

## **XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS**

### **POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PUVIAIS EM EMPRESA DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS EM BETIM-MG**

*Luciana Peixoto Amaral<sup>1</sup> & Gabriel Cordeiro Giarola<sup>2</sup>*

**Abstract:** Water is an extremely important input for industrial activity, and it is essential that its development be sustainable, adopting practices such as rational and efficient use of water. This study aims to diagnose the technical feasibility of using rainwater in an environmental solutions company focused on waste disposal in Betim, Essencis-MG. Water is distributed to points of use by tanker trucks from the company's internal fleet from a central reservoir. Since Essencis-MG is equipped with several technologies located in warehouses, these can be used as rainwater collection areas. These contribution areas can be used in full or in part to meet different scenarios of non-potable water demand. Therefore, the areas were surveyed and considered for three demand scenarios, one for full service and two for partial service. The dimensioning of the rainwater reservoirs was performed using two different methods, the Rippl method and the Simulation Method, for each of the three scenarios. As a result, reservation volumes of 4,228 m<sup>3</sup>, 1,215 m<sup>3</sup> and 208 m<sup>3</sup> were obtained for scenarios 1, 2 and 3, respectively. In addition, the discharge volumes of the first waters were estimated, being 12.43 m<sup>3</sup>, 10.74 m<sup>3</sup> and 6.11 m<sup>3</sup>, for scenarios 1, 2 and 3, respectively. Therefore, the potential for use is significant for some scenarios and unfeasible for others, due to the necessary reservation dimensions.

**Resumo:** A água é um insumo importantíssimo à atividade industrial, e é fundamental que seu desenvolvimento seja sustentável, adotando práticas como o uso racional e eficiente da água. O presente trabalho visa realizar o diagnóstico de viabilidade técnica para o potencial de aproveitamento de águas pluviais em uma empresa de soluções ambientais focada na destinação de resíduos em Betim, a Essencis-MG. A água é distribuída nos pontos de utilização por meio de caminhões pipa da frota interna da empresa a partir de um reservatório central. Como a Essencis-MG é dotada de diversas tecnologias alocadas em galpões, estes podem ser utilizados como áreas de captação para as águas pluviais. A utilização total ou parcial dessas áreas de contribuição pode ser feita para atender diversos cenários de demanda de água não potável. Sendo assim, as áreas foram levantadas e consideradas para três cenários de demanda, um de atendimento total e dois para atendimento parcial. O dimensionamento dos reservatórios de água de chuva foi realizado por meio de dois métodos distintos, método de Rippl e Método da Simulação, para cada um dos três cenários. Como resultado, foram obtidos volumes de reservação de 4.228 m<sup>3</sup>, 1.215 m<sup>3</sup> e 208 m<sup>3</sup>, para dos cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Além disso, foram estimados os volumes de descarte das primeiras águas, sendo 12,43 m<sup>3</sup>, 10,74m<sup>3</sup> e 6,11 m<sup>3</sup>, para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Com isso, o potencial de aproveitamento é significativo para alguns cenários e inviável para outros, devido às dimensões de reservação necessárias.

**Palavras-Chave** – Aproveitamento de água de chuva, indústria, viabilidade técnica.

1) Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Avenida Amazonas, 5.253, Nova Suíça, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 30.421-169. Telefone: (31) 3319-7109. e-mail: [lupeixoto@cefetmg.br](mailto:lupeixoto@cefetmg.br).

2) Walm BH Engenharia. Rua dos Inconfidentes, 1.190, 6º andar, Savassi, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 30.140-128. Telefone: (31) 3234-4003. e-mail: [gabriel.giarola@walmengenharia.com.br](mailto:gabriel.giarola@walmengenharia.com.br)

## INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o processo de urbanização e as atividades econômicas contribuem para a crescente demanda pelo uso da água. O setor industrial é um dos grandes colaboradores para os problemas relacionados aos recursos hídricos, por isso, estão se deparando com situações, em que para se instalarem ou continuarem no mercado de maneira ambientalmente correta, precisam passar por uma série de normas e certificações. Dessa forma, estão investindo em recursos para maximizarem os lucros de maneira a minimizarem os impactos ao meio ambiente.

A prática de novas tecnologias resulta na diminuição da poluição e o aumento gradativo da disponibilidade de água. A conservação e reuso de água consistem basicamente na gestão da demanda, por meio da utilização de fontes alternativas de água e da redução dos volumes de água captados por meio da otimização do uso; bem como na gestão da oferta, substituindo as fontes de abastecimento convencionais por opções mais favoráveis em termos de custos e de proteção ambiental (FIRJAN, 2006).

As opções de gestão da oferta de água se concentram no reuso da água, aproveitamento de águas pluviais de telhados ou pátios internos e, eventualmente, reforço das águas subterrâneas por meio de recarga artificial dos aquíferos subjacentes à própria indústria com efluentes industriais controlados e adequadamente tratados. O incentivo e promoção da captação, da preservação e do aproveitamento de águas pluviais apresenta-se como um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme inciso IV, do Art. 1º, da Lei Federal nº 13.501, de 30 de outubro de 2017 (BRASIL, 2017).

No que tange ao conceito de desenvolvimento sustentável, que é, basicamente, utilizar os recursos disponíveis hoje para suprir as necessidades, porém, sem prejudicar as próximas gerações, garantindo assim, melhores qualidade de vida, um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) é “Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos” (ODS 6). Esses objetivos são uma forma de mobilização para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e garantir melhores condições e qualidade de vida para todos (ONU, 2021). Uma das metas da ODS 6 é “Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água”- Meta 6.4 (ONU, 2021).

Analisando a meta 6.4 da ODS 6, retiradas sustentáveis são meios de ajudar a cumprir com esse objetivo, garantindo qualidade de vida para as próximas gerações. Sendo assim, os sistemas de aproveitamento de água pluviais, além de serem projetos relativamente simples, contribuem efetivamente para a gestão dos recursos hídricos, proporcionando redução do consumo e custos com o abastecimento, e constitui uma viável técnica para a redução da escassez hídrica, principalmente em regiões mais secas (CARVALHO *et al.*, 2020).

É importante ressaltar que implementar novas práticas sustentáveis para uma indústria contribui para a preservação das águas, para a redução do consumo e, conseqüentemente, preservação do meio ambiente, além de redução de custos com o abastecimento de água, contribuindo, assim, com um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU.

As indústrias apresentam condições favoráveis à implantação de sistemas para aproveitamento de águas pluviais, como elevado consumo de água e grandes áreas de captação, entretanto, o grande diferencial desta tecnologia na indústria é a redução de custos, que representa uma forma simples de

se aumentar a lucratividade e, em decorrência, sua competitividade no mercado, melhorando sua performance ambiental e sua imagem junto à sociedade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A Unidade de Valorização Sustentável de Betim (UVS Betim), da Essencis-MG, empresa especializada no tratamento e destinação de resíduos, integrante do Grupo Solvi, está localizada às margens BR-381 km 499, sentido São Paulo, no bairro Morada do Trevo, região central do município de Betim, em Minas Gerais. O empreendimento, em funcionamento desde 2004, tem diversas tecnologias integradas e voltadas para o tratamento e disposição de diversos tipos de resíduos, dentre essas tecnologias, vale ressaltar os aterros Classe 1 e Classe 2, principal atividade da empresa, além da Logística Reversa, ETE (Estação de Tratamento de Efluentes), UVE (Unidade de Valorização Energética), Triagem e o Galpão de Manutenção eletromecânica.

A Essencis apresenta condições favoráveis à implantação de captação e aproveitamento de água de chuva, pois possui elevado consumo de água e áreas de cobertura consideráveis. Na empresa, a água não potável é utilizada para alguns fins principais como limpeza dos pátios, umectação das vias, irrigação das plantas ornamentais e a utilização em processos diversos.

Uma vez que a Essencis não possui vínculo com a concessionária de água COPASA, o levantamento de demandas foi realizado com base na quantidade de viagens realizadas pelos caminhões pipa da frota interna da empresa, que levam a água do reservatório central da empresa, até os pontos de utilização. Como a distribuição interna é feita de acordo com surgimento da demanda, não há registros da quantidade de água utilizada em cada setor ou em cada tipo de atividade, interferindo assim na definição sua demanda. Para o presente estudo de viabilidade foram considerados 3 cenários:

- Cenário 1: atendimento total da demanda de água não potável;
- Cenário 2: atendimento parcial para limpeza dos pátios e vias principais, com frequência de duas vezes por semana; e
- Cenário 3: Atendimento parcial para limpeza dos pátios da área superior, envolvendo a UVE, Logística Reversa e Triagem.

A Essencis-MG possui grande área potencial de captação de água de chuva em sua propriedade que, em tese, poderia ser utilizada no aproveitamento desse recurso. Todavia, as atividades de aterramento e o constante tráfego de veículos pesados podem vir a acarretar na presença de grande quantidade de materiais particulados e demais poluentes nas águas captadas pelas vias e pátios e, consequentemente, em grande volume descartado das primeiras águas, e, portanto, inviabilizando a utilização das águas escoadas pelos pátios e vias. Levando esses pontos em consideração, foram utilizadas, para fins de análise, somente as águas escoadas pelas coberturas presentes em algumas áreas da empresa, como o galpão da logística reversa, galpão de manutenção eletromecânica e a UVE.

Outro fator importante na escolha das áreas são as distâncias entre os pontos de captação, reservação e utilização, uma vez que, ao aumentar a distância percorrida, cresce também o custo do projeto com tubulações, bem como da perda de carga distribuída, que poderia gerar a necessidade de sistemas de recalque.

Na Figura 1 é representada a distribuição das estruturas que serviram como áreas de captação para os três cenários de atendimento de demanda. Para a análise de atendimento geral (cenário 1),



foram utilizados os galpões da UVE, triagem, logística reversa, galpão de recebimento, galpão de manutenção e o seu anexo. Para o cenário de atendimento parcial da limpeza de pátios e vias principais (cenário 2), foram utilizados os galpões da porção superior, os da UVE, triagem, recebimento e logística reversa. Já para o cenário de atendimento parcial para limpeza apenas dos pátios (cenário 3), foi utilizado o galpão da UVE.

Figura 1 – Regiões de captação e reservação de águas pluviais.



Fonte: GIAROLA (2023).

Na análise de viabilidade técnica do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva (SCAAP), é crucial entender o regime de chuvas local e sua distribuição ao longo do ano, bem como dimensionar o volume de reservação para atendimento das demandas nos três cenários, considerando a área de captação disponível.

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros e os métodos utilizados para sua estimativa.

Tabela 1 – Parâmetros e métodos de estimativa.

Parâmetro	Método de estimativa
Precipitação média mensal	Séries histórica de dados de 30 anos (Portal Climatempo)
Área de captação	Projetos dos galpões, fornecidos pela Essencis ABNT NBR 10844/1989
Demanda de água não potável	2 L/m <sup>2</sup> /dia (TOMAZ, 2010) Software de geoprocessamento QGis 3.22.7
Coefficiente de <i>runoff</i>	0,9 - telhas metálicas (TOMAZ (2010)
Descarte das primeiras águas	2 mm/m <sup>2</sup> de área de cobertura (FEAM, 2016)
Volume de reservação	Método de Rippl Método de Simulação

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo as informações concedidas pela empresa, a demanda total média de água não potável para a Unidade de Valorização Sustentável de Betim (UVS Betim), da Essencis, é de 880 m<sup>3</sup>/mês. Essa demanda é referente ao Cenário 1, considerando somente o volume bruto total que é redistribuído internamente pela Essencis. Para os demais cenários, com o auxílio do software de geoprocessamento QGIS 3.22.7, foram levantadas as áreas de vias principais e pátios, totalizando 24.128m<sup>2</sup> (Cenário 2) e 8.064m<sup>2</sup>, somente área dos pátios. Partindo desses valores, adotando uma frequência de limpeza de duas vezes por dia e uma taxa de 2L/m<sup>2</sup>/dia por lavagem, obtêm-se as demandas finais para todos os cenários, conforme apresentado na Tabela 2.

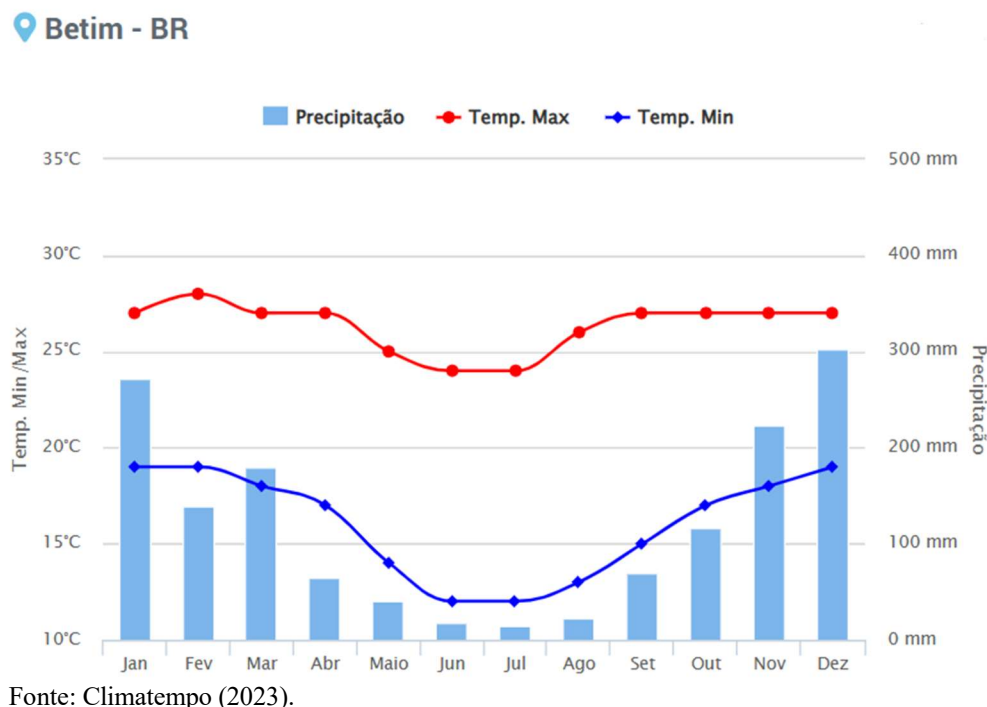
Tabela 2 – Demandas de água não potável.

Cenário	Áreas contempladas	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )
1	Demanda total	880,00
2	Vias + pátios	386,05
3	Pátios	129,02

Fonte: GIAROLA (2023).

Na Figura 2 são mostrados os dados de precipitação obtidos da base do Portal Climatempo, para o município de Betim.

Figura 2 – Dados climatológicos para o município de Betim/MG.



Quanto às áreas de captação, os diversos galpões tiveram suas áreas de contribuição calculadas com relação aos projetos dos galpões, fornecidos pela Essencis, e de acordo com as orientações da norma técnica ABNT - NBR 10844/1989, para coberturas de superfícies inclinadas (10%) (Tabela 3).

Tabela 3 – Áreas de captação das estruturas de interesse.

Cenário	Estrutura	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Área de captação (%)
1	UVE	3.054,63	49
	Triagem	1.562,27	25
	Logística reversa	578,18	8
	Recebimento	173,29	3
	Manutenção	715,40	12
	Anexo – galpão	131,70	2
	TOTAL	6.215,47	100
2	UVE	3.054,63	57
	Triagem	1.562,27	29
	Logística reversa	578,18	11
	Recebimento	173,29	3
	TOTAL	5.368,37	100
3	UVE	3.054,63	100
	TOTAL	3.054,63	100

Fonte: GIAROLA (2023).

Utilizando o Método de Rippl, para o Cenário 1, contemplando a demanda mensal de 880m<sup>3</sup> e área de captação total de 6.215,47 m<sup>2</sup>, foi obtido um volume a ser armazenado de 4.228 m<sup>3</sup>. Considerando a grande distância entre a porção superior da empresa e a região do galpão de manutenção, o volume foi separado para atender duas regiões, de forma proporcional à área de captação, sendo 86% na porção superior e 14% na inferior, totalizando os volumes armazenados de 3.636m<sup>3</sup> na porção superior e 591,92 m<sup>3</sup> na inferior.

Para o cenário de atendimento parcial, para limpeza dos pátios e vias principais de demanda de 386,1 m<sup>3</sup> e área de captação de 5.368,4, equivalentes aos galpões da UVE, logística reversa, triagem e galpão de recebimento, foi estimado um volume a ser armazenado de 1.215 m<sup>3</sup>.

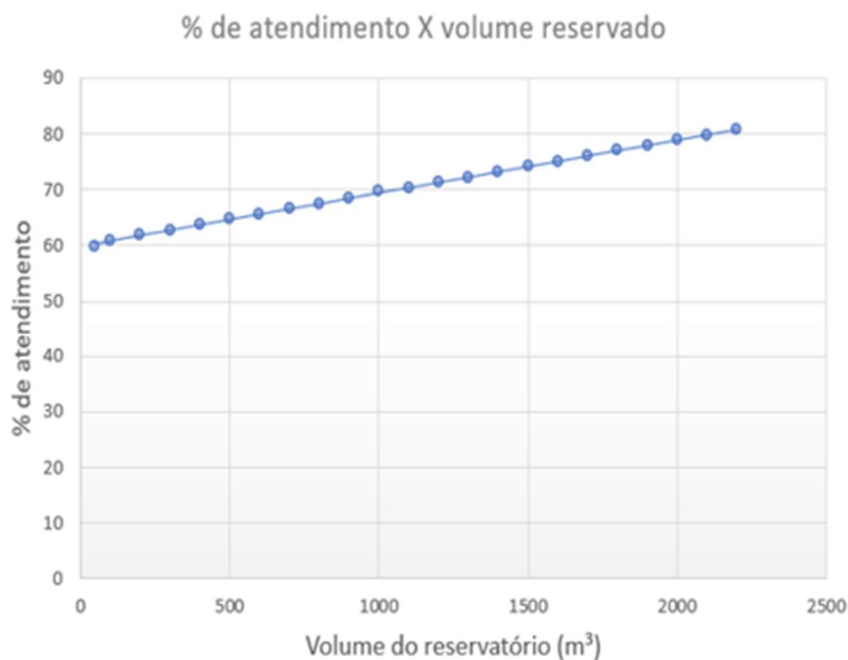
Para o terceiro cenário de atendimento, contemplando a demanda de 129 m<sup>3</sup>, relativo à limpeza dos pátios da porção superior, e área de captação de 3.054,63 m<sup>2</sup>, relativo ao galpão da UVE, foi estimado um volume a ser reservado de 208 m<sup>3</sup>.

O dimensionamento através do método de Rippl, apesar de garantir o abastecimento em sua totalidade, ocasiona em volumes massivos de reservatórios, que acarretam um custo alto de implementação, bem como a necessidade de grandes áreas. Em muitos casos, um reservatório menor que atenda a boa parte da demanda pode trazer um perfil de economia e utilização de espaço mais interessantes. Portanto, foram realizadas estimativas dos volumes a serem reservados através do Método da Simulação.

Para o atendimento total da demanda de água não potável (Cenário 1), as simulações partiram do valor inicial de 50m<sup>3</sup>, 100m<sup>3</sup> e a partir daí em acréscimos de 100 m<sup>3</sup> até que fosse encontrado o atendimento médio de aproximadamente 80%, o que surgiu em torno de 2.200 m<sup>3</sup> (Figura 3), consideravelmente menor do que os 4.228m<sup>3</sup>, encontrados por Rippl.

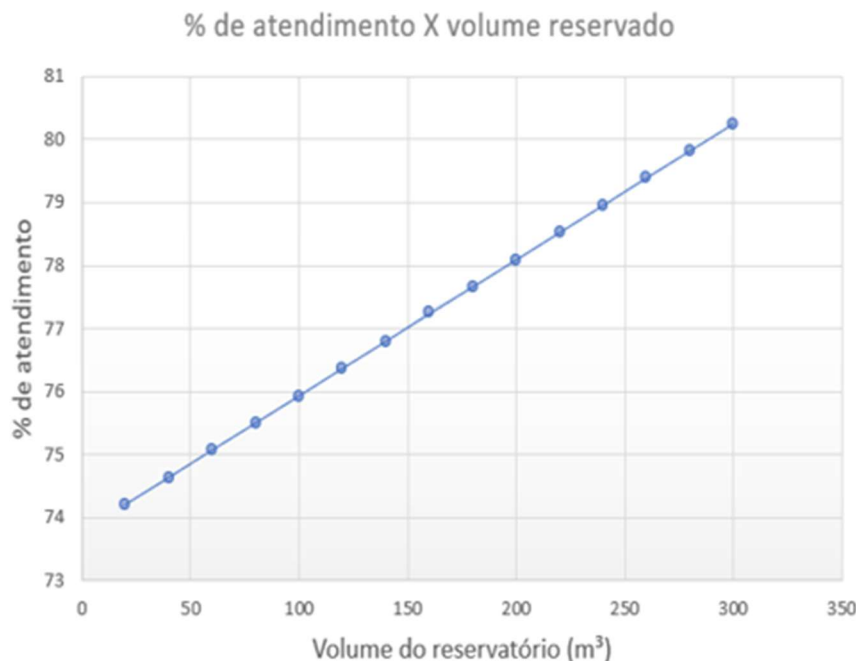
Para o Cenário 2, de atendimento da demanda para limpeza de pátios e vias principais, devido às menores proporções, as simulações começaram com volume de 20m<sup>3</sup>, e o volume de reserva foram acrescidos em 20 m<sup>3</sup> (Figura 4), até o atendimento próximo de 80%, que ocorreu em torno de 300 m<sup>3</sup>.

Figura 3 – Relação de atendimento de demanda por volume reservado para cenário 1.



Fonte: GIAROLA (2023).

Figura 4 – Relação de atendimento de demanda por volume reservado para cenário 2.



Fonte: GIAROLA (2023).

Para o Cenário 3, de atendimento da demanda para limpeza apenas dos pátios, a simulação com reservatório de 20 m³, facilmente encontrado no mercado, o atendimento já foi superior a 80%. Nesse caso, o aumento do volume do reservatório não trouxe retornos suficientes, ao dobrar o volume, houve um acréscimo de apenas 1,29%.



Visando garantir a qualidade da água captada e posteriormente armazenada, é necessária a instalação de um sistema de descartes para primeiras águas, volume destinado para limpeza dos telhados e coberturas. Segundo recomendação da Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM (2016), o volume de descarte das primeiras águas deve ser utilizado entre 1 e 2 mm/m<sup>2</sup> de área de captação. Para o presente trabalho, foi adotado o valor de 2 mm/m<sup>2</sup> e os volumes de descarte para cada cenário estão compilados na Tabela 4.

Tabela 4 - Volume de descarte das primeiras águas.

Cenário	Áreas de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de descarte (m <sup>3</sup> )
1	6.215,47	12,43
2	5.368,37	10,74
3	3.054,63	6,11

Fonte: GIAROLA (2023).

## CONCLUSÕES

O crescimento constante do perfil de consumo de água no mundo, aliado às mudanças climáticas e alteração da qualidade dos recursos hídricos, fazem com que haja a necessidade de buscar fontes alternativas deste precioso recurso. A utilização de sistemas de captação e utilização de águas pluviais em cenários residenciais vem sendo amplamente explorada e incluída em legislações, mas essa pode também ser uma solução interessante para atender demandas de grandes empresas, como a Essencis.

A análise de três cenários de atendimento para a demanda de água não potável da empresa Essencis, com dois métodos de dimensionamento de reservatórios, demonstrou a viabilidade técnica de diversas possibilidades de atendimento. Os dimensionamentos realizados através do método de Rippl deixaram evidente a principal desvantagem do método que são os volumes massivos de armazenamento. Através do método da simulação, os volumes reservados apresentam valores bem mais razoáveis em questão de área ocupada, com atendimento de cerca de 80% das demandas de cada cenário, que já representariam significativa economia no perfil de consumo da empresa, que utiliza caminhões pipas para atendimento de suas demandas hídricas. A escolha dentre os cenários e percentuais de atendimento deve ser precedida de estudo econômico para comparação e escolha adequada.

Algumas particularidades tiveram influência sobre a análise detalhada de viabilidade, como a forma de distribuição e controle das demandas de água bruta internas. Recomenda-se, portanto, a realização do monitoramento de consumo relativo a setores e atividades desenvolvidas na empresa, visando maior controle e oportunidade de otimização.

Além disso, devido às características das atividades desenvolvidas, bem como o fluxo constante de caminhões com resíduos, associados às atividades da empresa, sugere-se realizar um estudo acerca do volume de descarte de primeiras águas, para verificar se os 2 mm/m<sup>2</sup> recomendados pela FEAM (2016) são suficientes para atingir níveis aceitáveis de qualidade de água.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG (Chamada: 13/2024).



## REFERÊNCIAS

- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Manual de Conservação e Reuso da água em Edificações*. São Paulo, 2005. 152 p.
- ABNT. *NBR 10844: Instalações de águas pluviais*. Rio de Janeiro-RJ: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1989.
- ABNT. *NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos*. Rio de Janeiro-RJ: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2009.
- BELO HORIZONTE. *Lei nº 11.181, de 08 de agosto de 2019*. Aprova o Plano Diretor do município de Belo Horizonte e dá outras providências.
- CARVALHO, Iago Nantes da Cruz; OLIVEIRA, Deivid Júlio Cândido de; MODESTO, Henrique Júnior; ROMÃO, Hiago Alves; SILVA, Miguel Castro. *Importância da captação e reaproveitamento de água pluvial como forma de minimizar a escassez de água potável*. Manhauçu, 2020.
- FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Cartilha “Aproveitamento e água pluvial”*. 2016. 42p.
- FIESP/CIESP. *Conservação e Reúso de Água: Manual de orientações para o setor industrial*. São Paulo, Volume 1. 2002.
- FIRJAN. *Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria*. Rio de Janeiro, DIM, 2006.
- GIAROLA, G. C. *Diagnóstico e potencial de aproveitamento de água de chuva: um estudo de caso*. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais-CEFET/MG, Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Belo Horizonte, 2023. 49p.
- ONU. Organização das Nações Unidas. *Água potável e saneamento*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em 25 nov de 2022. 2021a.
- ONU. Organização das Nações Unidas. *Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 25 nov de 2022. 2021b.
- TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva*. São Paulo: Editora Tomaz, 2010. 350p.