



## VIII-02 - ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO IFMG CAMPUS OURO PRETO

### **Liliam Ferreira Cunha de Melo**

Arquiteta Urbanista do Instituto Federal de Minas Gerais. Mestre em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto. Especialista em Gestão do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental. Arquiteta Urbanista pelo Instituto Metodista Izabela Hendrix.

### **Paulo de Castro Vieira<sup>(1)</sup>**

Professor do Departamento de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto. Doutor e mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

### **Ana Luíza Silva Santos Félix**

Mestranda no Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Engenheira Urbana pela Universidade Federal de Ouro Preto.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Secretaria do DEURB, *Campus* Universitário Morro do Cruzeiro, S/N, Ouro Preto, MG - CEP: 35400-000 - Brasil - Tel.: +55 (31) 3559-1159 - e-mail: paulovieira@ufop.edu.br.

### **RESUMO**

Diante da crescente demanda por água, o consumo sustentável e a redução de desperdícios são práticas cada vez mais necessárias. O aproveitamento de água da chuva surge como uma alternativa para aumentar a oferta de água para fins não potáveis. Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de um Sistema Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC) em duas edificações do Instituto Federal de Minas Gerais campus Ouro Preto (IFMG-OP), contemplando quesitos técnicos e socioambientais. Baseado nos dados obtidos em campo, pesquisa e entrevistas, realizou-se o pré-dimensionamento do sistema por meio do método de Análise de Simulação, visando a avaliação da viabilidade técnica, para fins não potáveis destinada às bacias sanitárias. A avaliação socioambiental se baseou no estudo de impactos sociais e ambientais por meio do método de matrizes de interação. Os resultados indicaram que a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva é tecnicamente viável ao adotar reservatórios de modelo apoiado para os Pavilhões de Edificações e de Segurança do Trabalho, com reservação para 100 m<sup>3</sup> e atendimento a 58% e 67%, respectivamente, das demandas das descargas sanitárias. Com relação aos aspectos socioambientais, o SAAC agregou valores positivos significativos ao sistema de abastecimento do campus, tais como o atendimento a uma diretriz do Plano Diretor, a preservação dos mananciais da região e a manutenção de água em tempos de escassez no IFMG-OP. Concluiu-se que a metodologia utilizada foi eficaz na identificação dos impactos e análise da viabilidade socioambiental, e que a implantação deste sistema no IFMG-OP configura uma tecnologia passível de contribuir para a economia de água potável no campus, mediante a redução do seu uso para fins menos nobres.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abastecimento; demanda; fonte alternativa; instituição de ensino; meio ambiente.

### **INTRODUÇÃO**

A disponibilidade de água tem sido uma das questões socioambientais mais discutidas em todo o mundo. O Brasil, mesmo sendo um país privilegiado quanto a este recurso, tem sofrido com o elevado consumo de água, a poluição ambiental, as alterações climáticas e o aumento populacional, dentre outros fatores, e vem revelando indícios de escassez ao longo dos anos (MANZI, 2018). Há alguns anos, eventos dessa natureza têm se acentuado em regiões metropolitanas do país, devido a fatores como o crescimento desordenado das cidades, o que intensifica a degradação dos corpos hídricos (CRUZ & MIERZWA, 2020).

Em contribuição à busca pelo equilíbrio entre demanda e disponibilidade, o aproveitamento de água da chuva é uma opção viável dependendo do contexto em que se realiza. Para Manzi (2018), a utilização da água das chuvas previne o desperdício, contribui para preservar os recursos naturais, evita inundações em meios urbanos e reduz o risco de enchentes. Ouro Preto, município onde se localiza o *campus* do IFMG, objeto de

estudo desta pesquisa, entre os riscos de maior ocorrência nos períodos chuvosos, se destacam os deslizamentos. Instituições federais de ensino têm constatado sua viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva.

O aspecto socioambiental é importante ao se considerar a implantação de um SAAC em uma instituição de ensino. Este sistema pode configurar um elemento para ações educativas e socioambientais na comunidade acadêmica, através do estímulo ao uso de tecnologias e práticas sustentáveis. Segundo Lumikoski & Gurski (2010), a escola deve ser responsável pela transformação social que promoverá mudanças ambientais a partir da conscientização crítica da comunidade. As instituições de ensino são espaços propícios para a reflexão sobre os problemas ambientais.

Ademais, o estudo de viabilidade ambiental é de total relevância em casos de tomada de decisão com vistas à implementação de projetos e empreendimentos. Ele deve fazer parte do planejamento das ações antrópicas que possam causar impactos ao meio ambiente e se encontra atrelado às viabilidades técnica e econômica do projeto (MONTAÑO & RANIERI, 2012).

Diante do exposto, entende-se que a substituição de água potável pela água de chuva para fins menos nobres no IFMG-OP, como o uso em descargas sanitárias, poderá favorecer o abastecimento da instituição e o meio ambiente. Logo, este trabalho se propôs a avaliar a viabilidade de implantação de um Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva para fins não potáveis no IFMG-OP, a partir de uma análise baseada em aspectos técnicos e socioambientais.

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de um Sistema Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC) em duas edificações do Instituto Federal de Minas Gerais campus Ouro Preto (IFMG-OP), contemplando quesitos técnicos e socioambientais. Baseado nos dados obtidos em campo, pesquisa e entrevistas, realizou-se o pré-dimensionamento do sistema por meio do método de Análise de Simulação, visando a avaliação da viabilidade técnica, para fins não potáveis destinada às bacias sanitárias.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

Os objetos de estudo foram duas edificações de salas de aulas do IFMG-OP (prédios 01 e 02), Pavilhão de Edificações e Pavilhão de Segurança do Trabalho, com características similares, que terão as descargas sanitárias abastecidas pela água de chuva, e uma edificação (prédio 03), Pavilhão de Prática de Obras, cujos telhados constituirão áreas de captação apenas para fornecer água de chuva para a edificação que se encontra em nível abaixo, conforme a Figura 1.



**Figura 1:** Vista aérea das edificações em estudo.

Ressalta-se que o IFMG-OP possui um sistema de abastecimento próprio, denominado aqui SAA-IFMG-OP, pelo qual a água é captada de um córrego situado no Parque Estadual do Itacolomi e segue por adutoras em conduto forçado por gravidade até o campus, onde é filtrada, armazenada em reservatório e tratada mediante processo de cloração (REZENDE *et al.*, 2013).

### **Análise de viabilidade técnica**

As áreas de captação de água de chuva consideradas foram os telhados das edificações, em telha metálica trapezoidal. Como são coberturas muito extensas, considerou-se apenas parte da cobertura no SAAC, denominada área útil, cujas calhas pendiam para a mesma direção.

Os índices pluviométricos, cuja precipitação média anual das médias dos últimos 30 anos é 1563 mm, foram obtidos no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) em 2020.

A previsão de consumo de água não potável é um dos passos principais para elaboração de um SAAC e deve considerar o número de usuários, os usos e a frequência (TOMAZ, 2010). Para esta pesquisa foi considerado o uso e quantidade de água de chuva para fins não potáveis, exclusivamente nas descargas das bacias sanitárias das duas edificações receptoras.

Mediante as possibilidades de linhas de escoamento, o SAAC adotado seguiu a linha hidráulica mista de recalque mais gravidade para os dois prédios, devido à implantação dos mesmos e às suas características estruturais similares.

Para o pré-dimensionamento dos reservatórios de acumulação foi aplicado o método de Análise de Simulação, utilizando planilha eletrônica, cujo volume disponível foi obtido por meio dos dados de precipitação, área de captação e do coeficiente adotado  $C=0,765$  e conforme a Equação 1, recomendada pela NBR 15.527 (ABNT, 2019),  $V_{disp} = P * A * C * \eta$ .

Para esta pesquisa foi considerado o uso para fins não potáveis, exclusivamente nas descargas das bacias sanitárias das duas edificações receptoras. O SAAC foi projetado com dispositivo de descarte da primeira água, seguindo a recomendação da NBR 15.527 (ABNT, 2019), conforme indica Da Silva *et al.* (2019), Manzi (2018) e Morais (2017), além de uma bomba de recalque do tipo submersa e o tratamento com cloro.

### **Análise de viabilidade socioambiental**

A análise de viabilidade socioambiental foi desenvolvida por meio do método de matrizes de interação, originárias da Matriz de Leopold, utilizadas, geralmente, em estudos de impactos ambientais. A construção das matrizes se baseou no levantamento das ações do projeto potencialmente impactantes e dos fatores dos meios, listados nas colunas e nas linhas, respectivamente. A partir de então, assinalou-se as possíveis interações para identificação dos impactos, como mencionado por Cremonese *et al.* (2014). Ressalta-se que as matrizes elaboradas nesta pesquisa passaram por adaptação, visto que não foi observado na literatura pesquisada matrizes específicas para o caso em questão, e que esta possibilidade é plausível, como esclarecido por Sánchez (2013).

Para a simulação foram considerados: (1) o cenário atual de abastecimento de água próprio, realizado pelo IFMG-OP, e (2) o cenário atual somado à utilização do SAAC. A aplicação do método consistiu em construir matrizes de interação que relacionam os fatores ambientais e sociais com as atividades de manutenção e de projeto. Para construção das matrizes foram levantadas as ações relativas às etapas do projeto do SAAC, quais sejam, (1) planejamento, (2) implantação, além de (3) operação e manutenção que atende os dois cenários, e lançadas nas colunas. Em seguida, foram levantados os fatores dos meios abiótico, biótico, antrópico e político-institucional relacionados ao abastecimento e ao SAAC e lançados nas linhas.

A partir da edição das matrizes, foi possível verificar as interações entre as ações e os fatores do meio e identificar os impactos em potencial que podem ser gerados ao meio ambiente, desde a área de captação de água do IFMG-OP à distribuição, na ocupação territorial do campus, na saúde e bem-estar da comunidade acadêmica, além das repercussões e desdobramentos sociais. Os impactos observados foram caracterizados como positivos, quando benéficos ao fator socioambiental correspondente, e negativos, quando adversos. De acordo com Sánchez (2013), o levantamento do maior número de impactos, mesmo aqueles de ocorrência indeterminada, é ação relevante para iniciar o estudo ambiental.

Após, realizou-se uma avaliação sobre o grau de interferência destes impactos no fator ambiental correspondente por meio da classificação: pequena interferência (PI) ou alta interferência (AI). Utilizou-se um modelo cromático de

matriz, onde as cores verde escuro e verde claro se referem aos impactos positivos e vermelho e laranja se referem aos impactos negativos. Este modelo imprime maior clareza à visualização dos resultados, além de apresentar a dinâmica e a predominância dos impactos em cada etapa da matriz (colunas) e em cada meio (linhas).

Conforme esclarecido por Sánchez (2013), a avaliação é passível de contestação visto que se baseia numa interpretação subjetiva, mas eficiente para estudos preliminares de implantação de projetos. Ademais, o conhecimento do projeto, seus componentes e suas ações correspondentes são fatores importantes para a identificação assertiva dos possíveis impactos ambientais.

## RESULTADOS OBTIDOS E ESPERADOS

Os resultados obtidos para o estudo são apresentados a seguir em duas seções: a análise de viabilidade técnica e a análise de viabilidade socioambiental.

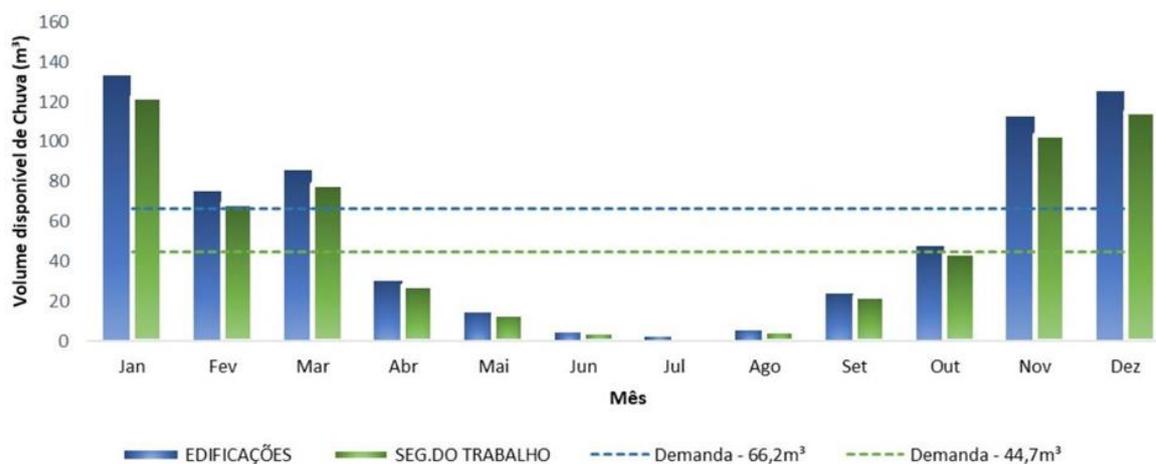
### Análise de viabilidade técnica

O balanço hídrico do abastecimento foi levantado a partir da verificação da disponibilidade de água de chuva e da demanda mensal de água nas bacias sanitárias dos prédios estudados. Para tal, as áreas úteis de captação consideradas foram 668,65 m<sup>2</sup> para o Pavilhão de Edificações e 510,38 m<sup>2</sup> para o Pavilhão de Segurança do Trabalho.

O consumo tratado neste estudo se resumiu ao uso específico nas bacias sanitárias dos banheiros das edificações selecionadas equivalente a 6,6 L/pessoa/dia. A frequência de descargas por pessoa por dia, estimada por Tomaz (2010), em escolas fundamentais ou superior é 2 vezes por dia. Porém, considerando que os alunos permanecem durante um turno apenas nos prédios em tela, será utilizada a frequência média de descarga de 1 vez ao dia por pessoa.

Considerando o período de 22 dias por mês, a demanda mensal do Pavilhão de Edificações resultou em 66 m<sup>3</sup> de água, para uma população intermitente de 456 usuários, e em 45 m<sup>3</sup> do Pavilhão de Segurança do Trabalho, para 308 usuários.

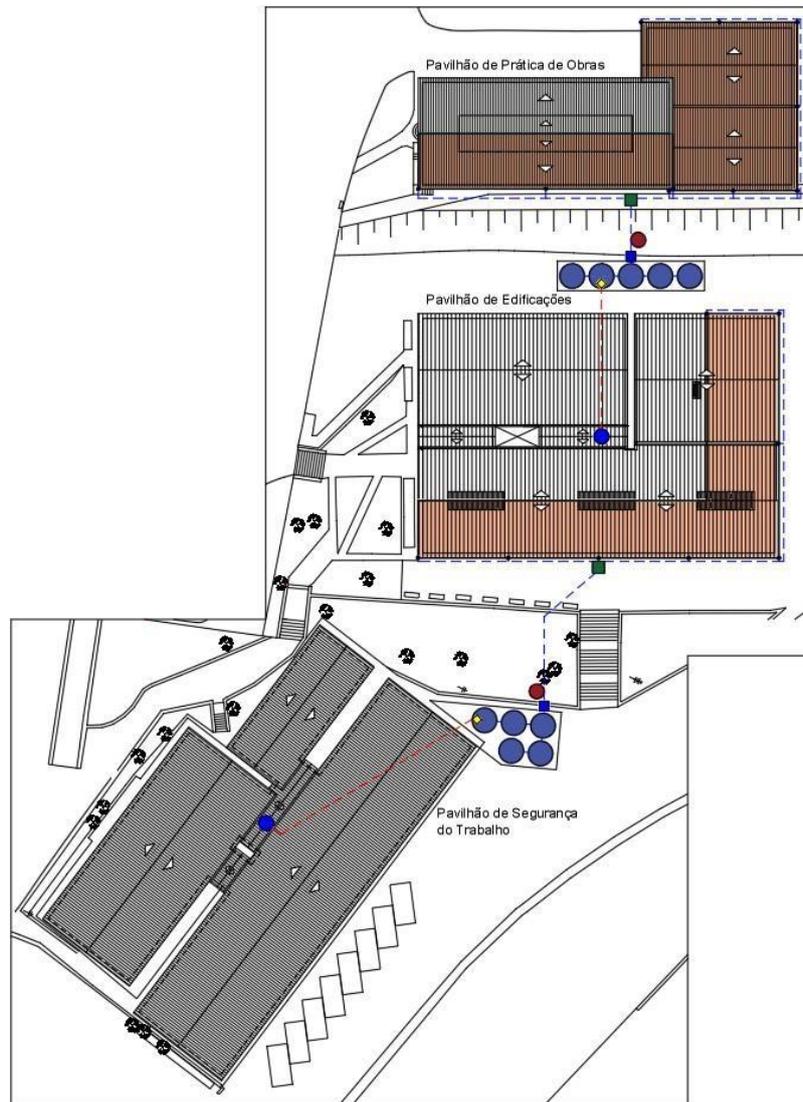
O potencial de disponibilidade de água de chuva foi obtido utilizando-se a Equação 1 e a unidade metro cúbico (m<sup>3</sup>). Os volumes disponíveis são apresentados na Figura 2.



**Figura 2:** Volume médio mensal de água de chuva potencial para os Pavilhões.

Fonte: MELO, 2022.

A cobertura do Pavilhão de Prática de Obras fornece água de chuva para o Pavilhão de Edificações, e este, por sua vez, fornece para o Pavilhão de Segurança do Trabalho, visto que um se localiza em platô inferior ao outro, aproximadamente três metros e meio, conforme apresentado na Figura 3.



**LEGENDA:**

- Reservatório descarte 1.000 ou 1.500l  
dimensões h=100 e diâm.=170
- Reservatório 20.000l  
h=283 e diâm.=317
- Reservatório superior 2.000l  
h=110 e diâm.=190
- Conductor horizontal - água de chuva para reservatórios de acumulação
- - - Conductor horizontal - água de chuva filtrada e acumulada para reservatório superior
- Conductor vertical (em planta)
- Caixa de passagem
- Filtro
- ◆ Bomba de recalque

**Figura 3:** Implantação dos Pavilhões.  
 Fonte: MELO, 2022.

### Análise de viabilidade socioambiental

A análise de viabilidade socioambiental teve como propósito levantar os potenciais impactos socioambientais gerados pela manutenção do sistema de abastecimento de água do campus atual por captação própria e a implantação do SAAC nas edificações selecionadas.

As matrizes de interação foram construídas a partir dos dados levantados e ambas se referem às duas edificações simultaneamente, visto a similaridade de suas características estruturais e da linha de SAAC adotada. Os resultados obtidos referentes ao cenário 1 de abastecimento atual estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Matriz de interação do cenário 1: abastecimento atual de água do IFMG-OP.

FATORES, ASPECTOS E/OU ELEMENTOS DO MEIO		AÇÕES, ATIVIDADES E/OU COMPONENTES DO SAA PRÓPRIO											IMPACTOS EM POTENCIAL						
		OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO							EVENTOS										
		Oper. do SAA (Água potável-todos os usos)	Captação de água	Manutenção da área de captação	Manutenção da adutora	Manutenção do filtro e do reservatório	Desinfecção da água	Análises da água	Manutenção da rede de distribuição	Substituição e inclusão de componentes	Bebedouro para animais silvestres	Utilização como área de banho		Probabilidade de secas e queimadas					
Abiótico	Água do manancial	NAI														Ausência de fontes alternativas de água;			
			NBI													Alterações no regime hidrológico (demanda maior que a disponibilidade do manancial);			
			PAI													Manutenção do nível de água satisfatório para a tomada (desassoreamento);			
Barraem de captação				PAI												Manutenção do aspecto e qualidade da água;			
				PAI												Contaminação da água por pisoteio, banho e fuligem.			
																Conservação da estrutura física do barramento;			
Caract. do solo																Evitar acúmulo de material carreado (resíduos orgânicos na área do barramento);Degradação por pessoas.			
																Conservação da área de entorno;Compacidade por pisoteio;			
Biótico	Fauna e flora da área de captação															NBI	Empobrecimento do solo.		
																	NBI	Prejuízo de habitats terrestres e aquáticos;	
Antropóico	Adutora																NAI	Devastação de mata ciliar.	
																			Evitar a obstrução, o rompimento e a danificação da tubulação;
	ETA – reservatório e filtro																		Promoção da vida útil do sistema.
																			Evitar a obstrução, vazamentos e a danificação dos componentes;
	Rede de distribuição																		Promoção da vida útil do sistema.
																			Evitar a obstrução, o rompimento e a danificação da tubulação;
	Reservatórios dos prédios																		Promoção da vida útil do sistema (reforma em 2021).
																			Evitar a danificação dos reservatórios e seus componentes.
	Água potável																		Promoção do abastecimento do IFMG-OP; Usos menos nobres;
																			Inexistência de PSA;
																			Promoção da qualidade e quantidade da água potável; Promoção da qualidade da água potável;
	Território do campus																		Contaminação da água por pisoteio, banho e fuligem.
																		Nenhuma interferência nos espaços construídos e livres	
Ambiente sonoro																		Nenhuma interferência.	
																		Nenhuma interferência.	
Entorno dos prédios																		Nenhuma interferência.	
																		Nenhuma interferência.	
Estrutura - prédios																		Nenhuma interferência.	
																		Oferta de água potável, saúde e bem-estar;	
Comunidade acadêmica																		Promoção da qualidade e quantidade de água ofertada; Promoção de segurança da água;	
																		Interferência na qualidade da água consumida	
Sociedade de OP																		Danos em potencial na oferta de água do município (equival. pop. IFMG-OP);	
																		Danos em potencial na oferta de água por escassez de man. (manancial exclusivo).	
Polif																		Abstenção do atendimento a diretriz do PD sobre aproveitamento de água de chuva;	

FATORES, ASPECTOS E/OU ELEMENTOS DO MEIO		AÇÕES, ATIVIDADES E/OU COMPONENTES DO SAA PRÓPRIO											IMPACTOS EM POTENCIAL		
		OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO										EVENTOS			
		Oper. do SAA (Água potável-todos os usos)	Captação de água	Manutenção da área da captação	Manutenção da adutora	Manutenção do filtro e do reservatório	Desinfecção da água	Análises da água	Manutenção da rede de distribuição	Substituição e inclusão de componentes	Bebedouro para animais silvestres	Utilização como área de banho		Probabilidade de secas e queimadas	
Administração do IFMG-OP		NAI													Todos os serviços e custos que envolvem a água tratada pelo IFMG-OP;
		NAI													Inconformidades legais e normativas do SAA atual; Probabilidade de ter a outorga onerosa ou utilizar o sistema público de abastecimento.

PBI Positivo Baixa Interferência  
PAI Positivo Alta Interferência

NBI Negativo Baixa Interferência  
NAI Negativo Alta Interferência

A segunda matriz de interação aborda o cenário 2, o qual se refere à manutenção do abastecimento de água próprio do campus associado à implantação e utilização dos SAACs nas edificações selecionadas. A matriz é apresentada na Tabela 2. A matriz é apresentada na Figura 5. A matriz apresentou mais impactos positivos (16) que negativos (10).

**Tabela 2:** Matriz de interação: abastecimento atual de água do IFMG-OP associado ao SAAC.

FATORES, ASPECTOS E/OU ELEMENTOS DO MEIO		AÇÕES, ATIVIDADES E/OU COMPONENTES DO PROJETO DO SAAC + SAA PRÓPRIO											IMPACTOS EM POTENCIAL				
		PLANEJ.		IMPLANTAÇÃO					OP. E MANUT.								
		Levantamento de dados e informações	Entrevistas e levantamento de campo	Remoção de cobertura vegetal e escavação	Obras base dos reservatórios externos	Instalação - reservatórios de acumulação	Instalação - reservat. superior e descart	Instalação da tubulação e dos filtros	Operação do SAAC	Limpeza periódica dos reservatórios	Inspeção dos componentes	Substituição de componentes					
Abiótico	Água do manancial											PAI		Redução significativa da captação da água devido ao uso da água da chuva.			
	Barragem da captação																
	Características do solo												NBI	Impermeabilização de um trecho do campus.			
Biótico	Fauna e flora da área da captação																
Antropico	SAA-IFMG-OP												PBI	Redução da captação e da disponibilização de água potável pelo IFMG-OP.			
	SAAC												PBI	PBI	PBI	Promoção do bom funcionamento e vida útil dos sistemas.	
	Território do campus												PBI	PBI	Interferência mínima no território (0,05%).		
	Ambiente sonoro												NBI	NBI	Ruídos e vibrações gerando desconforto		
	Entorno dos prédios													NAI	Impacto visual e interdição de espaços pelos reserv. acumulação apoiado;		
														NBI	Impacto visual reservatórios de descart;		
	Estrutura - prédios													NBI	Impacto visual pela tubulação.		
	Comunidade acadêmica													NBI	Aumento de carga na laje reserv. superiores;		
Sociedade de OP													PAI	Aumento do consumo de energia.			
Político-institucional	Administração do IFMG-OP													PBI	Elemento de educação ambiental a ser divulgado entre servidores e alunos;		
														PBI	PBI	PBI	Promoção da qualidade do abastecimento
															PAI	Redução da captação da água no manancial	
															PBI	Possibilidade de usufruir do benefício fiscal da PMOP pela Lei Nº113/2011;	
															PAI	Identificação do artigo do Plano Diretor (PD) sobre utilização das águas pluviais;	
													NBI	Atendimento a diretiva do PD;			
														NAI	Investimento na implantação do SAAC;		
														PAI	Inconformidades legais e normativas do SAA atual;		
														PAI	Redução dos custos com água tratada pelo IFMG-OP.		

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A análise e discussão dos resultados será apresentada a partir dos resultados obtidos da análise de viabilidade técnica e socioambiental.

### **Análise de viabilidade técnica**

Conforme os dados obtidos, o volume disponível de água de chuva do Pavilhão de Prática de Obras, que abastecerá o Pavilhão de Edificações, tem um potencial mensal médio calculado em 66,65 m<sup>3</sup> e poderá suprir o consumo mensal de água para fins não potáveis de até 459 pessoas. Já o Pavilhão de Edificações, que abastecerá o Pavilhão de Segurança do Trabalho, tem um potencial mensal médio de 50,87 m<sup>3</sup> e poderá suprir 350 pessoas. Constatou-se que a água pluvial estimada é suficiente para atender a população dos prédios para a finalidade a que se propõe.

O volume de reservatório obtido para regularizar a demanda do Pavilhão de Edificações equivale a 305 m<sup>3</sup> e o volume para o Pavilhão de Segurança do Trabalho equivale a 195 m<sup>3</sup>, o que indica um overflow (volume de água excedente) igual a zero. Visto resultar em grandes volumes, adotou-se a reservação de 100 m<sup>3</sup> que atende a 58% da demanda das descargas sanitárias do Pavilhão de Edificações, isto é, sete meses no ano. O mesmo volume atende a 67% da demanda do Pavilhão de Segurança do Trabalho, que equivale a oito meses no ano.

Cunha & Couto (2020) simularam reservatórios com volumes inferiores aos consumos mensais de água nas descargas sanitárias, contudo obtiveram atendimentos superiores, proporcionalmente, aos resultados obtidos para os prédios do IFMG, que chegaram a 94%.

Com base nos resultados, entretanto, conclui-se que o aproveitamento de água de chuva em bacias sanitárias nos dois prédios estudados é viável, tendo em vista o potencial de economia de água potável e o atendimento ao que foi proposto no estudo. A análise de simulação permitiu avaliar o comportamento dos reservatórios e os índices de desempenho do SAAC, conforme esclareceu Brandão & Marcon (2018).

O volume adotado dos reservatórios de acumulação para a primeira etapa de implantação do SAAC é de 100 m<sup>3</sup>. Ou seja, o atendimento será parcial, com necessidade de suprimento externo em alguns meses. A proposta é a implantação de 5 unidades de reservatórios em poliéster reforçado em fibra de vidro (PRFV) com volume de 20 m<sup>3</sup> cada.

Quanto ao descarte das primeiras águas da chuva ou desvio para outros usos, De Andrade Neto (2013) o aponta como importante barreira física sanitária que permitirá apenas a água mais pura seguir para a reservação. E ressalta a necessidade de aprimorar os dispositivos automáticos de descarte, assim como, viabilizá-los financeiramente.

A linha adotada para o SAAC dos pavilhões se constitui da cobertura da edificação adjacente (área de captação fornecedora), filtro autolimpante para detritos maiores, condutores, caixa de passagem, reservatório de descarte, reservatório de acumulação de modelo apoiado, dispositivo de cloração, bomba de recalque e reservatório superior.

Em análise às características do entorno e em função da captação de água por edificação em nível acima, entre os três modelos de reservatório analisados (apoiado, enterrado e concreto in loco), o primeiro se mostrou mais adequado para o SAAC dos prédios.

Quanto ao dimensionamento dos reservatórios de acumulação, o método de Análise de Simulação se mostrou eficaz. Na análise de Nogueira et al. (2021) o método de simulação apresentou volumes de reservatórios iguais a 395 m<sup>3</sup> e 505 m<sup>3</sup> para demandas anuais de 956,62 m<sup>3</sup> e 1.224,51 m<sup>3</sup>, respectivamente, de uma instituição de ensino em Belo Horizonte, valores aproximados, proporcionalmente, aos resultados obtidos para os prédios estudados. Verificou-se que são grandes volumes de reservatórios que demandam grandes áreas para sua instalação, observadas nesta pesquisa com o intuito de verificar a viabilidade técnica de implantação do SAAC. Cunha & Couto (2020) destacam a importância de considerar a demanda de água para determinar o volume do reservatório a fim de evitar sua maximização.

Na análise comparativa de métodos de dimensionamento de reservatórios para um hospital do Rio de Janeiro, Souza (2015) concluiu que o método Azevedo Neto ou o método Simulação apresentaram valores mais próximos da demanda estimada de água para fins não potáveis, utilizando grandes reservatórios (aproximadamente 40 m<sup>3</sup>), sendo os mais indicados para esta região que possui uma pluviosidade considerável.

## **Análise de viabilidade socioambiental**

A matriz do cenário 1 apresentou mais impactos positivos (28), cuja maioria é de alta interferência, e menos negativos (24), cuja maioria é de baixa interferência. Entretanto, a classificação como positivo ou negativo não denota a significância dos impactos. Ressalta-se que a avaliação considerou a operação e a manutenção do sistema de IFMG-OP como realizadas de forma adequada pela instituição, a despeito da irregularidade quanto à outorga da água. Conforme Sánchez (2013), o levantamento do maior número de impactos, mesmo aqueles de ocorrência indeterminada, é ação relevante para iniciar o estudo ambiental.

Na etapa de operação e manutenção, os impactos em potencial obtidos indicam que a manutenção e o monitoramento das instalações do SAA-IFMG-OP, inclusive da barragem e da área de captação, podem preservar o meio ambiente, evitar danos aos componentes do sistema, prezando pelo seu bom funcionamento, além de manter a qualidade e a quantidade da água disponibilizada à comunidade acadêmica. São as ações que mais geram impactos positivos.

Quanto aos impactos negativos, estes são provenientes, em parte, da utilização do manancial de maneira exclusiva pelo IFMG-OP e com destinação da água para fins potáveis e não potáveis, o que pode interferir na disponibilização de água do município, visto a escassez de mananciais na região. E ainda, há os impactos negativos oriundos do não atendimento às diretrizes ambientais, sanitárias e do Plano Diretor do campus. Estes se apresentam como impactos de grande significância, devido principalmente à sua abrangência social.

Ao considerar os eventos levantados como ações externas ao SAA, há também possíveis impactos negativos, tais como a contaminação da água do manancial, os prejuízos na área da captação, solo e habitats e, por consequência, as possíveis interferências na água que abastece o campus e atende toda a comunidade escolar. Vale destacar que todos os eventos podem ocorrer independente da captação da água. Entre eles, os incêndios florestais e as secas, geralmente, sucedem em período sazonal.

O estudo não indicou nenhuma interação entre as ações correspondentes ao SAA atual e aos eventos e os fatores território do campus, ambiente sonoro, entorno e estrutura dos prédios.

Entende-se que o abastecimento de água do IFMG-OP por captação própria, ocorrência que data da década de 1920 pelo Exército Brasileiro e de 1960 por esta instituição de ensino, não causa impactos significativos no meio biótico e abiótico da área da nascente, tais como supressão de vegetação, perda de ecossistemas, contaminação do

solo e da água, risco ao patrimônio ambiental, entre outros, ao considerar que a operação e a manutenção do SAA são executadas com os devidos procedimentos. Sánchez (2013) afirma que “significativo” é um termo bastante subjetivo, mas deve ser entendido “com o sentido de considerável, suficientemente grande, ou ainda como importante” no caso de impactos ambientais.

Ressalta-se, ainda, que não há registros de conflitos de uso e ocupação do solo e de quaisquer tipos de dano em razão da captação de água pelo IFMG-OP. No entanto, a situação atual deste sistema de abastecimento de água apresenta uma estimativa de consumo alto de água potável para todos os usos da instituição, inclusive usos menos nobres. O atendimento à diretriz do Plano Diretor que trata do aproveitamento de água de chuva pode minimizar consideravelmente este impacto.

Não obstante, há grande probabilidade de a instituição ser submetida à regularização da outorga e elaboração de um Plano de Segurança da Água para maior garantia da qualidade da água disponibilizada. O que para o IFMG-OP pode se configurar como impacto negativo, devido aos custos e à empreitada, para o município é certamente um impacto positivo. Entre as possíveis ocorrências estão, ainda, a utilização do serviço público de abastecimento de água e/ou a cessão da nascente para o poder público como mais um manancial de abastecimento da população.

Neste cenário, considerou-se que não há utilização de fonte alternativa para fins não potáveis, recurso este que contribui com a efetiva redução de captação de água dos cursos d'água. Em face do alto consumo de água no campus, a captação para o abastecimento será significativa para o manancial próprio ou outro. Foi observado que algumas ações, como a manutenção do sistema, podem gerar o mesmo impacto em fatores diferentes, tais como a água potável e a comunidade acadêmica. Ademais, o IFMG-OP mantém um manancial exclusivo e garante a isenção de elevadas tarifas da concessionária, no entanto o SAA se mantém irregular quanto à legislação ambiental e sanitária.

A matriz de interação simplificada foi eficaz na determinação dos impactos ambientais negativos potenciais sobre o manancial e a área da captação, conforme confirmado por Lopes et al. (2013) em seu estudo em área de floresta. Da

mesma forma, Cavalcante & Leite (2016) obtiveram êxito utilizando a matriz modificada na pesquisa sobre a aplicação da Matriz de Leopold como ferramenta de avaliação dos aspectos e impactos ambientais em uma fábrica de botijões, no Estado do Ceará.

A segunda matriz de interação apresentou mais impactos positivos (16) que negativos (10). Este cenário indica uma esperada redução da captação de água no manancial, podendo contribuir com a conservação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Gualaxo do Sul (afluente do ribeirão do Carmo) e, ainda, com o sistema de abastecimento de água do município de Ouro Preto. Este é o impacto positivo de maior relevância observado. Entretanto, a vulnerabilidade do manancial aos eventos listados anteriormente se mantém inalterada neste cenário.

Na fase de planejamento do SAAC, o levantamento de dados elucidou a possibilidade de atendimento da diretriz correspondente do Plano Diretor do campus, além da identificação da Lei no 113/2011 que preza pela sustentabilidade do município e concede benefício fiscal de 5% de isenção no IPTU aos cidadãos, mediante a utilização de água de chuva nas edificações. Já os custos de implantação do SAAC configuram um impacto negativo. No entanto, é um investimento a longo prazo em projeto de alta relevância ambiental e social.

Na fase de implantação do SAAC, identificou-se que as obras civis de base para os reservatórios de acumulação podem provocar ruídos e vibrações causando um desconforto sonoro no ambiente, no entanto, este é um impacto temporário. Como consequência das obras, há também a impermeabilização de um trecho reduzido do terreno, referente à 0,05% da área e que não impacta negativamente o território devido à porcentagem mínima para projeto tão relevante.

Em face de parte da área territorial do IFMG-OP ser bastante adensada e ter um fluxo grande de pessoas, a instalação dos reservatórios de acumulação e de descarte, além dos condutores, pode interferir na estética espacial do campus causando um impacto visual negativo no entorno dos prédios. Entende-se que estes impactos são passíveis de medidas mitigatórias, tal como a vedação por meio de gradis semiabertos. Ademais, o benefício ambiental referente à preservação dos recursos hídricos e social quanto à manutenção de água em tempos de escassez no IFMG-OP são fatores prioritários. Quanto aos reservatórios superiores, sua instalação vai gerar uma carga extra no trecho de laje existente nas edificações e pode ser necessário um reforço estrutural.

Na etapa de operação e manutenção, a utilização do SAAC representa aspectos positivos relevantes, tais como, a redução de captação de água no manancial, além de redução do consumo de água potável no campus. Para mais, o SAAC representa um elemento de educação ambiental e prática sustentável no IFMG-OP que poderá ter uma abrangência significativa entre os servidores e discentes da instituição, além da melhoria na qualidade do abastecimento de água. Um estudo em uma escola estadual do Paraná ressalta que a conscientização ambiental dos alunos sobre o uso racional da água pode ser potencializada com a utilização do SAAC em suas instalações e transformá-los em disseminadores de práticas sustentáveis (TUGOZ *et al.*, 2017).

Ainda, a inspeção, limpeza e substituição dos componentes do SAAC promovem vida útil ao sistema. E como impactos negativos, haverá os custos de energia consumida pela bomba de recalque, de pouca relevância em face dos seus baixos valores. Neste cenário, verificou-se que mediante a implantação do SAAC, como fonte alternativa ao abastecimento de água, há o favorecimento do fornecimento e da qualidade da água, da educação ambiental na instituição, a preservação dos recursos hídricos, além de outros benefícios ambientais e financeiros. Entende-se que este é o cenário mais propício. Os custos referentes ao investimento do SAAC são compensados pelos impactos positivos ora citados.

Ressalta-se que esta análise se baseou em estudos das possíveis interações e em observações locais, além da revisão da literatura. Quanto aos impactos positivos observados, entende-se que a implantação do SAAC enaltece a conservação da água, a divulgação da dimensão ambiental no âmbito escolar e a redução de custos com água potável, conforme apontado por Tugoz *et al.* (2017).

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A avaliação da viabilidade técnica permitiu verificar que a implantação de um SAAC no IFMG-OP é propícia e viável devido às características do local, das edificações estudadas e da precipitação regional. As áreas de captação consideradas e a água coletada se mostraram suficientes para atender as demandas mensais estimadas para os Pavilhões de Edificações e Segurança do Trabalho, 66 m<sup>3</sup> e 45 m<sup>3</sup> respectivamente. O SAAC adotado, recomendado pela NBR 15.527 (ABNT, 2019) configura uma alternativa técnica eficaz para o contexto local.

Quanto ao dimensionamento dos reservatórios de acumulação, conclui-se que o método de análise de simulação se mostrou eficaz e os resultados apontaram que o SAAC com reservação de 100 m<sup>3</sup> atende a 58% e 67% da demanda mensal de água para fins não potáveis dos Pavilhões de Edificações e Segurança do Trabalho, respectivamente. O reservatório de modelo apoiado se mostrou o mais viável.

Os resultados da pesquisa confirmam que a implantação do SAAC nas edificações estudadas é tecnicamente viável a partir das características levantadas e das considerações supracitadas, podendo ser replicado nas demais edificações do campus. Ademais, o SAAC reduz o consumo de água potável, o que configura uma decisão assertiva para a instituição é uma contribuição valiosa ao meio ambiente, às pessoas e ao planeta.

Na análise de viabilidade socioambiental, os impactos em potencial levantados foram avaliados quanto ao grau de interferência nos fatores ambientais. Foi possível verificar que o número de impactos positivos resultou maior que o de impactos negativos em ambos os cenários. Assim, conclui-se que, mediante a implantação do SAAC há o favorecimento do fornecimento e da qualidade da água no IFMG-OP, da educação ambiental da comunidade acadêmica e da preservação dos recursos hídricos, entre outros benefícios ambientais.

Os resultados confirmaram a eficácia e aplicabilidade da metodologia de matriz de interação para o estudo de viabilidade socioambiental em questão. A matriz aplicada, em sua versão simplificada e adaptada, permitiu a verificação das etapas mais impactantes da atividade e/ou do projeto do SAAC, além de suscitar os impactos ambientais mais relevantes e suas repercussões sociais.

Como trabalho futuro e complementar, sugere-se a análise de viabilidade econômica da implantação do SAAC no IFMG-OP, considerando um cenário fictício, mas possível, em que a instituição venha a pagar pelos serviços de abastecimento de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro. 2019.
2. CREMONEZ, Filipe E.; CREMONEZ, Paulo A.; FEROLDI, Mariele P. de C.; KLAJN, Felipe F.; FEIDEN, Armin. **Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil**. Revista Monografias Ambientais – REMOA. v.13. n.5. p.3821-3830. dez. 2014.
3. CRUZ, Nathalie; MIERZWA, José C. **Saúde pública e inovações tecnológicas para abastecimento público**. *Public health and technological innovations for public supply*. Saúde Soc. São Paulo, v.29, n.1, e180824, 2020.
4. CUNHA, Flávio R.; COUTO, Eduardo de A. do. **Avaliação de técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva em uma universidade pública**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. UNIFEL. v.7, n.16, p.789 -807. Itabira. 2020.
5. DA SILVA, Antônio L. N.; DA SILVA, Sumara R. R.; RIBEIRO, Gabriela da C.; FIALHO, Fabiana da S. G. **Estudo de rentabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso em uma IES**. *Brazilian Journal of Business*.v.1. n.3. p.767-784. Curitiba. 2019.
6. LUMIKOSKI, Paulo. GURSKI, Clóvis R. **Possibilidades de aproveitamento de água de chuva, bem como levar os alunos da 5ª. Série do colégio estadual José de Anchieta da Cidade de União da Vitória – PR, a reflexões sobre medidas afirmativas na área da educação ambiental**. Vol I. 43 f. Paraná. 2010.
7. MELO, Liliam Ferreira Cunha de. **Estudo de viabilidade de um sistema de aproveitamento de água de chuva no Campus do Instituto Federal de Minas Gerais em Ouro Preto**. 2022. 182 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.
8. MANZI, Thiago F. D. **Viabilidade de sistema de aproveitamento de água de chuva na sede do ministério público do estado do Paraná em Curitiba**. Monografia (Título de Especialista em Construções Sustentáveis). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 62 f. 2018.



9. MONTAÑO, Marcelo; RANIERI, Victor E. L. **Análise de viabilidade ambiental.** In: Calijuri, M. C.; Gasparini, D. (eds.). Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Elsevier: *Campus*. p. 741-765. 2012.
10. MORAIS, Jerônimo W. A. **Viabilidade técnica/econômica no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas.** Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção. f.124. Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2017.
11. REZENDE, Renato A.; ARAÚJO, Silvia F. D.; MOURA, Fabiana de; REIS, Ledna M. dos; SILVA, Fabiana S.; GOMES, Fernanda das G. **Monitoramento da qualidade da água e sensibilização da comunidade de estudantes e funcionários do IFMG Campus Ouro Preto.** Anais Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. v. 5. 2013.
12. SÁNCHEZ, Luis E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** 2ªed. Atualizada e ampliada. São Paulo: Oficina de Textos. 2013.