REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

VIABILIDADE TÉCNICA DO REÚSO DE EFLUENTE TRATADO EM ATIVIDADES URBANAS NÃO POTÁVEIS EM UBERABA-MG

TECHNICAL FEASIBILITY OF TREATED EFFLUENT REUSE FOR NON-POTABLE URBAN ACTIVITIES IN UBERABA, BRAZIL

VIABILIDAD TÉCNICA DEL REÚSO DE EFLUENTE TRATADO EN ACTIVIDADES URBANAS NO POTABLES EN UBERABA, BRASIL

Giovanni Andrea Molinero
Mestre em Engenharia Química, Universidade de Uberaba - PPGEQ, Brasil
E-mail: giovanni.molinero@codau.com.br

Orcid: 0009-0008-3683-8848

Letícia Cristina de Sousa Dias
Bacharel em Engenharia Química, Universidade de Uberaba – UNIUBE, Brasil
Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Brasil
E-mail: lecridias@gmail.com
Orcid: 0009-0001-0224-2818

Luís Felipe da Cruz Souza
Bacharel em Engenharia Química, Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Brasil
E-mail: lfcruzsouza@hotmail.com
Orcid: 0009-0007-0293-2636

José Roberto Delalibera Finzer
Doutor em Engenharia de Alimentos, Universidade de Uberaba - PPGEQ, Brasil
E-mail: jose.finzer@uniube.br

Orcid: 0000-0001-6139-3619

Resumo

Este estudo avaliou preliminarmente a viabilidade técnica do reúso do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Francisco Velludo em atividades urbanas não potáveis no município de Uberaba-MG, considerando também as condições de infraestrutura disponíveis para sua futura implantação. A pesquisa foi estruturada a partir da caracterização da oferta hídrica e da qualidade do efluente em 2025, da estimativa da demanda de água em serviços de limpeza de feiras livres e

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

hidrojateamento de redes coletoras e de ensaios de desinfecção por cloração. A ETE apresentou vazão média de 568,32 L/s. As médias anuais de pH, sólidos sedimentáveis, DQO, DBO, fósforo total, nitrogênio amoniacal e Escherichia coli foram, respectivamente, 6,93; 0,16 mg/L; 81,68 mg/L; 24,67 mg/L; 19,03 mg/L; 36,98 mg/L; e 1,00 × 10⁶ NMP/100 mL. A demanda potencial de substituição de água potável foi estimada em 61.512,85 m³/ano, sendo aproximadamente 51.597 m³/ano destinados à limpeza de vias após feiras livres e 9.916 m³/ano às operações de hidrojateamento. Na condição atual, a concentração microbiológica limita modalidades mais restritivas de reúso. Nos ensaios com hipoclorito de sódio a 12%, as dosagens de 0,13 e 0,18 mL/L proporcionaram remoções de E. coli de 99,98% e 99,99%, respectivamente, mas não asseguraram o cloro residual livre mínimo de 0,5 mg/L. A dosagem de 0,20 mL/L foi a menor a atingir 0,60 mg/L de residual após 30 minutos. Conclui-se que a ETE apresenta viabilidade técnica para fornecimento de água de reúso, condicionada à implantação de desinfecção complementar e ao controle operacional da qualidade.

Palavras-chave: reúso de água; efluente sanitário; desinfecção por cloração; gestão hídrica sustentável.

Abstract

This study preliminarily assessed the technical feasibility of reusing treated effluent from the Francisco Velludo Wastewater Treatment Plant (WWTP) for non-potable urban activities in the municipality of Uberaba, Minas Gerais, Brazil, also considering the existing infrastructure conditions for its future implementation. The research characterized water availability and effluent quality in 2025, estimated water demand for street cleaning after open-air markets and sewer hydro-jetting, and assessed chlorination as a complementary disinfection step. The WWTP operated at an average flow of 568.32 L/s. Annual mean values for pH, settleable solids, COD, BOD, total phosphorus, ammoniacal nitrogen and Escherichia coli were 6.93; 0.16 mg/L; 81.68 mg/L; 24.67 mg/L; 19.03 mg/L; 36.98 mg/L; and 1.00 × 10⁶ MPN/100 mL, respectively. The potential demand for replacing potable water was estimated at 61,512.85 m³/year, including approximately 51,597 m³/year for street cleaning and 9,916 m³/year for hydro-jetting. Under current conditions, microbiological quality restricts more demanding reuse applications. In chlorination tests using 12% sodium hypochlorite, doses of 0.13 and 0.18 mL/L achieved E. coli removal efficiencies of 99.98% and 99.99%, respectively, but did not maintain the minimum free chlorine residual of 0.5 mg/L. A dose of 0.20 mL/L was the lowest to achieve 0.60 mg/L after 30 minutes. The WWTP therefore shows technical feasibility for reuse-water supply, provided that complementary disinfection and operational quality control are implemented.

Keywords: water reuse; sewage effluent; chlorination disinfection; sustainable water management.

Resumen

Este estudio evaluó de manera preliminar la viabilidad técnica de la reutilización del efluente tratado de la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales (EDAR) Francisco Velludo en actividades urbanas no potables en el municipio de Uberaba, Minas Gerais, Brasil, considerando también las condiciones de infraestructura disponibles para su futura implementación. Se caracterizaron la disponibilidad y la calidad del efluente en 2025, la demanda de agua para limpieza de vías después de ferias libres y para hidrolavado de redes de alcantarillado, y la desinfección complementaria por cloración. La estación operó con un caudal medio de 568,32 L/s. La demanda potencial de sustitución de agua potable fue de 61.512,85 m³/año. La concentración media de E.Coli fue de 1,00 × 10⁶ NMP/100 mL, lo que restringe las modalidades de reúso más exigentes. En los ensayos con hipoclorito de sodio al 12%, las dosis de 0,13 y 0,18 mL/L alcanzaron eficiencias de remoción de E. coli del 99,98 % y del 99,99 %, respectivamente, pero no mantuvieron el cloro residual libre mínimo de 0,5 mg/L. La dosis de 0,20 mL/L fue la menor capaz de alcanzar 0,60 mg/L después de 30 minutos. Se concluye que la estación presenta viabilidad técnica para suministrar agua de reúso, siempre que se incorpore una etapa complementaria de desinfección y control operacional de la calidad.

Palabras clave: reúso de agua; efluente sanitario; desinfección por cloración; gestión hídrica sostenible.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

1. Introdução

As alterações no regime hídrico, associadas às mudanças climáticas, ao crescimento urbano e à degradação da qualidade das águas, ampliam a necessidade de fontes alternativas e de instrumentos de gestão capazes de reduzir a pressão sobre os mananciais. Embora o Brasil detenha parcela expressiva da água doce mundial, sua distribuição territorial é desigual, e regiões densamente ocupadas podem enfrentar situações recorrentes de escassez e conflitos de uso (Rebouças, 2015; Marengo e Dias, 2015; ANA, 2017).

Entre as alternativas disponíveis, o reúso planejado de efluentes tratados permite substituir água potável em aplicações que não exigem padrão de potabilidade. Além de reduzir a demanda sobre os sistemas de abastecimento, a prática pode diminuir o lançamento de efluentes em corpos receptores e favorecer a reciclagem de água e nutrientes, aproximando o saneamento dos princípios da economia circular (Hespanhol, 2003; Asano et al., 2007; Giakoumis, Vaghela e Voulvoulis, 2020).

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020 estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável proveniente de estações de tratamento de esgoto. A norma diferencia usos amplos e limitados e contempla aplicações agrossilvipastoris, urbanas, ambientais e industriais, condicionando o aproveitamento à qualidade do efluente e ao risco associado ao uso pretendido.

No município de Uberaba, o tema assume relevância diante dos períodos de estiagem e da dependência do rio Uberaba como principal manancial de abastecimento. A ETE Francisco Velludo, principal unidade de tratamento de esgoto do município, apresenta geração contínua de efluente tratado e condições físicas que podem favorecer sua utilização como fonte alternativa para atividades operacionais.

Assim, este artigo tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica do reúso do efluente tratado da ETE Francisco Velludo em atividades urbanas não potáveis em Uberaba-MG, considerando a disponibilidade volumétrica, a qualidade físico-química

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

e microbiológica, a demanda potencial de substituição de água potável e a eficiência de uma etapa complementar de desinfecção por cloração.

2. Revisão da Literatura

2.1 Reúso de água e gestão sustentável dos recursos hídricos

O reúso de água pode ser compreendido como o aproveitamento de águas previamente utilizadas para suprir outros usos benéficos. Sua adoção ganhou importância à medida que a disponibilidade de água de boa qualidade passou a ser reconhecida como fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Em sistemas urbanos, o reúso amplia a oferta hídrica sem exigir que toda demanda seja atendida por água tratada segundo padrões de potabilidade (Lavrador Filho, 1987; Brega Filho e Mancuso, 2003).

A literatura associa o reúso a benefícios ambientais, econômicos e sociais. Ambientalmente, a derivação de parte do efluente tratado para usos compatíveis pode reduzir cargas lançadas em corpos receptores e preservar vazões naturais. Economicamente, pode reduzir a dependência de fontes convencionais e aumentar a resiliência de serviços e atividades produtivas. Socialmente, contribui para reservar água de melhor qualidade a usos prioritários, sobretudo em períodos de estresse hídrico (Asano et al., 2007; Mancuso e Santos, 2017; ANA, 2017).

No Brasil, experiências como o Projeto Aquapolo demonstram a possibilidade de aproveitamento de efluentes tratados em escala relevante, com tratamento adicional adequado ao uso final. A experiência evidencia que o nível de tratamento deve ser definido em função da qualidade requerida e dos riscos sanitários e operacionais envolvidos (Ferreira, 2018).

2.2 Modalidades e critérios para reúso não potável

A Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020 define modalidades de reúso direto não potável em Minas Gerais. Para usos urbanos, incluem-se lavagem de áreas públicas, veículos, controle de poeira, combate a incêndio e desobstrução de galerias e redes de esgoto. O enquadramento depende especialmente da qualidade

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

microbiológica, pois aplicações com maior possibilidade de contato humano exigem padrões mais restritivos.

Para efluentes de tratamento secundário, a ausência de desinfecção pode constituir a principal limitação para usos urbanos. Processos complementares como cloração, radiação ultravioleta, ozonização ou sistemas de membranas podem ser empregados de acordo com a qualidade de entrada e o padrão final desejado (Metcalf & Eddy, 2014; Mancuso e Santos, 2017).

2.3 Desinfecção por cloração

A cloração permanece entre as alternativas mais difundidas para desinfecção devido à simplicidade operacional e à possibilidade de manutenção de residual desinfetante. Em meio aquoso, a eficiência depende da forma química do cloro, do pH, do tempo de contato e da demanda exercida pela matéria presente no efluente. O ácido hipocloroso possui elevada ação desinfetante e sua eficiência está relacionada à capacidade de penetração e oxidação das células microbianas (Meyer, 1994).

Além da redução de indicadores microbiológicos, a presença de cloro residual livre após o tempo de contato é relevante quando a água será armazenada ou transportada, pois contribui para preservar sua qualidade até o ponto de uso. Assim, a definição da dosagem deve considerar simultaneamente a inativação microbiológica e o residual obtido.

3. Metodologia

A pesquisa foi de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa. O estudo foi desenvolvido em cinco etapas: caracterização da infraestrutura e da oferta de efluente tratado; identificação das possibilidades de reúso; consolidação do referencial técnico e normativo; estimativa do volume de água potável passível de substituição; e análise do impacto hídrico e da necessidade de desinfecção complementar.

A unidade de estudo foi a ETE Francisco Velludo, localizada na porção oeste de Uberaba-MG. A estação foi projetada para tratamento secundário, com reatores

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

UASB seguidos por lagoas aeradas de mistura completa e lagoas aeradas facultativas. Foram analisados os registros operacionais de vazão e de qualidade do efluente referentes a 2025. Os parâmetros considerados foram pH, sólidos sedimentáveis, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, nitrogênio amoniacal e Escherichia coli.

Os dados de qualidade do efluente foram obtidos a partir das análises laboratoriais de rotina da ETE, organizadas em registros mensais referentes ao ano de 2025. As médias e os desvios-padrão apresentados na Tabela 1 foram calculados a partir dos valores mensais disponíveis, desconsiderando-se os registros sem resultado. Para E. coli, foram considerados dez valores mensais, em razão da ausência de resultados em fevereiro e março.

Para a estimativa da demanda hídrica destinada à limpeza das feiras livres, considerou-se como referência operacional a utilização de um caminhão-pipa com capacidade de 15 m³ por feira. Adotou-se, como premissa de cálculo, o coeficiente de 15 L/m² por evento, aplicado às áreas levantadas e à frequência semanal das feiras no município de Uberaba.

O volume anual potencialmente substituível foi obtido pela soma das demandas de higiene urbana e hidrojateamento. O resultado foi comparado à produção municipal de água tratada para estimar a participação relativa da substituição.

Para avaliar a adequação microbiológica, foram realizados ensaios de desinfecção com hipoclorito de sódio a 12% (m/m). Adotou-se como referência o critério de cloro residual livre mínimo de 0,50 mg/L, após 30 minutos de contato, conforme estabelecido pela ABNT NBR 17076:2024 para desinfecção por cloro. Amostras de 1 L de efluente tratado receberam inicialmente 0,13 e 0,18 mL de solução, com avaliação de E.Coli e cloro residual livre após 30 minutos de contato. Como os residuais obtidos permaneceram abaixo de 0,5 mg/L, foram conduzidos testes adicionais com dosagens entre 0,20 e 1,00 mL/L, visando identificar a menor dosagem capaz de manter residual compatível com o critério adotado no estudo.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

4. Resultados e Discussão

4.1 Disponibilidade e qualidade do efluente tratado

A ETE Francisco Velludo apresenta condições estruturais favoráveis à implantação de um sistema de reúso, incluindo área disponível para estruturas complementares, acessos internos e possibilidade de manobra de caminhões. A localização na porção oeste do município também favorece o atendimento a atividades externas e a integração logística com serviços operacionais.

Em 2025, a vazão média da estação foi de 568,32 L/s, indicando oferta de efluente muito superior à demanda inicialmente identificada para os usos estudados. Quanto à qualidade, as médias anuais foram 6,93 para pH; 0,16 mg/L para sólidos sedimentáveis; 81,68 mg/L para DQO; 24,67 mg/L para DBO; 19,03 mg/L para fósforo total; 36,98 mg/L para nitrogênio amoniacal; e 1,00 × 10^6 NMP/100 mL para E. coli. Ver a Tabela 1.

Tabela 1 - Dados mensais do efluente tratado da ETE Francisco Velludo em 2025.

Mês	pH	Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	E.Coli (NMP/100mL)
Janeiro	7,08	0,10	56,61	17,94	8,6	30,48	6,4E+04
Fevereiro	6,83	0,10	54,61	18,74	9,0	27,8	NR
Março	6,89	0,10	71,62	17,66	98,3	33,4	NR
Abril	6,74	0,84	56,67	21,62	7,84	33,7	1,29E+05
Maio	6,94	0,10	85,55	29,23	15,12	37,97	1,30E+06
Junho	6,83	0,10	104,63	35,75	13,5	37,15	7,5E+05
Julho	6,85	0,10	108,45	34,43	11,32	40,6	5,50E+05
Agosto	6,85	0,10	98,26	31,94	11,7	39,3	9,92E+05
Setembro	7,31	0,10	101,93	28,81	13,5	44,26	2,06E+06
Outubro	6,78	0,10	92,95	24,9	13,5	42,1	1,53E+06
Novembro	7,14	0,10	73,6	20,12	11,1	40,4	4,3E+05
Dezembro	6,94	0,10	75,25	14,95	14,9	36,63	2,40E+06
Médias	6,93 ± 0,17	0,16 ± 0,21	81,68 ± 19,69	24,67 ± 7,15	19,03 ± 25,08	36,98 ± 4,87	1,00E+06 ± 7,94E+05

Fonte: Elaborado pelo autor (2026). Nota: NR = resultado não registrado; ± = desvio-padrão dos valores mensais disponíveis. Os registros NR não foram considerados no cálculo das estatísticas descritivas.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

A concentração média de E. coli constitui o principal fator limitante para aplicações urbanas mais restritivas. A ETE opera em nível secundário e não possui etapa específica de desinfecção; portanto, a presença de microrganismos indicadores em concentrações elevadas é coerente com a configuração atual do processo. A análise normativa indicou potencial de enquadramento do efluente sem desinfecção nas modalidades agrossilvipastoril limitada e ambiental limitada, enquanto o reúso urbano exige maior controle microbiológico. Ver a Tabela 2.

A presença de nitrogênio e fósforo também demonstra que o efluente pode apresentar valor agronômico em aplicações compatíveis, embora essa possibilidade dependa de avaliação específica do solo, da cultura e das condições de aplicação.

Tabela 2 - Enquadramento do efluente tratado nas modalidades de reúso com base em E. coli.

Modalidade de Reúso	Limite E.Coli (NMP/100mL)	Média de E.Coli no Efluente	Atendimento
Agrossilvipastoril limitado	$\leq 10^6$	$1{,}00 \times 10^6$	Atende
Ambiental limitado	$\leq 10^6$	$1{,}00 \times 10^6$	Atende
Urbano limitado	$\leq 10^4$	$1{,}00 \times 10^6$	Não atende

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A comparação dos resultados microbiológicos com os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020 indica que a concentração média de E. coli se encontra próxima ao valor de referência para as modalidades agrossilvipastoril limitada e ambiental limitada. Entretanto, considerando a variabilidade dos registros mensais e a proximidade do resultado com o limite normativo, o enquadramento definitivo do efluente nessas modalidades requer a observância dos critérios de avaliação previstos na regulamentação aplicável. Para o reúso urbano limitado, os resultados evidenciam a necessidade de desinfecção complementar.

4.2 Demanda potencial e substituição de água potável

A demanda de higiene urbana associada às feiras livres foi estimada a partir das áreas ocupadas e da frequência de limpeza. O consumo anual calculado foi de aproximadamente 51.597,1 m³. Para as atividades de manutenção das redes

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

coletoras, o levantamento das ordens de serviço e dos volumes utilizados resultou em demanda anual aproximada de 9.915,75 m³. Ver a Tabela 3.

A soma das duas categorias correspondeu a 61.512,85 m³/ano de água potencialmente substituível por água de reúso. Embora a demanda anual estimada de 61.512,85 m³ represente aproximadamente 0,17% do volume de 35.952.612 m³ de água tratada e distribuída no município de Uberaba em 2025, sua substituição potencial por água de reúso representa uma oportunidade de conservação dos recursos hídricos.

Tabela 3 - Volume anual de água utilizado nas atividades avaliadas.

Atividade	**Volume gasto de água anual (m³)**
Limpeza das vias públicas	51.597,10
Manutenções das redes de esgotamento sanitário	9.915,75
Total	61.512,85

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.3 Desinfecção complementar por cloração

A amostra de efluente tratada utilizada nos ensaios apresentou 460.000 NMP/100 mL de E.Coli antes da adição de hipoclorito. A dosagem de 0,13 mL/L reduziu a concentração para 92 NMP/100 mL, com eficiência de 99,98%, enquanto 0,18 mL/L reduziu para 36 NMP/100 mL, com eficiência de 99,99%. Os resultados confirmaram elevada capacidade de inativação microbiológica.

Apesar da eficiência, os residuais de cloro foram 0,38 e 0,45 mg/L, respectivamente, abaixo do valor mínimo de 0,5 mg/L adotado no estudo. Esse resultado evidencia que a avaliação da desinfecção não deve se limitar à concentração microbiológica imediatamente após o tratamento, pois a manutenção de residual é importante para armazenamento, transporte e uso. Ver a Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios microbiológicos com hipoclorito de sódio.

Volume de hipoclorito (mL)	**Cloro residual livre (mg/L)**	**Resultado do E.Coli (NMP/100 mL)**	**Eficiência de remoção (%)**
0,13	0,38	92	99,98
0,18	0,45	36	99,99

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

A dosagem de 0,20 mL/L de solução de hipoclorito de sódio a 12% foi a menor, entre as avaliadas nesta etapa, que apresentou cloro residual livre superior a 0,50 mg/L, atingindo 0,60 mg/L após 30 minutos de contato. Entre 0,20 e 0,70 mL/L, os residuais variaram de 0,60 a 1,83 mg/L. Dosagens de 0,80 mL/L ou superiores produziram residuais acima de 2,0 mg/L nos ensaios apresentados.

Os ensaios complementares de cloração foram conduzidos de forma exploratória, iniciando-se com a dosagem de 0,20 mL/L de hipoclorito de sódio a 12% (Tabela 5). As dosagens foram progressivamente ajustadas, com acompanhamento do cloro residual livre após 30 minutos de contato. A dosagem de 0,70 mL/L foi adotada como referência para delimitação da faixa exploratória, uma vez que, nessa condição, foi observado residual considerado elevado para os objetivos do estudo. Dessa forma, o intervalo de 0,20 a 0,70 mL/L corresponde à faixa de investigação definida experimentalmente. Portanto, a implantação em escala real deve prever controle de residual e ajustes operacionais, em vez de adotar uma dosagem fixa sem monitoramento.

Tabela 5 - Cloro residual livre em função da dosagem de hipoclorito de sódio.

Volume de efluente (litros)	Volume de NaClO (mL)	Cloro residual livre (mg/L)
1	0,2	0,60
1	0,4	0,89
1	0,5	1,49
1	0,6	1,65
1	0,7	1,83
1	0,8	2,59
1	0,9	2,92
1	1,0	3,20

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.4 Implicações para implantação do reúso

Os resultados integrados mostram que a limitação do sistema não está na disponibilidade volumétrica, mas na necessidade de adequação da qualidade microbiológica para os usos urbanos pretendidos. A oferta da ETE é amplamente superior à demanda inicialmente levantada, e a infraestrutura apresenta condições favoráveis à instalação de tomada de água, tanque de contato e reservação.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

Para o cenário estudado, foi dimensionado (Molinero, 2026) um tanque de contato de 3,75 m³ para 30 minutos de contato, com 1,25 m de altura útil, 1 m de largura e 3 m de comprimento. O dimensionamento representa uma referência inicial para atendimento à demanda estimada, devendo ser revisto em projeto executivo conforme vazões instantâneas de abastecimento, estratégia de operação, reservação, segurança e automação. O volume proposto corresponde a uma vazão teórica de 7,5 m³/h para um tempo nominal de contato de 30 minutos, constituindo uma referência preliminar, sujeita à definição do regime operacional e das vazões de abastecimento na etapa de projeto executivo.

A adoção do reúso para limpeza urbana e hidrojateamento pode funcionar como etapa inicial de um programa municipal mais amplo. A expansão para novas aplicações deve ser acompanhada de critérios de qualidade específicos, protocolos de segurança ocupacional, sinalização, controle de transporte e monitoramento sistemático.

5. Conclusão

A ETE Francisco Velludo apresenta viabilidade técnica para atuar como unidade fornecedora de água de reúso não potável em Uberaba-MG. A vazão média de 568,32 L/s demonstra disponibilidade suficiente para atender com ampla margem à demanda anual inicialmente identificada de 61.512,85 m³, composta principalmente pela limpeza de vias após feiras livres e pelo hidrojateamento de redes coletoras.

A qualidade físico-química do efluente é compatível com o tratamento secundário existente, mas a concentração média de E. coli de 1,00 × 10⁶ NMP/100 mL limita o uso urbano sem tratamento complementar. Os ensaios de cloração mostraram remoções de E. coli de 99,98% e 99,99%. Entretanto, as dosagens iniciais de 0,13 e 0,18 mL/L não mantiveram residual mínimo de 0,5 mg/L. A dosagem de 0,20 mL/L foi a menor que atingiu 0,60 mg/L após 30 minutos, indicando a necessidade de uma etapa de desinfecção com monitoramento operacional.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

Assim, a implantação de um programa de reúso é tecnicamente possível desde que sejam incorporadas desinfecção complementar, reservação adequada, controle do cloro residual, monitoramento microbiológico e procedimentos de segurança compatíveis com os usos escolhidos. A medida pode reduzir o emprego de água potável em atividades que não exigem essa qualidade e contribuir para a resiliência hídrica municipal.

Como continuidade, recomenda-se avaliar custos de implantação e operação, riscos microbiológicos, variações sazonais da qualidade do efluente e desempenho do sistema em escala operacional, além de estudar a ampliação para outras demandas urbanas não potáveis.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: ANA, 2017.

AQUAPOLO. **Relatório de Sustentabilidade 2023**. São Paulo: Aquapolo, 2023.

ASANO, Takashi; BURTON, Franklin; LEVERENZ, Harold; TSUCHIHASHI, Ryujiro; TCHOBANOGLOUS, George. **Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications**. New York: McGraw-Hill Education, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 17076:2024: Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BREGA FILHO, Darcy; MANCUSO, Pedro C. S. “**Conceito de reúso de água.” Reúso de Água**. Barueri: Manole, 2003.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS (CERH-MG). **Deliberação Normativa CERH-MG** nº 65, de 18 de junho de 2020. Minas Gerais, 2020.

FERREIRA, Ana Paula Thomazelli et al. “**Tratamento de efluentes para reúso industrial: o Projeto Aquapolo**.” Anais do XX ENGEMA, São Paulo, 2018.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 19/10/2026 - **Accepted:** 20/10/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/z44c7916
Pages: 1-13

GIAKOUMIS, Theodoros; VAGHELA, Chirag; VOULVOULIS, Nikolaos. “The role of water reuse in the circular economy.” **Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection**, vol. 5, 2020, pp. 227-252.

HESPANHOL, Ivanildo. “**Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**.” Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 8, no. 3, 2003, pp. 139-147.

LAVRADOR FILHO, José. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. 1987.

MANCUSO, Pedro C. S.; SANTOS, Hilton F. **Reúso de Água**. 2. ed. Barueri: Manole, 2017.

MARENGO, José A.; DIAS, Pedro L. S. “**Mudanças climáticas e seus impactos climáticos e hidrológicos no Brasil.” Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação.** 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015, pp. 63-92.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource** Recovery. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

MEYER, Sheila T. “O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública.” **Cadernos de Saúde Pública**, vol. 10, no. 1, 1994, pp. 99-110.

MOLINERO, Giovanni Andrea. Estudo da viabilidade técnica do reúso de água de estação de tratamento de esgoto em atividades urbanas não potáveis no município de Uberaba – MG. 2026. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Química) – Universidade de Uberaba, Uberaba, 2026.

REBOUÇAS, Aldo C. “Água doce no mundo e no Brasil.” Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015, pp. 1-36.

UBERABA. **Prefeitura Municipal. Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Turismo**. Uberaba em dados. Uberaba, 2008.

CC BY