

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL E PROGRAMA COMPUTACIONAL DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DE CHUVA DESTINADOS À CIDADE DO RIO DE JANEIRO-RJ

Data de aceite: 27/10/2023

Ryan Rodrigues Domingos

Engenharia Elétrica - Universidade do
Estado do Rio de Janeiro (UERJ).
<http://orcid.org/0000-0003-2977-8281>

Guilherme Nunes da Silva

Engenharia Ambiental e Sanitária -
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
<http://orcid.org/0009-0007-2774-5474>

Letícia Delduque Alves

Engenharia Ambiental e Sanitária -
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
<http://orcid.org/0000-0002-0739-6875>

Caroline Moreira de Souza

Engenharia Ambiental e Sanitária -
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
<http://orcid.org/0000-0003-0976-7155>

Jaqueline Costa Areas de Almeida

Engenharia Ambiental e Sanitária -
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
<https://orcid.org/0000-0002-6104-1469>

Allexser Pacheco Bernacchi Alves

Engenharia Civil - Universidade do Estado
do Rio de Janeiro.
<https://orcid.org/0000-0003-3772-4857>

Marcelo Obraczka

Professor Associado do Departamento de
Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente,
da Universidade do Estado do Rio de
Janeiro
<https://orcid.org/0000-0002-7322-9223>

Alfredo Akira Ohnuma Jr

Professor Associado do Departamento de
Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente,
da Universidade do Estado do Rio de
Janeiro
<https://orcid.org/0000-0002-0772-9334>

RESUMO: Devido às condições de estiagens prolongadas jamais observadas na história de dados pluviométricos monitorados desde o ano de 1910, tem sido relevante avaliar outras formas de abastecimento de água, como por exemplo, no uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. As alternativas de suprimento de água atendem não somente às demandas cada vez mais crescentes, mas também para amenizar os efeitos das crises de desabastecimento de água em determinadas regiões. Esse trabalho visa apresentar um aplicativo e um *website* denominado Reservatório de Água de Chuva (RAC-RJ) como proposta

de dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluviais e cálculo do tempo de retorno do investimento, especialmente para a cidade do Rio de Janeiro-RJ. O desenvolvimento dessas tecnologias digitais consiste da análise de séries históricas de mais de 20 anos de dados pluviométricos obtidos de 33 estações automáticas monitoradas pelo Sistema Alerta Rio do Rio de Janeiro-RJ. Foram empregados os métodos de Dias Consecutivos Sem Chuva e da Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU N° 001/2005 para o cálculo da capacidade do reservatório. Os resultados obtidos demonstram facilidade de aplicação e operação do aplicativo e do programa computacional para condições de demanda de uso não-potável da água da chuva, fatores meteorológicos e de acordo com a localização geográfica da edificação.

PALAVRAS-CHAVE: aproveitamento de água de chuva, reservatório de água de chuva, aplicativo móvel, inovação, tecnologia digitais.

ABSTRACT: Due to prolonged drought conditions never before observed in the history of rainfall data monitored since 1910, it has been relevant to evaluate alternative water supply methods, such as the use of rainwater harvesting systems. These water supply alternatives not only meet the increasingly growing demands but also help mitigate the effects of water shortages in certain regions. This study aims to present an application and a website called Rainwater Reservoir (RAC-RJ) as a proposal for sizing rainwater harvesting system reservoirs and calculating the return-on-investment period, especially for the city of Rio de Janeiro, Brazil. The development of these digital technologies involves analyzing historical series of more than 20 years of rainfall data obtained from 33 automatic monitoring stations operated by the Alerta Rio System in Rio de Janeiro. The methods of Consecutive Rainless Days and Resolution SMG/SMO/SMU No. 001/2005 were used to calculate the reservoir capacity. The obtained results demonstrate the ease of application and operation of the application and the computer program for non-potable use demand of rainwater, meteorological factors, and according to the geographical location of the building.

KEYWORDS: rainwater harvesting, rainwater reservoir, mobile application, innovation, digital technology.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se observado uma crescente demanda no uso dos recursos hídricos, normalmente ocasionada pelo crescimento populacional acentuado e desordenado nos centros urbanos e devido ao aumento do consumo de água pela população, sendo necessário a implementação de programas de substituição das fontes de abastecimento, como novas formas de apropriação de bens fundamentais à sobrevivência, em substituição às convencionalmente existentes (IPARDES, 2001).

O aproveitamento de água da chuva precipitada nas residências do meio urbano surge como uma opção dadas às condições observadas desde a crise hídrica no ano de 2015, relacionadas aos problemas de desabastecimento e racionalização do uso da água. Além de proporcionar economia de água potável, o aproveitamento de água da chuva pode contribuir também ao amenizar volumes efetivos da precipitação, sobretudo quando

os reservatórios possuem distribuição constante, aplicação em larga escala, e de forma planejada (adaptado Tomaz, 2003). Nesse contexto, sistemas de águas pluviais têm sido utilizados como medidas compensatórias de drenagem urbana, por tratar a água da chuva como elemento de integração dos espaços, além de se apresentarem como soluções de custo reduzido quando comparados às medidas tradicionais, por oferecer fonte alternativa de combate à escassez hídrica e as crises de desabastecimento de água, sobretudo para fins não-potáveis.

Sistemas de aproveitamento de água da chuva relacionam o volume pluviométrico precipitado e a área de captação da cobertura do telhado da edificação de modo a gerar como resultado a precipitação efetiva do local. Dessa forma, as dimensões do reservatório de aproveitamento tornam-se parâmetros físicos essenciais como resultado de cálculo do volume de armazenamento de água da chuva, seja em função do volume de demanda pelo usuário, assim como da oferta pluviométrica da região de interesse. Além disso, na implementação do sistema como um todo, os reservatórios podem representar até cerca de 60% do custo total de instalação, conforme suas dimensões e tipologia construtiva adotada (Callado, 2023).

Assim, programas computacionais para determinação de volumes de aproveitamento de águas pluviais têm sido desenvolvidos de forma flexível para aplicação no sentido de facilitar e otimizar resultados de dimensionamento de reservatórios (Mierzwa, *et al.*, 2007; Moruzzi e de Oliveira, 2010; Ghisi e Cordova, 2014). Quando consolidados, esses programas tornam-se ferramentais de apoio e suporte na tomada de decisão, de modo a não apenas possibilitar o acesso ao conhecimento para diferentes setores sociais e áreas de conhecimento, mas também de garantir resultados respaldados em critérios técnicos e científicos.

O objetivo desse trabalho é apresentar e validar o aplicativo denominado Reservatório de Água de Chuva - RJ (RAC-RJ), e sua extensão em *website*, desenvolvidos de modo a oferecer ao usuário carioca o resultado de cálculo do volume de armazenamento do reservatório de um determinado sistema de aproveitamento de águas pluviais e o tempo de retorno do investimento, a partir de metodologia específica válida para a cidade do Rio de Janeiro, RJ.

MATERIAIS E MÉTODOS

O aplicativo intitulado RAC-RJ constitui-se de um *aplicativo* para sistemas operacionais Android®, como ferramenta básica de: 1) dimensionamento de reservatórios de água da chuva disponível de forma exclusiva à cidade do Rio de Janeiro-RJ, com base de cálculo no Método dos Dias Consecutivos Sem Chuva (GROUP RAINDROPS, 2002) e no Método da Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU N° 001/2005 (PRJ, 2005); 2) determinação do tempo retorno do investimento, a partir de estimativa de cálculo de

implantação do sistema de captação e aproveitamento da água de chuva, baseado no método de playback simples (Lorenzet, 2013).

O cálculo pelo Método de Dias Consecutivos Sem Chuva considera o estudo dos eventos de máxima estiagem diária consecutiva (dias sem chuva) de uma determinada série histórica. Os registros diários de precipitação são obtidos do Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro (ALERTARIO, 2017), composto por 33 estações pluviométricas automáticas e distribuídas em locais estratégicos do município do Rio de Janeiro. A série histórica analisada para os cálculos necessários deste estudo é composta de 19 anos consecutivos, entre 1997 e 2015.

De cada estação pluviométrica obtém-se dados observados de 15 minutos de modo que se permite determinar a precipitação diária acumulada. Com esses registros, estimam-se volumes totais de origem pluvial para cada zona pluviométrica na condição de oferecer aos usuários por região ou bairro do município o volume máximo aproveitado de chuva, assim como os dias consecutivos secos para suprir determinadas demandas em períodos de estiagem prolongada.

O Método dos Dias Consecutivos Sem Chuva ou Dias Consecutivos Secos (GROUP RAINDROPS, 2002) identifica o maior intervalo consecutivo diário sem chuvas a partir de série histórica de dados de precipitação, com ajuste estatístico de distribuição de frequência de Gumbel para determinado período de recorrência. O método considera precipitações diárias abaixo de 1 mm como dias secos ou sem chuva. A determinação dos dias consecutivos secos, neste trabalho, considera período de retorno de 10 anos ou uma probabilidade de 10% de ocorrer o evento de estiagem num dado ano (Equação 1).

$$x = \bar{x} - \sigma \left[0,45 + 0,7797 \cdot \ln \left(\ln \frac{TR}{TR-1} \right) \right] \quad (1)$$

Sendo x Dias consecutivos secos da série histórica selecionada; Média dos dias secos consecutivos; σ Desvio padrão da amostra; TR Período de retorno em anos.

A determinação do volume de armazenamento ou de preservação V_{res} considera a demanda diária de água (D_{ap}) para fins não-potáveis, assim como os dias consecutivos secos ou de estiagem (Est) a partir da equação (2).

$$V_{res} = Est \times D_{ap} \quad (2)$$

Para determinação da estiagem máxima considera-se o número de dias consecutivos secos observados em cada ano da série histórica analisada das estações pluviométricas pertencentes ao Sistema Alerta Rio (ALERTA RIO, 2017). Na elaboração do aplicativo identificam-se como opção ao usuário a seleção da localidade da área de estudo distribuída, de forma adaptada aos bairros cariocas (Portal Geo, 2017). Cada bairro obteve de maneira restrita a influência de uma determinada estação pluviométrica de modo a estabelecer no cálculo dos dias secos consecutivos a correspondência ao local selecionado.

Após determinar a estiagem Est do bairro ou o número de dias secos do local, multiplica-se esse valor pela demanda diária total de água D_{ap} na residência pelo usuário, para fins não potáveis de modo a resultar no volume do reservatório V_{res} necessário para o aproveitamento de água da chuva, relacionado aos períodos de estiagens prolongadas. O cálculo da demanda diária média de água considera os valores por aparelho sanitário da Tabela 1.

Uso	Cálculo
Vaso Sanitário c/ Válvula Hidra	(5 descargas/dia) x (12 litros/descarga) x Número de pessoas
Vaso Sanitário c/ Caixa Acoplada	(5 descargas/dia) x (6 litros/descarga) x Número de pessoas
Torneira para limpeza de jardim	Área do jardim (m ²) x dias de lavar jardim (dias / mês) x 2 (litros/dia/m ²)
Torneira para limpeza de pisos	Área de limpeza (m ²) x dias de limpeza (dias / mês) x 2 (litros/dia/m ²)
Limpeza de veículo	Número de carros x dias de lavar carro (dias / mês) x 150 (litros / carro / dia)

Tabela 1 – Valores médios de consumo de água na edificação (adaptado TOMAZ, 2009)

O Método proposto pela Resolução Conjunta N° 001 SMG/SMO/SMU (PRJ, 2005) preconiza a capacidade do reservatório de acumulação em função da localização do empreendimento nas áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro pela equação (3).

$$V_{res} = 0,15 \times A_i \times h \quad (3)$$

Sendo: V_{res} o volume do reservatório (m³), A_i a área de cobertura do telhado (m²) e h a altura de chuva (em metros) em função das áreas de planejamento do município do Rio de Janeiro. Edificações localizadas nas áreas de planejamento 1, 2 e 4 utilizam $h = 0,06$ m, e aquelas localizadas nas áreas de planejamento 3 e 5 consideram o valor de $h = 0,07$ m.

De forma geral, a cidade do Rio de Janeiro é composto de 5 grandes áreas de planejamento, que correspondem às regiões político – administrativas da cidade. Para as áreas de planejamento 1, 2 e 4, constam localizadas as estações pluviométricas: Vidigal, Urca, Rocinha, Tijuca, Santa Teresa, Copacabana, Grajaú, Jacarepaguá/Tanque, Saúde, Jardim Botânico, Barra/Barrinha, Jacarepaguá/Cidade de Deus, Barra/Riocentro, Est. Grajaú/Jacarepaguá, Grotta Funda, Alto da Boa Vista, Recreio dos Bandeirantes, Laranjeiras, São Cristóvão e Tijuca/Muda. Para as áreas de planejamento 3 e 5, consideram-se as estações pluviométricas: Ilha do Governador, Penha, Madureira, Irajá, Bangu, Piedade, Guaratiba, Santa Cruz, Grande Méier, Anchieta, Campo Grande, Sepetiba e Av. Brasil/Mendanha.

De modo similar ao cálculo da estiagem localizada, cada área de planejamento

obteve associação junto aos bairros, com objetivo de se determinar o local da área de cobertura do telhado e as alturas de chuva, definidas pela Resolução Conjunta N° 001 SMG/SMO/SMU (PRJ, 2005). Este método diferencia-se do Método de Dias Consecutivos Sem Chuva (MDCS) ao incluir a área de captação ou de cobertura da edificação, no entanto despreza-se o valor de demanda de água do usuário. A determinação do volume de armazenamento de águas pluviais considera o maior valor entre os obtidos dos dois métodos (Jacob *et al.*, 2016). Integrado ao sistema de aproveitamento de águas pluviais, dimensiona-se também o volume de descarte inicial ou de *first flush*, considerado elemento fundamental no tratamento da água de chuva armazenada, definido para a lavagem do telhado os primeiros 2 milímetros de chuva.

Na determinação dos volumes de aproveitamento de águas pluviais obtidos como resultado de simulação deste trabalho foi considerada demanda fixa por região ou bairro identificado pelas estações pluviométricas. Os dados de consumo de água são válidos para 01 (uma) unidade habitacional de caráter unifamiliar composta por 03 (quatro) pessoas, com projeção de aproveitamento de 90 m² de área de cobertura do telhado da edificação e: 10 m² de área para limpeza de piso, 20 m² de área para irrigação de jardim, lavagem de 01 veículo e uso de vaso sanitário com caixa acoplada. De maneira respectiva, as frequências mensais de uso dessas atividades são: 2 limpezas de piso, 2 vezes a irrigação e 2 lavagens de veículos.

O aplicativo RAC-RJ também determina os custos de implantação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, cujos resultados detalhados dos volumes de armazenamento compreendem 2 (dois) cenários distintos de demanda mensal não potável em: (1) limpeza de pisos, irrigação de jardins e lavagem de veículos e (2) cenário (1) mais a demanda em bacia sanitária com caixa acoplada. O *aplicativo* calcula também o tempo de *payback simples* de modo a obter o prazo de recuperação do investimento aplicado no sistema de aproveitamento de água de chuva, com análise corrigida no tempo, devido às perdas anuais do valor monetário pela inflação (IPCA, 2016). O cálculo dos custos de materiais teve como referência preços pesquisados de fornecedores de referência em materiais de construção, como: Leroy Merlin, Casa & Construção e Amoedo, via consulta de *internet*. Além do custo total relacionado a metragem das tubulações, adicionam-se:

- 15% na metragem final, devido as conexões e válvulas (ABNT/NBR 5626/98);
- 40% para mão de obra (Perez, 2001) e
- 27,5% de Benefícios e Despesas Internas (BDI), de acordo com a Tabela de Composição de Preços Orçamentários (TCPO, 2012).

Na estimativa de custo final do sistema utilizou-se a inflação anual de 6,9% (Oliveira, 2016) de modo a determinar o tempo em que se efetiva o *payback* do investimento, além de considerar os critérios de cobrança da Companhia Estadual de Águas e Esgoto da cidade do Rio de Janeiro, cujas tarifas são diferenciadas entre duas grandes áreas de

abrangência, como tarifa A e tarifa B (CEDAE, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo do número de dias consecutivos secos utiliza dados de chuva diários obtidos das estações pluviométricas localizadas na cidade do Rio de Janeiro de modo a resultar o mapa de isolinhas (Figura 1), construído pelo Método de *Krigagem* a partir do programa *Surfer* e período de recorrência de 10 anos, como representação e distribuição espacial das regiões afetadas pelas estiagens (Jacob, *et al.*, 2016).

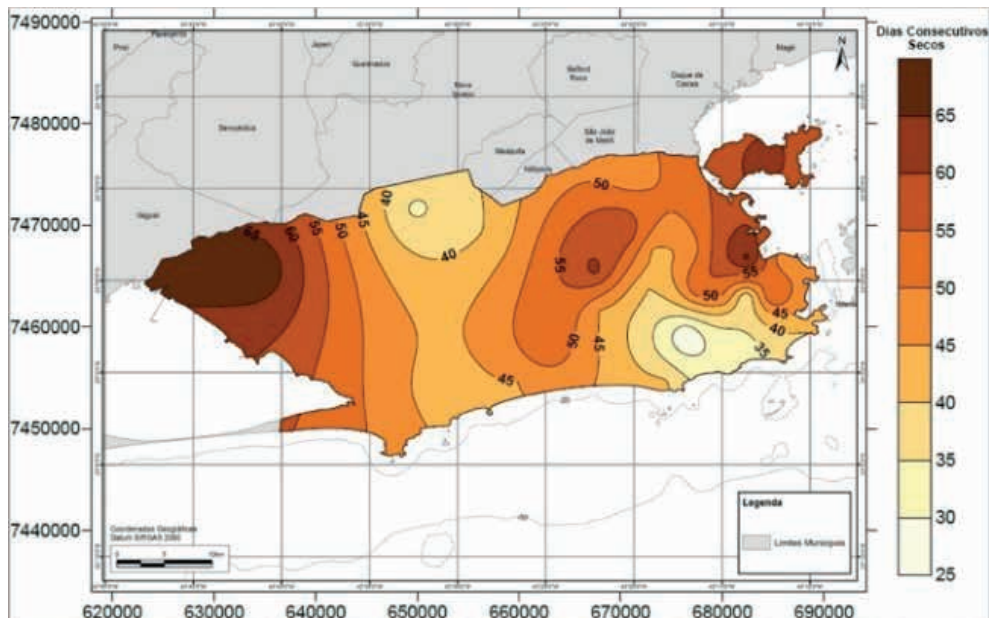


Figura 1: Dias consecutivos secos observados com tempo de retorno de 10 anos na cidade do Rio de Janeiro-RJ (JACOB, *et al.*, 2016).

Como exemplo de operação do aplicativo RAC-RJ para determinação da demanda de água não potável pelo usuário, foi considerado o aproveitamento da água da chuva em 2 cenários distintos: (1) soma do uso não potável em limpeza de pisos, irrigação de jardins e lavagem de veículos com total de 420 litros ao mês e (2) soma do cenário (1) mais o uso em bacia sanitária com caixa acoplada, com total de 3120 litros ao mês.

A Figura 2 ilustra a tela inicial e a tela de entrada de dados no aplicativo para o dimensionamento do reservatório. Na tela inicial é possível observar as funcionalidades de navegação disponíveis ao usuário, com os botões: Sobre no App; Utilizando o Programa, Dimensionamento, Sobre o Rio de Janeiro, Custo de Implementação, Coleta de Águas e Referências e Sair. A tela de entrada dados para o dimensionamento do sistema aproveitamento de água de chuva, consiste na principal funcionalidade do aplicativo, pois

é onde o usuário insere os dados de entrada para a obtenção das dimensões do sistema e do tempo de retorno do investimento, como: bairro onde pretende instalar o sistema de água de chuva na cidade do Rio de Janeiro, área do telhado, área de jardim (se disponível), número de dias ao mês em que rega o jardim, número de veículos (se disponível), número de lavagens de veículo ao mês, área de limpeza, número de vezes que realiza a limpeza ao mês, número de moradores da residência e o tipo de válvula de descarga do vaso sanitário (Portal Geo, 2017; Tomaz, 2009).

The image shows the 'Dimensionamento' (Sizing) screen of the RAC-RJ application. The interface is in Portuguese and includes a sidebar menu on the left with options like 'Sobre o App', 'Utilizando o Programa', 'Dimensionamento', 'Sobre o Rio de Janeiro', 'Custo de Implantação', 'Coleta de Águas', 'Referências', and 'Sair'. The main content area is titled 'Dimensionamento' and contains several input fields for user data. The 'Dados Gerais' section asks for the 'Bairro no distrito do Rio de Janeiro?' with the value 'Recreio dos Bandeirantes'. The 'Telhado' section asks for 'Área m²' with the value 100. The 'Jardim' section asks for 'Área m²' (20) and 'Quantidade de lavagens ao mês' (5). The 'Carros' section asks for 'Número de carros' (2) and 'Quantidade de lavagens ao mês' (2). The 'Área de limpeza' section asks for 'Área m²' (20) and 'Quantidade de limpeza ao mês' (5). The 'Vaso sanitário' section asks for 'Quantidade de pessoas na residência' (2) and 'Tipo de válvula' (Caixa Acoplada). At the bottom, there are 'LIMPAR' and 'CALCULAR' buttons.

Figura 2: Layout das telas inicial e de entrada de dados de dimensionamento do aplicativo RAC-RJ e exemplo de cálculo de demanda no bairro Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro-RJ.

O reservatório comercial considera as dimensões disponíveis no mercado, em atendimento ao volume superior calculado imediatamente acima do reservatório teórico. Na obtenção do reservatório comercial, estima-se o valor do custo implementação do sistema captação e aproveitamento de água da chuva (em elaboração), baseado em premissas técnicas e específicas de: área de cobertura, calhas, condutores verticais e horizontais, localização do reservatório de água de chuva, filtros, sistema de recalque, etc. A Figura 3 apresenta um exemplo da tela dos resultados da simulação realizada no aplicativo RAC-RJ, de uma residência no bairro do Recreio dos Bandeirantes.



Figura 3: Resultado do dimensionamento do reservatório de água de chuva, custos e tempo de retorno do investimento, de acordo com o cálculo do consumo de água não potável numa edificação do bairro do Recreio dos Bandeirantes

O sistema online de dimensionamento de reservatório de água de chuva, disponível para moradores da cidade do Rio de Janeiro-RJ, encontra-se publicado e atualizado no site do projeto de Sistemas de Águas Pluviais em disponível em <http://www.projetosap.uerj.br/> (acesso em 10 de setembro de 2023).

No acesso ao sistema online de dimensionamento do reservatório de água de chuva, abre-se a janela de entrada de dados, relacionados à: data da simulação de forma automática, de acordo com o calendário gregoriano; seleção da região de interesse por bairro da cidade do Rio de Janeiro-RJ; área do telhado da edificação; área de irrigação do jardim (quando houver) e frequência de uso; área de limpeza de pisos e calçamentos e frequência de uso; número de veículos que realiza lavagens em casa (quando houver) e frequência de uso; bacia sanitária com caixa acoplada ou válvula hidra (Figura 4).

Dimensionamento de Reservatório

Dados Gerais
Data:
10/09/2023
Região:
Recreio dos Bandeirantes

Dados de consumo de água
Telhado
Área do Telhado (m²):
100
Irrigação
Área de Jardim para Irrigação (m²):
20
Nº de dias de irrigação do jardim no mês?
1
Limpeza
Área de limpeza (m²):
20
Quantas vezes faz limpeza por mês?
5
Lavagem de veículos
Quantidade de Veículos:
2
Quantidade de vezes que lava o veículo por mês?
2
Vaso Sanitário
Nº de pessoas na residência:
2
O vaso sanitário aproveita água de chuva? Sim Não
Tipo de válvula: Hidra Caixa Acoplada

Figura 4: Sistema online de dimensionamento do reservatório de água de chuva RAC-RJ, disponível em <http://www.projetosap.uerj.br/> (acesso em 10 de setembro de 2023)

Após a entrada de dados pelo usuário, o resultado do dimensionamento do reservatório é apresentado na tela seguinte, com a estimativa do tempo de retorno do investimento (Figura 5). No detalhamento dos resultados, constam informações aproximadas, sobretudo na estimativa de custos, cuja referência considera telhado com dimensões no formato de área quadrada e pé direito da edificação de 3 metros, com condutor horizontal responsável

por conectar os condutores verticais até o reservatório de água da chuva.

Resultado:

Volume do reservatório teórico	2.784 litros
Volume do reservatório comercial	2.850 litros
Volume First Flush (separação inicial da água da chuva)	100 litros
Custo do reservatório comercial	R\$ 1.359,45
Custo do sistema sem calhas	R\$ 3.169,96
Custo do sistema com calhas	R\$ 8.242,81
Consumo médio de água por dia	92,80 litros
Tempo de retorno do investimento sem calhas	10 meses
Tempo de retorno do investimento com calhas	25 meses

(*) Valor estimado de custo de instalação do sistema incluso material e mão de obra do ano-base 2021.

(**) Payback-simples com base na estrutura tarifária da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE-RJ), publicado no Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, pág.14 ano XLII - nº 114 - parte 1, de 30 de Junho de 2015.

Figura 5: Resultados do sistema online de dimensionamento do reservatório de água de chuva

Ao final do cálculo, os resultados dos cálculos realizados, tanto no *aplicativo* quanto no *website*, são armazenados em um banco de dados de acesso restrito aos administradores do sistema (Figura 6).

Buscar
Gerar planilha

ID	Região	Área do telhado	Área de irrigação	Qtd de pessoas	Acionamento da válvula	Área de limpeza	Volume do reservatório teórico	Volume do reservatório comercial	Custo do reservatório	Custo do sistema sem calhas	Custo do sistema com calhas	Recuperação do investimento sem calhas	Recuperação do investimento com calhas	
19	Alto da Boa Vista	20 m²	5 m²	2	6	2 m²	1.972,00	2.060,00	1.210,00	2.688,00	5.332,00	13 meses	23 meses	Apagar
18	Andaraí	5888 m²	289 m²	858	6	588 m²	52.992,00	53.000,00	20.770,00	39.808,00	76.618,00	7 meses	13 meses	Apagar
17	Vidigal	20 m²	10 m²	4	6	10 m²	4.112,00	4.200,00	2.152,00	4.666,00	7.110,00	10 meses	15 meses	Apagar
16	Rocinha	20 m²	10 m²	4	12	10 m²	9.825,00	9.850,00	4.249,00	8.625,00	11.068,00	8 meses	10 meses	Apagar
15	Rocinha	20 m²	10 m²	4	12	2 m²	9.792,00	9.850,00	4.249,00	8.625,00	11.068,00	8 meses	10 meses	Apagar
14	Barra/Barrinha	5 m²	10 m²	3	6	50 m²	8.800,00	8.850,00	3.885,00	7.938,00	9.319,00	8 meses	9 meses	Apagar
13	Rocinha	30 m²	60 m²	2	6	10 m²	5.530,00	5.600,00	2.306,00	4.958,00	7.880,00	8 meses	12 meses	Apagar
12	Copacabana	50 m²	10 m²	2	6	10 m²	2.537,00	2.600,00	1.343,00	3.138,00	6.818,00	11 meses	23 meses	Apagar
11	Barra/Barrinha	20 m²	20 m²	2	12	30 m²	6.002,00	6.100,00	2.455,00	5.238,00	7.682,00	8 meses	11 meses	Apagar
10	Alto da Boa Vista	133 m²	25 m²	4	6	45 m²	4.576,00	4.600,00	230.615,00	495.688,00	1.075.858,00	10 meses	20 meses	Apagar

Figura 6: Tela com histórico de simulações realizadas no aplicativo RAC-RJ e sistema online de dimensionamento de reservatórios de água de chuva na cidade do Rio de Janeiro

O banco de dados permite a criação de um histórico de simulações realizadas, no qual também é possível gerar uma planilha para análise estatística e discussão detalhada, quanto: ao consumo de água não potável, frequência de uso, dimensionamento do sistema e custos.

No desenvolvimento do sistema computacional, os autores possuem patente de Programa de Computador com número de registro: BR 51 2016 001436-9, data de

criação: 14 de junho de 2016, válido por 50 anos, intitulado: “*RAC - Sistema de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Água de Chuva*” pela Instituição de Registro INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Ohnuma Jr. e Reis, 2016), BR 51 2017 000305-0, data de criação: 30 de novembro de 2017, válido por 50 anos, intitulado: “*Sistema online para dimensionamento de Reservatório de Aproveitamento de Água de Chuva*” pela Instituição de Registro INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Ohnuma Jr. e Santos, 2017) e processo de submissão de registro BR 51 2021 002807-4, data de submissão: 25 de novembro de 2021, intitulado: “*SAP-RJ – Sistemas de aproveitamento de água de chuva aplicado aos bairros cariocas*” pela Instituição de Registro INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Domingos, et al., 2021).

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do *aplicativo* e do *website* denominados Reservatório de Água de Chuva para o Rio de Janeiro pode trazer benefícios socioambientais, sobretudo por apresentar critérios técnicos e de abrangência para os bairros ou regiões administrativas da cidade do Rio de Janeiro. Além disso, na apresentação dos custos de implantação e do tempo de retorno do investimento, é possível o usuário estimar o valor de material e mão de obra dos serviços de instalação do sistema de aproveitamento de água de chuva, com e sem sistema de calhas, bem como o tempo de recuperação do investimento inicial.

O *aplicativo* e o *website* apresentados como RAC-RJ obtém dados de consumo de água não potável da população da cidade do Rio de Janeiro e dimensiona volumes de reservatórios, conforme metodologias específicas. No cálculo de volumes para grandes áreas de coberturas, o volume de armazenamento pelo método da Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 01/2005 supera o resultado de volume calculado pelo MDCS. Assim, é fundamental análise das condições locais em favor da segurança, além de não sobrecarregar os custos do projeto.

Dessa forma, tanto o aplicativo quanto o sistema online se propõem a fornecer dados de forma simples como ferramenta de cálculo disponível a população, sem esgotar as possibilidades de aprimoramento e de outros métodos de dimensionamento de reservatórios de água de chuva.

REFERÊNCIAS

ABNT/NBR 5626/1998. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Instalação Predial de Água Fria. Set, 1998.

ALERTA RIO. Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro. Registro de dados pluviométricos. Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/>. Acesso em 10/09/2023.

CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro. Estrutura Tarifária. Data-base: Agosto de 2016. Disponível em: https://www.cedae.com.br/Portals/0/Estrutura_tarifaria_2016.pdf. Acesso em 10/09/2023.

DOMINGOS, R.R.; SOUZA, W.H.S.; SOUZA, C.M.; ALVES, L.D.; OBRACZKA, M.; OHNUMA JR., A.A. SAP-RJ – Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva aplicado aos bairros cariocas. Registro BR512021002807-4. Data 24/11/2021.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**. Manual do usuário. Universidade Federal de Santa, Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, jun. 2014 Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf. Acesso em: 10/09/2023.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da água da chuva. KOBAYAMA et al. (tradução). Curitiba-PR, Organic Trading, 196 p. 2002.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Agenda 21. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e social – IPARDES, 2001. 260p.

IPCA. Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo. Banco Central. Brasília, 2016.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Manual para Captação Emergencial e Uso Doméstico de Água de Chuva. São Paulo – SP. Jul, 2015. Disponível em: http://www.ipt.br/download.php?filename=1200-Manual_para_captacao_emergencial_e_uso_domestico_de_AGUA_DA_CHUVA.pdf. Acesso em 10/09/2023.

JACOB, R.V.B., OHNUMA JR, A.A., SICILIANO, W.C., REIS, A.W. DE OLIVEIRA, I. Dias Consecutivos Secos para Estimativa de Volumes de Aproveitamento de Águas Pluviais em Períodos de Estiagem na Cidade do Rio De Janeiro. *In: Anais do 10° Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*. Belém-PA. 15-18 Nov, 2016.

LORENZET, L. Análise da Viabilidade de Investimento de uma Empresa do Ramo de Distribuição de Gás Natural Comprimido (GNC), 2013.

MIERZWA, J. C. *et al.* Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. REGA. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, v. 4, p. 29-37, 2007.

MORUZI, R.B.; DE OLIVEIRA, S.C. aplicação de programa computacional no dimensionamento de volume de reservatório para sistema de aproveitamento de água pluvial da cidade de Ponta Grossa, PR. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. v.2, nº. 2. Abr, 2010.

OHNUMA JR., A.A.; REIS, A.W.Q.R. Sistema Computacional RAC-RJ - Sistema de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Água de Chuva. Registro BR5120161436-9. 20/10/2016.

OHNUMA JR., A.A.; SANTOS, M.B. Sistema online para dimensionamento de reservatório de aproveitamento de água de chuva. Registro BR512017000305-0. 30/11/2017.

OLIVEIRA, K. Banco Central Projeta Inflação de 6,9% para 2016. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-06/banco-central-projeta-inflacao-de-69-para-este-ano>. Acesso em: 10/09/2023.

PEREZ, R. Qual o Percentual que Devo Usar Para Orçar o Custo de Mão-de-Obra em Relação ao Custo Total Previsto da Obra? Quais Serviços Compõem essa Mão-de-Obra (Inclui Serviços de Pintura por Exemplo)? Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/qual-o-percentual-que-devo-usar-para-orcar-o-custo-83163-1.aspx>. Acesso em 10/09/2023. Matéria publicada em 28/06/2001.

PORTAL GEO. Armazém de Dados. Banco de Dados dos bairros cariocas. Disponível em: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/bairros Cariocas/index_bairro.htm. Município do Rio de Janeiro. Acesso em 10/09/2023.

PRJ/SMG/SMO/SMU. Secretaria Municipal de Urbanismo da cidade do Rio de Janeiro. **Resolução** Conjunta SMG/SMO/SMU n° 1/2005 que disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito das secretarias no cumprimento do Decreto n° 23940 de 30/01/2004.

TCPO 14. Tabela de Composições de Preços Orçamentários. Pini, 2012.

TOMAZ P. Previsão de Consumo de água não potável - Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, 2009.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva. 1 ed. São Paulo: Navegar, 2003. 183 p.