

IX-057 – ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E RESIDUÁRIA DE CONDICIONADORES DE AR PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Mariângela Dutra de Oliveira⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia Kennedy. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Mayara Reis de Almeida⁽²⁾

Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Técnica em Automação Industrial pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

Claudia Rodrigues Carneiro Camargo⁽³⁾

Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

Karolyna Costa Aguiar⁽⁴⁾

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)..

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, 1729 – Jucutuquara – Vitória – ES – CEP: 29040-780 – Brasil – Tel: +55 (27) 99969-2509 – e-mail: mariangeladutra@ifes.edu.br

RESUMO

A água é um recurso fundamental para a existência e manutenção da vida. Porém, com o crescimento populacional e conseqüente aumento do consumo de água potável, problemas associados à qualidade e quantidade têm se tornado cada vez mais frequentes. Diante disso, uma maior eficiência no uso da água tem sido discutida em diversos países, de modo que buscar formas de preservar esse recurso se torna fundamental. Visando o uso sustentável dos recursos naturais em órgãos e instituições governamentais por meio de propostas para a redução do consumo e a contenção de desperdícios, este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade de implantação de um sistema de captação e armazenamento de água de chuva e residuária de condicionadores de ar para aproveitamento em usos não potáveis. Foi observado que a demanda de água na instituição em questão é inferior ao volume de chuva aproveitável. O que significa que a construção de reservatórios com volume total referente ao volume da demanda mensal seria o suficiente para atender a demanda de água não potável. No entanto, devido ao espaço físico o campus não suportar um único reservatório, sendo considerado então a implantação de 4 reservatório distintos destinados a atender uma demanda específica em função das necessidades dos usuários. Os resultados indicam uma economia de 29% no consumo de água potável no campus o que corresponde a um ganho anual bruto de R\$ 87.611,06. O investimento para implantação e manutenção dos reservatórios apesar de elevado da ordem de R\$ 237.190,40 apresenta um custo benefício atrativo com retorno de capital em aproximadamente 5 anos.

PALAVRAS-CHAVE: Água de Chuva, Aproveitamento de Água, Ar Condicionado, Reservatório de Água.

INTRODUÇÃO

Dos recursos naturais existentes, a água é um dos mais utilizados, sendo fundamental para a existência e manutenção da vida. Contudo, o crescimento populacional e conseqüente aumento do consumo de água potável vêm resultando em problemas associados à qualidade e quantidade de água nos recursos hídricos (MARINOSKI; GHISI, 2008).

Outro fator agravante é que grande parte das fontes de água localizam-se onde a densidade populacional é baixa. Em termos globais, o Brasil encontra-se em um cenário privilegiado, abrigando cerca de 12% da água doce do mundo. Entretanto, a disponibilidade não é uniforme ao longo do território, uma vez que mais de 65% da água doce disponível encontra-se na região Norte, que é habitada por menos de 7% da população. Ocorre,

portanto, um desequilíbrio entre oferta e demanda (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

Visando superar estes desafios, uma maior eficiência no uso da água tem sido discutida em diversos países. A consciência da necessidade de economia de água é importante para minimizar o problema, de modo que encontrar formas de preservar a água potável se torna fundamental (WILCOX; NASIRI; BELL; RAHAMAN, 2016).

A partir dessa necessidade foram criados programas, como a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), que visa o uso sustentável dos recursos naturais em órgãos e instituições governamentais por meio de propostas para a redução do consumo e a contenção de desperdícios (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

O aproveitamento de água de chuva e de aparelhos condicionadores de ar se configura como uma boa alternativa, podendo ser utilizada na rega de jardim e na lavagem de pisos, por exemplo. Esta alternativa implica em uma redução do consumo de água tratada para fins menos nobres, na preservação de mananciais, e no combate às enchentes, uma vez que armazenaria o escoamento pluvial (AMORIM; PEREIRA, 2008; HENTGES, 2013).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade de implantação de um sistema de captação e armazenamento de água de chuva e residuária de condicionadores de ar para aproveitamento em usos não potáveis, como rega de jardim e limpeza de piso, em instituição de ensino superior, bem como indicar as possíveis localizações para os reservatórios dimensionados.

METODOLOGIA

Levantamento de consumo de água

O histórico do consumo de água potável foi obtido por meio dos boletos mensais de cobrança da concessionária local, os quais foram disponibilizados pela administração do campus. Foi considerado o período de um ano de consumo, entre maio de 2016 e maio de 2017. A partir desses dados, utilizando-se o software Excel, foi obtido um gráfico de consumo.

Levantamento dos dados pluviométricos

Para estimar o volume de água de chuva foram utilizados os dados pluviométricos de uma estação próxima ao campus, os quais foram obtidos por meio do Hidroweb, banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). Foram considerados os dados de 30 anos, entre 1988 e 2017. Com base nas séries históricas, registradas nesse banco de dados, foram calculadas as médias mensais e anuais de precipitação, sendo gerados gráficos e tabelas por meio do software Excel.

Levantamento da demanda de água não potável

A demanda de água não potável foi obtida a partir da soma do consumo da água para limpeza das áreas de circulação e das salas e para irrigação das áreas ajardinadas e do campo de futebol/atletismo. Essa demanda foi levantada de duas formas: por meio de consulta à literatura, utilizando parâmetros de engenharia, e por meio de entrevistas com funcionários responsáveis pela limpeza e manutenção.

No levantamento da demanda por entrevista, foi verificado o número de baldes (de volume conhecido) necessário para limpeza de uma sala ou corredor, desta forma, tendo conhecimento da área, foi possível estimar o volume de água por metro quadrado para limpeza destas áreas. Já para a irrigação, a vazão foi estimada pelo método direto, utilizando-se um recipiente de volume conhecido e cronometrando o tempo para seu enchimento.

A equação 1 foi aplicada para calcular a demanda mensal para a rega de jardins e limpeza.



$$\text{Demanda mensal (m}^3/\text{mês)} = V_m \times F \times A_t$$

equação (1)

Onde:

V_m = volume médio gasto para a limpeza, e jardinagem, em relação a área (m^3/m^2), tal valor corresponde ao número médio de baldes, e irrigadores, utilizados na execução das respectivas tarefas;

F = corresponde a frequência de limpeza, ou irrigação, ao longo do mês;

A_t = corresponde a soma total da área das salas, ou a área total de jardins, em m^2 .

Levantamento das áreas de interesse no estudo

As áreas de coleta de água de chuva foram obtidas a partir do projeto arquitetônico do campus, disponibilizado pela instituição de ensino. Foram obtidas as áreas ajardinadas e a área do campo de futebol, que correspondem à demanda de água para irrigação. Da mesma forma, foram obtidas as áreas pavimentadas correspondentes às áreas de circulação e de salas, as quais estão relacionadas à demanda de água para limpeza.

Volume de água aproveitável

O volume de água de chuva foi estimado utilizando dados pluviométricos da ANA através do Hidroweb. A área de coleta de água de chuva corresponde à área de cobertura do trecho estudado. Desta forma, foi possível calcular o volume de chuva aproveitável, com base na NBR 15527/07, conforme a equação 2:

$$V = P \times A \times C \times \eta$$

equação (2)

Onde:

V = volume de água de chuva aproveitável;

P = precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros;

A = área de captação, em m^2 ;

C = coeficiente de Runoff, considerando como sendo igual a 0,9 devido à superfície;

η = eficiência do sistema de captação, considerando como sendo igual a 0,8 levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e do escoamento inicial.

Para obter o volume de água residuária proveniente de aparelhos de ar condicionado foi feito o levantamento da quantidade bem como do modelo dos aparelhos, tendo como apoio o relatório de bens, disponibilizado pela instituição. A vazão foi estimada a partir da aferição da vazão de um aparelho para cada modelo, onde foi aplicado o método direto, por meio de um recipiente de volume conhecido e do tempo gasto para o preenchimento de tal volume.

Dimensionamento e localização dos reservatórios de armazenamento

O volume total do reservatório de água foi estimado pelo método de Rippl. O método de Rippl é referenciado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR, 15527) e consiste em um balanço de massas, onde são utilizadas as séries históricas de precipitação e a demanda local de água. Este método, geralmente, superdimensiona o reservatório, mas é bom utilizá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório, além de ser um método simples. A aplicação desse método para o dimensionamento dos reservatórios associados à identificação dos pontos de consumo visa à análise da melhor alternativa técnica, econômica e ambiental para a instalação dos reservatórios no campus.

O volume do reservatório é dado pelas seguintes equações:

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

equação (3)

$$Q(t) = C \times P \times A$$

equação (4)

$$V = \sum S(t) \text{ para os valores em que } S(t) > 0$$

equação (5)

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

equação (6)

Onde:

$S(t)$ = volume de água no reservatório no tempo t ;

$D(t)$ = demanda ou consumo no tempo t ;

$Q(t)$ = volume de chuva aproveitável no tempo t ;

C = coeficiente de escoamento superficial;

P = precipitação da chuva;

A = área de captação.

Devido ao espaço físico do campus não suportar um único reservatório, foram considerados reservatórios setorizados, destinados a atender uma demanda específica. Estas áreas foram definidas de acordo com suas características comuns, disponibilidade de espaço para comportar um reservatório e a demanda local.

Avaliação econômica

Em um projeto de engenharia se torna indispensável a análise financeira dos investimentos, identificando todos os possíveis custos envolvidos. Tendo como base o projeto e o dimensionamento realizado, os custos fixos apresentados denotam da construção dos reservatórios, da aquisição de bombas, e do valor do projeto dado por Tomaz (2011).

Para a quantificação dos custos variáveis foram considerados os gastos anuais com a limpeza dos dispositivos, o sistema de desinfecção da água, a manutenção das bombas, limpeza dos reservatórios, as análises de qualidade da água e os custos energéticos com bombeamento. A tomada de preço para a limpeza dos dispositivos foi baseada na Tabela Referencial de Obras do IOPES para o mês de setembro de 2018. Quanto ao custo energético, este foi dado com base no dimensionamento da bomba, considerando a potência mínima de recalque para os reservatórios superiores, tendo como variáveis a vazão da água, a eficiência da bomba, a altura manométrica a perda de carga do sistema e o custo energético da concessionária para o mês de novembro de 2018.

A viabilidade econômica foi estimada com base na análise simultânea dos métodos de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Relação Custo Benefício (B/C) e Tempo de Retorno de Capital (TRC), também conhecido como *Payback*. O Valor Presente Líquido (VPL) consiste em uma forma de cálculo para a previsão futura dos custos em um determinado período de tempo utilizando taxas de juros. O VPL tem o intuito de estimar em tempo presente os valores futuros do investimento, sendo uma ferramenta útil para a avaliação de custo de projetos (GOMES, 2005).

$$VPL = B \times FVP(i, n) - I - C \times FVP(i, n) \quad \text{equação (7)}$$

$$FVP = \frac{(1+e)^n - (1+i)^n}{(1+e) - (1+i)} \times \frac{1}{(1+i)^n} \quad \text{equação (8)}$$

Onde:

VPL é o Valor Presente Líquido em reais;

B é o valor do benefício uniforme;

C é o custo uniforme;

FVP é o fator de valor presente;

e e i são as taxas de juros do sistema;

n é o número de períodos analisados.

A Taxa Interna de Retorno (TIR), ou *Payback*, representa a taxa de juros que iguala os valores presentes dos benefícios aos valores presentes dos custos de investimento. Assim se TIR for maior que a taxa de juros de referência o projeto é considerado atrativo, se o TIR se igualar a taxa de referência o projeto é considerado indiferente e se TIR for menor é considerado não atrativo (GOMES, 2005).

A relação benefício/custo é divisão entre todos os benefícios e os custos do projeto em um mesmo período de análise, e considerando as taxas de juros aplicadas (GOMES, 2005).

- Se B/C for maior que um o projeto é considerado atrativo;
- Se B/C for igual a um o projeto é considerado indiferente;

- E se B/C for menor a um o projeto é considerado não atrativo.

O tempo de retorno de capital (TRC), indica o período necessário para que os benefícios se igualem aos custos de investimento. Indica a relação entre o custo de implantação (I) pelo benefício líquido esperado (BL) (GOMES, 2005).

$$TRC = \frac{I}{BL}$$

equação (9)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O consumo de água potável da instituição de ensino, no período de maio/2016 a maio/2017 pode ser observado na figura 1.

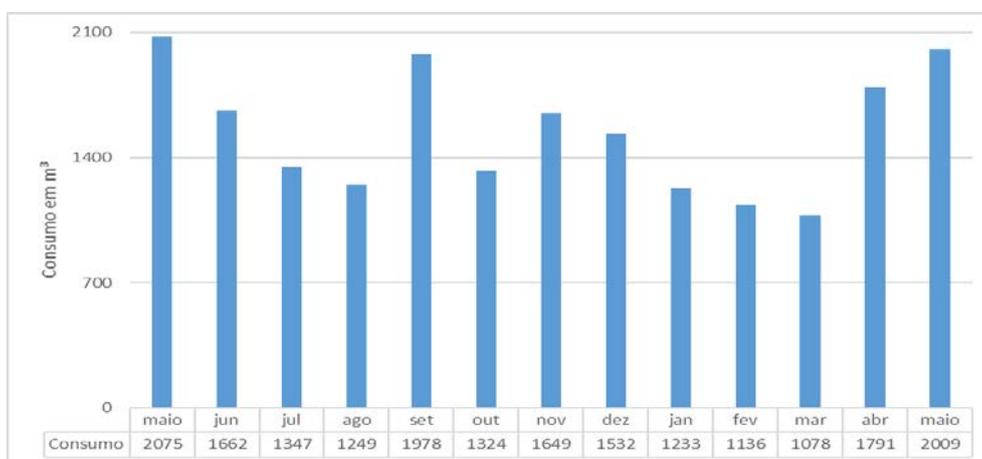


Figura 1: Consumo de água potável na instituição de ensino.

Com base no gráfico, observa-se que os menores consumos foram registrados em agosto e no período entre janeiro e março, coincidindo com o período de férias. O consumo médio mensal de água potável é de 1.543,3 m³.

Com as séries históricas dos dados pluviométricos, registradas no banco de dados, foram calculadas as médias mensais e anuais de precipitação. Foi obtida uma média anual de precipitação igual a 1.312,5 mm/ano. Além disso, foi observado que, historicamente, os meses de novembro e dezembro apresentaram as maiores médias de precipitação. Por outro lado, as menores médias de precipitação foram verificadas nos meses de agosto e setembro, conforme a figura 2.

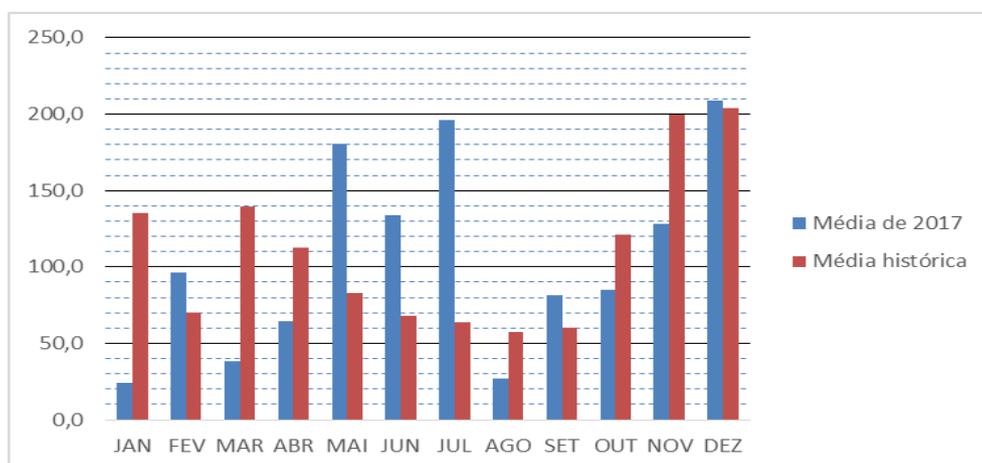


Figura 2: Médias de precipitação.

A instituição de ensino em questão possui, aproximadamente, uma área construída total de 26.000 m². As áreas consideradas no estudo, ou seja, as áreas referentes à circulação, salas, jardins e campo, podem ser observadas na tabela 1.

Tabela 1: Áreas com potencial consumo de água não potável.

Área estudada	Valor da área
Área do campo de futebol	4572,11 m ²
Área de jardim do trecho estudado	6387,18 m ²
Área total de circulação	5343,53 m ²
Área total de salas consideradas no estudo	10274,8 m ²

Foram considerados como usos não potáveis a limpeza de áreas de circulação e salas de aula e a rega dos jardins e campo. A quantificação inicial do consumo se deu por meio de parâmetros de engenharia, obtidos por literatura (TOMAZ, 2009), conforme a tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de engenharia para cálculo da demanda.

Uso Externo	Taxa	Frequência
Gramado ou jardim	2 litros/m ² /dia	12 utilizações/mês
Limpeza de pátios comuns/salas	2 litros/m ² /dia	20 utilizações/mês
Campo	3 litros/m ² /dia	12 utilizações/mês

Com base nos parâmetros e tendo conhecimento das áreas com potencial consumo de água não potável para limpeza e irrigação, a demanda total obtida foi de 942,62 m³/mês ou 11.311,46 m³/ano.

Conjuntamente, funcionários foram consultados quanto à demanda. Durante as entrevistas foi verificado que a frequência de limpeza de salas e de circulação ocorre duas vezes ao dia. Já para a irrigação do campo, foi verificado que é utilizado um volume conhecido, referente a uma caixa d'água de 5.000 litros. Os dados obtidos e entrevista encontram-se dispostas na tabela 3.

Tabela 3: Demanda conforme dados obtidos em campo.

Uso Externo	Área (m ²)	Demanda (L/m ² /dia)	Demanda (m ³ /mês)
Jardim	6387,18	1,13	144,60
Campo	4572,11	0,66	60,00
Circulação	5343,53	0,52	55,80
Salas	10274,8	0,86	181,00

Desta forma, a demanda total obtida por meio dos parâmetros levantados por entrevista foi de 441,41 m³/mês ou 4.956,48 m³/ano, inferior aos valores determinados com base na literatura. Esta condição pode estar associada a um trabalho de conscientização quanto ao uso da água existente na instituição.

Vale ressaltar que o dimensionamento do reservatório, em uma primeira etapa, foi feito com base na demanda levantada por meio de entrevista, o que deverá ser acompanhado para se verificar se haverá uma necessidade futura de aumentar o volume reservado.

O campus compreende uma área total de telhado de aproximadamente 17.291,48 m², distribuída em blocos prediais, conforme ilustrado na planta do campus apresentada pela figura 3. Assim, de acordo com a NBR 15527/07, o volume de água de chuva aproveitável calculado foi de, aproximadamente, 19.061,68 m³/ano.

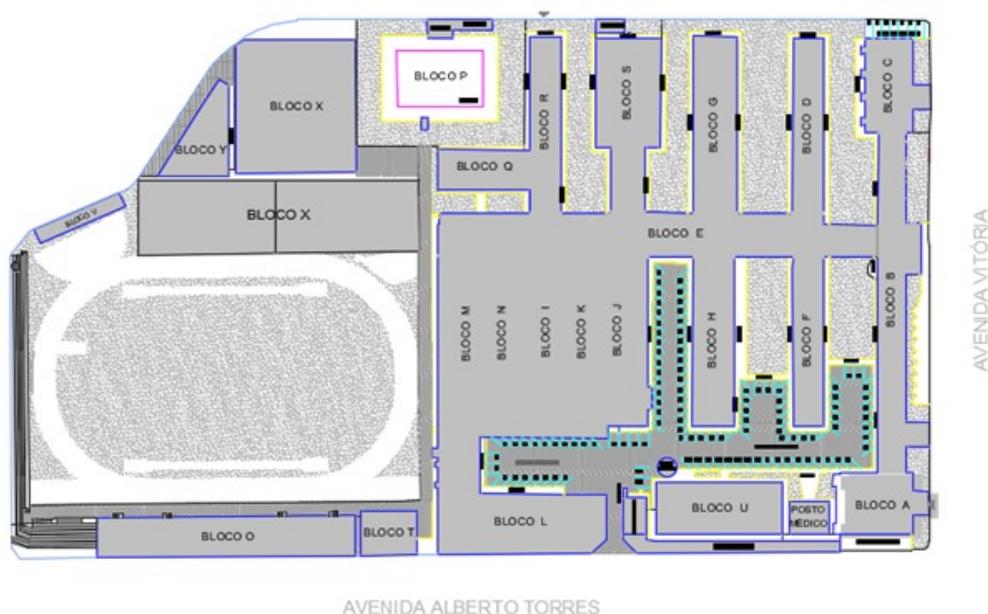


Figura 3: Planta de implantação da instituição de ensino.

O volume de água de chuva aproveitável é superior à demanda verificada no campus considerada neste estudo, não sendo necessário considerar toda área de cobertura para o dimensionamento dos reservatórios. Dessa forma, a fim de facilitar o dimensionamento, foi levantado o volume aproveitável por bloco, como pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4: Volume de água de chuva aproveitável por blocos.

Bloco	Área de cobertura (m ²)	Volume aproveitável (m ³ /ano)	Bloco	Área de cobertura (m ²)	Volume aproveitável (m ³ /ano)
A	515,00	486,68	M	582,80	550,76
B	1057,36	999,22	N	526,64	497,68
C	474,73	448,63	O	1015,36	959,53
D	579,38	547,52	P	86,86	82,08
E	2955,56	2793,05	Q	382,73	361,69
F	511,13	483,03	R	617,30	583,36
G	785,77	742,56	S	210,08	198,53
H	624,08	589,77	T	603,76	570,56
I	616,51	582,61	U	140,60	132,87
J	603,10	569,94	V	1487,77	1405,97
K	642,88	607,53	X	417,41	394,46
L	964,69	911,65	Y	889,98	841,04

A quantificação dos condicionadores de ar foi necessária para o cálculo do volume de água residuária proveniente dos mesmos. Foram encontrados modelos de condicionadores de ar do tipo janela (12000 BTUs), Split piso-teto (60000 BTUs) e Split (18000 BTUs). A aferição de vazão tomou como base um exemplar de cada modelo, obtendo-se uma média para cada três medições efetuadas. O resultado encontra-se disposto na tabela 5. Sendo que o volume total produzido é equivalente a 1.547 m³/ano.

Tabela 5: Vazão aferida nos aparelhos de ar condicionado.

Modelo	Potência (BTU)	Vazão (ml/s)
Janela	12000	0,6
Split	18000	0,5
Split Piso/Teto	60000	1,59

Dessa forma, conhecendo-se o volume de água de chuva aproveitável e o volume produzido pelos condicionadores de ar, foi possível estimar o volume do reservatório de água, a qual será captada e direcionada para armazenagem, para posterior utilização. Como dito anteriormente, o reservatório foi dimensionado pelo método de Rippl.

Pelo método de Rippl, observou-se que em todos os meses do ano, a demanda de água é inferior ao volume de chuva aproveitável. Ou seja, mesmo no mês onde ocorre o menor volume de chuva, a demanda seria atendida. O que significa que a construção de reservatórios com volume total referente ao volume da demanda mensal seria o suficiente para atender a demanda de água não potável.

Por se tratar de uma construção antiga, com poucos pontos de acesso à água e espaço físico limitado, a localização dos reservatórios foi pensada com o intuito de facilitar o acesso do usuário à água captada. Com esta finalidade, o campus foi dividido em quatro áreas distintas. Para cada uma das áreas foi dimensionado um reservatório com seu respectivo volume, buscando facilitar a instalação do sistema proposto. A figura 4 mostra a divisão das áreas para o atendimento da demanda.

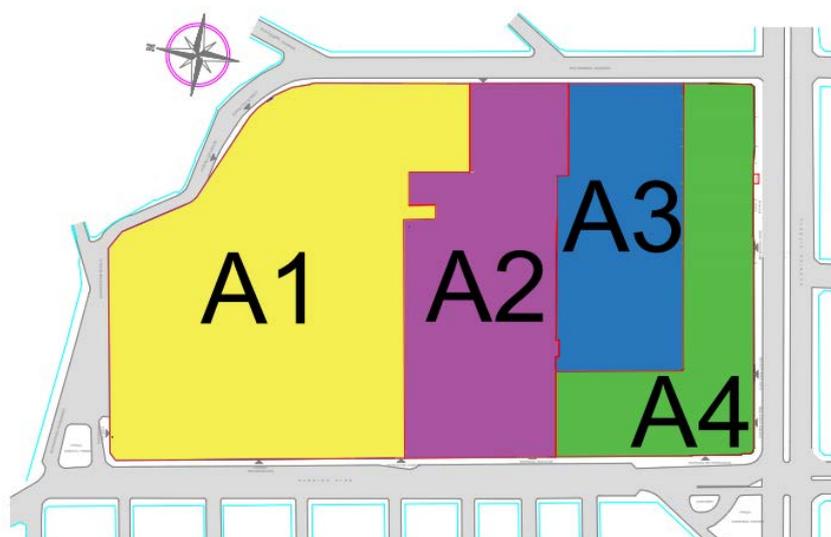


Figura 4: Divisão das áreas.

Foram levantadas as demandas e áreas de cobertura para cada uma das áreas definidas acima. Com base nestes dados foi calculado o volume de água aproveitável e definido o volume estimado para cada reservatório como observado na tabela 6. Devido à extensa área de captação, o volume água aproveitável é superior às demandas de cada setor.

Tabela 6: Demanda por área e área de captação.

Área	Demanda (m ³ /mês)	Área de captação (m ²)	Volume de água aproveitável (m ³)	Volume estimado do reservatório (m ³)	Custo de Implantação do Reservatório (R\$)
A1	100,16	4967,85	5.216,33	110,00	56.280,20
A2	151,07	7545,53	7.922,94	160,00	76.396,20
A3	86,66	3011,57	3.162,20	90,00	48.233,80
A4	103,52	2628,73	2.760,21	110,00	56.280,20
Total	441,41	18153,68	19.061,68	470,00	237.190,40

Os custos referentes a implantação do sistema foram estimados em R\$ 237.190,40, que corresponde a instalação de 4 reservatórios de volumes distintos e o valor estimado do projeto de captação de água. A conversão do dólar utilizado para estimar os valores dos reservatórios foi de R\$ 3,76, datada do dia 11 de novembro de 2018. A vida útil adotada para o sistema foi de 30 anos, com base em Gomes (2005) para

projetos hidráulicos, e os custos anuais referentes a manutenção do sistema (limpeza, manutenção das bombas e monitoramento da qualidade da água), totalizaram R\$ 39.668,30, mostrados na tabela x

Tabela 7: Custos referentes à manutenção do sistema de aproveitamento de água

Custos Anuais	Frequência Anual	Preço total
Limpeza dos dispositivos	4	R\$ 15.520,00
Dispositivos de desinfecção	12	R\$ 2.395,20
Manutenção das bombas	12	R\$ 1.195,20
Limpeza dos reservatórios	1	R\$ 3.351,60
Análise da qualidade da água	12	R\$ 12.000,00
Custo de bombeamento	12	R\$ 5.206,30

Com um consumo médio mensal de água potável estimado em 1.543,3 m³ para toda a instituição, o valor bruto pago a concessionária foi calculado em R\$ 25.526,18, considerando a tabela tarifária da CESAN para o mês de novembro de 2018. O consumo para fins não potáveis, dado pelo levantamento entre funcionários e pela estimativa de volume, foi de 441,41 m³ mensais representando uma economia de R\$ 7.300,92 ao mês, ou R\$ 87.611,06 ao ano. A taxa de acréscimo anual foi baseada no aumento médio anual da tarifa de água entre os anos de 2013 a 2018, correspondendo a um valor de 7%. A taxa de desconto considerada foi baseada na média de crescimento anual do IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), calculado em 6,05%. A partir do ganho anual descrito foi avaliada a projeção de ganhos na implantação do sistema de aproveitamento de águas aplicando-se as metodologias propostas do VPL, TIR, Relação Custo Benefício e Tempo de Retorno de Capital (*Payback*).

O VPL encontrado para o tempo de vida útil adotado foi de R\$ 1.435.422,31, superando em X % o valor inicial do investimento. Os resultados obtidos para a Taxa interna de Retorno, a Relação Custo Benefício e a Taxa Interna de Retorno (*Payback*) se mostraram satisfatórios, sendo esta última de aproximadamente 5 anos, como mostrado pela tabela 9.

Tabela 8: Análise anual dos investimentos

n	Investimento (R\$)	Benefício anual (R\$)	Custo anual (R\$)	Ia (%)	Ie (%)	VPL (R\$)	VAL (R\$)	B/C
1	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	- 192.384,08	- 205.850,97	0,27
2	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	- 145.879,38	- 80.684,69	0,48
3	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	- 97.828,51	- 37.277,72	0,66
4	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	- 48.373,37	- 14.281,18	0,81
4,95	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	0,00	0,00	0,94
5	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	2.353,80	574,07	0,89
6	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	54.229,77	11.377,18	1,07
7	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	107.139,72	19.880,12	1,18
8	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	160.976,68	26.958,41	1,28
9	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	215.641,06	33.097,99	1,38
10	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	271.040,11	38.590,01	1,47
11	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	327.087,48	43.619,37	1,56
12	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	383.702,84	48.308,95	1,65
13	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	440.811,42	52.743,46	1,73
14	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	498.343,70	56.983,08	1,81
15	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	556.235,02	61.071,62	1,89
16	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	614.425,30	65.041,62	1,96
17	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	672.858,69	68.917,68	2,04
18	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	731.483,33	72.718,66	2,11
19	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	790.251,07	76.459,17	2,19
20	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	849.117,24	80.150,66	2,26
21	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	908.040,37	83.802,14	2,33
22	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	966.982,05	87.420,76	2,40
23	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	1.025.906,68	91.012,21	2,47
24	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	1.084.781,28	94.581,02	2,54
25	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	1.143.575,35	98.130,79	2,61
26	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	1.202.260,67	101.664,40	2,68
27	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	1.260.811,17	105.184,10	2,75
28	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	1.319.202,80	108.691,66	2,81
29	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	1.377.413,33	112.188,46	2,88
30	237.190,40	87.611,06	39.668,30	7	6,05	1.435.422,31	115.675,52	2,97

Tabela 9: Resultados dos indicadores econômicos

Indicador	Resultado
Valor Líquido Presente (VLP)	R\$ 1.417.295,68
Taxa Interna de Retorno (TIR)	24%
Relação Benefício Custo (B/C)	2,89
Taxa de Retorno do Capital	4,95 anos

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, do potencial de produção de água e da demanda para o uso não potável, O aproveitamento de água na instituição se mostra como uma alternativa viável. Espera-se alcançar uma significativa economia no consumo de água potável, uma vez que a demanda para fins não potáveis representa 29% do consumo de água no campus, correspondendo a um volume total de 5.526,92 m³ ao ano.

Em comparação ao potencial de produção, observa-se que a demanda pode ser substituída em sua totalidade pelas fontes estudadas. Como a demanda é substancialmente inferior ao potencial de água captada, observa-se a possibilidade de ampliação da demanda para os demais usos não potáveis.

A análise econômica dos indicadores demonstrou que, apesar do elevado custo de investimento e manutenção, o projeto se mostra viável, apresentando um ganho anual bruto de R\$ 87.611,06 em relação ao custo no abastecimento de água. Os indicadores econômicos aplicados se mostraram de forma satisfatória ao sistema, obtendo-se uma taxa de retorno de capital de aproximadamente 5 anos e uma relação custo benefício de 9,12, considerada atrativa.

Consequentemente, a adoção de fontes alternativas para demandas não potáveis se apresenta como possibilidades viáveis no atendimento das demandas não potáveis. A prática dessas ações leva a ganhos ambientais, pois o volume reservado contribui para a redução do escoamento da água da chuva nos sistemas de drenagem urbanos, diminuindo o potencial de enchentes no entorno.

Por meio deste estudo, em face aos resultados esperados, busca-se a viabilidade técnica para a implantação de um sistema de aproveitamento de águas em uma instituição pública de ensino, atendendo às demandas da Agenda Ambiental da Administração Pública em relação ao uso de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2016. Brasília, 2016. 95 p.
2. 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.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 15 p.
4. GOMES, H. P. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento – Análise Econômica de projetos. ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro. 2005.
5. HENTGES, S. C. Efeito de reservatório de aproveitamento de água de chuva sobre redes de drenagem pluvial. 2013. 258 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
6. IBGE. Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA Série Histórica. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=series-historicas>>. Acesso em: 12 nov. 2018.
7. IOPEs. Tabela referencial de obras – 2018. Disponível em: <<https://iopes.es.gov.br/GrupodeArquivos/tabela-referencial-de-servicos-obras-2018>>. Acesso em: 11 nov. 2018.
8. MARINOSKI, A. K., GHISI, E. 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.
9. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Agenda Ambiental na Administração Pública - A3P. Brasília, 2009.
10. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Água. Brasília, 2005.
11. TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo, 2011.
12. TOMAZ, Plínio. Previsão de consumo de água não potável. São Paulo, 2009.
13. WILCOX, J., NASIRI, F., BEEL, S., RAHAMAN, S. Urban water reuse: a triple bottom line assessment framework and review. Sustainable Cities and Society, v. 27, p. 228-456. 2016.