazão de projeto.

3.2 Usos finais da água

Para realizar a estimativa do consumo de água por usos finais da edificação, foi necessário levantar as características dos aparelhos sanitários (bacia sanitária e torneira), torneira da pia da cozinha, pisos internos, piso do pátio externo, de acordo com a frequência, o tempo com que os mesmos são utilizados e as vazões desses aparelhos.

Estes dados são necessários neste estudo para que seja feita a estimativa do consumo médio de água para cada tipo de aparelho sanitário e também para o seu uso na limpeza dos pisos e na lavagem do pátio de estacionamento, e desta forma seja

verificada a demanda de água em usos com fins não potáveis, determinando o potencial de economia que pode ser gerado através do uso de água pluvial.

3.2.1 Consumo de água e custo por metro cúbico

Primeiramente, foram coletados os consumos mensais de água medidos nas faturas da SANEPAR de vinte meses (entre fevereiro de 2016 a setembro de 2017), resultando em 26,722 m³, a qual serviu de base para a definição das porcentagens finais dos tipos de usos entre água potável e não potável (água pluvial) na edificação. Foi verificado o custo do metro cúbico da água fornecida pela Sanepar com valores atualizados (Novembro/2017), através do seu portal (SANEPAR TARIFAS, 2017).

Com o custo do consumo mensal informado no simulador da companhia, foi possível obter o custo do metro cúbico da água potável: R$ 7,26/m³, (5a faixa comercial).

3.2.2 Estimativa do consumo de água

Para verificar qual seria o consumo de água, em cada uso: torneiras (cozinha e banheiros), vasos sanitários e pisos (internos e externo), foi realizada uma média diária de frequência, de tempo de uso e de consumo da água.

Cada consumo apresentará sua porcentagem perante ao consumo médio mensal de água utilizada na empresa. A Tabela 5 apresenta a estimativa do consumo de água para todos os tipos de uso na edificação.

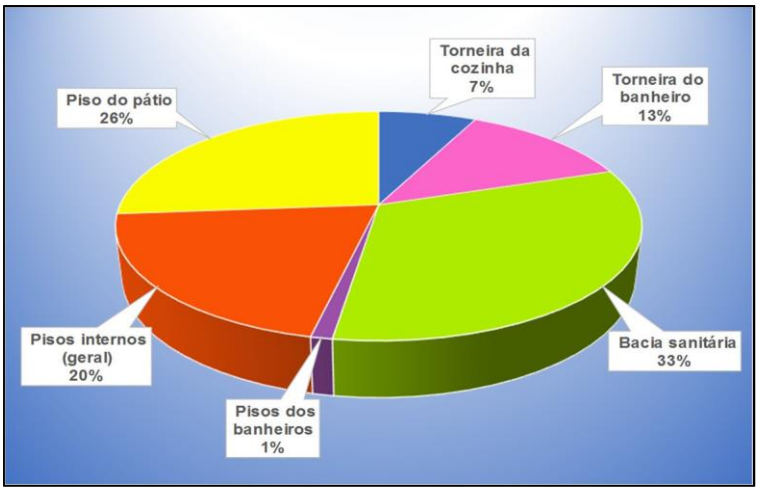
TABELA 5 - ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA PARA TODOS OS TIPOS DE USO NA EDIFICAÇÃO.

TIPO DE USO	VAZÃO DE PROJETO (l/s)	VOLUME (l)	ÁREA (m²)	TEMPO MÉDIO (s)	FREQÜÊNCIA	TAXA EM FUNÇÃO DA FREQÜÊNCIA (l/m²/dia)	FATOR PARA PÁTIO (12 meses / 26 dias)	CONSUMO (l)
Torneira da cozinha	0,10	_	_	60	1	_	_	6,00
Torneira do banheiro	0,15	_	_	14,14	5	_	_	10,61
Bacia sanitária	_	6,8	_	_	4	_	_	27,20
Pisos dos banheiros	_	_	60,94	_	1x/semana	0,0154	_	0,94
Pisos internos (geral)	_	_	1101,14	_	1x/semana	0,0154	_	16,96
Piso do pátio	_	_	1144	_	2x/ano	2	0,4615	22,00

FONTE: OS AUTORES, (2017).

Depois de estimado o somatório de consumos, verificou-se o percentual de consumo de cada tipo de uso em relação ao total. O Gráfico 1 apresenta os usos finais de água estimados.

GRÁFICO 1 – USOS FINAIS DA ÁGUA (PERCENTUAL DE CONSUMO)



FONTE: OS AUTORES, (2017).

3.3 Avaliação do potencial de economia de água potável

A fim de se estimar o potencial de economia, proveniente da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, foi verificado o percentual de água potável utilizado em fins não potáveis e também foi estimado o volume ideal de reservatório de acumulação da água pluvial.

3.3.1 Percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial

O percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial foi verificado através da soma dos percentuais dos usos finais de água das atividades consideradas para fins não potáveis. Desta forma, verificou-se que o percentual de água potável que pode ser substituído por água pluvial (AP) foi de 80,16%, levando em conta o uso de água pluvial em: Bacia sanitária; Pisos dos banheiros; Pisos internos (gerais) e Piso do pátio de estacionamento.

Cabe ressaltar que o sistema de captação de água de chuva estará interligado ao sistema de combate a incêndio existente na edificação.

De posse da porcentagem encontrada (AP), o volume mensal de uso de água pluvial para fins não-potáveis na edificação foi de 21,42 m³, conforme demonstrativo da Tabela 6.

TABELA 6 - VOLUME MENSAL DE USO DE ÁGUA PLUVIAL

Média do consumo mensal de água potável (m³)	Percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial (AP, em %)	Volume Mensal de Uso de Água Pluvial (m³)
26,72	80,16	**21,42**

FONTE: OS AUTORES, (2017).

3.3.2 Reservatórios de água pluvial

Para fins de dimensionamento dos reservatórios, os 21,42 m³ necessários para reserva de água pluvial sofreram um ajuste de arredondamento para um volume de 22 m³, devido às dimensões padronizadas de reservatórios existentes no mercado.

Assim, o sistema obteve os seguintes reservatórios dimensionados:

02 Reservatórios superiores de 1.000 litros (1 m³) cada;
01 Reservatório intermediário de 500 litros (0,5 m³);
01 Reservatório inferior de 15.000 litros (15 m³).

Dos 22 m³ de água utilizados no sistema, 17,5 m³ estarão reservados nos 04 reservatórios dimensionados e 4,5 m³ estarão reservados em 02 reservatórios inferiores de reserva técnicas (RTI) do sistema de combate a incêndio existente na edificação, devido a estes sistemas que estarão interligados.

Com isto, este estudo obteve certo benefício, pois além do sistema de combate a incêndio abastecer os hidrantes com água não potável, reduziu-se no custo, 01 reservatório de 4,5 m³.

3.4 Análise econômica

Para o estudo de viabilidade econômica, faz-se necessária a determinação dos custos relativos à implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, ou seja,

custos com materiais e equipamentos, além da economia de água gerada com a implantação do sistema.

A estimativa dos custos de materiais e equipamentos necessários foi realizada por meio de uma pesquisa de preço no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) em outubro de 2017, onde se verificou as médias de preços e obteve-se o orçamento.

Os materiais e mão-de-obra orçados, os valores, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 - RESUMO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DO SISTEMA

OBRA: Casas Pernabucanas						R$	15.357,90
LOCAL: Almirente Tamandaré - PR						Data:	NOV / 2017
ITEM	**DESCRIÇÃO**	**UNID**	**QUANT**	**MATERIAL**	**M. O.**	**UNITÁRIO**	**TOTAL (R$)**
1	**HIDRÁULICA - ÁGUA FRIA**						
1.1	Tubo em PVC rígido com junta soldável, diâmetro 25 mm (3/4"), incluíndo conexões	m	15,00	4,85	9,37	14,22	213,30
1.2	Tubo em PVC rígido com junta soldável, diâmetro 32 mm (1"), incluíndo conexões	m	60,00	11,48	9,37	20,85	1.251,00
1.3	Tubo em PVC rígido com junta soldável, diâmetro 110 mm (4"), incluíndo conexões	m	6,00	106,68	37,49	144,17	865,02
1.4	Reservatório em CRFS (fibro cimento) de 500 litros, com tampa e conexões	unid	1,00	584,57	108,81	693,38	693,38
1.5	Reservatório em CRFS (fibro cimento) de 1.000 litros, com tampa e conexões	unid	2,00	724,63	108,81	833,44	1.666,88
1.6	Reservatorio em Fibra de Vidro de 15.000 litros, com tampas e conexões	unid	1,00	3.100,00	108,81	3.208,81	3.208,81
1.8	Quadro de Energia para Comando de bombas de recalque incluso fios cabos e infra	pç	1,00	350,00	250,00	600,00	600,00
1.9	Chave de Bóia Automática Superior 10 A / 250 V - fornecimento e instalação	pç	2,00	69,03	7,50	76,53	153,06
	Sub-Total			7.023,52	1.627,93	8.651,45	**8.651,45**
2	**LOUÇAS, METAIS E ACESSÓRIOS**						
2.1	Registro de gaveta bruto ø 1"	unid	3,00	63,02	20,25	83,27	249,81
2.2	Conjunto de torneira de bóia 3/4"	unid	1,00	33,67	10,50	44,17	44,17
	Sub-Total			222,73	71,25	293,98	**293,98**
3	**HIDRÁULICA - ÁGUA PLUVIAL**						
3.1	Tubo em PVC rígido, com junta elástica, diâmetro de 75mm (3"), incluíndo conexões	m	2,00	17,07	22,50	39,57	79,14
3.2	Tubo em PVC rígido, com junta elástica, diâmetro de 100mm (4"), incluíndo conexões	m	36,00	22,17	22,50	44,67	1.608,12
3.3	Tubo em PVC rígido, com junta elástica, diâmetro de 150mm (6"), incluíndo conexões	m	60,00	38,96	33,83	72,79	4.367,40
3.4	Filtro Para Coleta Água Da Chuva SMART FILTRO 1,7 kg *clorador Incluso	pç	1,00	249,00	108,81	357,81	357,81
	Sub-Total			3.418,86	2.993,61	6.412,47	**6.412,47**
TOTAL GERAL				10.665,11	4.692,79	15.357,90	**R$ 15.357,90**

FONTE: OS AUTORES, (2017).

Após isso, foram determinados os novos custos de água potável, considerando o potencial de economia de água gerado pelo uso da água pluvial, conforme a Tabela 8.

TABELA 8 - CUSTO MENSAL DE ÁGUA POTÁVEL

CUSTO MENSAL DE ÁGUA POTÁVEL	Percentual de água potável utilizado (%)	Média do consumo mensal (m³)	Custo (R$/m³)	Custo Total (R$)
Sem o sistema de captação instalado	100	26,72	7,30	195,06
Com o sistema de captação instalado	19,84	5,30	7,30	38,69

FONTE: OS AUTORES, (2017).

Da análise dos valores da Tabela 8, verifica-se que a economia monetária gerada através da implantação de um sistema de aproveitamento pluvial, estimada em R$ 156,37 por mês, mostrou-se bastante significativa, pois os custos com água potável seriam reduzidos em 80,16%.

Por fim, o período de retorno do investimento do sistema foi de aproximadamente 8,23 anos, que corresponde a 8 anos e 03 meses.

4. CONCLUSÃO

Com base nos dados pluviométricos e áreas de telhados levantados, calculou-se o volume ideal dos reservatórios de água pluvial. Para o reservatório inferior foi adotado um volume de 15.000 litros (15m³), reservatório intermediário de 500 litros (0,5 m³) e 02 reservatórios superiores de 1.000 litros (1 m³) cada, suficientes para armazenar a demanda diária de água consumida apenas para fins não potáveis, totalizando 22 m³. Destes, 17,5 m³ estarão reservados nos 04 novos reservatórios dimensionados e 4,5 m³ estarão reservados em 02 reservatórios inferiores de reserva técnicas (RTI) do sistema de combate a incêndio existente na edificação, devido aos dois sistemas estarem interligados neste estudo.

Assim, o presente trabalho apontou certo benefício, pois além do sistema de combate a incêndio abastecer os hidrantes com água não potável, reduziu-se no custo, 01 reservatório de 4,5 m³ devido ao aproveitamento destes reservatórios de RTI.

Na avaliação do potencial de economia de água potável, verificou-se um percentual de 80,13% dos usos finais é utilizado em fins não potáveis (bacias sanitárias, limpeza geral dos pisos e lavagens do piso do pátio de estacionamento). Desta forma, definiu-se que esse percentual de água potável, que corresponde a um volume de 21,42 m³/mês, poderia ser substituído por água pluvial.

O custo total de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi orçado em R$ 15.357,90. De acordo com a economia mensal de água potável gerada e

no custo total de implantação do sistema, prevê-se que o período de retorno do investimento é de 8 anos e 03 meses.

Portanto, com o presente estudo constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na edificação da Casas Pernabucanas mostrou-se economicamente viável, pois proporcionaria grande potencial de economia de água potável, trazendo benefícios financeiros em médio prazo e benefícios ambientais imediatos por preservar os recursos hídricos da região.

5. REFERÊNCIAS

ABNT, **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais, 1989.

ÁGUAS PARANÁ. **Instituto das Águas do Paraná**. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: http://www.sih-<web.aguasparana.pr.gov.br/sih web/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial >Acesso em: 08 mai,. 2017.

DACOC, **Departamento Acadêmico de Construção Civil**. Apostila de Hidrologia Aplicada**.** 2010. 133 f.- Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

KAZUO, Ricardo Baba. **CORREÇÃO DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS UTILIZANDO MÉTODOS ESTATÍSTICOS**. 2014. (UFPG), 2014.

SANEPAR TARIFAS. **Simulador de Tarifas**. 2017. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/informacoes/simulador-de-tarifas>. Acesso em: 01 novembro, 2017.

ANEXO – Esquema do sistema de captação de águas pluviais

