

VIABILIDADE NO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA USOS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO DE LONDRINA-PR.

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020935-953>



Giovana Cristina Buso Weiller ¹
Latiara Remigio dos Santos ²

RESUMO

O artigo aborda a sustentabilidade no uso do recurso hídrico a partir de estudo de viabilidade no aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em uma instituição pública de ensino em Londrina, buscando conhecer o potencial de economia do sistema e servindo como parâmetro para projetos sustentáveis. Realizou-se o levantamento do perfil de consumo final de água da instituição através de observações, entrevistas e faturas. Através dos índices pluviométricos da cidade e do software Netuno, dimensionou-se os volumes dos reservatórios para armazenamento da água pluvial captada, apresentando uma proposta de implantação de cisternas na instituição. Os resultados apontaram a parcela de 66,24% de água consumida para fins não potáveis, das quais 64,67% destinam-se às bacias sanitárias. Obteve-se um potencial de economia de água potável de 55,55% quando implantada uma cisterna de 17.000L de capacidade, apontando para a substituição parcial da água potável por pluvial. Com o custo inicial para a implantação do sistema de R\$ 11.257,00, e tempo de retorno do investimento de 5 anos e 9 meses, a proposta apresentou-se viável economicamente para a instituição analisada, devido ao seu caráter sustentável, e ao efeito multiplicador que o ambiente escolar proporciona, com a inclusão de saberes e práticas ambientais que podem ser trabalhadas em sala de aula.

Palavras-chave: Sustentabilidade hídrica. Aproveitamento de Água pluvial. Educação Ambiental.

¹ Arquiteta e Urbanista, Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento. Docente da Universidade Pitágoras Unopar. E-mail: giovana_bw@hotmail.com

² Discente do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Pitágoras Unopar. E-mail: tih_rm_@outlook.com

FEASIBILITY IN PLUVIAL WATER USE FOR NON-POTHABLE USES: CASE STUDY IN LONDRINA- PR EDUCATION INSTITUTION.

ABSTRACT

The article discusses the sustainability of the use of water resources from a feasibility study on the use of Rainwater for non-potable uses in a public educational institution in Londrina, seeking to know the system's economy potential and serving as a parameter for sustainable projects. The institution's final water consumption profile was surveyed through observations, interviews and invoices. Through the city's rainfall indexes and the Neptune software, the reservoir volumes for storing the captured Rainwater were dimensioned, presenting a proposal for the implementation of cisterns in the institution. The results showed that 66.24% of the water consumed for non-potable purposes, of which 64.67% goes to the sanitary basins. Potable water saving potential of 55.55% was obtained when a 15,000L capacity cistern was installed, pointing to the partial replacement of drinking water by Rainwater. With the initial cost for the implementation of the system of \$11,257 and return on investment time of 5 years and 9 months, the proposal was economically viable for the institution under study, due to its sustainable nature, and the effect multiplier that the school environment provides, with the inclusion of environmental knowledge and practices that can be worked on in the classroom.

Keywords: Water sustainability. Rainwater utilization. Environmental Education.



1 INTRODUÇÃO

A água sempre foi considerada um recurso abundante na Terra, no entanto, hoje é foco de inúmeras discussões ambientais já que seu uso descontrolado e os altos índices de poluição podem comprometer sua disponibilidade. Embora represente apenas 9% do consumo total no Brasil (ANA, 2017), o consumo urbano cresce a cada ano, o que equivale ao aumento dos investimentos públicos em infraestrutura urbana, desde a captação de água nos rios à ampliação de centrais de tratamento.

Diante disso, torna-se imprescindível o uso consciente da água, despertando a população para uma postura mais sustentável. Para Feil e Schreiber (2017), o desenvolvimento sustentável pode ser uma estratégia utilizada a longo prazo para melhorar a qualidade de vida da sociedade, através dos 3 "R"s: Redução do uso através de campanhas de conscientização da população, com a instalação de

torneiras temporizadas, por exemplo; Reutilização da água através do aproveitamento de águas cinzas ou de chuva para fins não potáveis; e Reciclagem da água através do tratamento de águas residuais e retorno para uso potável.

É nesse contexto que a utilização da água das chuvas surge como uma possibilidade; principalmente dentro das instituições de ensino, consideradas “[...] um espaço propício ao desenvolvimento de ações voltadas a educação ambiental, uma vez que pode promover nos educandos uma busca contínua pelo equilíbrio entre homem e natureza” (TUGOZ et al., 2017: 28). Além disso, nestas edificações ocorre uma maior tendência ao desperdício de água, devido aos usuários não serem responsáveis diretos pelo pagamento das faturas.

Trabalhos realizados neste âmbito apontam a necessidade de repensar soluções para diminuir o consumo de água potável em atividades não potáveis. Os estudos realizados por Ywashima et al. (2006) revelaram, por exemplo, significativo consumo de água em descargas de vasos sanitários e mictórios, com 66% em Escola de Educação Infantil e 82% em Escolas de Ensino Fundamental. Para escolas de ensino superior, Marinovski e Ghisi (2008) observaram um percentual de 56,1% de consumo de água para tal finalidade.

Sendo assim, este trabalho se propõe a identificar o potencial de utilização da água de chuva para fins não potáveis e a viabilidade econômica do sistema, utilizando como referência os índices pluviométricos da região de Londrina.

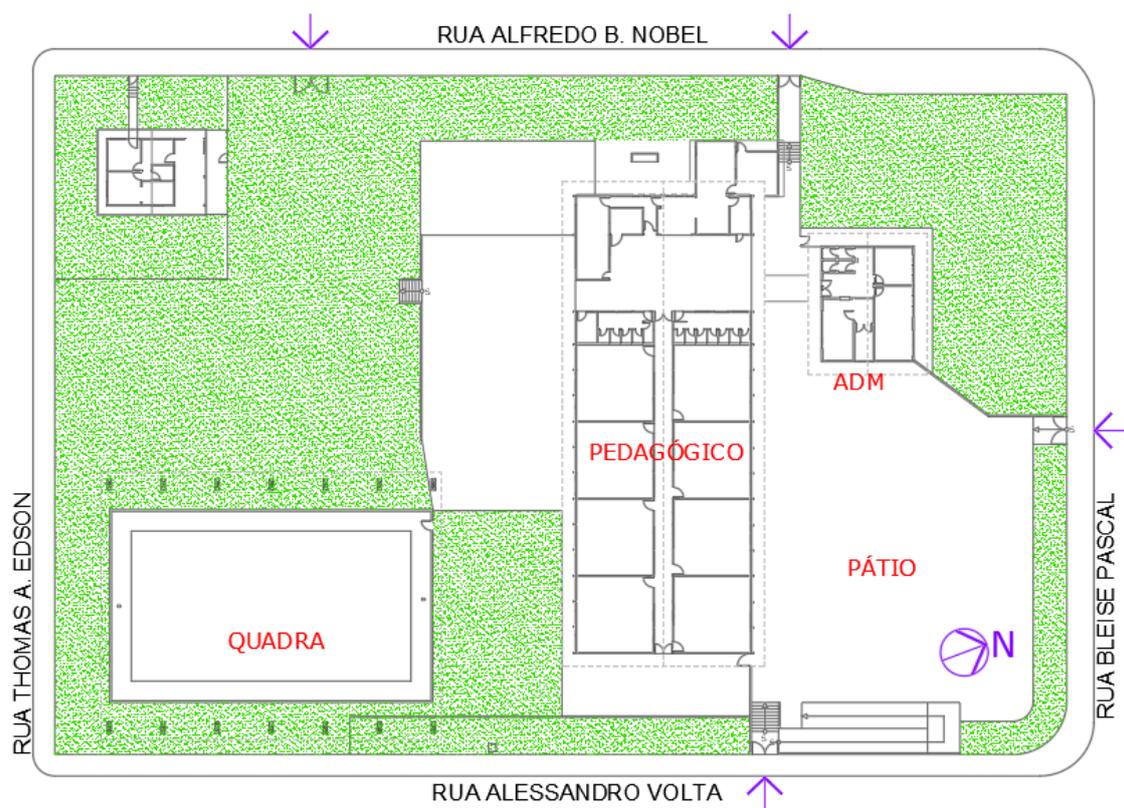
2 METODOLOGIA

2.1 Objeto de Estudo

O método de pesquisa baseou-se em um estudo de caso realizado na Escola Municipal João XXIII de Educação Infantil e Fundamental 1 localizada na cidade de Londrina - PR. Com clima subtropical, a cidade registra altos índices pluviométricos durante o ano, com chuvas distribuídas uniformemente, o que é favorável para implantar um sistema de aproveitamento de águas pluviais (CARVALHO, 2010).

A escola está implantada em um terreno de 5.886,58m², com área total coberta de 1.823,38m², distribuídos em três blocos: administrativo, pedagógico e quadra de esportes, conforme figura 1. Trata-se de uma edificação térrea, com extensa área de cobertura propícia para a captação de água pluvial.

Figura 1 : Implantação da Escola Municipal João XXIII



Fonte: Autores

A escola foi escolhida por apresentar um projeto padrão reproduzido em diversas cidades do estado desde 1970, e não ter recebido intervenção ou reforma em seu projeto original.

2.2 Consumo Efetivo de Água

Analisou-se o histórico das faturas mensais da SANEPAR3 no período de novembro de 2016 a novembro de 2018, estabelecendo uma média de consumo para períodos letivos. Nas faturas, a tarifa de esgoto representa 80% do valor da água.

Para confirmar os dados das faturas e auxiliar no ajuste dos dados estimados de consumo, realizou-se, também, o monitoramento do hidrômetro da escola durante uma semana típica de aula, no período de 06 a 13/09/2018, com anotação do consumo de água no período matutino e no período vespertino.

2.3 Perfil de Consumo de Água

Para conhecer o percentual da demanda a ser suprimida por água pluvial, foi necessário traçar o perfil de consumo de cada ponto de fornecimento de água,

3 Companhia de Saneamento do Paraná.

dividindo-os em usos potáveis e não potáveis conforme a norma NBR 15527 (ABNT, 2007).

Realizaram-se medições nos aparelhos hidráulicos a fim de calcular as vazões de cada um, através do monitoramento do tempo consumido para encher um recipiente de volume conhecido. Nas bacias sanitárias adotou-se a vazão estabelecida pela NBR 5626 (ABNT, 1998), devida a impossibilidade de medição nesses aparelhos.

O levantamento dos usuários realizou-se no período de 24 a 28/09/2018 através de observações in loco, questionários e entrevistas, atentando-se para o tempo de permanência na instituição, já que a mesma funciona em dois períodos distintos (matutino e vespertino).

As entrevistas buscaram compreender o tempo e a quantidade de vezes que cada aparelho hidráulico era utilizado nas atividades. Por ser uma escola com ensino infantil, a faixa etária dos alunos dificultou a aplicação de entrevistas nas idades mais baixas, sendo necessário um trabalho de observação quanto ao uso dos aparelhos hidráulicos em conjunto com entrevistas aos professores das turmas de P4 e P5 principalmente.

Para as atividades de uso individual (lavatório, bebedouro e bacia sanitária), calculou-se o consumo de água de cada resposta das entrevistas, com base na frequência, volume/vazão e tempo de utilização. Em seguida, a média de tais consumos, foi multiplicada pela população daquele grupo e novamente multiplicada por 21 dias letivos do mês. Nesta análise, a população dividiu-se em três grupos: funcionários – parcial (meio-período); funcionários – integral; e alunos. Diante da dificuldade em entrevistar todos os usuários, a pesquisa foi feita por amostragem. Para isso, calculou-se uma amostra mínima que representasse erro amostral de até 10%, calculado segundo a metodologia apresentada por Barbetta (2006).

Para as atividades de uso coletivo (cozinha e limpeza), as estimativas dos consumos de água foram calculadas com base em entrevistas realizadas com todos os responsáveis por tais atividades, e não por amostras. Desta forma, o consumo estimado nessas atividades não foi multiplicado pelo número de usuários.

Diante da estimativa de consumo total obtida pelas entrevistas, foi realizada uma comparação com os dados das faturas da SANEPAR e da leitura dos hidrômetros, analisando-se as diferenças entre o consumo estimado e os consumos medidos. Tal diferença atribuiu-se à imprecisão de algumas respostas nas entrevistas, ou à falta de compreensão por alunos nas faixas etárias mais baixas. Como a diferença foi pouca expressiva, optou-se por manter o valor absoluto de consumo mensal médio do ano de 2018 distribuindo-o nos percentuais de consumo estimado.

2.4 Avaliação do Potencial de Economia de Água Potável

O potencial de economia de água potável foi analisado com o auxílio do software Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014), o qual possibilita a simulação de diversas capacidades para os reservatórios de água pluvial, tanto inferior quanto superior, indicando o volume ideal para máxima economia. Utilizaram-se os seguintes dados de entrada: população, consumo de água total por pessoa, percentual de água para fins não potáveis (que se deseja substituir), dados pluviométricos da cidade, e área de captação da edificação.

Os índices pluviométricos da cidade de Londrina foram obtidos junto ao IAPAR4, possibilitando o conhecimento da média de volume de água de chuva e as particularidades de cada estação do ano (épocas chuvosas e secas). Os dados fornecidos incluem informações sobre precipitações diárias de 01/01/2011 a 31/12/2018.

Realizou-se um estudo da tipologia construtiva com intuito de conhecer as áreas de telhado que possibilitasse a coleta de água de chuva, considerando-se aspectos como disposição, tipo e inclinação dos telhados bem como existência de calhas e coletores. Para cálculo da área de captação de água utilizou-se a extensão inclinada dos telhados. As áreas analisadas na instituição foram: quadra esportiva (800,73m²) e bloco pedagógico (846,00m²). Realizaram-se simulações a partir da área da quadra, variando-se as áreas de 200 a 1600m², a fim de verificar a proporção mais eficaz no potencial de economia de água.

⁴ Instituto Agrônomo do Paraná.

Através desses dados, simularam-se valores para o reservatório inferior e respectivos potenciais de economia de água, chegando-se a um valor ideal de capacidade.

Para corrigir possíveis erros no traçado do perfil de uso da água, obtido por entrevistas e observações, verificou-se novamente o potencial de economia de água variando-se os percentuais de demanda total a ser substituída por água pluvial (-10, -5, +5, +10% de variação). Na escolha do volume ideal levou-se em consideração a capacidade dos reservatórios disponíveis no mercado.

Para viabilizar o sistema, a simulação foi refeita com áreas de cobertura variadas, a fim de verificar o impacto no percentual de economia do sistema.

2.5 Análise Econômica

Levantou-se o custo de implantação e operação do sistema de aproveitamento de água da chuva. Os equipamentos orçados foram: reservatórios, motobomba, kit filtro (freio d'água, conjunto flutuante de sucção, sifão ladrão), realimentador, boia e tubulações. A pesquisa foi realizada com valores de mercado local, com fornecedores e mão de obra da região. Inseriu-se todas essas informações no programa Netuno. Os custos de tratamento da água pluvial, como cloração, não foram considerados neste estudo.

Como a proposta inclui um reservatório superior, escolheu-se uma motobomba cuja potência foi determinada com base em catálogos de fabricantes. Para definir o consumo elétrico desse equipamento, também foram inseridos no programa os valores cobrados pela COPEL5 (R\$/kWh). Simulando o tempo e o número de dias de funcionamento da motobomba, chegou-se ao custo mensal de energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombeamento.

Após definido os custos iniciais e de operação do sistema, inseriu-se a tarifa da água potável fornecida pela SANEPAR (R\$/m³), de acordo com a categoria e faixa de consumo. Considerada como utilidade pública, a instituição em estudo paga o valor equivalente à 50% da tarifa, o que impactou diretamente no tempo de retorno do investimento (PARANÁ, 2018). Diante disso, também foi simulado o tempo de retorno do investimento com a tarifa integral, aplicada às instituições particulares.

⁵ Companhia Paranaense de Energia.

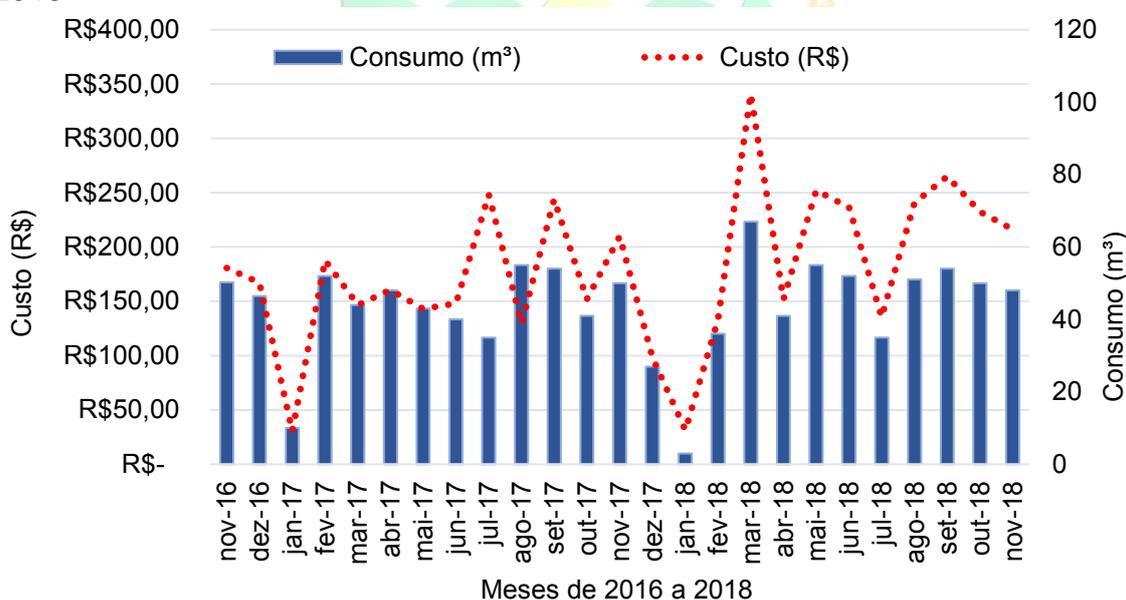
Verificou-se a diferença entre o custo mensal atual da água potável e o custo mensal com aproveitamento de água de chuva, o que representou a economia do sistema proposto. O tempo de retorno do investimento, dado em meses, foi simulado pelo método do payback descontado, considerando o investimento inicial, economias mensais, custos de operação (motobomba), e a taxa de atratividade mínima (TMA). A TMA baseou-se no rendimento de alguns certificados de depósito bancários (CDB) mais conhecidos, adotando-se 1% ao mês.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Consumo Efetivo de Água

O consumo efetivo da água foi verificado para servir de comparação com o consumo estimado através do perfil de uso. Analisando a figura 2, verificou-se que os índices de consumo pouco variaram no período analisado (novembro de 2016 a novembro de 2018), exceto nos meses de janeiro e julho, quando há recesso.

Figura 2 : Consumos e custos das faturas de novembro de 2016 a novembro de 2018



Fonte: Elaborado pelos autores

A tabela 1 mostra o consumo mensal médio efetivo.

Tabela 1 : Consumos e custos mensais médios de água e esgoto para o período letivo

Ano	Consumo mensal médio (m³)	Custo mensal médio água (R\$)	Custo mensal médio água + esgoto (R\$)
2016	48	173,97	313,15

2017	45	161,88	291,38
2018	50	227,25	409,05
Média	48	188,57	339,42

Fonte: Elaborado pelos autores

Considerando que o consumo de água está diretamente ligado à população existente, utilizou-se a média de 2018 para o estudo, ano em que foram realizadas as entrevistas.

Calculou-se o consumo diário de água por dia letivo por pessoa dividindo-se o consumo mensal adotado pelo número de usuários totais e por 21 dias letivos, chegando-se ao valor de 6,03L/dia letivo/pessoa. Tal valor pode ser considerado baixo, conforme Tomaz (2001). Porém a análise dos usos e da tipologia da escola é essencial no entendimento desse valor, já que esta não apresenta áreas de jardins irrigados, hortas, pátios cobertos e vestiários.

3.2 Perfil de Consumo de Água

Os usos da água identificados na instituição foram: cozinha (preparo, cocção de alimentos e lavagem louça); torneira de lavatório; bebedouro; limpeza interna; bacias sanitárias; e limpeza externa da edificação.

A tabela 2 mostra os valores de vazão utilizados para cálculo de consumo de água.

Tabela 2 : Vazão dos aparelhos hidráulicos existentes

Aparelho	Local	Vazão (L/s)
Torneira de pia	Cozinha	0,08
Torneira de lavatório	Banheiros e Refeitório	0,06
Torneira de lavatório	Banheiro funcionários	0,03
Bebedouro	Refeitório	0,05
Bacia sanitária	Todos	1,70
Torneira c/ mangueira	Quadra e Pátio externo	0,07

Fonte: Elaborado pelos autores

Para as entrevistas, calculou-se uma amostra representativa para cada grupo de usuário, considerando erro amostral máximo de 10%. Entretanto, com o aumento na quantidade de entrevistas realizadas, pôde-se diminuir o erro amostral, conforme mostra a tabela 3. A tabela apresenta também a população dos diferentes grupos e seus respectivos percentuais em relação à população total.

Tabela 3 : Grupos de usuários, entrevistas realizadas e erro amostral

Usuário	População	Amostra entrevistada	Erro amostral
Funcionários - parcial	19	17	7%
	5%	9%	
Funcionários - integral	18	17	7%
	5%	9%	
Alunos	358	153	6%
	91%	82%	
Total	395	187	-

Fonte: Autores.

Obteve-se a estimativa de consumo de água usada nas atividades coletivas como cozinha, limpeza interna e limpeza externa através de entrevistas com os responsáveis de cada setor. As tabelas 4, 5 e 6 trazem o consumo nessas atividades, em valores totais.

Tabela 4 : Cozinha: cálculo de consumo de água

Cardápio	Frequência (vezes/mês)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)	Consumo (m³/mês)
Refeição	14	2700	0,08	432,00	3,02
Lanche	28	1800	0,08	576,00	4,03
Total				336,00	7,06

Fonte: Autores

Tabela 5 - Limpeza Interna: cálculo de consumo de água

Ambiente	Frequência (vezes/semana)	Volume (L/limpeza)	Consumo (L/dia)	Consumo (m³/mês)
Cozinha	5	20	20,62	0,43
Refeitório e Corredor	2	25	10,31	0,22
Banheiros	5	80	82,48	1,73
Salas aula e Administração	2	25	10,31	0,22
Total			123,71	2,60

Fonte: Autores

Tabela 6 - Limpeza Externa: cálculo de consumo de água

Ambiente	Frequência (vezes/mês)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)	Consumo (m³/mês)
Pátio externo	0,17	3600	0,07	2,00	0,04
Janelas	0,5	3600	0,07	6,00	0,13
Quadra	4,33	2400	0,07	34,64	0,73
Total				42,64	0,90

Fonte: Autores

Na estimativa de uso dos aparelhos individuais analisaram-se frequência, volume, vazão e tempo de uso, determinando o consumo (L/dia/pessoa) de cada entrevistado. Para obter o consumo mensal total de cada atividade, determinou-se uma média de consumo por categoria da população, que foi multiplicada pela quantidade de usuários da respectiva categoria e ao final, foram multiplicados os

valores por 21 dias letivos. Nesta análise, não foram separadas entrevistas por sexo ou idade. As tabelas 7, 8 e 9 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 7 - Lavatório: cálculo de consumo de água

Usuário	Frequência média (vezes/dia/pessoa)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (L/s)	Consumo médio (L/dia/pessoa)	Consumo (L/dia)	Consumo (m³/mês)
Funcionários - parcial	2,76	9,53	0,03	0,80	15,26	0,32
Funcionários - integral	4,03	9,76	0,03	1,15	20,74	0,44
Alunos	2,51	4,80	0,06	0,73	260,53	5,47
Total					296,53	6,23

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 8 - Bebedouro: cálculo de consumo de água

Usuário	Frequência média (vezes/dia/pessoa)	Volume médio (L/vez)	Consumo médio (L/dia/pessoa)	Consumo (L/dia)	Consumo (m³/mês)
Funcionários - parcial	0,94	0,18	0,19	3,666	0,08
Funcionários - integral	2,06	0,17	0,38	6,798	0,14
Alunos	1,47	0,17	0,36	127,957	2,69
Total			0,93	138,421	2,91

Fonte: Elaborado pelos autores

Para estimativa de uso das bacias sanitárias houve uma alteração na metodologia de cálculo, pois os resultados alcançados com a vazão conforme NBR 5626 (ABNT, 1998) foram absurdos, com consumo mensal de 126 m³ somente para esta finalidade. A partir da verificação das válvulas de descarga, notou-se que estão desreguladas, com pouca vazão. Entrevista com o setor de limpeza confirmou a ineficiência das válvulas para limpeza dos resíduos. Dessa forma, substituiu-se a vazão por volumes necessários para limpeza de resíduos líquidos e sólidos, conforme especificação de fabricantes de aparelhos sanitários ,3 e 6L, respectivamente Docol, 2019 e Gonçalves et.al, 2000.

Tabela 9 : Bacias sanitárias: cálculo de consumo de água

Usuário	Frequência (vezes/dia/pessoa)		Consumo médio (L/dia/pessoa)		Consumo (L/dia)	Consumo (m³/mês)
	líquido	sólido	líquido	sólido	total	total
Funcionários - parcial	1,85	0,06	5,56	0,35	112,32	2,36
Funcionários - integral	2,85	0,12	8,56	0,71	166,76	3,50
Alunos	1,23	0,05	3,68	0,33	1434,80	30,13
Total					1713,89	35,99

Fonte: Autores

Após a análise das atividades de uso coletivo e individual, conheceu-se a distribuição do consumo, conforme mostra a tabela 10. O consumo mensal total estimado, 55,67L, ficou um pouco acima da média anual de 2018, porém muito próximo da leitura dos hidrômetros e da fatura do mês de setembro, conforme tabela

11. Com isso, confirmou-se a utilização da média de consumo mensal de 50m³ de água, para corrigir as parcelas consumidas em cada atividade.

Tabela 10 : Perfil de usos final da água estimado e corrigido

Uso	Atividade	Consumo estimado			Consumo corrigido		
		diário (L/dia)	mensal (m ³ /mês)	Percentual %	diário (L/dia)	mensal (m ³ /mês)	
Potável	Cozinha	336,00	7,06	12,68%	33,76%	301,87	6,34
	Torneira de lavatório	296,53	6,23	11,19%		266,40	5,59
	Bebedouro	138,42	2,91	5,22%		124,36	2,61
	Limpeza interna	123,71	2,60	4,67%		111,15	2,33
Não potável	Bacia sanitária alunos	1434,80	30,13	54,14%	66,24%	1289,03	27,07
	Bacia sanitária funcionários	279,09	5,86	10,53%		250,74	5,27
	Limpeza externa	42,64	0,90	1,57%		37,41	0,79
Total		2651,19	55,67	100,00%	100,00%	2380,95	50,00

Fonte Autores

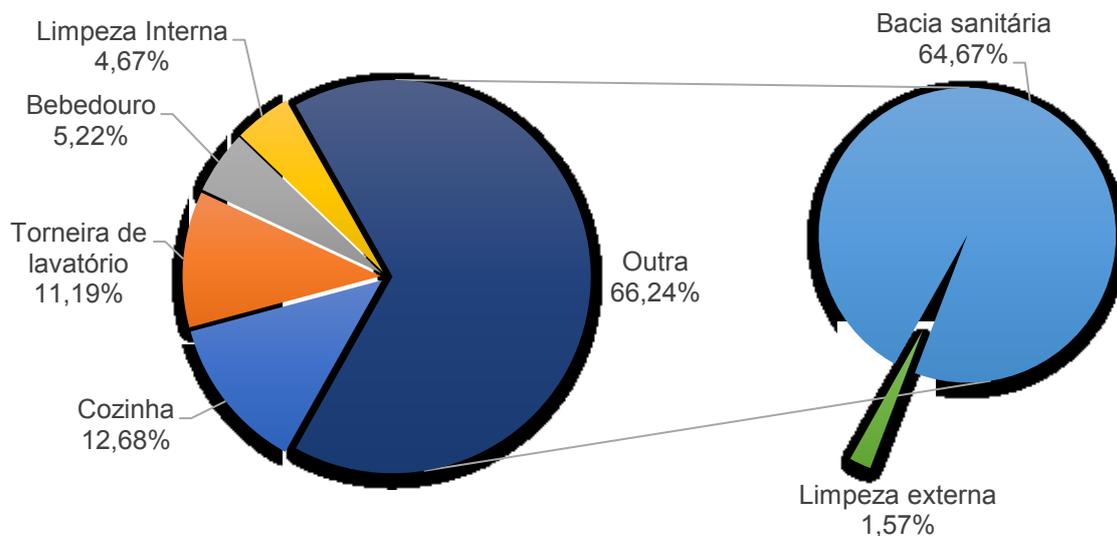
Tabela 11 : Comparativo entre valores estimados e medidos

Consumo	Consumo diário (L/dia)	Consumo mensal (m ³ /mês)	Diferença	
			(m ³)	(%)
Estimado - entrevistas e observação	2651,19	55,67	-	-
Fatura setembro/2018	2571,43	54,00	1,67	3%
Leitura hidrômetro 06 a 13/set/2018	2788,00	58,55	-2,87	-5%
Média anual de 2018	2380,95	50,00	5,67	11%

Fonte: Autores

A partir desses dados, confirmou-se o grande consumo de água tratada para atividades não potáveis, chegando a 66,24%. Quando analisado o consumo por atividade, percebe-se que as bacias sanitárias utilizam maior volume de água, chegando ao consumo de 32,34m³/mês, ou seja, 64,67% do consumo total da instituição, conforme figura 3.

Figura 3 - Distribuição de uso de água por atividade

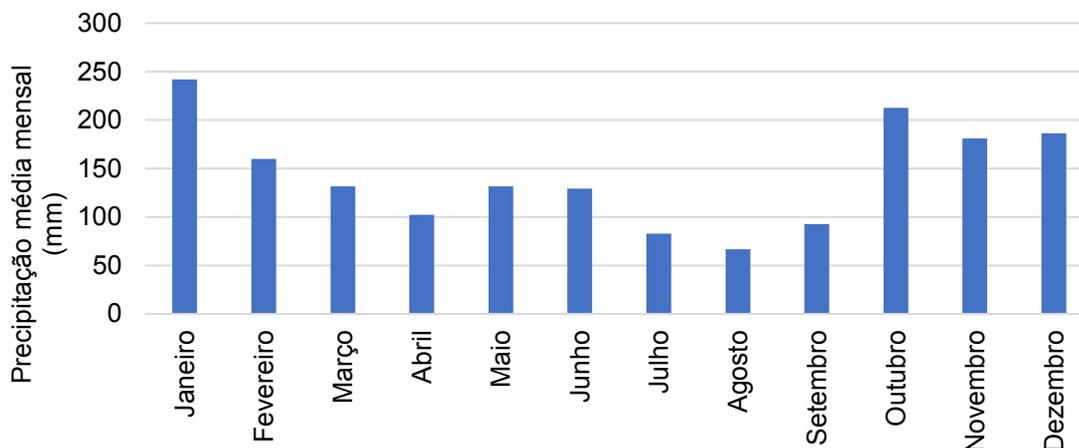


Fonte: Autores

3.3 Dados de Precipitação

No período analisado, conforme figura 4, os índices pluviométricos concentram-se nas estações mais quentes. A precipitação média diária foi de 4,8mm; enquanto a média mensal e a anual foram de 143,17 e 1718mm, respectivamente.

Figura 4 - Precipitação média mensal, em mm (2011 a 2018)



Fonte: Autores

3.4 Avaliação do Potencial de Economia

O potencial de economia de água potável, bem como o volume ideal do reservatório inferior foram inicialmente simulados a partir dos dados de entrada conforme tabela 12, indicando reservatório ideal de 16.000L de capacidade.

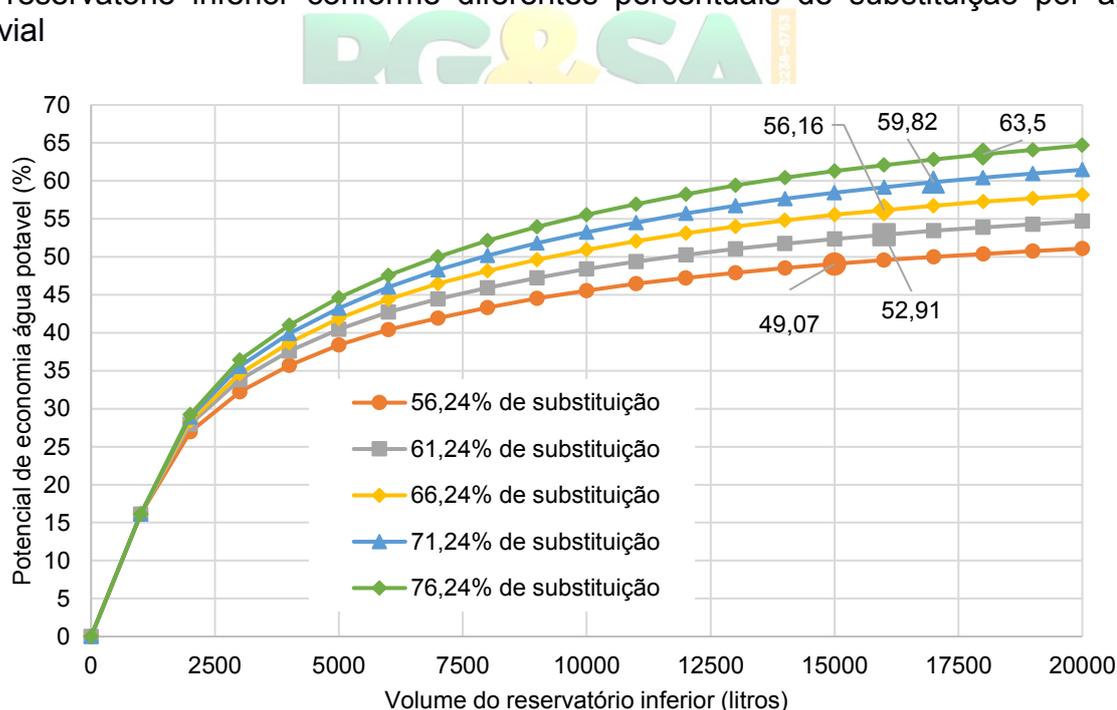
Tabela 12 : Dados de entrada para simulação do programa Netuno

Período de precipitação diária	2011 a 2018
Descarte de escoamento inicial (mm)	1
Área de captação (m ²)	800,73
Demanda total de água (L/dia/pessoa)	6,03
População total	395
Percentual de consumo a ser substituído por água pluvial (%)	66,24

Fonte: Autores

Realizaram-se novas simulações a fim de considerar eventuais erros no levantamento do perfil de uso da água, variando-se os percentuais de consumo a ser substituído por água pluvial. A figura 5 mostra os resultados encontrados, destacando em cada curva, o dimensionamento ideal do reservatório, que ficou entre 15.000L e 18.000L e seus respectivos potenciais de economia, de 49,07 a 63,5%. Visando facilitar a execução do projeto, escolheu-se um reservatório de 15.000L, disponível no mercado.

Figura 5 : Potencial de economia de água potável e dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior conforme diferentes percentuais de substituição por água pluvial



Fonte: Autores

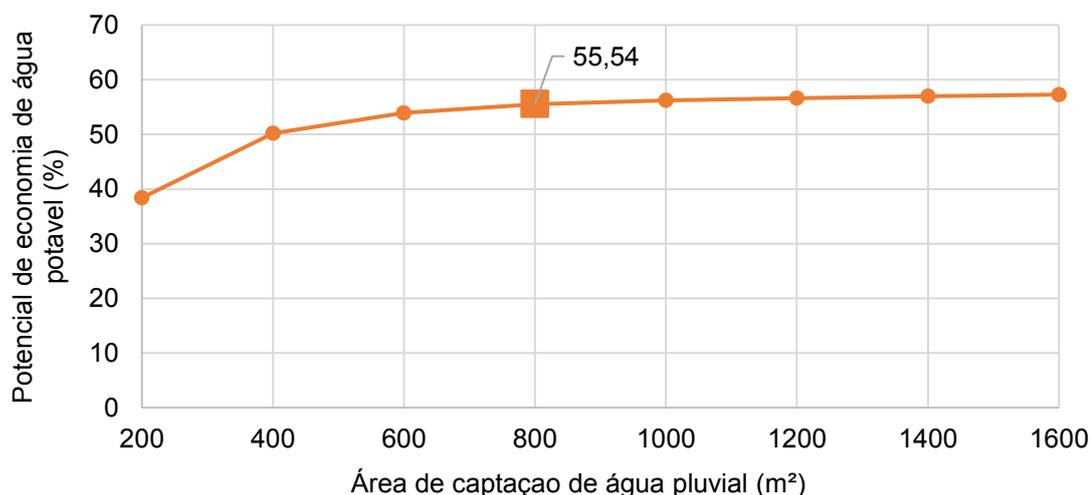
Para dimensionamento do reservatório superior, considerou-se a demanda diária de água pluvial de 1.577L, conforme tabela 10. Adotou-se dois reservatórios

superiores de 1000L cada, totalizando 17.000L de água de chuva armazenada no sistema.

A economia de água potável gerada foi de 55,55%, com diminuição do consumo de água potável de 50m³/mês para 22,2m³/mês, com de 82,79% de dias cuja demanda seria atendida completamente.

Em relação à área de captação da água pluvial, a figura 6 mostra que o potencial de economia de água potável estabilizou-se quando simulada área em torno de 800m². Dessa forma, chegou-se ao índice de aproximadamente 2m²/pessoa de área de cobertura necessária para economia de água potável considerada satisfatória em instituições de pequeno porte, para perfil de uso final semelhante.

Figura 6 : Potencial de economia de água potável em função da área de captação.



Fonte: Autores

Simulou-se a substituição da água destinada somente às bacias sanitárias dos alunos, na intenção de avaliar se a demanda era totalmente atendida, mantendo-se os outros dados de entrada. O percentual de dias cuja demanda de água pluvial seria atendida completamente subiu para 87,23%, porém indicou a impossibilidade de substituição total nesse equipamento.

3.5 Análise Econômica

Para estudo de viabilidade do sistema, é necessário conhecer os custos iniciais e de operação. Os valores médios encontrados para implantação do sistema estão na

tabela 13. A tabela 14 apresenta outros dados utilizados para cálculo da viabilidade do sistema e tempo de retorno.

Tabela 13 : Custos de implantação e operação do sistema

Equipamento ou serviço	Custo total
Reservatório Polietileno de 15.000L	R\$ 4.315,00
Reservatórios Polietileno de 1.000L (2 unidades)	R\$ 536,00
Motobomba 1/2 CV (2 unidades)	R\$ 980,00
Mão-de-obra	R\$ 1.000,00
Tubulação	R\$ 800,00
Kit Filtro	R\$ 3.204,00
Realimentador automático	R\$ 422,00
Total	R\$ 11.257,00

Fonte: Autores

Tabela 14 : Dados de entrada para análise econômica

Dado de entrada	Valor utilizado
Tarifa energia elétrica (kW/h)	R\$ 0,52
Tarifa energia elétrica com imposto (kW/h)	R\$ 0,80
Tarifa água	faixas de consumo 2018
Imposto água (variável)	9,10%
Inflação a.m. (base 2018 - IPCA)	0,31%
Reajuste das tarifas (meses)	12
Período de análise (anos)	10

Fonte: Autores

Considerando consumo mensal médio de 50m³ de água, e potencial de utilização de água pluvial de 55,55%, a tabela 15 mostra os resultados da análise econômica simulada, com valores de faturas de água calculadas com tarifa parcial e integral.

Tabela 15 : Resultados da análise econômica

Dados analisados	Tarifa água	
	Parcial	Integral
Fatura mensal sem utilização de água pluvial (R\$)	409,05	706,00
Fatura mensal com utilização de água pluvial (R\$)	212,58	313,11
Economia mensal (R\$)	196,45 (48%)	392,89 (56%)
Tempo de retorno do investimento (meses)	69	30

Fonte: Autores

4 CONCLUSÕES

O estudo avaliou a viabilidade no aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição pública escolar na cidade de Londrina, PR. Através da análise do perfil de uso da água na instituição, foi verificada parcela de 66,14% de consumo de água destinada a usos não potáveis. Com a utilização do reservatório inferior e superior de 15.000L e 2.000L, respectivamente; obteve-se potencial de economia de água potável de 55,55%. Com custo de implantação inicial de R\$ 11.257,00 e economia mensal média de 48%, o sistema obteve tempo de retorno do investimento de 5 anos e 9 meses para a instituição analisada. Estima-se a redução do tempo de retorno para 2 anos e 6 meses em instituições privadas de ensino.

A implantação do sistema mostrou-se viável, pois proporciona vantagens ambientais e financeiras expressivas, podendo servir como parâmetro para novos projetos, bem como ampliação nas regulamentações do plano diretor do município. Porém o maior benefício é a disseminação de ações sustentáveis no meio escolar, onde o aprendizado vivenciado na prática é muito mais significativo. O estudo mostrou ainda a impossibilidade de substituição total da água utilizada para fins não potáveis por água de chuva, mesmo considerando apenas a demanda das bacias sanitárias.

REFERÊNCIAS

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

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

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017 : relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf>. Acesso em 4 abr. 2018.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais**. 6. ed. Florianópolis: EdUFSC, 2006.

CARVALHO, Raquel Saravy de. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais**. Monografia (Pós-graduação em Construção de Obras Públicas). Apucarana:

Universidade Federal do Paraná, 2010. Disponível em: < www.acervodigital.ufpr.br>. Acesso em 4 abr. 2018.

DOCOL. Sistemas de descargas para banheiros. Disponível em: <<https://www.docol.com.br/pt/produto/banheiro/sistemas-de-descarga>>. Acesso em 4 dez. 2018.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos EBAPE.BR**. Rio de Janeiro, v.15, n.3, p. 667-681, 2017. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cadernosebape/issue/archive>>. Acesso em 15 fev. 2019.

FERRAZ, A. A. et al. Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edificações escolares: proposta de planejamento sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC. Disponível em: <www.infohab.org.br/entac2014/2012/docs/0999.pdf>. Acesso em 27 mar. 2018.

GHISI, Enedir.; CORDOVA, Marcelo Marcel. **Netuno 4**. Programa computacional. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, 2014. Disponível em: <www.labeee.ufsc.br/downloads/software/netuno>. Acesso em 20 set. 2018.

GONÇALVES, Orestes Marraccini; et.al. Study for determining discharge volumes for low flush toilets. In: CIB W62 2000 International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. **Anais..** Rio de Janeiro: USP, 2000.

LONDRINA. Conselho Municipal do Meio Ambiente. **Resolução nº 18**: Programa Racional de Uso da Água. Londrina, 2009.

MARINOSKI, Ana K. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em: <www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf>. Acesso em 27 mar. 2018.

MARINOSKI, Ana Kelly.; GHISI, Enedir. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008. Disponível em: <www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/>. Acesso em 27 mar. 2018.

OLIVEIRA, T. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZA, J. B. Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista Gestão e Desenvolvimento em**

Contexto - GEDECON edição especial – IV Fórum de sustentabilidade, Cruz Alta, v.2, n.2, p.01-15. 2014. Disponível em: <<http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/article/view/1933/497>>. Acesso em 25 mar. 2018.

PARANÁ. Agência Reguladora do Paraná. **Resolução Homologatória nº 5**, de 28 de março de 2018. Homologa o reajuste tarifário anual dos serviços públicos de saneamento básico pelo SANEPAR. Curitiba, 2018. Disponível em: <<http://www.agepar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=95>>. Acesso em 5 jan. 2019.

PERLMAN, Howard. “Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources”. Woods Hole Oceanographic Institution, New York: Oxford University Press, 1993. Disponível em <<https://water.usgs.gov/edu/gallery/global-water-volume.html>>. Acesso em 30 de mar. 2018.

PISANI, M. A. J.; GIL, E. L. *A arquitetura e os sistemas de aproveitamento de águas pluviais em residências: constatações e perspectivas*. In: NUTAU SEMINÁRIO INTERNACIONAL ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN: Produtos e mensagens para ambientes sustentáveis, 8., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP. Disponível em: <https://www.usp.br/nutau/sem_nutau_2010/trabalhos.html>. Acesso em 27 mar. 2018.

TOMAZ, P. **A Economia de Água para Empresas e Residências** – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. São Paulo: Navegar Editora, 2001. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf>. Acesso em 05 abr. 2018.

TUGOZ, Jamila El et al. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**. São Paulo, v. 6, n. 1. p. 26-39, jan/abr. 2017. Disponível em: <<http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas>>. Acesso em 30 maio 2018.

YWASHIMA, Laís Aparecida et al. *Método para Avaliação da Percepção dos Usuários para o Uso Racional de água em Escolas*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC. Disponível em: <www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3480_3489.pdf>. Acesso em 4 abr. 2018.