

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS LONDRINA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ARLETE ALVES PEREIRA**

**REÚSO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS  
ESTUDO DE CASO UTFPR – CÂMPUS LONDRINA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA  
2019**

ARLETE ALVES PEREIRA

**REÚSO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS  
ESTUDO DE CASO UTFPR – CÂMPUS LONDRINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi

**LONDRINA**

**2019**



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do**  
**Paraná**  
Câmpus Londrina  
Coordenação de Engenharia Ambiental



## TERMO DE APROVAÇÃO

### **REÚSO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS** **ESTUDO DE CASO UTFPR – CÂMPUS LONDRINA**

por

**Arlete Alves Pereira**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 27 de novembro de 2019 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Ajadir Fazolo  
(UTFPR)

---

Profa. Dra. Silvia Priscila Dias Monte Blanco  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi  
(UTFPR)  
Orientador

---

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

## DEDICATÓRIA

*Com amor e gratidão, dedico este trabalho ao meu Poder Superior que inspirou em mim um sentido do seu propósito e me fez renascer para um novo mundo de possibilidades.*

## AGRADECIMENTOS

Assim como em toda a minha vida nunca conquistei nada sem o apoio de outras pessoas, este trabalho também contou com a ajuda de muitas.

Sou grata em primeiro lugar ao meu Poder Superior que me concedeu uma nova oportunidade para realizar os meus sonhos e reescrever a minha história.

À minha família, em especial aos meus pais, Sônia e Francisco, que em sua simplicidade se dedicaram à minha educação como ser humano, sem nunca desistir de mim; às minhas irmãs, Sabrina, Mariana e Kelly por todo carinho e amor recebidos. À Lindinalva, Raphael e Anna Paula, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram em minhas empreitadas.

Às Profas. Nilma e Cláudia, que tornaram possível o início dessa caminhada e com muito amor investiram em meu potencial desde os meus primeiros anos escolares.

Aos meus amigos de irmandade, em especial ao Éder, meu padrinho, e à Ana Morbach, que me observaram e me emprestaram sua força e esperança, quando a minha era pequena e que me permitiram trilhar esse caminho de luz junto a eles.

Também aos grandes amigos e companheiros da universidade, em especial ao Vinícius Alexandre, Gabriel Rodrigues, Thiago Moreschi, Jéssica Tioffi e Waleska Corsi, que vivenciaram esse sonho comigo diariamente, em todas as suas dificuldades, me aguentando nos melhores e piores momentos. Obrigada! Àqueles que nutriram em mim a confiança e a certeza do sucesso, Bianca Fernandes, Gabi Simões, Jéssica Araújo, Johvanny Mendonça, Lucas Napo, Gabriella Bragançeiro, Eduardo Ferreira, Karine Salton e outros tantos...

Ao meu namorado Flávio Santos que, embora tenha chegado na metade dessa trajetória, vivenciou os momentos mais difíceis ao meu lado, até a sua conclusão.

Aos meus professores e mestres que me ensinaram com amor e dedicação todas as coisas que aprendi ao longo desses anos na universidade.

Ao meu orientador, Ricardo Nagamine Costanzi, por todos os ensinamentos, paciência, dedicação e bom humor durante o período de realização deste trabalho. Eu o admiro muito e jamais esquecerei que fez tudo o que pode para me ajudar.

Agradeço também à UTFPR por ter me dado a oportunidade e todas as ferramentas que me permitiram chegar ao final dessa jornada com sucesso.

Por fim, sou grata a todos que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente, em minha caminhada rumo à tão sonhada formatura no ensino superior público.

## RESUMO

PEREIRA, A. A. **Reúso de águas cinzas para fins não potáveis. Estudo de caso UTFPR Câmpus Londrina.** 2019. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

Os sistemas de reúso de águas cinzas são fontes alternativas indicadas para satisfazer demandas de água. São considerados como opção para minimizar o consumo de água, a geração de efluentes e os custos com abastecimento. Além de estarem vinculados ao conceito de sustentabilidade ambiental, esses sistemas também servem como instrumento para regular a oferta e a demanda por recursos hídricos, uma vez que a demanda por abastecimento é crescente. Este trabalho, portanto, apresenta um estudo dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas residuárias produzidas nos laboratórios de um edifício da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, e de sua viabilidade de reúso para fins não potáveis quando associadas ao sistema de aproveitamento águas pluviais. As amostras do efluente foram analisadas nos Laboratórios de Saneamento e Microbiologia da UTFPR, tendo sido adotadas as metodologias de referência do *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater (2012)*. Os resultados indicaram que o sistema de reúso das águas cinzas dos laboratórios do Bloco K, associado ao sistema de aproveitamento das águas pluviais do edifício possui um potencial de viabilidade físico-química, microbiológica e econômica, capaz de fundamentar ações de reúso de águas residuárias. Os parâmetros pH, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, cor real atenderam a recomendação para reúso de água em sistema de vasos sanitários. A análise de sólidos totais e nitrogênio total Kjeldahl apresentaram valores, após a diluição no reservatório de águas pluviais, compatíveis com o reúso proposto. Turbidez, DBO<sub>5,20</sub> e sólidos voláteis totais apresentaram valores ligeiramente superiores, porém, a utilização de um oxidante para desinfecção na forma de pastilha permite a viabilização do reúso. O valor econômico potencial a ser economizado pela instituição de ensino foi de aproximadamente R\$682,00 ao ano para um bloco da UTFPR-LD. Dessa forma, pode ser possível reusar o efluente com segurança, sem prejuízo ou danos aos equipamentos e à saúde dos usuários, mediante constante monitoramento. Os trabalhos dessa natureza são muito importantes, pois fornecem subsídios para projetos futuros, contribuem com as instituições otimizando o uso dos recursos naturais, apoiam as tecnologias de reúso de água e podem contribuir para garantia de disponibilidade e manejo da água e saneamento.

**Palavras-chave:** Reúso de Água; Águas Cinzas; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

PEREIRA, A. A. **Reuse of gray water for non-potable purposes. UTFPR Campus Londrina case study.** 2019. 63 p. Project Final Paper (Undergraduate) - Bachelor degree in Environmental Engineering. Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2019.

Gray water recovery systems are alternative sources for water demands. They are considered as an option to reduce water consumption, effluent generation and supply costs. In addition to being linked to the concept of environmental sustainability, these systems can also be used as instruments to regulate supply and demand for water resources, as demand for supply is increasing. This paper therefore presents a study of physical-chemical and microbiological characteristics of wastewater produced in the laboratories of a building of the Federal University of Technology – Paraná, Campus Londrina. This work research feasibility for non-potable purposes when used in the rainwater harvesting system. Wastewater samples were analyzed in the Sanitation and Microbiology Laboratories of the FUT-Paraná with methodologies of the Standard Methods for Water and Wastewater Examination (2012). The results indicate that the Block K laboratories wastewater system, associated with the building's rainwater harvesting system, has physical, chemical, microbiological and economic potential viability, capable of fundamental wastewater actions. The values of pH, total solids dissolved, total solids suspension, total phosphorus, nitrate, nitrite, ammonia nitrogen are actually accepted by the recommendation for water reuse in the toilet system. Analysis of total solids and total nitrogen Kjeldahl recorded values after rainwater reservoir compatible with the proposed reuse. Turbidity, DBO<sub>5,20</sub> and volatile solids have slightly higher minimum values; however, the use of an oxidizer for tablet disinfection allows the residue to be viable. The potential economic value to be saved by the educational institution was approximately R\$ 682,00 per year for a block of UTFPR-LD. Thus, can be possible to reuse with safety, without prejudice or damage equipment and users health, adopting a constant monitoring. Work of this nature is very important as it includes subsidies for future projects, contributes as institutions for optimizing the use of natural resources, supports as water reuse technologies and can contribute to ensuring availability and management of water and sanitation.

**Keywords:** Water Reuse; Gray Waters; Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Região Hidrográfica Paraná .....	18
Figura 2 - Secas no Brasil de 2015 a 2017.....	19
Figura 3 - Sistema de medição setorizada do consumo de água em prédios públicos.....	25
Figura 4 - Localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Londrina. .....	37
Figura 5 - Estrutura do Câmpus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná .....	38
Figura 6 - Modelo do hidrômetro utilizado para medir volume de saída do reservatório.....	40
Figura 7 - Hidrômetro instalado no reservatório superior do Bloco K.....	40
Figura 8 - Coletor de águas cinzas instalado.....	41
Figura 9 - Comparação entre os valores dos parâmetros das águas cinzas coletadas na caixa de inspeção e os critérios estabelecidos pelo Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005) em escala logarítmica.....	49
Figura 10 - Comparação entre os valores dos parâmetros das águas cinzas diluídas e os critérios estabelecidos pelo Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005) em escala Logarítmica.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados das Regiões Hidrográficas do Brasil, 2010. ....	17
Tabela 2 – Valores do consumo médio per capita de água em 2016 e na média dos últimos três anos (2013, 2014 e 2015), segundo estado, região geográfica e Brasil. ....	21
Tabela 3 – Percentual do consumo residencial. ....	23
Tabela 4 – Parâmetros característicos para água de reúso Classe 1. ....	31
Tabela 5 – Parâmetros característicos para água de reúso Classe 2. ....	32
Tabela 6 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 3. ....	32
Tabela 7 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 4 (continuação). ....	34
Tabela 8 - Parâmetros de qualidade para água de reúso segundo NBR 13969/1997. ....	35
Tabela 9 – Critérios de qualidade da água para reúso em descargas de vasos sanitários segundo NBR 13969/1997 e o Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005). ....	35
Tabela 10 – Caracterização dos laboratórios que foram analisados. ....	39
Tabela 11 – Descrição de métodos analíticos a serem utilizados para caracterização das amostras. ....	42
Tabela 11 – Descrição de métodos analíticos a serem utilizados para caracterização das amostras (continuação). ....	43
Tabela 12 – Média e desvio padrão dos resultados obtidos com as análises das amostras de águas cinzas provenientes da caixa de gordura e coletor tipo bandeja na saída do laboratório K-10. ....	45
Tabela 12 – Média e desvio padrão dos resultados obtidos com as análises das amostras de águas cinzas provenientes da caixa de gordura e coletor tipo bandeja na saída do laboratório K-10 (continuação). ....	46
Tabela 13 – Valores médios dos parâmetros das águas do reservatório pluvial do Câmpus. ....	50
Tabela 14 - Resultados dos parâmetros após diluição das águas cinzas no reservatório de águas pluviais. ....	52
Tabela 15 - Consumo médio de água potável e pluvial no edifício. ....	55
Tabela 16 - Média de produção de águas cinzas nos laboratórios do Bloco K. ....	56
Tabela 17 – Tabela de tarifas de saneamento básico para edifícios do Poder Público – 2019. ....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ABES</b>	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>CNRH</b>	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
<b>FIESP</b>	Federal das Indústrias do Estado de São Paulo
<b>NBR</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ODS</b>	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
<b>PLS</b>	Plano de Logística Sustentável
<b>PNRH</b>	Política Nacional de Recursos Hídricos
<b>RH</b>	Regiões Hidrográficas
<b>SANEPAR</b>	Companhia de Saneamento do Paraná
<b>SINDUSCON-SP</b>	Sindicato da Indústria da Construção Civil de Grandes Estruturas do estado de São Paulo
<b>SNGRH</b>	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
<b>SNIS</b>	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL.....	16
3.2 AS CRISES NO ABASTECIMENTO E O REÚSO DE ÁGUA COMO FONTE ALTERNATIVA .....	19
3.3 CONSUMO DE ÁGUA .....	21
3.3.1 Consumo de água em áreas urbanas.....	21
3.3.2 Consumo de água em sistemas prediais: perfil das instituições de ensino.....	24
3.4 REÚSO DE ÁGUA .....	26
3.4.1 Classificação e conceitos de reúso de água.....	26
3.4.2 Classificação das águas de reúso .....	26
3.4.3 Tipos de reúso de águas cinzas .....	28
3.5 CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO.....	29
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	37
4.2 MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA NA EDIFICAÇÃO .....	39
4.3 ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS CINZAS PARA REÚSO NÃO POTÁVEL .....	41
4.4 IMPACTO ECONÔMICO GERADO PELO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS .....	43
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
5.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS CINZAS PARA REÚSO NÃO POTÁVEL .....	44

5.2 POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA E REDUÇÃO DOS CUSTOS COM ABASTECIMENTO .....	55
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe de ampla reserva de recursos naturais, possuindo grande disponibilidade hídrica superficial e subterrânea. No entanto, a crescente demanda de água para produção de bens e serviços pressiona os recursos hídricos e está associada a impactos ambientais, econômicos e sociais negativos (ANA, 2018, p.8)<sup>2</sup>.

A demanda de água para as atividades humanas e para os diversos setores da economia possui um arranjo bastante heterogêneo. No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação, abastecimento humano e animal, indústria, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer (ANA, 2018, p.27)<sup>1</sup>. De acordo com o Informe Anual 2018 da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, elaborado pela ANA, dos 2.083 m<sup>3</sup>/s de água captada para uso no ano de 2017, a maior parte foi destinada à irrigação, correspondendo a 52% e em segundo lugar ficou o abastecimento urbano, ao qual foram destinados 23,8% desse total, na sequência ficaram 9,1% para indústria, 8,0% para abastecimento animal, 3,8% para termelétricas, 1,7% para uso rural e por fim 1,6% para mineração.

As áreas urbanas enfrentam um grande desafio no que se refere ao abastecimento e tratamento de água devido à ocupação territorial desordenada e desvinculada do planejamento urbano. Associado a este fato, segundo Angel *et al.* (2011), a população global residente em áreas urbanas tem a previsão de dobrar, para 5.707.718 habitantes, em 2050 (apud POLETO, VASQUEZ, *et al.*, 2014, p.165). Assim, estes fatores provocam um aumento na demanda de água.

Com essa previsão de crescimento demográfico nas áreas urbanas aliada aos processos de degradação da qualidade das águas, os conflitos e os problemas de escassez de água tendem a se agravar e vem despertando preocupação na busca por soluções que otimizem o seu uso e que evitem a superexploração de mananciais. Essas soluções exigem a busca por fontes alternativas e a aplicação de práticas conservacionistas que garantam uma condição sustentável.

Apesar do país ter avançado na gestão dos recursos hídricos, com a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de

Gerenciamento dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), existe a necessidade de desenvolvimento de diretrizes gerais em sistemas prediais para assegurar a utilização racional e integrada desses recursos com vistas ao desenvolvimento sustentável.

O reúso de água, por exemplo, vem sendo considerado como uma opção para minimização do consumo de água, porque está vinculado ao conceito de sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica, além de servir como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos.

Em sistemas prediais, sua implantação, como fonte alternativa para satisfazer demandas menos restritivas, tem se mostrado uma excelente solução para reduzir o consumo de água, a geração de efluentes e os custos com o abastecimento urbano (ANA, FIESP e SINDUSCON-SP, 2005).

Em instituições educacionais, o reúso de água permite reduzir o consumo de água potável e, conseqüentemente, diminuir os custos com abastecimento, à medida que águas residuárias podem ser utilizadas para atividades menos restritivas.

Um estudo de caso realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), obteve como resultado uma economia de 670 m<sup>3</sup> de água potável e redução do custo de abastecimento em cerca de R\$5.200,00 no ano com a instalação de um sistema de reúso de águas cinzas para uso nos mictórios. O retorno financeiro do investimento, calculado através do método do Período de Retorno do Investimento Simples (*Payback* simples), foi de 14 meses (SILVEIRA, COELHO, *et al.*, 2014, p. 9)

Assim, sistemas prediais de reúso de águas cinzas tem se destacado como soluções para reduzir o consumo de água potável, a geração de efluentes, os custos com o abastecimento e ainda melhorar o papel que as instituições públicas desempenham na sociedade.

Esses sistemas são fortalecidos quando consideramos a preocupação com a escassez hídrica e a garantia de disponibilidade e manejo sustentável da água, que tem se tornado um dos focos principais dos objetivos de desenvolvimento sustentável no país.

Sua aplicação é justificada quando evidenciamos a responsabilidade de todos em reduzir o consumo e a geração de efluentes, evitando que águas de boa qualidade sejam utilizadas para consumos que suportam águas de qualidade inferior, devendo ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná mantém-se sempre comprometida com a sustentabilidade, a formação científica, tecnológica, social e ambiental de cidadãos. A sua Política de Sustentabilidade estabelece princípios, diretrizes e objetivos que a direciona para uma gestão sustentável. Assim, a instituição tem a responsabilidade de propiciar a aplicação de práticas de gerenciamento que preservem seus ativos, sua imagem institucional e que permitam o desenvolvimento de ações que otimizem o uso dos recursos naturais.

Além disso, no Plano de Logística Sustentável da UTFPR (PLS), que visa atender as legislações e inserir práticas de uso racional de recursos, estão inseridas metas para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre elas, existem as que pretendem concretizar o Objetivo 6, que tem como finalidade “garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos” e que ressaltam a necessidade e a importância de minimizar o consumo e de apoiar tecnologias de reúso de água.

Diante dessa temática, este trabalho visa contribuir com um diagnóstico adequado à UTFPR - Câmpus Londrina, avaliando a viabilidade técnica de um sistema de reúso direto por diluição de águas cinzas, com a expectativa de reduzir o consumo água potável, a geração de efluentes e os custos com o abastecimento. Além disso, espera-se contribuir de maneira eficiente para o desenvolvimento de propostas de uso de fontes alternativas de água de reúso.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo geral propor um sistema de reúso de águas cinzas geradas nos laboratórios de um edifício da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Londrina associado ao sistema de aproveitamento de águas pluviais, por meio da avaliação da viabilidade físico-química e microbiológica, além de analisar o potencial de economia de água e a redução de custos com abastecimento.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificação e quantificação do consumo de água no Bloco K da UTFPR - Câmpus Londrina, avaliando os diferentes usos de água (potável e pluvial);
- Identificação e quantificação da oferta de águas cinzas produzidas nos laboratórios;
- Análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas cinzas produzidas nos laboratórios e avaliação de sua viabilidade para reúso;
- Proposta e avaliação da viabilidade de associação de um sistema de reúso de água cinzas ao sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- Estimativa do potencial de economia de água e da redução de custos com abastecimento hídrico na instituição.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL

O Brasil é o país com maior extensão territorial da América Latina e ocupa quase a metade do continente americano. Com uma área de 8.514.876 km<sup>2</sup>, é o quinto maior país do planeta, atrás somente de Rússia, Canadá, Estados Unidos e China. Devido à sua extensão, existe uma grande variação climática, que é, por sua vez, uma das maiores condicionantes de sua disponibilidade hídrica (ANA, 2018).

As principais fontes de abastecimento de água potável do planeta são as águas que não penetram no solo, acumulando-se na superfície e dando origem aos córregos, lagos, lagoas, riachos e rios. Segundo Tomaz (2011), o país conta com 12% da quantidade total produzida de água de superfície do mundo e os dados mais recentes disponibilizados pela ANA (2018), estimam que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil seja de aproximadamente 78.600m<sup>3</sup>/s.

Apesar de possuir grande disponibilidade de água, é importante mencionar que esse recurso não é uniformemente distribuído no território nacional, seja de forma espacial ou temporal. Grande parte desse recurso está concentrado onde há menor densidade populacional, logo, os conflitos em torno da escassez de água estão associados a baixas disponibilidades específicas, como no caso do Nordeste brasileiro e onde há a maior concentração demográfica e intensa atividade industrial, como nas regiões Sudeste e Sul (BORSOI e TORRES, 1997).

As águas brasileiras passaram a ser divididas em 12 regiões hidrográficas, após a publicação da Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

A Tabela 1 mostra as populações e suas reservas hídricas divididas em Regiões Hidrográficas (RH), em metros cúbicos, por habitante e por ano.

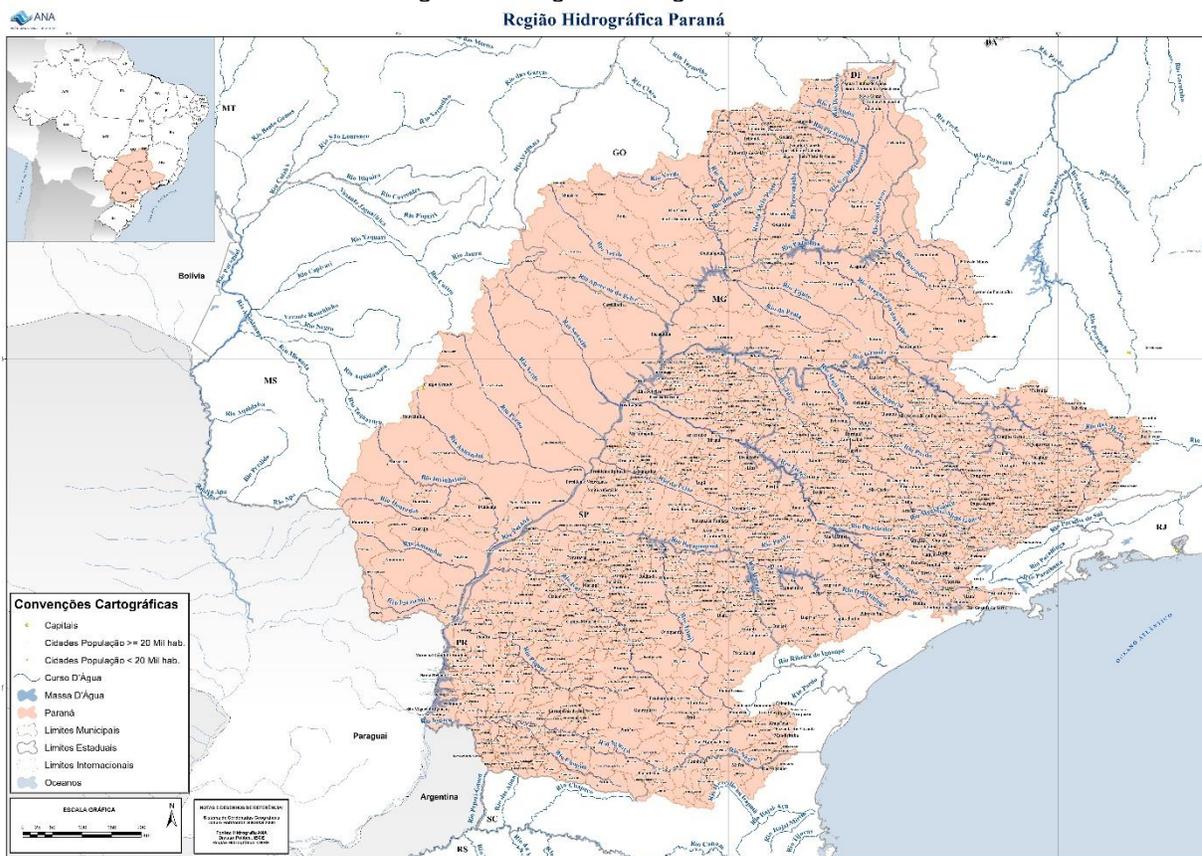
Tabela 1 – Dados das Regiões Hidrográficas do Brasil, 2010.

<b>Regiões Hidrográficas</b>	<b>População</b>	<b>Reserva Hídrica (m<sup>3</sup>/habitante/ano)</b>
Amazônica	9.694.728	262.919,06
Tocantins-Araguaia	8.572.716	22.259,50
Atlântico NE Ocidental	6.244.419	2.542,31
Parnaíba	4.152.865	4.601,84
Atlântico NE Oriental	24.077.328	232,49
São Francisco	14.289.953	4.945,58
Atlântico Leste	15.066.543	816,31
Atlântico Sudeste	28.236.436	1.441,86
Atlântico Sul	13.396.180	2.023,12
<b>Paraná</b>	<b>61.290.272</b>	<b>3.803,96</b>
Uruguai	3.922.873	7.757,64
Paraguai	2.165.938	20.369,40
Brasil	191.110.251	16.947,39

Fonte: Adaptada de ANA (2013).

A Região Hidrográfica do rio Paraná (Figura 1), que abrange os estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal, abrigam 32,1% da população brasileira e possuem apenas 7,2% das reservas de água existentes no país.

Figura 1 - Região Hidrográfica Paraná



Fonte: ANA (2019).<sup>1</sup>

Sendo a região mais populosa e de maior desenvolvimento econômico, possuem também o maior desafio de gestão dos recursos hídricos do território nacional. O abastecimento urbano e os conflitos pelo uso da água são os principais temas da gestão hídrica dessa região.

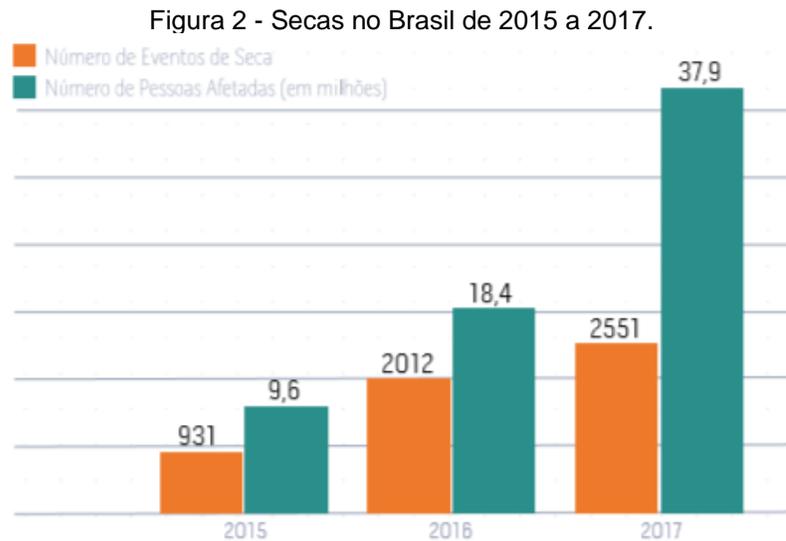
<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/parana>>. Acesso em jun 2019.

### 3.2 AS CRISES NO ABASTECIMENTO E O REÚSO DE ÁGUA COMO FONTE ALTERNATIVA

Em diversas regiões, as crises no abastecimento de água se devem ao desequilíbrio climático, demográfico, industrial e agrícola, impondo grandes desafios à gestão hídrica nos períodos de escassez.

Os conflitos pelo uso da água podem ser gerados por diversos fatores, dentre eles se destacam o contínuo crescimento da demanda urbana e os aspectos de quantidade e qualidade necessárias para realização de suas atividades. Além destes, também devem ser citados os eventos extremos, como a estiagem, o aumento do desmatamento e a ausência de investimento em infraestrutura hídrica (ANA<sup>1</sup>, 2018).

Em seu Informe Anual, a Agência Nacional das Águas (2018), divulgou o número de eventos de secas ocorridas no Brasil e o número de pessoas afetadas por elas entre os anos de 2015 e 2017 (Figura 2). Em seu retrospecto dos últimos 5 anos, 2017 foi o ano mais crítico com relação aos eventos de seca e o que mais acarretou impactos sobre a população.



Fonte: ANA (2018)

Em situações de estiagem prolongada e quando os níveis dos reservatórios estão abaixo do volume útil, os órgãos gestores estaduais junto à ANA estabelecem termos de

alocação de água e regras de restrição ao uso de água, garantindo a preservação e o prolongamento da disponibilidade hídrica para os usos prioritários, ou seja, o consumo humano e a dessedentação animal.

Para evitar o risco de suspensão de abastecimento público, no mesmo relatório, a ANA (2018) afirmou que do ano de 2013 ao ano de 2017 foram publicadas 22 resoluções e outros normativos que restringiam ou suspendiam o uso da água de forma específica no país.

Na Região Hidrográfica do rio Paraná, local onde a área de estudo deste trabalho está localizada e também a região de maior potencial de armazenamento do Sistema Interligado Nacional, as condições hidrológicas vêm impactando severamente os níveis dos reservatórios desde 2014, sendo observados armazenamentos inferiores e decréscimos de seu volume útil ao longo desses anos (ANA<sup>1</sup>, 2018).

As crises hídricas afetam não somente o suprimento urbano de água, mas todos os seus usos, sendo necessário definir planos de ação que evitem maiores adversidades em situações de secas e estiagens prolongadas.

Nesse contexto, o reúso de água vem sendo amplamente discutido pela necessidade de garantir a disponibilidade hídrica, especialmente nos locais onde o balanço hídrico é crítico. A grande demanda hídrica, devido ao crescimento populacional e às mudanças climáticas, exige o uso de outras fontes e o reúso de água como alternativa para melhoria da disponibilidade hídrica.

De acordo com o relatório, no Brasil a estimativa de reúso de água é de aproximadamente 2 m<sup>3</sup>/s em 2017 e a meta proposta para o reúso não potável direto até ano de 2030, é ampliar para 13m<sup>3</sup>/s. Esse valor corresponderia a 4% do total de água reusada no mundo, podendo colocar o país em posição de destaque nessa categoria (ANA<sup>1</sup>, 2018).

Para a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2015), embora o reúso de água já tenha sido considerado uma solução emergencial em determinadas circunstâncias, hoje vem se tornando uma solução de cunho estrutural frente às crises hídricas. Sendo o Brasil um país que possui diversas condições que podem fazer do reúso de água uma solução viável: casos de sucesso, projetos de pesquisa e regulamentações. Então, é importante definir planos estratégicos e um

conjunto de ações de gestão de recursos hídricos para serem efetivamente aplicadas.

### 3.3 CONSUMO DE ÁGUA

#### 3.3.1 Consumo de água em áreas urbanas

De acordo com o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS (2016), o consumo médio per capita de água na Região Sudeste no ano de 2016, considerada a mais urbanizada do país, foi de 179,7 L/(hab.dia). E na Região Nordeste, considerada a menos urbanizada, esse valor foi de 112,5 L/(hab.dia).

Na Tabela 2 estão listados os consumos médios per capita de cada estado e região geográfica do país.

Tabela 2 – Valores do consumo médio per capita de água em 2016 e na média dos últimos três anos (2013, 2014 e 2015), segundo estado, região geográfica e Brasil.

<b>Estado/Região</b>	<b>Média dos últimos três anos (L/hab.dia)</b>	<b>Ano de 2016 (L/hab.dia)</b>
Acre	166,1	159,7
Amapá	164,6	178,5
Amazonas	166,5	170,4
Pará	146,8	143,3
Rondônia	183,6	166,3
Roraima	152,6	152,4
Tocantins	132,6	140,2
<b>NORTE</b>	<b>154,8</b>	<b>154,5</b>
Alagoas	99,7	96,7
Bahia	113,7	111,3
Ceará	129,5	125,0
Maranhão	165,6	136,5
Paraíba	124,9	113,6
Pernambuco	104,0	92,3
Piauí	138,0	125,7
Rio Grande do Norte	114,9	113,8
Sergipe	121,0	116,6

Tabela 2 - Valores do consumo médio per capita de água em 2016 e na média dos últimos três anos (2013, 2014 e 2015), segundo estado, região geográfica e Brasil (continuação)

<b>Estado/Região</b>	<b>Média dos últimos três anos (L/hab.dia)</b>	<b>Ano de 2016 (L/hab.dia)</b>
<b>NORDESTE</b>	<b>120,3</b>	<b>112,5</b>
Espírito Santo	189,2	165,1
Minas Gerais	154,1	155,2
Rio de Janeiro	252,8	248,3
São Paulo	175,5	166,0
<b>SUDESTE</b>	<b>186,0</b>	<b>179,7</b>
Paraná	142,3	137,8
Rio Grande do Sul	158,2	147,7
Santa Catarina	153,2	149,8
<b>SUL</b>	<b>150,7</b>	<b>144,2</b>
Distrito Federal	174,7	150,5
Goiás	143,6	136,8
Mato Grosso	163,5	167,4
Mato Grosso do Sul	155,4	153,5
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>156,1</b>	<b>148,5</b>
<b>BRASIL</b>	<b>160,8</b>	<b>154,1</b>

Fonte: SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2016).

O consumo médio per capita no estado do Paraná, em 2016 foi de 137,8 L/(hab.dia). Já no município de Londrina, esse consumo encontra-se dentro da faixa indicada por Sperling (1996), com valor médio de 170 L/(hab.dia) (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA, 2015).

Em áreas urbanas, o consumo de água subdivide-se em três categorias, segundo atribuição de Tomaz (2000):

- consumo residencial: corresponde às residências unifamiliares e edifícios multifamiliares;
- consumo comercial: corresponde aos bares, restaurantes, hospitais, serviços de saúde, hotéis, clubes esportivos, lavanderias, lanchonetes e lojas;
- consumo público: corresponde aos edifícios públicos, escolares, universitários, parques infantis, unidades de saúde pública, presídios públicos e todos os edifícios municipais, estaduais e federais.

O consumo de água para uso comercial está relacionado às atividades de descargas em vasos sanitários, limpeza, processos produtivos, lavagens de veículos e de áreas internas e externas.

Já a água para o consumo em ambientes públicos é empregada nas atividades de limpeza de logradouros, irrigação de jardins públicos, abastecimento de fontes e bebedouros, limpeza de redes de esgotamento sanitário e de galerias pluviais, usos em escolas, hospitais e edifícios públicos, piscinas públicas e recreação (TELLES, COSTA, *et al.*, 2010).

Gonçalves (2006), relata que o consumo residencial pode constituir quase a metade do consumo total de água nas áreas urbanas e que 40% de toda a água consumida nas residências são utilizadas para usos não potáveis. Esse consumo se deve tanto ao ambiente externo quanto ao ambiente interno.

As principais atividades responsáveis pelo uso externo são as lavagens de áreas externas, lavagens de veículos, irrigação de jardins, piscinas e outros. Nas áreas internas, o maior consumo de água concentra-se nas descargas dos vasos sanitários, lavagens de roupas e nos banhos.

Rocha (1999), em uma pesquisa de perfil de consumo doméstico de água, realizou uma experiência em um prédio de quatro pavimentos de um conjunto habitacional do município de São Paulo. Os pontos de medição foram na caixa de descarga, no chuveiro, no lavatório, na pia, no tanque e na lavadora de roupas.

A Tabela 3 mostra o percentual do consumo residencial, de acordo com as atividades de consumo de água nas áreas internas.

Tabela 3 – Percentual do consumo residencial.

<b>Consumo interno</b>	<b>% de consumo</b>
Descargas em vasos sanitários com caixa acoplada	5%
Lavadora de roupas	11%
Chuveiros	55%
Lavatórios	8%
Pia	18%
Tanque	3%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Fonte: (ROCHA, A. L., 1999).

Observa-se que a pesquisa realizada por Rocha (1999), apresentou um valor bastante reduzido para as descargas de vasos sanitários. No entanto, deve-se considerar que, nesse estudo, as bacias sanitárias adotadas eram as de caixa acoplada com capacidade de 6 a 8 litros por acionamento.

De forma geral, em sistemas residenciais o banheiro é o local de maior consumo de água, apresentando mais da metade do consumo total. As descargas de vasos sanitários não exigem qualidade de água potável, ou seja, a substituição dessa fonte por águas de reúso pode reduzir o volume gasto nesses locais.

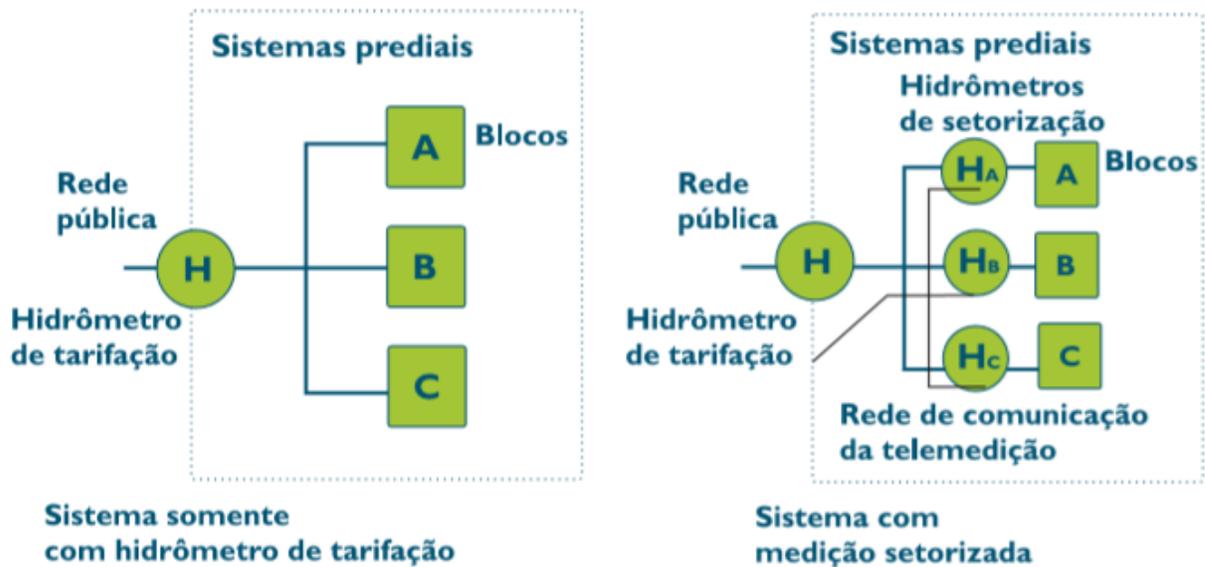
### 3.3.2 Consumo de água em sistemas prediais: perfil das instituições de ensino

Sistemas prediais podem referir a edificações residenciais, comerciais ou públicas. Edifícios comerciais e públicos apresentam comportamentos diferentes em relação aos edifícios residenciais, no que se refere ao perfil do consumo de água.

Nos ambientes comerciais e públicos, os usos mais frequentes de água são em descargas em vasos sanitários, torres de resfriamento de sistemas de ar condicionado, lavagens de piso e regas de jardins.

O perfil de consumo de água de edifícios públicos, como as instituições de ensino, pode ser construído a partir de diversas metodologias. A instalação de instrumentos de medição setorizada, por exemplo, permite o acompanhamento do consumo, além de identificar a localização de vazamentos e desperdícios internos (HESPANHOL, 2014). Na Figura 3 é mostrado um sistema somente com hidrômetros de tarifação e um sistema com medição setorizada.

Figura 3 - Sistema de medição setorizada do consumo de água em prédios públicos.



Fonte: Hespanhol em "Manual Prático para Uso e Conservação da Água em Prédios Públicos", 2014.

Vários fatores contribuem para a delimitação de um perfil de consumo de água para universidades, desde a quantidade de banheiros nos edifícios, até a frequência de utilização de sanitários, tipos de torneiras instaladas, rotina do restaurante universitário, sistema de irrigação de áreas verdes, lavagens de vidrarias em laboratórios e limpeza de áreas internas e externas.

A setorização das medições permite a composição de indicadores de consumo (IC) apropriados para cada setor, edifício ou tipo de uso da água para realização das atividades, como exemplo, quantidade de água consumida em cada bloco, laboratório ou mesmo quantidade de água consumida por aluno.

### 3.4 REÚSO DE ÁGUA

#### 3.4.1 Classificação e conceitos de reúso de água

Segundo o Manual da Agência Nacional das Águas (2005), o termo reúso é definido como sendo o uso de águas residuárias ou de qualidade inferior, tratadas ou não, devendo se encontrar dentro dos padrões exigidos para sua utilização final.

Dessa forma, o reúso de água se resume em reutilizar a água que já foi empregada em alguma atividade, uma ou mais vezes, respeitando as exigências de qualidade para o destino a que serão empregadas.

O reúso de água foi definido pela Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005 pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH):

Art. 2º: Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

II - Reúso de água: utilização de água residuária;

III - Água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

Esta técnica tem sido apontada como alternativa benéfica para enfrentar os desafios impostos pela escassez e pelas crises no abastecimento hídrico, sendo considerada um instrumento de gestão hídrica que já possui diversas tecnologias para a sua adequada implementação (MANCUSO, SANTOS, *et al.*, 2003).

#### 3.4.2 Classificação das águas de reúso

A água é utilizada como recurso essencial para realização de todas as atividades humanas e está presente no uso agrícola, industrial, comercial e doméstico. As águas descartadas após o uso geram grande quantidade de efluente e, para fins de tratamento e descarte correto, são classificadas de acordo com a sua origem.

Segundo a NBR 9648 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), o esgoto sanitário é o despejo líquido de efluentes domésticos, industriais, de águas de infiltração e das contribuições pluviais, sendo resultante do uso da água para higiene pessoal, necessidades fisiológicas e lavagens.

De acordo com Otterpohl (2001), esses efluentes domésticos podem ser divididos nas seguintes categorias: águas negras, águas cinzas, águas amarelas e águas marrons (apud MAY, 2009, p.7) e são constituídas pelas seguintes contribuições:

- Águas negras: efluente dos vasos sanitários, como fezes, urina e papel higiênico;
- Águas cinzas: efluente constituído por toda a água servida, exceto pelo efluente dos vasos sanitários;
- Águas amarelas: efluente constituído somente de urina;
- Águas marrons: efluente constituído somente de fezes.

Henze & Ledin (2001) ainda dividem as águas cinzas em águas cinzas escuras e águas cinzas claras (Quadro 1). As águas cinzas claras são oriundas de chuveiros, máquinas e tanques de lavar roupas e lavatórios. Enquanto as águas cinzas escuras são oriundas de máquinas de lavar pratos e da pia da cozinha (apud MENDONÇA, 2004, p.23).

Quadro 1 - Classificação de cores dos efluentes domésticos.

<b>Classificação</b>	<b>Contribuições</b>
Águas Negras	Vasos sanitários, fezes, urina, papel higiênico
Águas Cinzas Escuras	Máquinas de lavar pratos e pia de cozinha
Águas Cinzas Claras	Chuveiros, máquinas e tanques de lavar roupas e lavatórios
Águas Amarelas	Somente urina
Águas marrons	Somente fezes

Fonte: Adaptado de HENZE & LEDIN (2001) apud MENDONÇA (2004).

Em sistemas de reúso de água para fins não potáveis, as águas cinzas podem ser utilizadas para usos como descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de calçadas e ruas, construção civil, controle de poeira, entre outros. Sua utilização está ligada a diversas vantagens, como estimular o uso racional e a conservação da água potável, assim como reduzir o consumo e a geração de efluentes.

### 3.4.3 Tipos de reúso de águas cinzas

Dentre as muitas classificações atribuídas aos tipos de reúso de água ao longo dos anos por diversos autores, a mais prática e que será utilizada neste trabalho é a apresentada por Westerhoff (1984), que dividiu o reúso de água em duas categorias: potável e não potável (apud MANCUSO, SANTOS, *et al.*, 2003, p. 26).

O reúso potável se divide em direto e indireto, sendo o primeiro quando ocorre a recuperação do esgoto, por meio de algum tratamento e a sua posterior utilização é realizada diretamente em um sistema de água potável; já o segundo é quando o esgoto é lançado nos corpos receptores, após tratamento, para diluição e purificação e, por fim, é captado, tratado e utilizado como água potável.

O reúso não potável, por sua vez, é dividido pelo autor em diversas categorias, de acordo com a finalidade para a qual serão destinadas as águas de reúso, sendo elas: para fins agrícolas, usada nos processos de irrigação; para fins industriais, usada para os processos de produção, como refrigeração e aquecimento em caldeiras; para fins recreacionais, usada na irrigação de plantas ornamentais, enchimento de lagoas e outros, e para fins domésticos, usadas para rega de jardins, descargas sanitárias e utilização em edifícios.

Para a finalidade dessa pesquisa serão utilizadas as classificações acima e a aplicação do sistema de reúso de águas cinzas por diluição que deverá servir para fins não potáveis com uso em descargas de vasos sanitários.

### 3.5 CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO

Segundo o Manual da Agência Nacional das Águas (2005), os requisitos mínimos para uso da água não-potável, de acordo com a função das atividades a serem realizadas são os descritos no Quadro 2:

Quadro 2 – Requisitos mínimos para uso de água não-potável.

<b>Atividades</b>	<b>Requisitos Mínimos</b>
Água para irrigação, rega de jardim e lavagem de pisos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- Não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;</li> <li>- Não deve ser abrasiva;</li> <li>- Não deve manchar superfícies;</li> <li>- Não deve propiciar infecções ou contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para descargas sanitárias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- Não deve ser abrasiva;</li> <li>- Não deve manchar superfícies;</li> <li>- Não deve deteriorar os metais sanitários;</li> <li>- Não deve propiciar infecções ou contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para refrigeração e sistema de ar condicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- Não deve ser abrasiva;</li> <li>- Não deve manchar superfícies;</li> <li>- Não deve deteriorar máquinas;</li> <li>- Não deve formar incrustações.</li> </ul>
Água para lavagem de veículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- Não deve ser abrasiva;</li> <li>- Não deve manchar superfícies;</li> <li>- Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após a secagem;</li> <li>- Não deve propiciar infecções ou contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>

Quadro 2 – Requisitos mínimos para uso de água não-potável (continuação).

Água para lavagem de roupas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deve ser incolor;</li> <li>- Não deve ser turva;</li> <li>- Não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- Deve ser livre de algas;</li> <li>- Deve ser livre de partículas sólidas;</li> <li>- Deve ser livre de metais;</li> <li>- Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;</li> <li>- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para uso ornamental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deve ser incolor;</li> <li>- Não deve ser turva;</li> <li>- Não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos; - Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para uso em construção civil: preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação do solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- Não deve alterar as características de resistência dos materiais;</li> <li>- Não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais;</li> <li>- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana</li> </ul>

Fonte: ANA, FIESP e SINDUSCON-SP em “Manual de Conservação da água em edificações” (2005).

De acordo com as atividades apresentadas no quadro anterior e os requisitos mínimos exigidos para cada uma delas, são definidas algumas classes de água para reúso (ANA, FIESP e SINDUSCON-SP, 2005).

Essas classes determinam os parâmetros e as concentrações máximas permitidas para cada um, a saber:

- **Água de reúso Classe 1:**

Utilizadas para descargas de vasos sanitários, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagens de roupas e de veículos, essa classe de água para reúso possui condição de restrição relacionada à exposição ao público.

Com relação aos aspectos estéticos, essa água exige grau de transparência, ausência de odor, espuma ou qualquer forma de substância ou componentes flutuantes.

Nos casos em que o uso das águas de reúso de classe 1 causem problemas de sedimentação, são sugeridas soluções como detecção de cloro residual e controle de agentes tensoativos. Além disso, embora no Brasil os detergentes sejam em sua maioria biodegradáveis, o controle de surfactantes deve ser feito, a fim de evitar formação de espuma em torneiras e vasos sanitários (ANA, FIESP e SINDUSCON-SP, 2005).

Os parâmetros característicos para controle das águas de reúso classe 1 são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros característicos para água de reúso Classe 1.

<b>Parâmetros</b>	<b>Concentrações</b>	<b>Unidades</b>
Coliformes termotolerantes <sup>1</sup>	Não detectáveis	-
pH	Entre 6,0 e 9,0	-
Cor	≤10	uH
Turbidez	≤ 2	uT
Odor e aparência	Não desagradáveis	-
Óleos e graxas	≤ 1	mg/L
DBO <sup>2</sup>	≤ 10	mg/L
Compostos Orgânicos Voláteis <sup>3</sup>	Ausentes	-
Nitrato	< 10	mg/L
Nitrogênio amoniacal	≤ 20	mg/L
Nitrito	≤ 1	mg/L
Fósforo total <sup>4</sup>	≤ 0,1	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	≤ 5	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais <sup>5</sup>	≤ 500	mg/L

Fonte: ANA, FIESP e SINDUSCON-SP em "Manual de Conservação da água em edificações" (2005).

1. Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.
2. O controle da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.
3. O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.
4. O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques etc.
5. Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos.

- **Água de reúso Classe 2:**

Os usos das águas de classe 2 estão relacionados aos usos em construções civis e podem ser aplicadas em lavagens de agregados, preparação de concreto, compactação de solo e controle de poeira.

Os parâmetros característicos para controle das águas de reúso classe 2 são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros característicos para água de reúso Classe 2.

Parâmetros	Concentrações	Unidades
Coliformes termotolerantes	≤ 1000	UFC/mL
pH	Entre 6,0 e 9,0	-
Odor e aparência	Não desagradáveis	-
Óleos e graxas	≤ 1	mg/L
DBO	≤ 30	mg/L
Compostos Orgânicos Voláteis <sup>3</sup>	Ausentes	-
Sólidos suspensos totais	≤ 30	mg/L

Fonte: Adaptado de (ANA, FIESP e SINDUSCON-SP, 2005).

- **Água de reúso Classe 3:**

Os usos das águas de classe 3 estão relacionados à irrigação de áreas verdes e rega de jardins. Para estes fins a maior preocupação são as concentrações de contaminantes biológicos e químicos. Os parâmetros característicos para controle das águas de reúso classe 3 são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 3.

Parâmetros	Concentrações	Unidades
Coliformes termotolerantes	≤ 200/ 100 mL	≤ 200UFC/100mL
pH	Entre 6,0 e 9,0	-
Salinidade	0,7 < EC < 3,0	dS/m
	450 < SDT < 1500	mg/L

Tabela 6 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 3 (continuação).

		Sódio (SAR)	Entre 3,0 e 9,0	-
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Cloretos	< 350	mg/L
		Cloro residual	Máxima 1	mg/L
		Sódio (SAR)	> ou = 3,0	-
	Para irrigação com aspersores	Cloretos	< 100	mg/L
		Cloro residual	< 1,0	mg/L
Boro	Irrigação de culturas alimentícias		0,7	mg/L
	Rega de jardins ou similares		3,0	mg/L
Nitrogênio total			5 – 30	mg/L
DBO			< 20	mg/L
Sólidos suspensos totais			< 20	mg/L
Turbidez			< 5	uT
Cor aparente			< 30	uH

Fonte: ANA, FIESP e SINDUSCON-SP em “Manual de Conservação da água em edificações” (2005).

- **Água de reúso Classe 4:**

Os usos das águas de classe 4 estão relacionados ao resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

Na Tabela 7 são apresentados os parâmetros característicos para controle das águas de reúso classe 4.

Tabela 7 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 4.

Parâmetro	Sem recirculação	Com recirculação	Unidade
Sílica	50	50	mg/L
Alumínio	SR	0,1	mg/L
Ferro	SR	0,5	mg/L

Tabela 7 - Parâmetros característicos para água de reúso Classe 4 (continuação).

Manganês	SR	0,5	mg/L
Amônia	SR	1,0	mg/L
Sólidos dissolvidos totais	1000	500	mg/L
Sólidos suspensos totais	5000	100	mg/L
Cloretos	600	500	mg/L
Dureza	850	650	mg/L
Alcalinidade	500	350	mg/L
pH	5,0 – 8,3	6,8 – 7,2	mg/L
Coliformes totais	SR	2,2	NMP/100mL
Bicarbonato	600	24	mg/L
Sulfato	680	200	mg/L
Fósforo	SR	1,0	mg/L
Cálcio	200	50	mg/L
Magnésio	SR	30	mg/L
O <sub>2</sub> dissolvido	Presente	SR	mg/L
DQO	75	75	mg/L

Fonte: ANA, FIESP e SINDUSCON-SP em “Manual de Conservação da Água em Edificações” (2005).  
SR – Sem recomendação

A NBR 13969 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), que faz parte do conjunto de normas referentes ao sistema de tratamento de esgoto e determina os usos previstos para o esgoto tratado, também define classes e parâmetros para águas de reúso, conforme o destino a ser aplicado. As classes são as seguintes:

- Classe 1: lavagem de veículos e usos que impliquem em contato direto do usuário com a água, incluindo chafarizes;
- Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais;
- Classe 3: descargas de vasos sanitários;
- Classe 4: irrigação de pomares, cultivo de cereais e pastagens.

Na Tabela 8 são apresentados os padrões de qualidade das águas para reúso, para cada uma das classes definidas.

Tabela 8 - Parâmetros de qualidade para água de reúso segundo NBR 13969/1997.

Classes	Parâmetros					
	Turbidez (uT)	pH	SDT (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
Classe 1	< 5	6,0 a 8,0	< 200	0,5 a 1,5	-	< 200
Classe 2	< 5	-	-	< 5	-	< 500
Classe 3	< 10	-	-	-	-	< 500
Classe 4	-	-	-	-	> 2,0	< 5000

Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 13969/1997

Na Tabela 9 são apresentados os critérios de qualidade da água para reúso em descargas de vasos sanitários segundo a NBR 13969/1997 e o Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005).

Tabela 9 – Critérios de qualidade da água para reúso em descargas de vasos sanitários segundo NBR 13969/1997 e o Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005).

Parâmetros	ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005)		NBR 13969/1997	Unidades
Coliformes termotolerantes	Não detectáveis		< 500	NMP/100mL
pH	Entre 6,0 e 9,0		-	-
Cor	≤ 10		-	uH
Turbidez	≤ 2		< 10	uT
Odor e aparência	Não desagradáveis		-	-
Óleos e graxas	≤ 1		-	mg/L
DBO	≤ 10		-	mg/L
Compostos Orgânicos Voláteis	Ausentes		-	-
Nitrato	< 10		-	mg/L
Nitrogênio amoniacal	≤ 20		-	mg/L
Nitrito	≤ 1		-	mg/L
Fósforo total	≤ 0,1		-	mg/L
Sólidos suspensos totais	≤ 5		-	mg/L
Sólidos dissolvidos totais	≤ 500		-	mg/L

Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 13969/1997 e ANA, FIESP e SINDUSCON-SP em “Manual de conservação e reúso de água em edificações” (2005)

É possível verificar que os limites de concentração do Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005) são mais restritivos que os da NBR 13969/1997.

Enquanto para o Manual a concentração de Coliformes termotolerantes deva ser indetectável, para a outra esse limite pode chegar a atingir 500 NMP/100mL. Há uma grande discussão a respeito desse parâmetro e de sua concentração utilizada em descargas sanitárias. Nos estudos de Gonçalves (2006) em vasos sanitários que utilizam água potável, foram verificadas concentrações de Coliformes termotolerantes entre  $1,55 \times 10^2$  e  $1,20 \times 10^5$  NMP/100mL, provocando questionamento a respeito da restritividade excessiva dos padrões adotados.

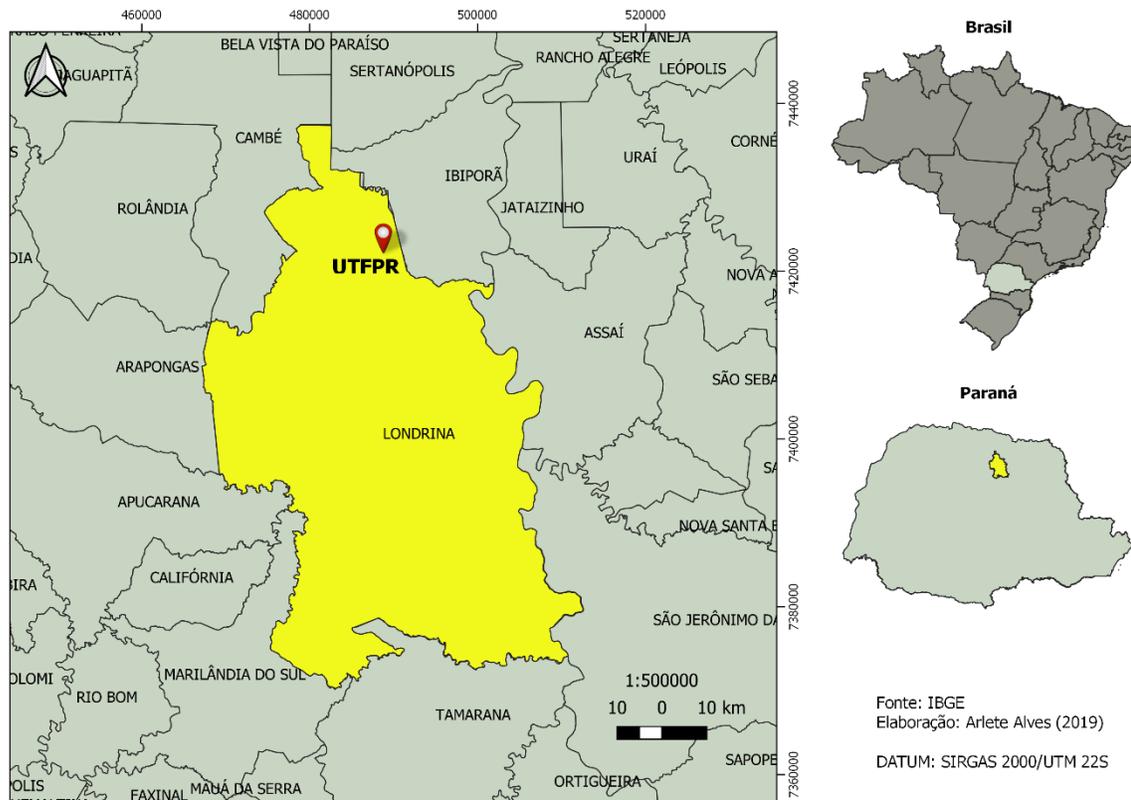
Os sólidos em suspensão totais e a turbidez são parâmetros importantes, pois interferem diretamente na aceitação do público, podendo causar repulsa em relação à água. Como são diretamente proporcionais, verifica-se que os limites para sólidos suspensos totais é inferior a 5 mg/L e está associado à valores de turbidez inferiores a 2uT.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná está localizada na região leste do município de Londrina, na Estrada dos Pioneiros, 3131 – Londrina/PR, entre as coordenadas 23° 18' 32,977" Sul e 51° 6' 59,903" Oeste. (Figura 4).

Figura 4 - Localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Londrina.



Fonte: Autoria própria (2019).

O Câmpus Londrina tem como população não residente e/ou flutuante cerca de 2410 alunos, 247 servidores (professores efetivos e/ou contratados e técnicos administrativos) e 40 funcionários de empresas prestadoras de serviços terceirizados.

Sua estrutura conta com dez edifícios, um restaurante universitário, uma biblioteca acadêmica e uma quadra de esportes (Figura 5).

Figura 5 - Estrutura do Câmpus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Fonte: Fotografia adaptada de Canziani (2017) – Repositório UTFPR – Câmpus Londrina<sup>2</sup>

Notas:	F: Bloco F (Almoxarifado)	O: Quadra Poliesportiva
A: Bloco A	I: Biblioteca	P: Bloco P (Saneamento)
B: Bloco B	K: Bloco K	Q: Bloco Q (Manutenção)
D: Bloco D (Zircônia)	L: Laboratórios de Pesquisa	S: Bloco S
E: Bloco E	N: Restaurante Universitário	

Esse trabalho foi aplicado aos laboratórios do Bloco K da UTFPR - Câmpus Londrina, com o levantamento da demanda de água não potável, da disponibilidade e da qualidade das águas com viabilidade de serem reutilizadas.

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2071/4/10anoslondrina.pdf>>. Acesso em abr. 2019.

O Bloco K possui 17 (dezesete) laboratórios, dos quais 2 (dois) foram objetos desse estudo, sendo os laboratórios do piso térreo K08 e K10. As águas cinzas produzidas nestes laboratórios, a priori possuem uma grande diluição de contaminantes durante as lavagens de vidrarias e outros usos, além de serem utilizados de forma mais intensa.

A Tabela 10 apresenta a caracterização dos laboratórios que foram estudados nesse trabalho.

Tabela 10 – Caracterização dos laboratórios que foram analisados.

<b>Local</b>	<b>Quantidade de torneiras</b>
Bloco K – Térreo – Laboratório 08	26 torneiras
Bloco K – Térreo – Laboratório 10	26 torneiras

Fonte: Autoria própria (2019).

#### 4.2 MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA NA EDIFICAÇÃO

A medição é uma das mais importantes ferramentas de gestão do consumo de água, possibilitando controlar e identificar as características de consumo ao longo do tempo de medição.

Para a determinação da demanda total água potável no Bloco K da UTFPR – Câmpus Londrina, foram monitorados os hidrômetros (Figura 6) instalados nos reservatórios superiores (Figura 7).

Figura 6 - Modelo do hidrômetro utilizado para medir volume de saída do reservatório.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 7 - Hidrômetro instalado no reservatório superior do Bloco K



Fonte: Acervo pessoal (2019).

A identificação da demanda de água pluvial (não potável) do edifício, utilizada diretamente nos vasos sanitários, foi realizada mediante monitoramento dos hidrômetros instalados nos reservatórios superiores do edifício, semelhantes aos de água potável.

Com objetivo de quantificar a produção de águas cinzas (águas consumidas) nos laboratórios foi realizado o esvaziamento de caixa de gordura para realizar a medição de forma volumétrica. Duas medições no laboratório K-08 foram realizadas com a medição da variação da altura de água na caixa de gordura.

#### 4.3 ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS CINZAS PARA REÚSO NÃO POTÁVEL

As águas que possuem maior viabilidade de serem reutilizadas são aquelas com a menor concentração de impurezas, portanto, foram analisadas apenas aquelas utilizadas nas pias dos laboratórios do edifício. Os lavatórios dos banheiros foram excluídos da pesquisa devido à grande concentração de carga orgânica e a necessidade de tratamento prévio.

As amostras das águas cinzas produzidas nos laboratórios do Bloco K, foram coletadas mediante instalação de um equipamento de coleta diretamente na saída do efluente, na caixa de inspeção do sistema de esgotamento sanitário (Figura 8). As coletas foram realizadas uma vez por semana, no intervalo de 30 (trinta) dias.

Figura 8 - Coletor de águas cinzas instalado na caixa de inspeção.



Fonte: Acervo pessoal (2019).

As amostras de águas cinzas foram coletadas diretamente na saída do efluente, em uma bandeja instalada no interior da caixa de inspeção localizada ao lado de fora do

edifício, sendo sempre armazenadas em garrafas plásticas higienizadas de 2L, hermeticamente fechadas.

Antes do início das amostragens foi realizada uma lavagem da caixa de gordura e caixa de passagem, para que as características do efluente anterior ao período de amostragem não influenciassem os resultados do estudo.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas nos Laboratórios de Saneamento e Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

Foram coletadas 4 (quatro) amostras de águas cinzas, sem tratamento, depositadas na bandeja após a sedimentação natural que ocorre na caixa de gordura, durante o período de setembro a outubro de 2019 para caracterização da água cinza de laboratório. As amostras eram coletadas pelo menos 5 cm acima da superfície da bandeja para minimizar a influência do material sedimentado no fundo.

Além disso, para fins de comparação, foram coletadas também 4 amostras das águas cinzas provenientes da caixa de gordura, cuja coleta era feita pelo menos 15 cm abaixo da superfície para evitar influência do material suspenso nas análises.

A caracterização das águas cinzas, mediante análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas com objetivo de determinar a presença e as concentrações dos parâmetros de controle discutidos no item 4.5. Foram adotadas as metodologias de referência do *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater (2012)*. Os métodos estão descritos na Tabela 11:

Tabela 11 – Descrição de métodos analíticos a serem utilizados para caracterização das amostras.

<b>Parâmetros</b>	<b>Método</b>	<b>Frequência das Análises</b>
pH	Método 4500 B – (APHA, 2012)	Semanal
Cor	Método 2120 B – (APHA, 2012)	Semanal
Turbidez	2130 B – Método nefelométrico - (APHA, 2012)	Semanal
DBO	Método 5210 D – Respirométrico – (APHA, 2012)	Semanal
Nitrogênio Total Kjeldahl	Método 4500 C – Kjeldahl – (APHA, 2012)	Semanal
Nitrogênio amoniacal	Método 4500 B e C – (APHA, 2012)	Semanal
Nitrato	Método 4500 - Titulométrico - (APHA, 2012)	Semanal
Nitrato	Método 4500 B - Calorimétrico - (APHA, 2012)	Semanal

Tabela 11 – Descrição de métodos analíticos a serem utilizados para caracterização das amostras (continuação).

Fósforo total	Método 4500 E – Calorimétrico (APHA, 2012)	Semanal
Sólidos Totais	Método 2540 B – Sólidos Totais - (APHA, 2012)	Semanal
Sólidos Suspensos Totais	Método 2540 D – (APHA, 2012)	Semanal
Sólidos Dissolvidos Totais	Método 2540 C - (APHA, 2012)	Semanal
Sólidos Voláteis Totais	Método 2510 B – (APHA, 2012)	Semanal

Fonte: APHA - Standard Methods for Examination of Water & Wastewater (2012).

Para o cálculo de mistura foi utilizada a Equação 1, a seguir:

$$C_{final} = \frac{(V_{\text{águas pluviais}} * C_{\text{águas pluviais}}) + (V_{\text{águas cinzas}} * C_{\text{água cinza}})}{V_{\text{águas pluviais}} + V_{\text{águas cinzas}}} \quad (1)$$

Onde:

V = volume (m<sup>3</sup>)

C = concentração (unidade de concentração para cada parâmetro)

#### 4.4 IMPACTO ECONÔMICO GERADO PELO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS

A implantação de um sistema de reúso de águas cinzas resulta em benefícios econômicos, isto é, a redução dos custos com o consumo de água potável e com a diminuição da produção de esgoto.

Através do levantamento do consumo total de água pluvial (águas destinadas somente ao uso em vasos sanitários) no edifício e dos custos com os serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto aplicáveis aos imóveis públicos do município de Londrina, cobrados pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) foi possível calcular o potencial de economia que o reúso das águas cinzas provenientes dos laboratórios do Bloco K da UTFPR – Câmpus Londrina poderiam gerar.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS CINZAS PARA REÚSO NÃO POTÁVEL

Foi utilizado como referência o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012)* para realização das análises físico-químicas e bacteriológicas das amostras de águas cinzas.

Na Tabela 12, encontram-se as variáveis analisadas neste trabalho em comparação com os critérios de qualidade da água para reúso em descargas de vasos sanitários segundo o Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005). Os valores apresentados foram a média e o desvio padrão resultante da caracterização das amostras de águas cinzas da caixa de gordura e saída do coletor tipo bandeja.

Tabela 12 – Média e desvio padrão dos resultados obtidos com as análises das amostras de águas cinzas provenientes da caixa de gordura e coletor tipo bandeja na saída do laboratório K-10.

Parâmetros Analisados	Caixa de Gordura		Caixa tipo bandeja				ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005)	Unidade
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo		
Coliformes Termotolerantes	Ausentes*	–	Ausentes*	–	–	–	Não detectáveis	-
Odor e aparência	Não desagradáveis	–	Não desagradáveis	–	–	–	Não desagradáveis	-
pH	7,57	1,42	7,01	1,41	8,58	5,86	Entre 6,0 e 9,0	-
Cor Real	71,33	30,89	60,00	59,76	129,00	25	≤10	uH
Turbidez	52,00	18,26	42,53	8,13	48,10	33,2	≤ 2	uT
DBO <sub>5,20</sub>	326	150	180	45	216	129	≤ 10	-
Nitrogênio Total Kjeldahl	57,87	76,32	71,87	102,89	190,65	10,28	-	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	43,62	56,44	28,96	30,42	64,06	10,16	≤ 20	mg/L
Nitrato	0,04	0,03	0,03	0,02	0,06	0,01	< 10	mg/L

Tabela 12 – Média e desvio padrão dos resultados obtidos com as análises das amostras de águas cinzas provenientes da caixa de gordura e coletor tipo bandeja na saída do laboratório K-10 (continuação).

Parâmetros Analisados	Caixa de Gordura		Caixa tipo bandeja				ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005)	Unidade
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo		
Nitrito	0,02	0,01	0,03	0,03	0,06	0,01	≤ 1	mg/L
Fósforo Total	0,17	0,19	0,24	0,28	0,44	0,04	≤ 0,1	mg/L
Sólidos Totais	387	40	310	102	400	200	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	63	38	50	17	60	30	≤ 5	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	324	21	260	85	340	170	≤ 500	mg/L
Sólidos Voláteis Totais	150	36	157	40	180	110	Ausentes	mg/L

Fonte: Autoria própria (2019).

Foram relatados apenas valores máximos e mínimos para o coletor, pois estes valores apresentaram características de ausência de compostos oleosos separados pela densidade ou compostos sedimentáveis.

Os valores de pH médio observados foram de 7,57 para a caixa de gordura e de 7,01 o coletor com valor máximo de 8,58. Ambos os valores médios permaneceram entre 6,0 e 9,0, porém observa-se que existe a necessidade de correção do valor mínimo de 5,86 para descarte ou reúso direto sem tratamento.

Observa-se uma variação quanto ao pH com valores considerados moderadamente ácidos ou alcalinos ( $5,0 < \text{pH} < 10,0$ ), resultando em uma variação global (considerando todos os pontos de coleta) de 5,86 a 9,20. A variação maior foi para valores alcalinos, provavelmente pelo uso de sabões e detergentes na lavagem de vidraria.

A cor real média da caixa de gordura foi de 71,33 uH e do coletor de 60,00 uH, com valores máximo e mínimo de 59,76 e 129,00 uH. Todos os resultados para o parâmetro cor real indicaram que o efluente necessita de processos de tratamento ou diluição para possibilitar o reúso de água.

A  $\text{DBO}_{5,20}$  média variou 45% menor da caixa de gordura para o coletor, com valores de 326 e 180  $\text{mgO}_2/\text{L}$ , respectivamente. Este valor foi muito superior a variação da cor real, que foi apenas de 16%. Isto pode ser um indicativo sobre efluentes de laboratório, ou seja, diferentemente de esgotos sanitários não houve uma correlação entre a cor real e o material orgânico. Já a redução média comparada aos sólidos dissolvidos foi próxima, com valor de 19%. Porém, os valores absolutos de cor real e sólidos dissolvidos também não apresentam uma correlação. Porém, deve-se ressaltar o número reduzido de dados.

Os valores de  $\text{DBO}_{5,20}$  e cor real não atendem a diretriz de reúso de água para vaso sanitário, de até 10  $\text{mg}/\text{L}$ , tendo apresentado valores máximos de 216  $\text{mgO}_2/\text{L}$  e 129,00 uH, respectivamente. Porém, todas as amostras coletadas durante o estudo atendem o parâmetro de sólidos dissolvidos totais menor que 500  $\text{mg}/\text{L}$ .

A turbidez média, em conformidade com os sólidos dissolvidos e cor real, variou em torno de 19% da caixa de gordura para o coletor, com valores de 52,00 e 42,53 uT, respectivamente. Os sólidos suspensos totais (SST) variaram 26%. O valor máximo de

turbidez foi de 48,1 uT e de SST foi de 60 mg/L. Os valores também não atendem ao reúso direto sem tratamento ou diluição, pois foram superiores a 2 uT.

Os sólidos gerados pelo efluente do laboratório foram predominantemente na forma de sólidos dissolvidos, em torno de 84% para a caixa de gordura e para o coletor. Desta forma, observa-se a necessidade de diminuição dos sólidos suspensos para viabilizar o reúso de água.

Os valores médios de nitrogênio total Kjeldahl e amoniacal podem ser considerados similares a valores de esgoto sanitário, com valores de 57,87 e 43,62mg/L para a caixa de gordura e de 71,87 e 28,96mg/L para o coletor. Para a variável NTK observa-se um aumento na passagem do efluente até o coletor. Isto pode ter sido ocasionado pelo uso de reagentes associados a compostos químicos nitrogenados.

Para o nitrogênio amoniacal, houve uma redução de 34% até o coletor. Fato que pode indicar processos biológicos de degradação inicial ou processos químicos ocorrendo preferencialmente na caixa de gordura. Os valores médios não atendem o valor máximo recomendado de 20 mg/L, apenas o valor mínimo de 10,16 mg/L é passível de conformidade.

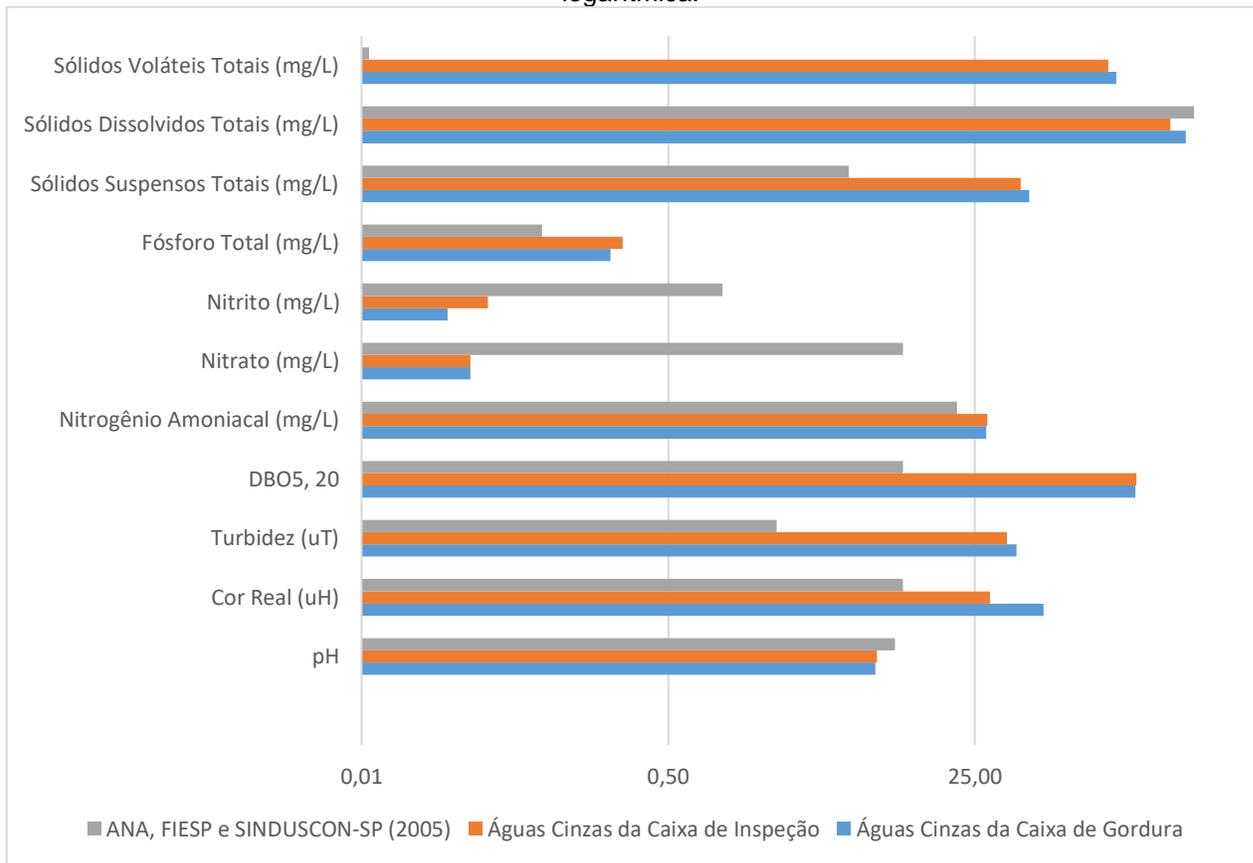
Os valores obtidos de nitrato e nitrito estão abaixo do limite recomendado de 10 e 1 mg/L, respectivamente. Pode-se verificar que os valores são relativamente próximos de valores nulos de nitrato e nitrito, indicando que a priori, a renovação volumétrica de esgotos impede a formação de nitrogênio amoniacal para nitrato. Porém, para confirmar este indício seria interessante a medição do valor de oxigênio na caixa de gordura.

O fósforo apresentou valores médios de 0,17 e 0,24 mg/L. A maioria dos valores observados foi acima de 0,1 mg/L, valor máximo recomendado para reúso de água em vasos sanitários.

Valores relativamente restritos de nitrogênio e fósforo são recomendados para evitar crescimento biológico nos sistemas de reservação. Fato que também é indicado para os valores de  $DBO_{5,20}$  e sólidos voláteis.

Na Figura 9 encontra-se também um gráfico de comparação entre os valores dos parâmetros das águas cinzas coletadas na caixa de inspeção e caixa de gordura e os critérios estabelecidos pelo Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005).

Figura 9 - Comparação entre os valores dos parâmetros das águas cinzas coletadas na caixa de inspeção e os critérios estabelecidos pelo Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005) em escala logarítmica.



Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se pela Tabela 12 e pela Figura 9 que os parâmetros das águas cinzas encontradas na caixa de inspeção apresentaram-se, de forma geral, acima dos critérios estabelecidos pelo Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005).

Para analisar, portanto, a viabilidade de reúso dessas águas associadas às águas pluviais, realizou-se uma estimativa de mistura para cada um dos parâmetros analisados entre as águas cinzas e as águas pluviais encontradas no reservatório.

Ressalta-se que o reservatório de águas pluviais do Câmpus Londrina é constantemente abastecido por fontes externas de água (água subterrânea e/ou da SANEPAR). Este fato ocorre quando falta água nos reservatórios de água pluvial devido a valores reduzidos de precipitação ou uso dos vasos sanitários de forma intensiva.

A Tabela 13 apresenta os valores médios para cada um dos parâmetros das águas pluviais sem tratamento encontradas no reservatório no período de abril a setembro de 2019.

Tabela 13 – Valores médios dos parâmetros das águas do reservatório pluvial do Câmpus.

<b>Parâmetros Analisados</b>	<b>Águas Pluviais sem tratamento</b>	<b>ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005)</b>	<b>Unidade</b>
Coliformes Termotolerantes	Ausentes	Não detectáveis	-
Odor e aparência	Não desagradáveis	Não desagradáveis	-
pH	7,04	Entre 6,0 e 9,0	-
Cor Real	2,60	≤10	uH
Turbidez	0,70	≤ 2	uT
DBO <sub>5, 20</sub>	5,20	≤ 10	-
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,00	-	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,00	≤ 20	mg/L
Nitrato	0,00	< 10	mg/L
Nitrito	0,00	≤ 1	mg/L
Fósforo Total	0,00	≤ 0,10	mg/L
Sólidos Totais	0,00	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	0,00	≤ 5	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	0,49	≤ 500	mg/L
Sólidos Voláteis Totais	0,00	Ausentes	mg/L

Fonte: Autoria própria (2019).

Para calcular a diluição dos parâmetros das águas cinzas com as águas pluviais foi necessário levantar o volume de águas pluviais presente no reservatório, bem como

o volume de águas cinzas enviadas para o reservatório durante um determinado período de tempo.

Foram feitos cálculos de diluição em duas condições, a primeira com o reservatório pluvial funcionando com o volume mínimo de 30% do total, equivalente a 4,5 m<sup>3</sup> e a segunda, com o volume máximo 15 m<sup>3</sup> (considerou-se apenas os reservatórios pluviais inferiores do bloco K).

A caixa de saída do laboratório K-08 foi utilizada para medição de volume de efluente gerado no período de 2 aulas contínuas. O menor valor medido foi de 10 L em aula com uso reduzido de vidraria e consumo de água. O maior valor foi medido em aula de fabricação de sabão com uso de vidraria e grande consumo de água, com valor de aproximado de 50L. Desta forma, o valor médio obtido foi de 30 L para duas aulas contínuas.

O número de aulas diárias nos laboratórios de química é relativamente reduzido, menor que 6 aulas por dia. Porém, para efeito de cálculo na equação da diluição e por precaução, devido a possíveis modificações futuras, neste trabalho será adotado 8 aulas em cada laboratório e considerado os laboratórios K-10 e K-08 como contribuintes.

Estes laboratórios possuem descarga de esgotamento paralelo ao sistema de drenagem do bloco K, o que permite a ligação das redes sem dificuldade técnica e construtiva.

Assim, o volume máximo diário de águas cinzas utilizado na equação da mistura foi de 0,24 m<sup>3</sup> por dia.

Após aplicação da equação da mistura, obteve-se os valores de concentração final para cada um dos parâmetros de controle, em cada uma das situações, como mostra a Tabela 14.

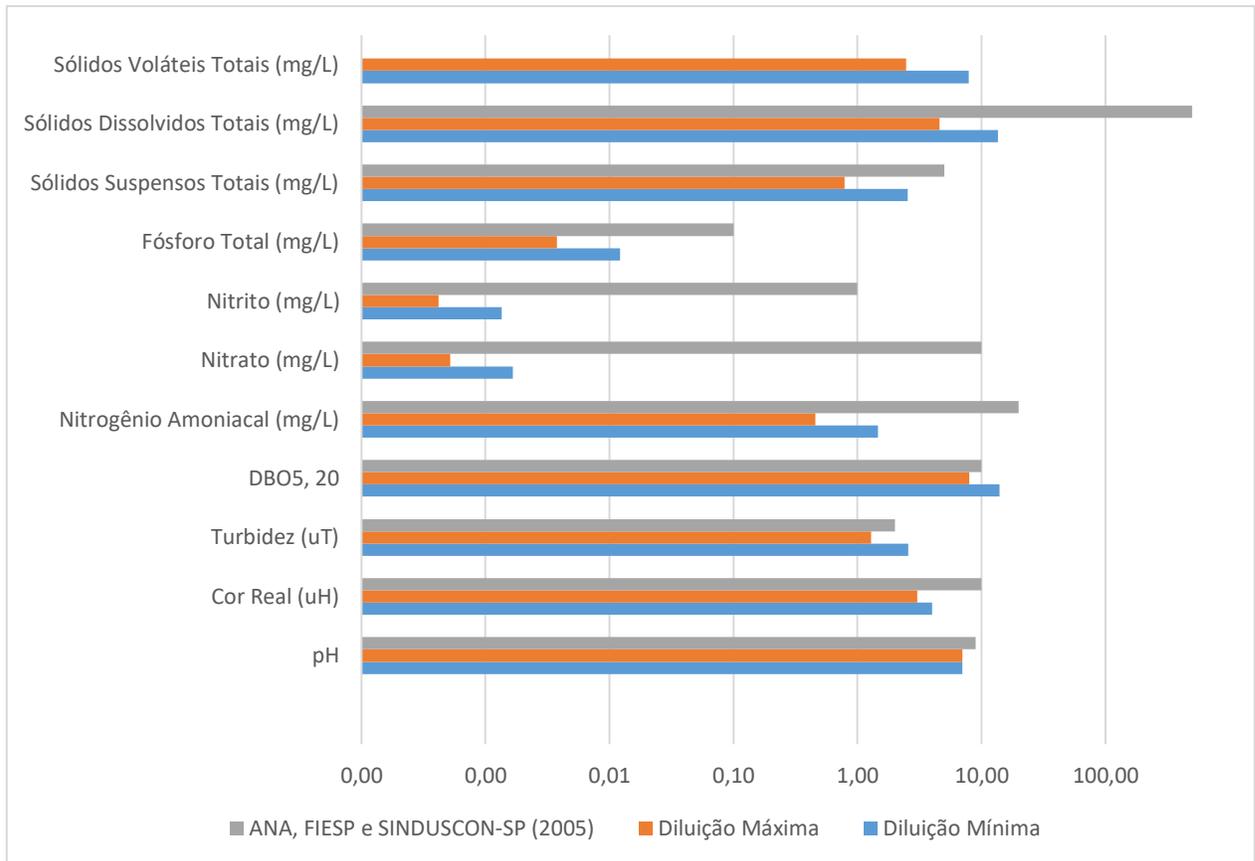
Tabela 14 - Resultados dos parâmetros após diluição das águas cinzas no reservatório de águas pluviais.

Parâmetros Analisados	Águas diluídas no reservatório		ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005)	Unidade
	Volume Mínimo	Volume Máximo		
Coliformes Termotolerantes	Ausente	Ausentes	Não detectáveis	-
Odor e aparência	Não desagradáveis	Não desagradáveis	Não desagradáveis	-
pH	7,05	7,04	Entre 6,0 e 9,0	-
Cor Real	4,00	3,04	≤10	uH
Turbidez	2,57	1,28	≤ 2	uT
DBO <sub>5, 20</sub>	14	8	≤ 10	mg/L
Nitrogênio Total Kjeldahl	3,64	1,13	-	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	1,47	0,46	≤ 20	mg/L
Nitrato	0,001	0,001	< 10	mg/L
Nitrito	0,001	0,001	≤ 1	mg/L
Fósforo Total	0,01	0,001	≤ 0,1	mg/L
Sólidos Totais	15,70	4,88	-	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	2,53	0,79	≤ 5	mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais	13,63	4,58	≤ 500	mg/L
Sólidos Voláteis Totais	7,93	2,47	Ausentes	mg/L

Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 10 observa-se também um gráfico de comparação entre os valores dos parâmetros das águas cinzas diluídas e os critérios estabelecidos pelo Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005).

Figura 10 - Comparação entre os valores dos parâmetros das águas cinzas diluídas e os critérios estabelecidos pelo Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005) em escala Logarítmica.



Fonte: Autoria própria (2019).

Percebe-se que, após a mistura, as águas cinzas diluídas no reservatório, apresentaram valores aceitáveis para os parâmetros característicos das águas de reúso Classe 1, isto é, aquelas destinadas para uso em vasos sanitários, conforme os critérios do Manual da ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005). A exceção ocorre para:

- A turbidez, na mistura com valores de reservação de água pluvial mínimo com o valor de 2,57 que é maior que 2,0. Porém, analisando o valor obtido, verifica-se que o valor é muito próximo de 2,0 e que os parâmetros são valores recomendados. Para água de reúso, a China e a Inglaterra (ZHU et al, 2017) aceitam como valores menores que 5,0 e 10,0 para a turbidez, respectivamente. Também, a partir da *expertise*, pode-se inferir que o valor de 2,57 é um valor viável tecnicamente para ser utilizado para sistemas de alimentação de vasos sanitários,

pois a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017, relativo a água potável, permite um limite máximo de 2,0 uT, ou seja, o autor da recomendação Classe I para reúso de água teve como parâmetro a turbidez relativa a água potável (BRASIL, 2017) . Desta forma, em consonância ao requisito de uso (vaso sanitário), considera-se o valor de 2,57 plenamente aceitável para o reúso de água, já que foi obtido como valor máximo após a mistura.

- A  $DBO_{5,20}$ , com valor obtido após a mistura de 14  $mgO_2/L$ , acima do valor de 10  $mgO_2/L$ . Este valor encontra-se ligeiramente acima do recomendado. Porém, o Departamento de Saúde do Canadá (HEALTH CANADA DEPARTMENT, 2010) adota valores médios menores que 10 e valores máximos menores que 20. Desta forma, os valores obtidos são próprios para reúso de água. Outra ação para viabilizar o reúso de água encontra-se em norma de aproveitamento de água pluvial NBR 15.527 de 2007 que recomenda a utilização de clorador tipo pastilha nos reservatórios de armazenamento de água pluvial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). Fato que permitiria a utilização da água do laboratório para uso conjunto com a água pluvial.
- Aos sólidos voláteis totais, com valores de 7,93 e 2,47  $mg/L$ . Neste caso, observa-se a rigidez da recomendação, pois a ausência total de sólidos voláteis inviabiliza inclusive o aproveitamento da água pluvial. Os valores obtidos podem ser considerados relativamente baixos para uso em sistemas de vaso sanitário. A ação para viabilizar o reúso de água por via direta sem tratamento (diluição) é a utilização de pastilha de cloração visando evitar o crescimento biológico no sistema de reservação. Enfatiza-se novamente que o valor obtido é inócuo quanto a sua inviabilização técnica para aproveitamento de água.
- O parâmetro fósforo total apresentou valores próximos da nulidade nas análises realizadas, suscetíveis a fragilidades devido à capacidade de leitura mínima da metodologia utilizada, podendo indicar valores abaixo do apresentado. É válido ressaltar que o efluente utilizado nesta análise é proveniente de lavagem de

vidrarias e higiene de mãos, podendo apresentar valores diferentes de acordo com a utilização dos laboratórios, apresentando mais ou menos fósforo, devido à presença de detergentes e saponáceos, mas que neste estudo apresentou valores muito diluídos devido a forma de uso.

É importante lembrar que, como em qualquer sistema de aproveitamento de águas pluviais ou reúso de águas residuárias, o controle e monitoramento periódicos das características e do funcionamento do sistema são essenciais para garantir a qualidade e a segurança dos usuários finais, não devendo este ser feito de forma indiscriminada.

## 5.2 POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA E REDUÇÃO DOS CUSTOS COM ABASTECIMENTO

A estimativa de economia gerada pelo reúso das águas cinzas produzidas nos laboratórios do Bloco K da UTFPR – Câmpus Londrina para uso em vasos sanitários foi calculada a partir do valor cobrado pelos servidos de abastecimento de água e coleta de esgoto pela Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto (SANEPAR).

O consumo total de água potável e água pluvial na edificação foi monitorado a partir da leitura dos hidrômetros instalados nos reservatórios superiores de água potável e pluvial do edifício no período de setembro a outubro de 2019. A Tabela 15 mostra o consumo médio monitorado no período.

Tabela 15 - Consumo médio de água potável e pluvial no edifício.

<b>Fonte</b>	<b>Consumo médio no edifício (L/d)</b>	<b>Consumo médio no edifício (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Consumo médio no edifício (m<sup>3</sup>/mês)</b>
Água Potável	7.130,83	7,13	213,92
Água Pluvial	5.826,08	5,82	174,78

Fonte: Autoria própria (2019).

O volume de águas consumidas nos laboratórios foi determinado como sendo 0,24 m<sup>3</sup>/d. A Tabela 16 mostra uma média da produção de águas cinzas para os dois laboratórios. Não foram contabilizados os finais de semana.

Tabela 16 - Média de produção de águas cinzas nos laboratórios do Bloco K.

<b>Pontos de Consumo</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/d)</b>	<b>Consumo (L/d)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/mês)</b>
Laboratórios	0,24	240	4,80

Fonte: Autoria própria (2019).

Na Tabela 17 são apresentadas as tarifas cobradas pela SANEPAR pelos serviços de água e esgoto.

Tabela 17 – Tabela de tarifas de saneamento básico para edifícios do Poder Público – 2019.  
**Categoria/Faixas de Consumo (Tarifa em Reais/m<sup>3</sup>)**

<b>Serviços</b>	<b>≥ 5m<sup>3</sup></b>	<b>6 a 10</b>	<b>11 a 15</b>	<b>16 a 20</b>	<b>21 a 30</b>	<b>&gt;30</b>
Esgoto	53,97	1,38	6,87	6,93	6,97	7,02
Água e Esgoto	121,43	3,11	15,46	15,59	15,68	15,80

Fonte: SANEPAR, 2019.

Considerando a taxa de R\$15,80 por m<sup>3</sup>, o reúso das águas cinzas consumidas no edifício para uso nos vasos sanitários, associado ao sistema de aproveitamento pluvial já existente, economizaria até R\$682,56 ao ano (considerando apenas 9 meses).

Observa-se que o potencial de economia é relativamente baixo, porém, deve-se considerar o papel Institucional da UTFPR-LD e a possibilidade de replicação deste sistema nos outros blocos da Universidade.

Desta forma, o potencial econômico pode ser aumentado para valores significativos, bem como a Universidade pode utilizar este estudo como base piloto para ser adotada em edificações da UTFPR no estado do Paraná.

## 6. CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs avaliar a viabilidade físico-química e bacteriológica do reúso das águas cinzas produzidas em dois laboratórios do Bloco K da UTFPR – Câmpus Londrina. Desta forma, pode-se concluir que:

- os parâmetros analisados que atenderam a recomendação para reúso de água em sistema de vasos sanitários foram: pH, sólidos dissolvidos totais, sólidos

suspensos totais, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, cor real (comparada com a aparente);

- as variáveis sólidos totais e nitrogênio total Kjeldahl apresentaram valores após a diluição compatíveis com o reúso proposto neste trabalho;
- as variáveis turbidez,  $DBO_{5,20}$  e sólidos voláteis totais apresentaram valores ligeiramente superiores aos valores recomendados para reúso de água em vasos sanitários, porém, a utilização de um oxidante para desinfecção na forma de pastilha pode permitir a viabilização do reúso de água de laboratório em conjunto com o aproveitamento de água pluvial;
- o valor econômico potencial para a instituição de ensino a ser economizado foi de aproximadamente R\$682,00 ao ano para 1 bloco da UTFPR-LD. Observa-se o potencial de replicação e ganho econômico em escala se considerar o número de blocos da UTFPR no estado do Paraná passível de realizar este reúso de água.

Assim, a implantação do sistema, onde o efluente seria encaminhado para o sistema de coleta de águas pluviais, utilizando-se das mesmas instalações hidráulicas, e tendo suas características diluídas às das águas pluviais, mostrou viabilidade potencial, tendo em vista o caráter técnico e econômico.

Também se observou a potencialidade de reúso do efluente que, com monitoramento e controle constantes, pode ser utilizado com segurança, sem prejuízo ou danos aos equipamentos e à saúde e segurança dos usuários, mediante controle e monitoramento frequente.

A instituição, portanto, poderá utilizar as análises deste trabalho para a implantação de um sistema de reúso de águas residuárias com objetivo de incentivar as práticas inovadoras e tecnológicas de reúso de águas.

As inúmeras vantagens econômicas, ambientais e sócio educacionais de sistemas de reúso de água devem ser consideradas na prática da engenharia, pois são importantes

ferramentas para economia de água potável, a qual faz-se tão necessária frente aos problemas de falta de água enfrentados no país.

Por fim, este trabalho apresenta valores potenciais de viabilidade físico-química, microbiológica e econômica que podem fundamentar ações de uso racional de água pelo reúso de águas residuárias para utilização em sistemas prediais de descarga em vasos sanitários.

## REFERÊNCIAS

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Reúso de Água nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil**, São Paulo, mai 2015. 43p. Disponível em: <[http://abes-dn.org.br/pdf/Reuso\\_nas\\_Crises.pdf](http://abes-dn.org.br/pdf/Reuso_nas_Crises.pdf)>. Acesso em: mai 2019.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2012.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Agência Nacional das Águas. Brasília/DF. 2013.

ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ANA<sup>1</sup>. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Agência Nacional das Águas. Brasília/DF, p. 88. 2018.

ANA<sup>2</sup>. **Contas Econômicas Ambientais da Água no Brasil 2013-2015**. Agência Nacional das Águas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. Brasília/DF, p. 79. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A Política de Recursos Hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-166, Dez 1997.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências**, Brasília, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 27 abr 2019.

BRASIL. PORTARIA DA CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Brasília, 2017. Disponível em: <[https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-de-consolidacao-5-2017\\_356387.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-de-consolidacao-5-2017_356387.html)>. Acesso em 17 nov 2019.

CANZIANI, A. **Do sonho à realidade: os 10 anos do Câmpus Londrina da UTFPR**. 1. ed. Londrina, PR: Graciosa, 2017. 162 p. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2071/4/10anoslondrina.pdf>>. Acesso em: abr 2019.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Resolução n. 54, de 28 de nov. de 2005**, Brasília/DF, nov 2005.

GONÇALVES, R. F. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p. PROSAB - Edital IV.

GONÇALVES, RICARDO FRANCI (COORD.). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352 p. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5\\_tema\\_5.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf)>. Acesso em: abr 2019.

HEALTH CANADA DEPARTMENT. **Canadian Guidelines for Domestic Reclaimed Water for Use in Toilet and Urinal Flushing**. Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment. Ottawa. Ontario. Canada. 2010.

HESPANHOL, I. **Manual Prático Para Uso e Conservação da Água em Prédios Públicos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014. 77 p.

HESPANHOL, I.; TUCCI, C. E. M.; NETTO, O. D. M. C. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

MANCUSO, P. C. S. et al. **Reúso de Água**. 1ª. ed. Barueri, SP: Manole, 2003. 576 p.

MAY, S. **Caracterização, Tratamento e Reúso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 200. 2009.

MENDONÇA, P. D. A. O. **Reúso de Água em Edifícios Públicos - O Caso da Escola Politécnica**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 164. 2004.

POLETO, C. et al. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 272 p.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA. Relatório de Diagnóstico da Situação do Saneamento, Londrina, 2015. Disponível em: <[http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/abastecimento\\_agua\\_03\\_10.pdf](http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/abastecimento_agua_03_10.pdf)>. Acesso em: jun 2019.

ROCHA, A. L. Perfil de consumo de água de uma habitação unifamiliar. **In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, 1999.

SANEPAR. **Tabela de tarifas 2019**. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/clientes2012/tabeledetarifas2019-site.pdf>> Acessado em: 03 de junho de 2019.

SILVEIRA, M. L. G. D. et al. Gestão Universitária Sustentável: Estudo de caso de reúso de águas cinzas. **In: XIV COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA**, Florianópolis, dez 2014. 12 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/25876>>. Acesso em: 6 mai 2019.

SISTEMA Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS. **Portal Eletrônico**, 2016. Disponível em: <[www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br)>. Acesso em: jun 2019.

TELLES, D. D. et al. **Reúso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas**. 2ª. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 407 p.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar, 2000.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**. 4. ed. São Paulo: Navegar, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 1996.

ZHU, J.; WAGNER, M.; CORNEL, P.; CHEN, H.; DAI, X. **Feasibility of on-site grey-water reuse for toilet flushing in China.** Journal of Water Reuse and Desalination. 2017.