

Sustentabilidade hídrica em campus universitário: projeções de demanda e avaliação da disponibilidade de água para consumo humano

Naiara Leite De Souza¹

Gracielly Tomaz Barbosa²

Lucas Ribeiro Guimarães³

Gabriela Rezende de Souza⁴

Gilberto Coelho⁵

Resumo

Garantir segurança hídrica frente às mudanças climáticas e o crescimento demográfico requer soluções sustentáveis e adaptadas às realidades, com destaque para sistemas descentralizados, como é o caso da Universidade Federal de Lavras. Assim, objetivou-se projetar a demanda hídrica futura do *campus* universitário e avaliar a capacidade da infraestrutura existente em atendê-la. Para isso, foram utilizados dados de consumo de água de 2023 e da população universitária de 2017 a 2023, para estimar a demanda futura em dois cenários: um de crescimento moderado, utilizando a taxa de crescimento decrescente, e outro de crescimento acentuado, utilizando a projeção aritmética. Além disso, avaliou-se a disponibilidade hídrica, sendo calculada pela soma das vazões outorgadas para os pontos de captação. Os resultados indicaram que, no cenário moderado, a demanda hídrica projetada para 2044 é de 330,526 m³/dia e para 2064 é de 330,528 m³/dia. No cenário acentuado, a demanda atinge 670,302m³/dia em 2044 e 932,774 m³/dia em 2064. Analisando-se as outorgas, constatou-se que a disponibilidade hídrica será suficiente para atender às demandas projetadas, no entanto a capacidade de tratamento de água deveria ser expandida para atender à demanda esperada no cenário acentuado. Portanto, para garantir a sustentabilidade hídrica a longo prazo e

¹Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Lavras, Brasil. E-mail: naiaraleitedsouza@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2779-4094>.

²Doutoranda em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras, Brasil. E-mail: graciellytomaz@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3350-9084>. Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2614310641338945>

³Doutorando em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Lavras, Brasil. E-mail: lucas.guimaraes6@estudante.ufla.br. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9621-653X>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3503824942652713>.

⁴Doutora em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Lavras. Professora Assistente no setor de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, Brasil. E-mail: gabriela.rezende.souza@ufv.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5915-7529>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8019177208775390>.

⁵Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Professor Associado da Universidade Federal de Lavras, Brasil. E-mail: gilberto@ufla.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0654-2754>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9055295814917047>.

enfrentar possíveis desafios futuros de escassez de água, população e instituição precisam trabalhar juntas na gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Projeção de demanda hídrica; Perdas em sistema de abastecimento; Disponibilidade hídrica; Soluções descentralizadas; Segurança hídrica.

Water sustainability on a university campus: demand projections and assessment of drinking water availability

Abstract

Ensuring water security in the face of climate change and population growth requires sustainable solutions tailored to local realities, with a focus on decentralized systems, as is the case at the Federal University of Lavras. Thus, the objective was to project future water demand on the university campus and assess the capacity of the existing infrastructure to meet it. To this end, water consumption data from 2023 and university population data from 2017 to 2023 were used to estimate future demand under two scenarios: one of moderate growth, using a declining growth rate, and another of rapid growth, using an arithmetic projection. In addition, water availability was assessed, calculated as the sum of the flows allocated to the intake points. The results indicated that, in the moderate scenario, the projected water demand for 2044 is 330,526 m³/day and for 2064 is 330,528 m³/day. In the severe scenario, demand reaches 670,302 m³/day in 2044 and 932,774 m³/day in 2064. An analysis of water allocations revealed that water availability will be sufficient to meet projected demands; however, water treatment capacity would need to be expanded to meet the expected demand in the severe scenario. Therefore, to ensure long-term water sustainability and address potential future challenges of water scarcity, the public and institutions must work together on water resource management.

Keywords: Water demand projections; Water supply system losses; Water availability; Decentralized solutions; Water security.

1 Introdução

As questões ambientais estão em maior evidência nas últimas décadas, evidenciando a necessidade de encontrar soluções sustentáveis para a escassez de recursos naturais, poluição e mudanças climáticas. O crescimento populacional, associado às mudanças climáticas e ao aumento da demanda por água, tem ampliado os desafios relacionados à segurança hídrica, afetando não apenas o abastecimento, mas também o funcionamento de atividades econômicas, instituições públicas e a qualidade de vida da população.

Nesse contexto, a Agenda 2030 das Nações Unidas estabelece os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com a pretensão de enfrentar os desafios ambientais, sociais e econômicos para um futuro mais sustentável (Frey et al., 2020). O ODS 6, busca

garantir a disponibilidade e gestão sustentável da água para todos, coloca em evidência a necessidade de práticas eficientes de uso da água, tratamento de esgoto e gestão de recursos hídricos, reconhecendo e enfatizando a água como um recurso essencial para a vida e o desenvolvimento humano (Pimentel, 2022).

No Brasil, o Marco Legal do Saneamento Básico, estabelecido pelas Leis nº 11.445/2007 e nº 14.026/2020, reforça a necessidade de garantir a quantidade e qualidade da água para atender às demandas humanas. Estas legislações trazem diretrizes para a prestação de serviços de saneamento básico, priorizando a universalização do acesso à água potável e esgotamento sanitário até 2033, e introduzem a regionalização da gestão dos serviços e novas instâncias de governança, fortalecendo o papel da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) na regulação (Brasil, 2007, 2020).

Ainda, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, é fundamental para promover a gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil (Brasil, 1997). Um dos instrumentos é a outorga de uso de recursos hídricos, um mecanismo legal que garante aos usuários o direito de acessar a água, controlando a quantidade e a qualidade do seu uso.

Em Minas Gerais, a Política Estadual de Recursos Hídricos, regida pela Lei Estadual nº13.199/1999, estabelece o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) como órgão regulamentador e fiscalizador dos recursos hídricos do estado e garante que as práticas locais estejam em conformidade com as metas nacionais e internacionais de sustentabilidade. A nível estadual, a outorga é regulamentada pelo Decreto 47.705/2019 e pela Portaria IGAM nº 48/2019, além de ser orientada pelas Deliberações Normativas do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG) (Minas Geras, 1999; IGAM, 2019).

A gestão eficiente dos recursos hídricos é um tema de extrema importância no cenário atual, e a sustentabilidade no uso da água deve ser uma prioridade em todos os setores econômicos, não apenas na agricultura e áreas já afetadas pela escassez hídrica (Li; Wu, 2023).

Segundo Piesse (2020), avalia-se que até 2050 mais da metade da população mundial estará exposta a algum grau de escassez. Nesse sentido, soluções descentralizadas desempenham um papel importante no fortalecimento da resiliência e sustentabilidade do abastecimento de água, bem como em um contexto mais amplo da gestão de integrada de

recursos hídricos. Para isso, são essenciais investimentos em governança, planejamento adequado e operação eficiente dos sistemas e infraestruturas (Kalbar; Lokhande, 2023).

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, possui sistema próprio de abastecimento e tratamento de água, além de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) reafirmando seu compromisso com a gestão sustentável dos recursos hídricos.

A UFLA está situada na Bacia do Ribeirão Vermelho, a qual abastece os reservatórios do campus, sendo essencial para o fornecimento de água à universidade. Por sua vez, essa bacia está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, uma importante unidade hidrográfica que inclui diversos municípios, responsável pelo abastecimento de água de aproximadamente 8,5 milhões de pessoas, e com relevância estratégica na matriz hidrelétrica brasileira.

Apesar da relevância da infraestrutura hídrica da universidade, o crescimento da demanda, associado às perdas no sistema de distribuição e às possíveis alterações na disponibilidade hídrica, representa um desafio para o planejamento institucional e para a manutenção da segurança hídrica no campus.

Neste sentido, compreender a demanda e a disponibilidade hídrica na UFLA, considerando também a capacidade de tratamento e eficiência da distribuição do sistema de abastecimento de água do campus sede, é fundamental para o adequado planejamento da universidade. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de atendimento à demanda de água para consumo humano no campus da UFLA, considerando projeções de crescimento populacional em cenários futuros distintos e a disponibilidade hídrica outorgada. Além disso, buscou-se identificar a ocorrência de perdas de água ao longo do sistema, de modo a subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos da instituição.

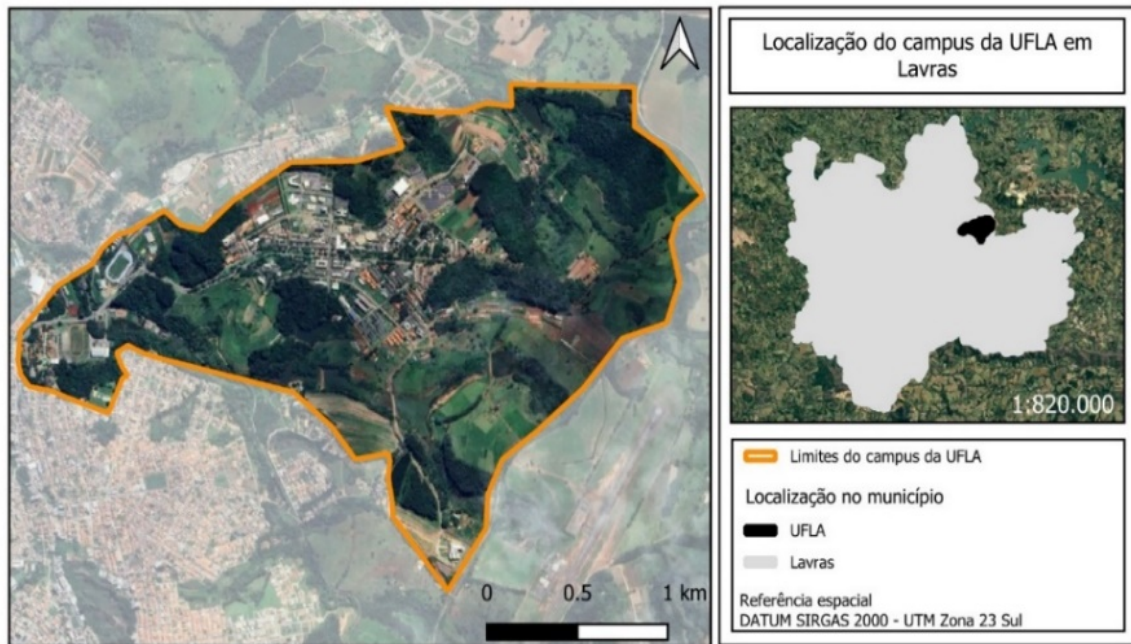
2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no campus sede da UFLA, situado no sul do estado de Minas Gerais, no município de Lavras (Figura 1), inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, um dos principais formadores da Bacia Hidrográfica do Paraná, a qual abrange a sub-bacia do Ribeirão Vermelho (Bello et al., 2021). De acordo com a classificação climática de

Köppen, o clima é classificado como Cwb, com precipitação anual média de 1330 mm (Alvares et al., 2013; Jardim et al., 2020).

Figura 1: Localização do *Campus* da Universidade Federal de Lavras



Fonte: elaboração própria.

O *campus* da UFLA possui 347 hectares, com uma extensa área verde e uma população de cerca de 15 mil pessoas, incluindo alunos, professores e funcionários (UFLA, 2024). Dentre as nascentes localizadas no *campus*, duas são responsáveis por abastecer os três barramentos de curso d'água existentes na área da universidade, com capacidade total de armazenamento próxima aos 173.000 m³ (Naves; Freitas, 2018).

De acordo com a Diretoria de Meio Ambiente (DMA) (UFLA, 2024), a universidade conta com três captações de água superficial: a “Barragem ETA”, utilizada para o abastecimento da Estação de Tratamento de Água do *campus* sede (ETA-UFLA), a “Barragem Zootecnia”, destinada às pastagens da Zootecnia e a “Barragem Abaixo da ETA”, que é utilizada para a irrigação de pomar experimental localizado no *campus* sede.

Apenas a água captada na barragem de captação da ETA é tratada na estação, enquanto as outras captações são utilizadas diretamente nas atividades correspondentes. Além disso, a universidade possui cinco poços tubulares, sendo localizados na moradia estudantil,

dois abaixo do Departamento de Educação (poços das goiabas I e II), na subestação da EPAMIG; e no ginásio do Departamento de Educação Física (DEF) e próximo ao Parque Tecnológico (inativos até o presente momento).

A água oriunda dos poços (Goiabas I/II e EPAMIG) são enviadas ao reservatório central do campus sendo tratada por simples desinfecção com adição de cloro nos reservatórios dos próprios poços, assim como os demais. A ETA tem capacidade de tratamento de 600m³/dia e utiliza o tratamento convencional, em que o processo é dividido em coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

Ao considerar a produção pela ETA mais as captações dos poços ativos, tem-se o total de 770m³/dia para abastecer o *campus*.

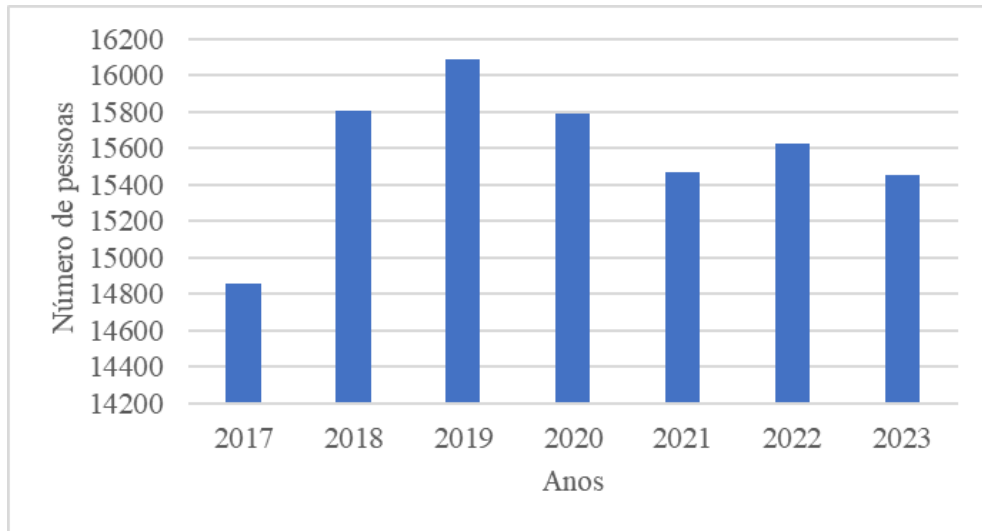
2.2 Projeção populacional e consumo *per capita*

Utilizando os dados do Sistema Integrado de Gestão de Recursos Humanos (UFLA, 2024) e do Setor de Registro Acadêmico da Graduação, foi possível verificar a população total da UFLA entre os anos de 2017, ano inicial, e de 2023, ano final. Vale ressaltar que o ano inicial definido para este estudo é o primeiro ano com registros disponíveis sobre a quantidade de alunos de pós-graduação. Foram considerados os registros do maior número de pessoas de cada um dos dois períodos letivos de cada um dos anos, incluindo alunos de graduação e pós-graduação, docentes e técnico-administrativos (Figura 2).

Para determinar a população projetada para 2044 e 2064, foram considerados dois cenários distintos devido às variações dos dados históricos. No Cenário 1, foi realizada a projeção baseando-se nos anos de 2017 a 2020, período que inclui o impacto da pandemia do COVID-19, resultando em uma queda significativa na população do *campus* da UFLA após um período de crescimento. Esse cenário reflete uma situação em que eventos externos, como crises sanitárias ou econômicas, podem reduzir temporariamente o crescimento populacional.

Enquanto, o Cenário 2, foi baseado nos anos de 2017 a 2019, um período definido por crescimento contínuo e sem interrupções. Esse cenário considera um contexto de desenvolvimento constante, com avanços tecnológicos, expansão do *campus*, aumento de cursos oferecidos e, conseqüentemente, um crescimento populacional mais linear ao longo dos anos. Comparar esses dois cenários permite uma análise mais abrangente das possíveis trajetórias de crescimento populacional, auxiliando no planejamento estratégico do uso de recursos hídricos e desenvolvimento de infraestrutura da universidade.

Figura 2: População universitária entre os anos de 2017 e 2023



Fonte: elaboração própria.

Para o Cenário 1, foi realizada a projeção populacional por meio da taxa decrescente de crescimento, conforme demonstrado nas Equações 1, 2 e 3 (Von Sperling, 2005).

$$Ps = \frac{2.P0.P1.P2 - P1^2.(P0+P2)}{P0.P2 - P1^2} \quad (1)$$

Sendo:

P0 = população de 2017; P1 = população de 2020; P2 = população de 2023; Ps = população de saturação.

$$Kd = \frac{-\ln[(Ps - P2)/(Ps - P0)]}{t2 - t0} \quad (2)$$

Sendo:

t0 = 2017; t2 = 2023; Kd = taxa de crescimento decrescente.

$$Pt = P0 + (Ps - P0)[1 - e^{-Kd*(t-t0)}] \quad (3)$$

Sendo:

Pt = população calculada para o ano desejado; t = ano para o qual se deseja calcular a população.

Para o Cenário 2, foi aplicada a projeção aritmética, utilizando-se as Equações 4 e 5 (Von Sperling, 2005).

$$Ka = \frac{P2-P0}{t2-t0} \quad (4)$$

Sendo:

P0 = população de 2017; P2 = população de 2019; t0 = 2017; t2 = 2019; Ka = coeficiente de crescimento aritmético.

$$Pt = P0 + Ka * (t - t0) \quad (5)$$

Sendo:

Pt = população calculada para o ano desejado; t = ano para o qual se deseja calcular a população.

A escolha dos horizontes de 20 e 40 anos para os cálculos foi fundamentada na necessidade de um período suficientemente longo para identificar variações e tendências nos padrões de disponibilidade de água.

Como no caso do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Grande GD2 (2011), o horizonte de longo prazo é definido como 20 anos, o médio prazo como 10 anos e o curto prazo como 5 anos. Portanto, o horizonte escolhido é um período suficiente para o planejamento e mudanças na gestão hídrica, caso necessário, levando em conta o crescimento da universidade ao longo dos anos.

Por fim, foi calculado o consumo *per capita* (QPC) de 2023, utilizando os dados mensais de água bombeada para a ETA-UFLA disponibilizados pela DMA, com a Equação 6 (Von Sperling, 2005).

$$QPC \left(\frac{L}{hab} \cdot dia \right) = \frac{\text{média diária do volume anual consumido (m}^3\text{)} * 1000}{\text{população abastecida (hab)}} \quad (6)$$

Pela dificuldade de obtenção dos dados de consumo *per capita* de água da UFLA dos anos anteriores, para este estudo, optou-se por considerar a demanda *per capita* constante ao longo dos anos projetados. Então, foi possível determinar o consumo médio diário (Qm) dos anos analisados, para ser comparado com o volume disponível (Equação 7).

$$Qm = \text{População} * QPC \quad (7)$$

2.3 Disponibilidade hídrica outorgada

A DMA disponibilizou os certificados das outorgas das barragens e dos poços tubulares, com as informações contendo as coordenadas, volume de acumulação, número da portaria e vazão autorizada.

Cada outorga identifica a vazão máxima permitida, o que é fundamental para garantir que a retirada da água não prejudique a disponibilidade hídrica das fontes utilizadas. A Tabela 1 apresenta as vazões outorgadas em cada ponto de captação da UFLA.

Tabela 1: Vazões outorgadas para pontos de captação

Ponto de Captação	Vazão Outorgada (L/s)
Barragem Zootecnia	6,1
Barragem ETA	7,4
Barragem Abaixo da ETA	Variável: entre 3,762 e 4,647
Poço EPAMIG	2,66
Poço Goiaba	3,05

Fonte: elaboração própria.

Os dados das outorgas disponibilizados na Tabela 1 foram utilizados para determinação do atendimento às demandas futuras, uma vez que foi possível calcular o volume diário disponível para consumo humano calculado considerando o tempo de bombeamento máximo (19 horas). Além disso, estes dados constituem informações importantes para garantir a conformidade com a legislação vigente e regulamentos relacionados ao uso da água e na prevenção de escassez futura.

2.4 Perdas de água

Na captação de água na “Barragem ETA”, existe um sistema de bombas que assegura a entrada contínua de água para o processo de tratamento. A leitura regular de hidrômetros instalados na captação e nos reservatórios do *campus* monitora a quantidade de água extraída e reservada, o que possibilita a análise de tendências de consumo e a detecção de perdas no sistema ao comparar a quantidade de água que entra com a quantidade que realmente chega aos reservatórios. Esta informação é essencial para planejar a operação da ETA de maneira eficaz, garantindo que a demanda de água seja atendida de forma sustentável (Tabela 2).

Tabela 2: Volume de captação na Barragem da ETA – 2023 e nos reservatórios registrados pelos hidrômetros

Mês	Entrada ETA (m ³)	Entrada reservatórios (m ³)	Diferença (m ³)	Diferença (%)
Janeiro	8450	5540	2910	34,44%
Fevereiro	8083	5710	2373	29,36%
Março	10632	7250	3382	31,81%
Abril	7984	5430	2554	31,99%
Maiο	10315	7120	3195	30,97%
Junho	9308	6100	3208	34,46%
Julho	8593	5750	2843	33,09%
Agosto	9562	6490	3072	32,13%
Setembro	9535	6210	3325	34,87%
Outubro	7117	5820	1297	18,22%
Novembro	10799	5720	5079	47,03%
Dezembro	9273	5910	3363	36,27%
Total anual	109651	73050	36601	33,38%

Fonte: elaboração própria.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Demanda e disponibilidade hídrica

Utilizando os dados da produção de água do ano de 2023 da UFLA, foi observado um volume anual de 120.039 m³, resultando em um consumo *per capita* (QPC) do ano de 2023 de 21,27 L/hab/dia. Um estudo de projeção da demanda de água realizado pela ANA e divulgado pelo Atlas Águas (ANA, 2021), dos anos de 2020 até 2035, considerou que o consumo *per capita* do município de Lavras se manteria constante (Tabela 3).

Analisando-se os dados, o município possui um resultado 10 vezes maior que o do *campus*, isso acontece devido às diferenças nas atividades e usos da água destes locais. Von Sperling (2005), apresenta valores típicos de consumo *per capita* de água, sendo de 50-100 (L/hab/dia) para escolas com lanchonete, ginásio e chuveiros. No entanto, um estudo de caso na Universidade Federal de Alagoas, considerando diferentes contribuições dos tipos de consumidores dentro da universidade, apresentou o valor de 33,14 L/hab/dia (Silva Júnior;



Ferreira; Barboza, 2018), resultado condizente com os valores encontrados para o consumo *per capita* da UFLA.

Tabela 3: Projeção da demanda urbana de água de 2035 em Lavras (ANA, 2021)

Ano	População (hab)	Demanda Urbana (L/s)	QPC (L/hab/dia)
2020	101.159	251	213,46
2035	108.702	256	213,81

Fonte: elaboração própria.

Utilizando as equações de projeção com taxa de crescimento decrescente (Cenário 1) e projeção aritmética (Cenário 2) para determinar as populações de 2044 e 2064, obteve-se uma população estável de 15.539 pessoas, sem crescimento ao longo dos anos no Cenário 1, e 31.514 (2044) e 43.854 (2064) pessoas no Cenário 2. Assim, a demanda hídrica projetada para atender o cenário 1 foi de 330,526 m³/dia para 2044 e 330,528 m³/dia para 2064.

Esse cenário quase não considera crescimento, refletindo uma recuperação gradual após eventos significativos, como a pandemia de COVID-19. Já no cenário 2, a demanda diária projetada foi de 670,302 m³/dia para 2044 e 932,774 m³/dia para 2064. Este cenário assume um crescimento contínuo e estável, representando uma expansão do *campus* e o desenvolvimento de novos cursos.

Em relação à disponibilidade hídrica, a Tabela 4 apresenta as vazões outorgadas para cada ponto de captação para consumo humano e o volume diário disponível calculado considerando o tempo de bombeamento máximo (19 horas).

Tabela 4: Determinação do volume diário disponível

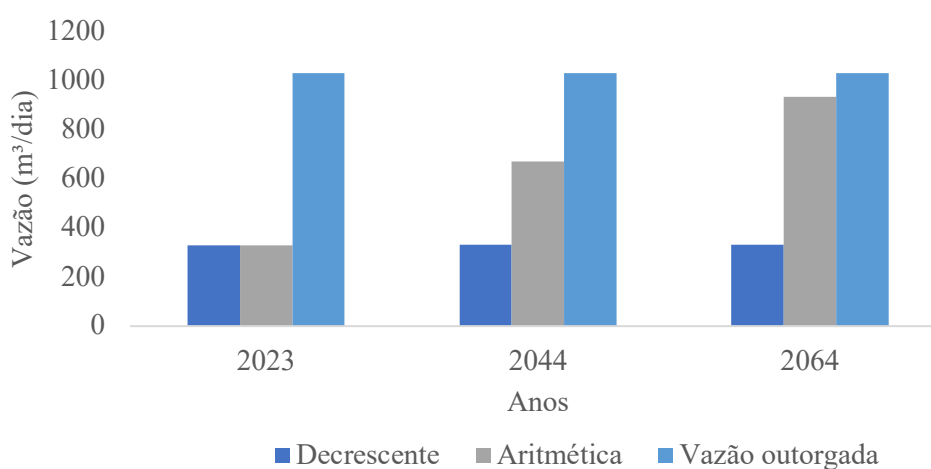
Ponto de captação	Vazão outorgada (L/s)	Volume diário disponível (m ³ /dia)
Barragem ETA	7,4	506,16
Poço EPAMIG	2,66	181,944
Poço Goiaba	3,05	208,62
Total	15,05	1.029,42

Fonte: elaboração própria.

Observa-se, portanto, que soma das vazões outorgadas para os pontos de captação para consumo humano no *campus* da UFLA, sendo 1.029,42 m³/dia, é suficiente para atender tanto

a demanda atual quanto a futura para os anos 2044 e 2064, em ambos os cenários considerando o QPC constante (Figura 3), sendo que, nas condições delineadas, a população máxima que a universidade pode comportar para evitar a necessidade de outras formas de captação de água é de cerca de 43 mil pessoas.

Figura 3: Comparação entre a vazão média diária da população da UFLA no cenário 1, 2 e volume total diário nos anos de 2023, 2044 e 2064



Fonte: elaboração própria.

No entanto, estudos demonstram que alterações ambientais podem afetar a disponibilidade hídrica na região, como o desenvolvido por Dantas, Carvalho e Ferreira (2007), em que verificaram as tendências climáticas no município de Lavras entre 1961-1990 e 1991-2004, observando um aumento de 1°C na temperatura média anual e uma diminuição nas precipitações mensais.

Essa tendência de aumento da temperatura e redução da precipitação foi reforçada por Ribeiro, Mello e Guzman (2024), que analisaram dados de 1980 a 2020 em cinco bacias hidrográficas de Minas Gerais, incluindo a bacia do Rio Grande. Melo et al. (2022) destacam, ainda, o impacto da expansão agrícola na região do Alto Rio Grande, sendo um fator chave na redução do escoamento superficial. Assim, as ações de planejamento para atendimento da demanda no *campus* da UFLA devem considerar as possíveis alterações no regime hidrológico, que podem impactar negativamente na disponibilidade de água nas captações.

Além disso, o incentivo ao uso de água da chuva e reaproveitamento do esgoto tratado no próprio *campus* também são essenciais para manter a segurança hídrica na universidade, assim como do município de Lavras.

Em complemento, a segurança hídrica passa pela garantia da qualidade da água na Bacia do Ribeirão Vermelho. No Ribeirão Vermelho a qualidade da água apresenta uma variação sazonal significativa, sendo influenciada pela urbanização e atividades humanas ao longo da bacia, apresentando classificações de média a ruim, com piora observada durante o inverno devido a menor vazão e aumento da concentração de poluentes (Bello et al., 2021). Estes dados são fundamentais para a UFLA planejar e implementar práticas de tratamento de água que garantam a potabilidade, segurança hídrica e preservação dos mananciais. Além disso, manter a qualidade da água dentro dos padrões regulatórios é essencial para a preservação dos mananciais da universidade.

É importante ressaltar que as projeções de demanda de água desse estudo foram calculadas com base na vazão tratada na ETA, o que reforça a importância da infraestrutura de tratamento de água para o planejamento a longo prazo.

Segundo o Portal da UFLA (2024), a capacidade de tratamento de água da ETA é de 777,6 m³/dia. No entanto, visto o desgaste natural das unidades ao longo do tempo de utilização, essa capacidade não é totalmente alcançada. Portanto, considerando que seja de cerca de 80%, a capacidade real é de 600m³/dia.

Assim, para atender a demanda futura, considerando o cenário 2, será necessário expandir as estruturas da ETA. Ainda que as demandas futuras de água no *campus* sejam atendidas pelo volume outorgado nas fontes de captação da universidade, esse fato não dispensa a necessidade de melhorias nas condições e práticas em relação à gestão eficiente dos recursos hídricos.

Situação semelhante é observada no município de Lavras, em que, segundo levantamento realizado pela ANA no Atlas Águas, para atender a demanda urbana até 2035, o manancial que abastece o município de Lavras é classificado como não vulnerável, o que significa que pelos próximos 30 anos é suficiente. No entanto, o sistema produtor do município necessita de ampliação (ANA, 2021). Como disposto no Relatório de Identificação de Obra, parte integrante do Atlas Águas (2021), o projeto de ampliação já está em andamento com prazo de conclusão das obras para 2026.

Em relação à eficiência de sistemas de abastecimento, a dificuldade de evitar o desperdício de água muitas vezes ocorre devido à falta de informações básicas sobre instalações, número de usuários e práticas operacionais (Marinho; Freire; Kipersto, 2019).

Ademais, outro fator de influência pertinente são as mudanças climáticas, um dos principais desafios atuais, com efeitos que podem comprometer a capacidade dos países de alcançar o desenvolvimento sustentável, impactando significativamente a gestão dos recursos hídricos (Formiga-Johnsson; Britto, 2020).

O aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como secas e chuvas intensas, afetam a disponibilidade de água e exigem adaptações nos sistemas de gestão. Diante desse cenário, torna-se fundamental que a UFLA acompanhe as tendências climáticas regionais e seus impactos sobre a disponibilidade hídrica.

Um estudo na Região Metropolitana de São Paulo, mostra que é essencial aprimorar a governança da água, envolvendo o poder público, a população e as empresas, para mitigar os impactos das mudanças climáticas (Jacobi; Buckeridge; Ribeiro, 2021). Em relação às possíveis soluções para a gestão da água, outras instituições têm implementado algumas ideias, como exemplo, a Universidade de Caxias do Sul adotou um sistema de reutilização de água nos banheiros, utilizando a água das pias para a limpeza dos mictórios (Carli et al., 2013). Em busca de saber os benefícios da utilização da água pluvial em uma escola estadual, um estudo foi realizado no município de Marechal Cândido Rondon, no Paraná. Foi implantado um sistema de captação de água da chuva, reduzindo o uso da água potável e praticando educação ambiental com os alunos (Tugoz; Bertolini; Brandalise, 2017).

Além disso, mudanças no uso do solo e no consumo de água pela vegetação, influenciadas pelo aumento das concentrações de CO₂, também podem modificar a evapotranspiração, que está mudando ao longo do tempo e em diferentes cenários climáticos e, conseqüentemente, a disponibilidade de água (ANA, 2024). Os fenômenos de secas e estiagens, embora antigos, tendem a piorar com o aquecimento global, destacando a importância da ANA e outros órgãos no monitoramento e gestão dos recursos hídricos (Lima, 2023).

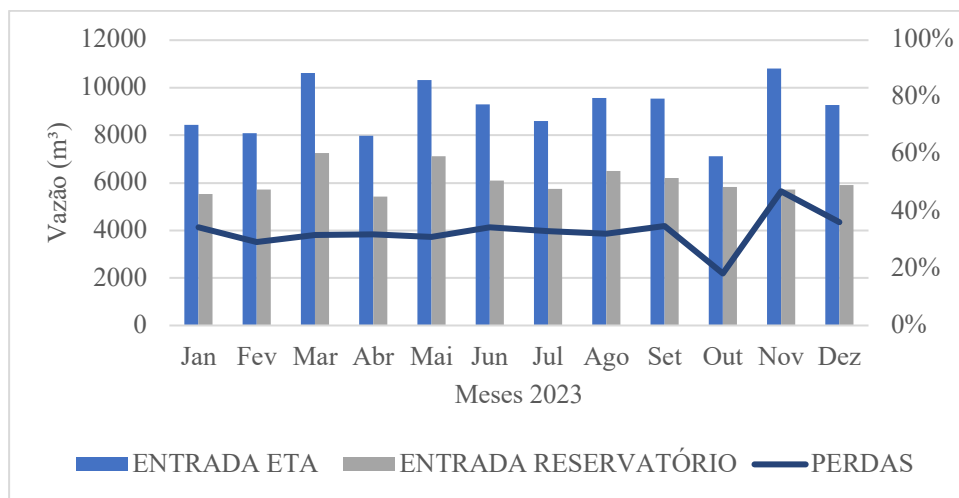
3.2 Eficiência do sistema de produção e distribuição

Garantir a sustentabilidade hídrica na UFLA não envolve apenas a eficiência na captação e no tratamento, mas também na redução de perdas na distribuição e no uso

consciente da água. A gestão de perdas é essencial para otimizar o uso dos recursos hídricos, no entanto, no Brasil, o índice de perdas na distribuição de água é muito alto. De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), para o ano base 2022, em Lavras, o índice médio de perdas foi de 33,15% e no Brasil de 37,78% (Brasil, 2024).

No sistema de distribuição de água da UFLA, os resultados revelaram um índice significativo de perdas reais (Figura 4), chegando a 47% do volume de água captado no mês de novembro de 2023. Essa parcela de água perdida, corresponde a 5079 m³ somente no referido mês, suficiente para atender cerca de 7702 pessoas em um dia na universidade. Tal situação pode ser influência de diversos fatores, os principais motivos considerados são vazamentos nas estruturas de tratamento e equipamentos e tubulações de abastecimento, que podem ocorrer devido ao desgaste natural ao longo do tempo ou à falta de manutenção adequada. Além disso, procedimentos operacionais como a lavagem de filtros e as descargas na rede, quando realizados de forma excessiva ou desnecessária, podem contribuir para o aumento das perdas.

Figura 4: Valores de perdas de água mensais no ano



Fonte: elaboração própria.

As perdas decorrentes de vazamentos, procedimentos operacionais inadequados e extravasamento de reservatórios impactam negativamente a disponibilidade hídrica e a eficiência do sistema de abastecimento. A qualidade da infraestrutura é, sem dúvida, a principal causa das perdas reais (Tardelli Filho, 2016). Assim, o volume de água perdido na Revista Gestão & Sustentabilidade, Chapecó (RG&S), v. 8 n. 1, p. 1-20, jan./dez. 2026 Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS ISSN 2596-142X



solução alternativa coletiva da UFLA representa um desafio significativo para garantir um abastecimento eficiente e sustentável.

Para enfrentar este problema, é fundamental adotar medidas de manutenção preventiva, como a inspeção regular das redes de distribuição e a substituição de tubulações antigas e desgastadas. Além disso, investimentos em tecnologias de monitoramento de vazamentos e análise de dados em tempo real podem ajudar a identificar e corrigir rapidamente as falhas no sistema.

Um estudo na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na Paraíba, visou criar um sistema de medição de água inteligente utilizando protótipos automatizados de baixo custo para melhorar a gestão de água nas redes de distribuição. A tecnologia pode ser uma grande aliada da sustentabilidade, se bem utilizada, destacando o potencial da automação na medição eficiente de água e no monitoramento de sistemas de abastecimento de água (Medeiros, 2022). Felinto Filho et al. (2023) desenvolveram um dispositivo eletrônico com base no Arduino, chamado Torneira Falante, para medir o consumo de água usando um sensor de vazão. Ele fornece uma avaliação visual e sonora ao usuário, avaliando o consumo como excelente, regular ou péssimo, com o objetivo de incentivar o uso racional da água.

No setor privado de saneamento, também estão sendo aplicadas inovações constantes. De acordo com o Relatório de Sustentabilidade da Aegea (2023) é de extrema importância a eficiência operacional para fortalecer a segurança hídrica. O Programa de Redução de Perdas da companhia utiliza tecnologias avançadas para monitoramento de vazão, imagens de satélite e *softwares* para detecção de vazamentos, além de georreferenciamento e cadastro via satélite. A empresa realiza modelagem hidráulica, reduz pontos de pressão elevada e setoriza a rede, renovando hidrômetros e redes para melhorar a infraestrutura. Em 2023, a empresa relata ter reduzido suas perdas de água em 49%, implementando programas de gestão de eficiência energética e metas de redução de perdas até 2033, validadas pelas agências reguladoras.

A UFLA iniciou a instalação de medidores inteligentes de consumo de água e energia elétrica em seu *campus*, investindo R\$365.000,00 em 331 medidores de água, 111 sensores e 76 medidores de energia. Essa ação visa melhorar a gestão dos recursos, promover a sustentabilidade ambiental e foi motivada pela certificação *Blue University* e pela posição de destaque no *Green Metric Ranking*. Os medidores permitirão monitorar o consumo em tempo real, detectar excessos e vazamentos, e fornecer dados para melhorar a gestão e a transparência. O projeto integra o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI 2021-2025) e



utiliza tecnologias de Internet das Coisas (IoT) para tornar o *campus* mais eficiente e sustentável (UFLA, 2023).

4 CONCLUSÃO

Com o presente estudo foi possível concluir que a soma das vazões outorgadas para os pontos de captação no *campus* da UFLA é suficiente para atender a demanda futura, considerando os horizontes de 2044 e 2064, tanto nos cenários de crescimento populacional moderado quanto acentuado. No entanto, frente ao cenário de crescimento mais intenso (Cenário 2), a capacidade atual da ETA-UFLA se mostra limitada, sendo necessário expandir a estrutura da mesma para garantir o tratamento do volume de água demandado.

Ressalta-se que o campus também conta com captações em poços tubulares, os quais representam uma estratégia complementar relevante para o atendimento das demandas hídricas projetadas nos cenários futuros. Além disso, os elevados índices de perdas evidenciam a necessidade de melhorias em ações de controle, manutenção preventiva e gestão da infraestrutura de tratamento e distribuição de água no campus.

Esse estudo se mostra relevante para o planejamento e gestão hídrica da instituição, ao passo que fornece uma avaliação integrada da demanda e disponibilidade hídrica atual e futura, e revela o alto índice de perdas. Uma gestão eficaz dos recursos hídricos também deve promover práticas sustentáveis, como a reutilização de água e a implementação de novas tecnologias.

Dessa forma, a UFLA pode garantir uma gestão hídrica que não só atenda às necessidades atuais, mas também que esteja preparada para a demanda futura, garantindo a sustentabilidade dos seus recursos e o bem-estar de sua população. Além disso, implementar programas de conscientização sobre o uso racional da água com educação ambiental entre a comunidade acadêmica também é uma medida importante para promover a conscientização. Embora existam programas de reutilização de água na universidade, são necessários dados adicionais para pesquisa e estudos mais aprofundados.

Ainda que este trabalho não tenha como foco a proposição de soluções específicas, os resultados apontam para a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o comportamento do sistema. Recomenda-se a realização de novas pesquisas utilizando os dados dos medidores inteligentes recentemente instalados no *campus*, e uma análise detalhada das causas de perdas,

para diferenciar a água utilizada nas operações da ETA e o que está se perdendo na distribuição.

Referências bibliográficas

AEGEA SANEAMENTO E PARTICIPAÇÕES S. A. **Relatório de Sustentabilidade 2023**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/9aa4d8c5-604a-4097-acc9-2d8be8f71593/944240f1-5dd3-325c-0d45-fb1360f54463?origin=1>. Acesso em: 28 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA (Brasil). **Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos do Brasil**. Brasília, DF: Ana, p. 96, 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA (Brasil). **Mun_Diagnóstico_Prognóstico**. In: Atlas Águas. Brasília, DF: ANA, 2021. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d77a2d01-0578-4c71-a57e-87f5c565aacf>. Acesso em: 2 jun. 2024.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BELLO, I. P. *et al.* Qualidade de água e de estado trófico do Ribeirão Vermelho em Lavras, MG. **Sustentare**, Três Corações, v. 5, n. 1, p. 32-48, 2021.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**, Brasília, DF, jan. 2017.

BRASIL. Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Brasília, DF, jan. 2007.

BRASIL. Lei n.º 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico**. Brasília, DF, jul. 2020.

CARLI, L. N. *et al.* Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior – estudo de caso da universidade de caxias do sul. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 143–165, 2013. DOI: 10.5585/geas.v2i1.30

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

FELINTO FILHO, G. G. *et al.* Sistema eletrônico de informação ao usuário sobre seu consumo de água: a torneira falante. **Contribuciones a las ciencias sociales**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 8, p. 1157–1173, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.8-122

FORMIGA-JOHNSON, R. M.; BRITTO, A. L. Segurança hídrica, abastecimento metropolitano e mudanças climáticas: considerações sobre o caso do Rio de Janeiro. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 23, p. 1–24, 2020. DOI: 10.1590/1809-4422asoc20190207r1vu2020L6TD

FREY, K. *et al.* Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o planejamento e a governança ambiental na Macrometrópole Paulista. Santo André: Editora UFABC, 2020. ISBN: 978-65-990173-5-3.



INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. – IGAM. **Plano Diretor de Recursos Hídricos**, Bacia Hidrográfica Rio das Mortes, Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos GD2, Volume I. Belo Horizonte, 2019. 684 p.

JACOBI, P. R.; BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. Governança da água na Região Metropolitana de São Paulo - desafios à luz das mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 35, n. 102, p. 209–226, 2021. DOI: 10.1590/s0103-4014.2021.35102.013

JARDIM, Gustavo Ferreira *et al.* Evaluation of rainfall patterns in Lavras, Minas Gerais, before and after the formation of the Funil Lake. **Agrometeoros**, v. 28, 8 jul. 2020.

KALBAR, P. P.; LOKHANDE, S. Need to adopt scaled decentralized systems in the water infrastructure to achieve sustainability and build resilience. **Water Policy**, v. 25, n. 4, p. 359–378, 1 abr. 2023.

LI, Peiyue; WU, Jianhua. Water Resources and Sustainable Development. **Water** 2024, v. 16, P. 134, 2023.

LIMA, M. **Captação de água pluvial para a dessedentação animal**. Orientador: Prof. Dra. Juliana Marques Schontag. 2023. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), 2023.

MARINHO, M. B.; FREIRE, M. T. M.; KIPERSTOK, A. O Programa AGUAPURA de racionalização do consumo de água da Universidade Federal da Bahia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Salvador, v. 24, n. 3, p. 481–492, 2019. DOI: 10.1590/S1413-41522019124527

MEDEIROS, L. E. L. **Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para medição inteligente de vazão em redes de abastecimento**. 2022. Tese (Pós Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

MELO, P. A. *et al.* Analysis of hydrological impacts caused by climatic and anthropogenic changes in Upper Grande River Basin, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 81, n. 21, p. 1–15, 1 nov. 2022.

MINAS GERAIS. Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. **Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos**. Belo Horizonte, MG, jan. 1999.

NAVES, L. C.; FREITAS, D. M. A. Ações institucionais da UFLA, para conservação dos recursos hídricos dentro do campus. **Águas de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 1, p. 67, 2018.

PIESSE, M. Global water supply and demand trends point towards rising water insecurity. **Future Directions International Pty Ltd**, Australia, 2020.

PIMENTEL, P. A. B. F. **Gestão de recursos hídricos e segurança hídrica: uma análise em municípios da bacia hidrográfica do rio Ipojuca-PE a partir de indicadores**. 2022. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

RIBEIRO, C. L. C.; MELLO, C. R.; GUZMAN, J. A. Groundwater storage trend in headwater basins: shreds of evidence from the last decades in Minas Gerais state, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 83, n. 10, p. 1-14, 2024.



SILVA JÚNIOR, J. C. ; FERREIRA, I. V. L.; BARBOZA, M. G. **Consumo per capita de água em instituição de ensino superior: estudo de caso.** In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA (CONTECC), 20., 2018, Maceió. **Anais. [...].** Maceió: 2018.

TARDELLI FILHO, J. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista Dae**, v. 64, n. 201, p. 6-20, 2016.

TUGOZ, J. E. L; BERTOLINI, G. R. F.; BRANDALISE, L. T. Captação e Aproveitamento da Água das Chuvas: O Caminho para uma Escola Sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, Paraná, v. 6, n. 1, p. 26–39, 2017. DOI: 10.5585/geas.v6i1.396

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA). **A Universidade Centenária.** Lavras, MG. Disponível em: <https://ufla.br/acesso-a-informacao/10-institucional/sobre-a-ufla/3-a-universidade-centenaria>. Acesso em: 2 mai. 2024.

VON SPERLING. M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 452p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1), 2005.

