

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LUIZA TEODORO LEITE

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
PLUVIAIS DA UTFPR – CAMPUS LONDRINA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2019

LUIZA TEODORO LEITE

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA
DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA UTFPR –
CAMPUS LONDRINA**

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

Orientador: Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi

LONDRINA
2019



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



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
PLUVIAIS DA UTFPR – CAMPUS LONDRINA

por

Luiza Teodoro Leite

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 10 de julho de 2019 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* 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. Ms. Ana Paula Cosso
(UTFPR)

Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira
(UTFPR)
Orientador

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

DEDICATORIA

Dedico este trabalho a minha mãe Meire e ao meu pai Amadeu, que sempre foram compreensivos com os meus estudos e me proveram todo o sustento necessário sem que eu precisasse me preocupar.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus. Por estar presente mesmo nos momentos mais difíceis e por ter me proporcionado chegar até aqui. A minha família por toda paciência e auxílio nos momentos que sempre precisei contribuindo para que eu pudesse ter um caminho mais prazerosos durante todos estes anos.

Aos meus pais, por sempre me incentivarem a estudar, mesmo que eu tenha passado muitos anos fazendo apenas isto. Aos meus irmãos por me enxerem o saco mas principalmente por saber que posso contar com eles sempre que eu precisar. Ao meu namorado por toda paciência e compreensão da ausência em todos os momentos, cuidando de mim e sendo meu porto seguro.

Aos meus educadores em especial ao Prof Dr Rafael Montanhini por ter aceito este desafio de me orientar, obrigada por sua prontidão e paciência. Ao Prof Dr. Ricardo Costanzi por aceitar minhas ideias mais inusitadas que fosse em prol da pesquisa e por estar sempre pronto a ajudar mesmo que fosse em cima do prazo. Ao prof. Dr. Edson Fontes por me direcionar para o rumo da pesquisa e sempre ser um grande exemplo de profissional, deixo o meu muito obrigada por tudo. A todos os membros da banca que aceitaram realizar a correção deste trabalho.

A Daniela Sanches que prontamente me forneceu os dados de precipitação e esteve sempre pronta a ajudar. Aos meus novos colegas de trabalho Arlete e Matheus Toloto que sempre me ajudaram com informações do *campus* e me auxiliaram nas medições. Aos meus amigos Karoline, Mayara e Vinicius por alegrarem minhas noite após provas e trabalhos exaustivos, eu que sou fã de vocês. A todos que contribuíram de alguma forma para que este trabalho acontecesse.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade de me tornar uma pessoa e profissional melhor. Deixo o meu muito obrigada.

“Vista de longe a Terra é pura água;
Mas não é água pura.

Essa é rara e cada vez mais cara.”
Ricardo Arnst

RESUMO

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são apontados como uma importante fonte hídrica para atender às demandas de água. Em geral, o volume do reservatório determina por processos de simulação a eficiência do sistema. Dependendo do modelo de cálculo adotado, o sistema de aproveitamento pode ser super ou subdimensionado para o perfil de precipitação da região. Este trabalho apresenta um estudo sobre o sistema de captação de águas pluviais instalado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina- UTFPR-LD. O reservatório foi analisado pela simulação da operação. A análise das perdas por extravasamento e falhas do fornecimento de água, bem como do consumo de água pluvial medido para uso nos vasos sanitários nas edificações foi considerado. Assim, a análise por simulação determina o tamanho ótimo do volume de reservação. A vazão para os vasos sanitários com válvula de descarga foi medida e constatou-se um valor médio de $1,32 \text{ l.s}^{-1}$ com um desvio padrão de $0,3 \text{ l.s}^{-1}$. A demanda média de água pluvial calculada no período de 1 mês foi de $3,82 \text{ m}^3$ diários, considerado de segunda a sábado. Foi gerado gráfico de extravasamento de água pluvial e utilização de suprimento de água externa o volume do reservatório com um menor extravasamento e utilização de água externa foi de 25 m^3 para uma demanda de $3,82 \text{ m}^3$. O período de retorno financeiro do sistema foi de 2 anos e 7 meses.

Palavras-chave: Uso de Aguas pluviais; Método simulação; Aproveitamento;

ABSTRACT

Rainwater harvesting systems are identified as an important source of water to meet the demands of water. In general, the reservoir volume is determined by system efficiency processes. The adopted emission model, the utilization system can be super or undersized for the precipitation profile of the region. This work is a study about the rainwater harvesting system installed at the Federal Technological University of the Paraná campus of Londrina-UTFPR-LD. The reservoir was analyzed by explicit operation. The analysis of leakage losses and water filling faults, as well as the rainwater consumption measured for use in the toilets in the buildings were considered. Thus, a group analysis determined the optimal size of the reserve volume. The flow rate for the rated toilets was measured and an average value of 1.32 l.s⁻¹ was found with a standard deviation of 0.3 l.s⁻¹. The average rainfall production was in the period of 1 month to 3.82 m³ in average, being from Monday to Saturday. It was graphic graph of extravasation of rainwater and use of water of external outlet of volume of reservoir with a small extravasation and use of external water of 25 m³ for a demand of 3.82 m³. The period of financial return of the system was 2 years and 7 months.

Keywords: Rainwater use; Simulation method; Use;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfil do consumo doméstico de água em um apartamento popular na cidade de São Paulo (Brasil)	18
Figura 2: Sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	25
Figura 3: Fotografia aérea da <i>Campus</i> UTFPR – <i>Campus</i> Londrina.....	29
Figura 4: A - Fotografia do bloco K com o tubos de queda de aguas pluviais <i>Campus</i> UTFPR – <i>Campus</i> Londrina; B – Fotografia do reservatorio de água superior do bloco k.....	30
Figura 5: Precipitação e temperatura média mensal na cidade de Londrina.....	31
Figura 6: A- Fotografia da instalação do hidrômetro na saída do reservatório; B – Fotografia da medição com as unidades em m ³ do hidrômetro da marca Saga.....	32
Figura 7: Relação entre a altura alcançada no vaso sanitário e o volume em litros.....	35
Figura 8: Fórmulas de cálculo de área de captação.....	37
Figura 9: Teste de normalidade Shapiro-wilk para o regime de chuvas de Londrina	40
Figura 10: Frequência nos períodos do dia do bloco K.....	41
Figura 11: Demanda de água pluvial em relação aos dias da semana	41
Figura 12: Curva de regressão entre temperatura e demanda de agua pluvial	42
Figura 13: Tempo de acionamento da descarga fornecido pelo pela aplicação dos formulários.	43
Figura 14: Frequência da utilização dos sanitários do bloco K em uma semana	44
Figura 15: Utilização do mictório (A) e acionamento da descarga (B) do mictório para o sexo masculino	44
Figura 16: Variação do volume do reservatório pelo extravasamento	45
Figura 17: Variação do volume do reservatório pela utilização do suprimento de água externa.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul	15
Tabela 2 - Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população, além da relação entre a disponibilidade de água e o tamanho da população para as cinco regiões do Brasil.....	16
Tabela 3 - Consumo diário per capita de água por classes de uso no cotidiano	17
Tabela 4 - Demanda de água não potável em uma residência.....	20
Tabela 5 – Tarifa do saneamento básico cobrado no período de análise pela companhia de abastecimento com detalhe utilizado para os Cálculos.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1. DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	15
3.1.1. PADRÕES DE CONSUMO DE ÁGUA	17
3.1.2. CONSUMO DE ÁGUAS PLUVIAIS	19
3.2. CONSERVAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM SISTEMA PREDIAIS COMERCIAIS	21
3.3 PANORAMA GERAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	22
3.4 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	25
3.5. RELAÇÃO ESGOTO/ÁGUA DEVIDO AO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
4.2. SÉRIE HISTÓRICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM LONDRINA	31
4.3. DEMANDA DIÁRIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NA UTFPR – <i>CAMPUS</i> LONDRINA	31
4.3.1. ENTREVISTAS COM USUÁRIOS DO BLOCO K E MEDIÇÃO DO TEMPO DE ACIONAMENTO DAS DESCARGAS	33
4.3.2. MEDIÇÃO DA VAZÃO DOS VASOS SANITÁRIOS COM VÁLVULA DE DESCARGA.....	34
4.4. ÁREA DE CAPTAÇÃO E VOLUME DE RESERVA DE ÁGUAS PLUVIAIS DO <i>CAMPUS</i> LONDRINA	36
4.5. TEMPO DE RETORNO COM BASE NA TAXA DE ÁGUA/ ESGOTO PAGA	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1 DADOS DE PLUVIOMETRIA DE LONDRINA.....	40
5.2 CONSUMO DE ÁGUA POR ALUNO NO BLOCO K	40
5.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL.....	45
5.4. CALCULO DO TEMPO DE RETORNO DO RESERVATÓRIO EXISTENTE	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A – PLANTA BAIXA DO TELHADO DO BLOCO K.....	53
APÊNDICE B – FORMULÁRIO APLICADO AOS USUÁRIOS DO CAMPUS.....	55
APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO – DETALHE INICIAL DA PLANILHA DESENVOLVIDA DA SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA DE 1976 A 2019.....	57

1. INTRODUÇÃO

A escassez da água é um problema enfrentado em várias regiões do Brasil e do mundo sendo resultado do consumo cada vez maior dos recursos hídricos. Este fato está associado ao aumento da poluição hídrica; ao mau uso e desperdício da água; e sobretudo, a falta de políticas públicas que estimulem o uso sustentável da água (SILVA, 2015).

A essencialidade desse recurso natural é indiscutível, em razão da demanda fisiológica dos organismos, sendo extremamente necessário para a manutenção da vida no planeta. Em virtude deste panorama, cresce a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável, pela adoção e busca de novas tecnologias e pelo uso racional da água (WWAP, 2015).

Observa-se que a água destinada ao consumo humano pode ter dois fins distintos: parte da água que abastece uma residência é utilizada para higiene pessoal, para beber e cozinhar alimentos, a qual é designada como uso potável; enquanto a outra parcela que chega às residências é destinada aos usos não potáveis, como lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários. Esta última parcela de água utilizada poderia ser atendida por fontes alternativas, visando à melhor conservação da água de melhor qualidade e gerando uma economia para o consumidor (SILVA,2015).

Para que possamos diversificar o uso de água potável por fontes alternativas é necessário avaliar opções de outras formas de suprimento do recurso. De acordo com Hurlimann (2011), são consideradas fontes alternativas de água as que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso. Nesse contexto, o aproveitamento da água pluvial tem se revelado uma opção tecnicamente viável, caracterizando-se por ser uma das soluções relativamente mais baratas para preservar a água potável (HURLIMANN,2011).

A utilização da água pluvial, além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais e subterrâneas de abastecimento, tende a reduzir o escoamento superficial, minimizando os problemas como enchentes e permite avançar na direção da sustentabilidade urbana (WU e CHAU, 2006). Os mesmo autores argumentam que esse processo só será possível por meio da mobilização da sociedade em busca do uso apropriado e eficiente da água.

O dimensionamento de um sistema de abastecimento de águas pluviais é uma etapa importante do processo do uso da água de chuvas e, nesse contexto, a definição adequada do volume do reservatório é um aspecto crucial para evitar o seu super ou subdimensionamento (PELAK e PORPORATO, 2016). Dessa forma, o reservatório deve ser projetado de forma a garantir o desenvolvimento de um sistema eficiente de aproveitamento da água pluvial, garantindo a viabilidade do sistema, uma vez que o reservatório é um dos fatores que mais afeta o custo total de instalação de sistema de aproveitamento de águas pluviais (SANTOS e PINTO, 2013; PROENÇA e GHISI, 2010).

A literatura apresenta diferentes métodos de estimativas do volume de reservatórios. Em geral, estas metodologias podem ser classificadas em quatro tipos: 1) métodos simplificados baseados em relações “usos-definidos” (SANTOS e PINTO, 2013); 2) simulações de balanços contínuos (CAMPISANO e MODICA, 2012; HAJANI e RAHMAN, 2014; MARTÍNEZ et al. 2014); 3) métodos não paramétricos baseadas em matriz de probabilidade (HUANG et al. 2013); e 4) métodos paramétricos (RAIMONDI e BECCIU, 2014; ADHAM et al. 2016).

Diante do exposto, este estudo realizou o diagnóstico de um sistema de coleta e distribuição de águas pluviais na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)–*Campus* Londrina exclusivamente para o bloco K e sem considerar os blocos A e B que também possuem um sistema de captação, analisando o dimensionamento do seu reservatório. Dessa forma, foi realizado um estudo no sistema de aproveitamento da água pluvial utilizada pela Universidade em seus sanitários.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um diagnóstico do sistema de aproveitamento de águas pluviais instalado no bloco K da UTFPR *Campus* Londrina pela avaliação do dimensionamento do reservatório pelo método da simulação.

2.2. Objetivos específicos

- Compilar dados da série histórica de precipitação diária para a cidade de Londrina;
- Identificar a demanda diária das águas pluviais na UTFPR - *Campus* Londrina;
- Avaliar área de captação, volume de reservação e eficiência dos reservatórios de águas pluviais do bloco K da UTFPR - *Campus* Londrina.
- Estimar o tempo de retorno financeiro baseado na economia de água consumida a partir do sistema de aproveitamento de água pluvial que atende o bloco K da UTFPR - *Campus* Londrina.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35.732 m³/hab./ano, sendo considerado um país rico em recursos hídricos (TOMAZ, 2001; REBOUÇAS, 2006). Além disso, esses mesmos autores destacam que o país conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo, o que denota o seu elevado potencial hídrico. Entre os países da América do Sul, chama atenção o fato do Brasil apresentar uma vazão média total de água de 177.900 km³/ano, o que corresponde a 53% da vazão média total da América do Sul, como disposto na tabela 1.

Tabela 1 - Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul

	Vazão média total (km³/ano)	Porcentagem(%)
América do Sul	343.000	100
Brasil	177.900	53
Demais países sul-americanos	165.100	47

Fonte: Tomaz, 2001.

O território brasileiro é banhado por extensas bacias hidrográficas, dentre as quais estão as dos Rios Amazonas, Tocantins-Araguaia, São Francisco, Atlântico Norte-Nordeste, Uruguai, Atlântico Leste, Atlântico Sul e Sudeste, Paraná e Paraguai (ANEEL, 2018). Cabe destaque para a bacia Amazônica, que abrange uma área de drenagem da ordem de 6.112.000 Km² e ocupa cerca de 42% da superfície do território brasileiro (ANEEL, 2018), representando 53% da produção de água doce do continente sul-americano (334.000 m³/s; REBOUÇAS, 2006).

A despeito do Brasil apresentar grande disponibilidade de recursos hídricos, eles não estão distribuídos uniformemente, havendo em algumas regiões grande desequilíbrio entre oferta e demanda de água. Ghisi (2006) demonstra que as áreas mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado, aquelas que apresentam muita água disponível revelam menores densidades populacionais

(Tabela 2). Nesse contexto, pode-se citar a região sudeste do Brasil, que conta com 43% do total de habitantes do país e dispõe de apenas 6% do potencial hídrico nacional, porém, por outro lado, a região norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira.

Tabela 2 - Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população, além da relação entre a disponibilidade de água e o tamanho da população para as cinco regiões do Brasil

Região do Brasil	Área Territorial (%)	Disponibilidade de de Água (%)	População (%)	Relação Disponibilidade de água / População
Norte	45	69	8	8,62
Centro-Oeste	19	15	7	2,14
Nordeste	18	3	28	0,11
Sudeste	11	6	43	0,13
Sul	7	6	15	0,40

Fonte: Modificado de Ghisi, 2006.

Contudo, a diversidade de climas, relevos, condições socioeconômicas e culturais no Brasil faz da gestão da água uma tarefa complexa. Os desafios são imensos, desde promover a conservação de ecossistemas de significativa riqueza ambiental até contribuir para romper o ciclo de miséria de algumas populações, como aquelas das regiões periféricas do semiárido nordestino ou das megalópoles do sudeste brasileiro (GHISI, 2006). São justamente essas duas últimas populações que apresentam, respectivamente, os menores índices na relação entre disponibilidade de água e tamanho da população (Tabela 2).

Rebouças (2006) defende que os problemas de abastecimento no Brasil decorrem, essencialmente, da associação entre o crescimento exagerado das demandas localizadas nos grandes centros urbanos e da degradação da qualidade das águas. O autor chama atenção que esse quadro é consequência da expansão relativamente desordenada dos processos de urbanização e industrialização, os quais se ressentem de políticas públicas estruturais de longo prazo.

3.1.1. Padrões de consumo de água

O consumo de água é mais intenso nas zonas urbanas, principalmente nas áreas residenciais, que contribuem com mais da metade do consumo total. Na região metropolitana de São Paulo, por exemplo, esse consumo corresponde a 84,4% do total urbano (incluindo também aquele exercido pelas pequenas indústrias). (PROSAB,2006) Diante desse cenário, em razão das expressivas densidades populacionais das zonas urbanas e dos usos múltiplos da água requeridos, o consumo diário per capita tem sido o índice comumente mais aplicado para estimar o uso da água em áreas urbanas, expresso em litros por habitante por dia (L/habitante/dia).

A Agenda 21 proposta pela ONU – Organização das Nações Unidas estabeleceu como meta de fornecimento de água tratada para 2005 o consumo diário per capita de 40 litros. Esse valor possui ordem de grandeza semelhante ao proposto pelo Banco Mundial e pela Organização Mundial da Saúde: suprimento mínimo de 20 a 40 L/habitante/dia. Prosab (2006) ainda estima uma quantidade mínima per capita de 50 L/habitante/dia considerando os consumos mínimos esperados para os usos mais comuns da água no cotidiano das pessoas (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo diário per capita de água por classes de uso no cotidiano

Classes de usos da água	Consumo mínimo estimado (L/habitante/dia)
Água potável	5
Serviços sanitários	20
Banho	15
Preparo de alimentos	10

Fonte: Prosab, 2006.

Conforme demonstrado na Tabela 3, os maiores consumos de água ocorrem durante os serviços sanitários e o banho. Nessas condições, a participação percentual do consumo total em relação à água disponível na bacia varia entre 18% e 24%. Estudos para a determinação do perfil do consumo têm sido desenvolvidos por estratos amostrais da população, como vem sendo realizado na Região Metropolitana de São Paulo pelo

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, sob patrocínio da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (PROSAB, 2006).

Trabalhos preliminares permitiram definir as metodologias de monitoramento necessárias ao reconhecimento do perfil de consumo. ROCHA et al. (1999) mostraram as técnicas de medição e os resultados relativos ao perfil de consumo em um apartamento popular na periferia da cidade de São Paulo. A Figura 1 apresenta os resultados desse estudo, revelando os percentuais de consumo por classes de uso.

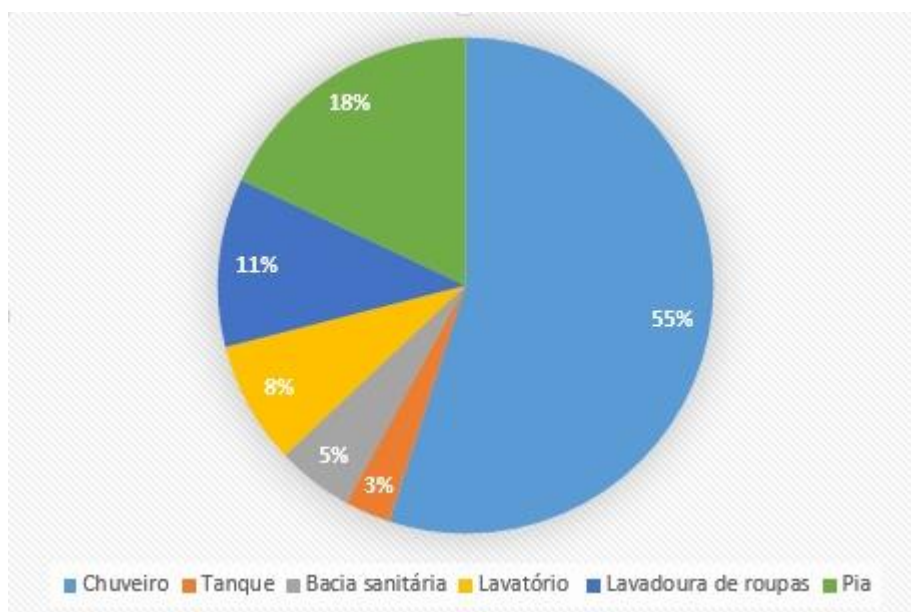


Figura 1: Perfil do consumo doméstico de água em um apartamento popular na cidade de São Paulo (Brasil)

Fonte: ROCHA et al 1999.

O consumo de água pelos chuveiros se mostrou o mais intenso dentre todas as formas de uso pesquisadas no estudo desenvolvido por Rocha et al. (1999; Figura 1), sendo seguido por pia e lavadora de roupas, meios este que não possuem geralmente instalações que proporcione vazão pequena e um controle maior do uso da água.

Considerando-se chuveiros elétricos em habitações térreas ou assobradadas, dotadas de reservatório superior que alimenta o chuveiro, tem-se, na grande maioria dos casos, uma configuração onde a instalação predial proporciona vazão relativamente

pequena para o chuveiro devido a norma brasileira que exige uma pressão dinâmica atendendo a norma.

Observe-se, por exemplo, que a Norma Brasileira de Água Fria (NBR-5626 ABNT, 1982) exige que a pressão dinâmica mínima no ponto de utilização de qualquer aparelho seja de apenas 1 mca. Sob pressões dessa magnitude, o chuveiro elétrico operará com pequenas vazões de aproximadamente 0,20 L/s (12 L de água por minuto de banho). Observe-se também que, consoante os critérios estipulados na ABNT NBR 5626/1982, os chuveiros elétricos são dimensionados, fabricados e ensaiados para operar em observância àqueles critérios.

3.1.2. Consumo de águas pluviais

Em virtude do crescimento da população e da urbanização nos países em desenvolvimento, a demanda pela água vai aumentar em pelo menos 50% nos próximos vinte anos. Apesar do desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, o custo da produção de água dessalinizada do mar permanece alto, inviabilizando economicamente essa alternativa. (REBOUÇAS, 2006).

Uma oferta de água de melhor qualidade poderá ser feita por meio da captação das águas de chuva por sistema especiais antes que as mesmas se misturem com as águas salinas subterrâneas e superficiais, que, na maioria das vezes, estão contaminadas. (REBOUÇAS, 2006).

Essa tendência tem crescido em função da escassez de água em algumas regiões, bem como pela perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição, associado aos serviços de abastecimento públicos ineficientes. Esses fatores têm despertado diversos setores da sociedade para a necessidade da conservação da água, com destaque para o aproveitamento da água da chuva (PROSAB, 2006).

O armazenamento da água pluvial em muitos países inicialmente buscou a sua retenção para controle de cheias e inundações, ou para mitigar a falta de um abastecimento regular de água. Posteriormente seu uso foi sendo estendido para os mais

diversos fins. Na tabela 4 são apresentados alguns exemplos de demandas de consumo de água não potável (PROSAB, 2006).

Tabela 4 - Demanda de água não potável em uma residência

Demanda interna	Faixas de consumo	Unidade
Vaso sanitário - volume	6 - 15	L/descarga
Vaso sanitário - frequência	4 – 6	Descarga/habitante/dia
Máquina de lavar roupa – volume	100 – 200	L/ciclo
Máquina de lavar roupa – frequência	0,2 – 0,3	Carga/habitante/dia
Demanda externa	Faixas de consumo	Unidade
Rega de jardim - volume	2	L/dia/m ²
Rega de jardim – frequência	8 – 12	Lavagem/mês
Lavagem de carro – volume	80 – 150	L/lavagem/carro
Lavagem de carro – frequência	1 – 4	Lavagem/mês

Fonte: Tomaz, 2001, apud Prosab, 2006.

Diferentes setores da sociedade têm passado a ver o da água pluvial como rentável. Dessa forma, indústrias, instituições de ensino, estádios, e até mesmo estabelecimentos comerciais como empresas de lavagem de carros, empresas de ônibus, supermercados, empresas de limpeza pública, têm buscado utilizar água pluvial visando o retorno na economia de água consumida. Além disso, atualmente há o apelo de *marketing* verde, uma vez que práticas como essa se inserem nos conceitos de empresas com responsabilidade social e ambiental (TOMAZ, 2001).

Concomitantemente, têm sido adotadas legislações específicas sobre a coleta da água pluvial, visando a sua retenção e a conseguinte redução de enchentes urbanas, como tem ocorrido em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre.

Nestas cidades, alguns novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar a água da chuva não apenas para reduzir o pico de cheias, mas também visando sua utilização para fins não potáveis. Estudos apontam para diferentes experiências bem sucedidas a partir do aproveitamento a água pluvial, seja em lavanderias industriais, na própria indústria e em outras atividades comerciais (PROSAB, 2006). A água pluvial vem sendo considerada como uma fonte alternativa de água para fins potáveis ou não potáveis, dependendo da necessidade e da sua qualidade. Atualmente é possível inserir o aproveitamento da água pluvial nos sistemas de gestão integrada de águas urbanas. Quando o aproveitamento da água pluvial é realizado no próprio local de captação, pode se tornar um importante componente dos sistemas de saneamento descentralizado, com promoção da gestão compartilhada com os usuários (PROSAB, 2006).

3.2. Conservação e minimização do consumo de água potável em sistema prediais comerciais

A conservação de água tem como objetivo reduzir a sua demanda; melhorar o seu uso (reduzir perdas e desperdícios) e implantar práticas para economizá-la. As medidas de conservação de água são classificadas em convencionais e não convencionais, sendo as convencionais: conserto de vazamentos nos edifícios e nas redes públicas; redução da pressão nas redes públicas; educação pública; mudanças nas tarifas e leis sobre aparelhos sanitários; por outro lado, as não convencionais são: aproveitamento de águas pluviais; dessalinização de água do mar ou salobra e aproveitamento de água de drenagem do subsolo de edifícios (TOMAZ, 2001).

O uso racional de água requer algumas ações específicas, tais como: eliminação de vazamentos, diminuição dos desperdícios, realização de campanhas educativas, além da adoção de equipamentos economizadores de água. De acordo com Hafner (2007), a implantação de medidas economizadoras em um edifício pode reduzir a demanda de água potável, evitando assim uma sobrecarga do sistema de abastecimento. O mesmo autor ainda reforça que a redução da demanda também tende a reduzir o volume de esgoto a ser tratado, aumentando a eficiência no tratamento e, conseqüentemente, diminuindo a poluição potencial dos corpos receptores.

Dessa forma, a execução de um programa de conservação de água tem como principal vantagem a redução dos gastos com o consumo de água. Além disso, há a própria redução da demanda, promovendo a economia de um recurso natural cada vez mais escasso no planeta e que em algumas regiões é naturalmente escasso (Tabela 2). No caso de organizações industriais ou comerciais, a divulgação do programa de conservação de água também pode se tornar uma estratégia interessante para melhorar a imagem da organização na sociedade (GOIS, 2015), principalmente em um período de crises hídricas frequentes.

De acordo com Sautchúk (2004), os principais motivadores para a implantação de um Programa de conservação de água e sistemas prediais ou comerciais são:

- a) Economia gerada pela redução do consumo de água;
- b) Economia gerada pela redução dos efluentes produzidos;
- c) Consequente economia de outros insumos, tais como energia e produtos químicos;
- d) Redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação;
- e) Aumento da disponibilidade de água (proporcionando, no caso das indústrias, por exemplo, aumento de produção sem incremento de custos de captação e tratamento);
- f) Agregação de valor aos produtos;
- g) Redução do efeito da cobrança pelo uso da água;
- h) Melhoria da visão da organização junto à sociedade – responsabilidade social.

3.3 Panorama geral de aproveitamento de águas pluviais

O sistema de aproveitamento de águas pluviais se destaca como prática cada vez mais comum no mundo devido às crescentes demandas de água ocasionadas pelo aumento da população urbana e uma diminuição da oferta de água doce disponível com qualidade e quantidade adequada para uso.

Os principais benefícios de captar água da chuva são as reduções das infraestruturas requeridas para os sistemas de drenagem e para distribuição de água potável (BURN et al., 2002; COOMBES et al., 2002; BASINGER et al., 2010). Além disso,

em países com abundância de recursos hídricos, pode ser usado para reduzir a vazão de escoamento superficial durante precipitações intensas, auxiliando na prevenção de enchentes (EEA, 2012), principalmente nas áreas urbanas, onde os impactos gerados tendem a promover maiores prejuízos.

Gould e Petersen (1999) identificaram sistemas de aproveitamento de água pluvial muito antigos ao redor do mundo ainda em funcionamento, dentre os quais estão sistemas que datam de 2000 a.C. no deserto Negev em Israel, África e Índia. Na região do Mediterrâneo, há evidências arqueológicas de um sistema usado no Palácio de Knossos, que remonta a 1700 a.C. Na Sardenha, cisternas datadas de 6 a 7 a.C. foram encontradas lavradas de substrato rochoso e rebocadas com argamassa hidráulica para torná-las à prova d'água. Em Veneza há provas documentais registrando a utilização de sistemas que foram usadas antes do século XVI. Exemplos de sistema de aproveitamento de águas pluviais atualmente podem ser encontrados em quase todas as regiões do mundo. Fewkes (2012) descreveu que durante o século XX, o uso de sistema de aproveitamento de águas pluviais diminuiu em muitas partes do mundo devido ao desenvolvimento de tecnologias mais sofisticadas. Contudo, o uso de sistema de aproveitamento de águas pluviais para suprir demanda de água para fins não potáveis tem se tornado popular durante as últimas duas a três décadas em edificações em áreas urbanas de países desenvolvidos (FEWKES, 2012).

O potencial dos aproveitamentos de águas pluviais ficou evidente na Alemanha a partir da década de 80. A ideia era poupar água potável e não utilizá-la para descarga sanitária, substituindo-a por água da chuva coletada a partir dos telhados. Hoje há a tendência nos conselhos das cidades alemães de promoverem incentivos financeiros para estimular o aproveitamento de água da chuva. Essa tendência nasceu da intenção de desconectar telhados e áreas impermeáveis dos sistemas de tratamento de esgoto, reduzindo seu custo (HERRMANN e SCHMIDA, 1999).

A Austrália encoraja amplamente o uso de sistema de aproveitamento de águas pluviais e tem demonstrado os seus benefícios. Os sistemas são comuns não só em áreas rurais, mas também em áreas urbanas, devido a adoção de projetos ecologicamente sustentáveis por parte do governo australiano (FEWKES, 2012).

Destaca-se o papel dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais na suplementação e/ou substituição no suprimento de água (MITCHELL, 2004).

Segundo Abbott et al. (2007), situação semelhante ocorre na Nova Zelândia, em que se estima que mais de 10% da população utiliza os sistemas de aproveitamento de águas pluviais para consumo direto. Os autores salientam que os principais usuários estão em comunidades rurais não atendidas por sistemas centralizados de distribuição de água potável.

Thomas et al. (2014) afirmaram que o aproveitamento de água pluvial é uma prática cada vez mais comum nos Estados Unidos, com uma estimativa de mais de 100.000 sistemas em operação. Eles também destacaram que o Texas é um exemplo de Estado americano que tem apresentado aumento na quantidade de experiências de sistemas de aproveitamento de água. Nos últimos 15 anos tem sido estimados que 15.000 novos sistemas entraram em operação. O crescimento é relacionado às condições climáticas e ao aumento populacional contínuo, não deixando de mencionar os incentivos governamentais e avanços nas pesquisas relacionadas ao projeto estrutural e a operação dos sistemas (KRISHNA, 2005).

No Brasil, uma grande parte da população que não tem acesso a água tratada vive em áreas rurais da região semiárida. Por esta razão, o aproveitamento de água pluvial proveniente de telhados para consumo em residência tem sido usado como alternativa de suprimento de água para consumo humano. O Governo Federal brasileiro criou o Programa “Um Milhão de Cisternas” (P1MC) 2001 e já tinha construído mais 260.000 cisternas até 2009, que ajudaram mais de 1 milhão de pessoas da região semiárida (PALMIER, 2009). O programa teve complementação com o Programa “Uma Terra e Duas Águas” (P1+2), sendo que o 1 significa terra para produção e o 2 significa dois tipos de água, uma para consumo humano e outra para produção de comida e criação de animais. Portanto o governo não só ajuda a consolidação de cisternas para consumo de água em residências, como também na produção de alimentos (GNADLINGER, 2009).

Diante de sua popularidade e dos benefícios do sistema de aproveitamento de águas pluviais, torna-se importante a consolidação de um sistema que funcione adequadamente, avaliando a eficiência dos seus componentes.

3.4 Sistema de aproveitamento de águas pluviais

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são constituídos basicamente por seis componentes (Figura 2): área de captação, condutores (calhas e tubulações responsáveis pela condução da água captada ao reservatório), sistema responsável pela remoção de contaminantes e detritos (folhas e fezes de animais); reservatório (cisternas ou tanques para armazenar a água coletada), sistema de distribuição (dispositivos responsáveis por direcionar a água aos pontos de abastecimento, seja por gravidade ou por bombas); e sistema de purificação (responsável pelo tratamento adequado até o uso final da água) (KRISHNA, 2005; KINKADE-LEVARIO, 2007;).



Figura 2: Sistema de aproveitamento de águas pluviais

Fonte: ANDRADE, 2017.

O sucesso do sistema de aproveitamento de águas pluviais depende do planejamento do sistema de captação e armazenamento de águas. Esta etapa inclui além da escolha de um reservatório, a seleção de outros componentes que permitirão o seu bom funcionamento, dentre os quais se destacam as calhas, condutos, filtros e

dispositivos de autolimpeza (GOIS, 2015). As calhas e condutores fazem parte do sistema de captação de água da chuva, pois são responsáveis por direcionar a água ao recipiente de armazenamento. A instalação de calhas e condutores está prevista nas construções de edificações e residências a partir da Norma Brasileira ABNT NBR 10844 - “Instalações prediais de águas pluviais” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989). Dessa forma, As calhas e condutores já preconizados na Norma, após suas respectivas instalações devem apenas receber os ajustes de direcionamento de fluxo para o local de armazenamento. Além disso, nesse momento é possível acrescentar dispositivos de limpeza da água, como filtros ou tanque de decantação, ou até mesmos dispositivos automatizados (TOMAZ, 2011).

Os reservatórios podem ser de concreto armado alvenaria de bloco, fibra de vidro, aço inox ou plástico. Os mais comuns para armazenamento de água potável utilizados pelas companhia de abastecimento público de água são os reservatórios feitos de polietileno. Diante da variedade de materiais que podem ser utilizados na construção dos reservatórios, a utilização de cada tipo vai depender da sua adequação ao sistema de captação (ANDRADE, 2017).

Conforme descreve Kinkade-Levario (2007), é essencial que o reservatório seja bem fechado para evitar a evaporação e a entrada de animais vetores de doenças, como insetos e roedores. Outra medida importante é não permitir a entrada de luz solar para evitar a proliferação de algas, o que tenderia a reduzir a qualidade da água (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Dentre os componentes do sistema de captação de água da chuva, há ainda a existência de diversos dispositivos que podem ser instalados nos reservatórios. Como exemplos de dispositivos podemos citar: (a) filtro volumétrico, que corresponde a um conjunto de peneiras que fazem uma autolimpeza automática, mas possuem perdas que variam de 20 a 55%; (b) extensão telescópica, que permite se colocar o filtro diretamente no solo por cima de reservatórios enterrados; (c) cesta de coleta de sujeira para filtro; (d) haste para coleta de sujeira com filtro; (e) boia para sucção de água, destacando que a retirada de água do reservatório não deve ser feita no fundo do reservatório, sendo assim, usa-se uma boia de plástico fixada a um tubo de $\frac{3}{4}$ ” com filtro de entrada para sucção;

(f) extravasor, conhecido popularmente como ladrão, que permite a saída de água em caso do reservatório ficar cheio; (g) peça direcionadora de fluxo que serve para dirigir o fluxo de água e evitar que os sedimentos depositados no fundo do reservatório sejam removidos com a entrada de água da chuva; (h) peneiras; (i) bomba centrífuga, já que a água da chuva cai nos telhados e é conduzida por calhas e condutores a um pré-tratamento, posteriormente sendo direcionada para o reservatório de armazenamento que pode estar enterrado, semienterrado, apoiado ao chão ou elevado, podendo ser necessário em cada um dos casos a força de uma bomba para distribuição da água armazenada (TOMAZ, 2011).

3.5. Relação esgoto/água devido ao aproveitamento de águas pluviais

A prática corrente no Brasil para a cobrança da coleta e tratamento de esgoto tem sido o cálculo de uma estimativa que considera a relação entre o volume de esgoto produzido e de água tratada, medida no hidrômetro de entrada de cada unidade consumidora (MORUZZI, 2015).

Em geral, cada companhia de abastecimento de água define qual a relação tarifária que irá empregar. No Brasil, por exemplo, esta relação esgoto/água varia entre 0,6 e 1,0 adotados, respectivamente, pela CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora/MG, antiga Companhia de Saneamento e Pesquisa do Meio Ambiente) e SAAEJ (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal/SP) (DORNELLES et al.,2012).

Entretanto, esta relação sofre um desequilíbrio quando são empregados os sistemas de aproveitamento de água pluvial. Nestes casos, há uma redução do consumo de água que é fornecida pela companhia de abastecimento e, conseqüentemente, também, uma redução no custo do consumidor e da arrecadação da companhia fornecedora com este serviço. Contudo, estes sistemas não promovem a redução dos volumes de esgoto sanitário gerados, que deverão ser igualmente coletados e destinados ao tratamento, independentemente da fonte de água (água tratada canalizada, poço,

caminhão pipa ou água de chuva), devendo haver manutenção da cobrança destes custos (DORNELLES et al., 2012).

Uma alternativa que permitiria a determinação correta do volume de efluente a ser tratado, seria a medição direta da descarga de esgoto que é lançada à rede. No entanto, esta alternativa torna-se praticamente inviável, senão proibitiva, por questões técnicas e econômicas (MORUZZI, 2015).

Esta situação faz com que as companhias de saneamento, em geral, não tenham interesse em incentivar o aproveitamento de águas pluviais, por dois motivos: 1) a diminuição da arrecadação com o fornecimento de água tratada, devido à redução da demanda; e 2) a elevação da relação esgoto/água que causa um incremento relativo do volume de águas residuárias a serem tratadas, ou seja, para um mesmo volume de água tratada consumido, o percentual de volume de esgoto gerado, em relação ao volume de água tratada, será maior, quando compararmos uma unidade consumidora com o sistema de aproveitamento de águas pluviais e outra sem o sistema (DORNELLES et al., 2012).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da Área de Estudo

O presente trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Londrina, localizada na Estrada dos Pioneiros, 3131, nas coordenadas 23° 18` 32.977`` S e 51° 6` 59.903`` W. O *Campus* é formado atualmente por cerca de 2390 alunos e 247 Servidores, entre docentes e técnico-administrativos. Sua infraestrutura física é composta por seis blocos (A, B, E, K, S e L), restaurante universitário, biblioteca acadêmica, quadra de esportes e áreas de convivência (Figura 3).



Figura 3: Fotografia aérea da *Campus* UTFPR – *Campus* Londrina.

Fonte: UTFPR/Londrina – DIREC

O presente estudo foi realizado especificamente no Bloco K do *Campus* Universitário, o qual possui 1542,36 m², 17 laboratórios. O Bloco K é composto por quatro pavimentos e em cada deles há um sanitário masculino e um feminino. Cada sanitário masculino possui sete vasos sanitários e quatro mictórios, enquanto cada feminino possui dez vasos sanitários.

O bloco K é composto por um sanitário masculino e um feminino por andar, totalizando 60 vasos sanitários e 28 mictórios, com uma circulação semanal estimada de 50 Servidores (professores e técnico-administrativos) e 600 alunos.



Figura 4: A - Fotografia do bloco K com o tubos de queda de águas pluviais *Campus* UTFPR – *Campus* Londrina; B – Fotografia do reservatório de água superior do bloco k.

Fonte: Autoria própria

O clima no município de Londrina é Subtropical Úmido Mesotérmico, com verões quentes e chuvas frequentes. A temperatura média é de 20,9° C, com média anual máxima de 27,3°C e anual mínima de 16°C. A precipitação média nos meses menos chuvosos, de junho a agosto, é de 225 a 250 mm e nos meses mais chuvosos, de dezembro a fevereiro, é de 500 a 600 mm (Figura 5).

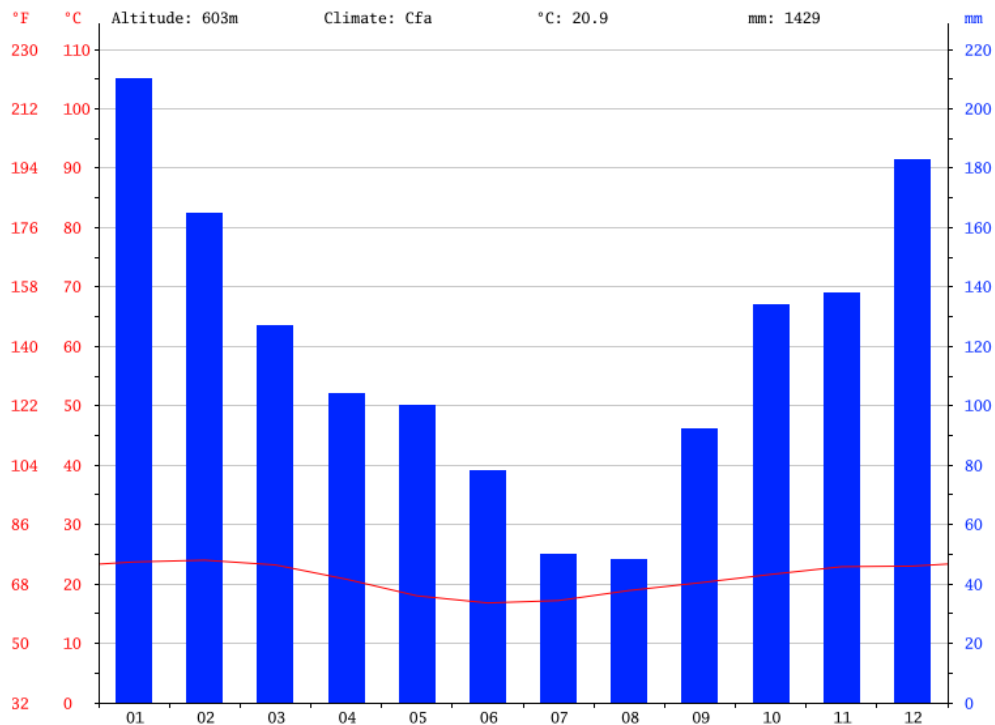


Figura 5: Precipitação e temperatura média mensal na cidade de Londrina.

Fonte: www.Climate-Date.org, acessado em 20 de junho de 2019.

4.2. Série Histórica da Precipitação Pluviométrica em Londrina

Os dados de precipitação utilizados nesse estudo foram fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná –SIMEPAR e a série histórica da precipitação diária analisada compreendeu o período entre 1976 e 2019. A estação de coleta do SIMEPAR utilizada está localizada na própria cidade de Londrina, na Rua Guaranis, especificamente nas Coordenadas UTM -23.299967 e -51.149615.

4.3. Demanda Diária de Águas Pluviais na UTFPR – *Campus Londrina*

No bloco K estão disponíveis um reservatório superior e dois reservatórios de água pluvial inferior, com 5 m³ cada, onde são armazenadas a água que caem sobre o telhado do bloco que é composto em telha de fibrocimento e laje impermeabilizada.

A demanda de água pluvial é proveniente exclusivamente dos vasos sanitários e mictórios instalados no Bloco K. A demanda de água pluvial foi medida durante o período de um mês, abrangendo o intervalo entre os dias 03 de maio e 14 de junho de 2019, sempre às 18h00 de segunda à sábado, dias de atividades administrativas e didáticas no *Campus*. O hidrômetro do Bloco K é da marca Saga e foi instalado na saída do reservatório superior antes da distribuição para os sanitários do Bloco conforme Figura 6.



Figura 6: A- Fotografia da instalação do hidrômetro na saída do reservatório; B – Fotografia da medição com as unidades em m³ do hidrômetro da marca Saga

Fonte: Autoria própria

Para estimar o consumo de água pluvial no *Campus* Londrina para usos sanitários foi necessário verificar as características dos dispositivos utilizados nos sanitários do Bloco K, considerando que os vasos sanitários instalados são da marca Deca 6lpf e os mictórios da marca Celite.

4.3.1. Entrevistas com usuários do Bloco K e medição do tempo de acionamento das descargas

Com o intuito de estimar a frequência de uso de água do Bloco K, foram realizadas entrevistas com uma amostra de alunos e Servidores que frequentam o Bloco K ao longo da semana. Para obter as informações sobre o uso da água nos sanitários, foi elaborado um questionário, o qual foi disponibilizado fisicamente, por e-mail e nas redes sociais (Apêndice B1). Nesse questionário foram elaboradas perguntas sobre o tempo e a quantidade de vezes que cada dispositivo sanitário é acionado por semana por usuário.

Em virtude da grande quantidade de usuários no Bloco K foi necessário realizar uma amostragem dos dados. Como conjunto amostral utilizou-se: 1) o número total de alunos matriculados no *Campus* Londrina que estivessem cursando disciplinas com aulas sendo ministradas no Bloco K no primeiro semestre letivo de 2019; 2) o número de professores com disciplinas ofertadas no Bloco K no mesmo período; e 3) o número de técnico-administrativos e terceirizados que frequentam o Bloco diariamente. Para verificação do número de alunos e professores foi utilizada como base de dados o Sistema Acadêmico da UTFPR, enquanto que para os números dos Servidores e terceirizados foi consultada a Diretoria de Planejamento do *Campus*. A partir dessas informações, o número de entrevistas a serem realizadas, bem como o erro amostral desejado, foram estimados a partir das Equações 1 e 2 descritas abaixo, de acordo com Barbetta (2003):

$$n \geq \frac{n_0 N}{n_0 + N} \quad (1)$$

Onde:

$$n0 \geq \frac{1}{e0^2} \quad (2)$$

N = número total de pessoas;

e0=erro amostral desejado

n=tamanho da amostra

Uma amostra bastante significativa seria aquela onde o erro adotado estivesse entre 1% e 4% (BARBETTA, 2003). Porém, foram adotados valores maiores de erros, pois em edifícios com um grande número de usuários se obteria uma amostra também muito grande, tornando inviável a realização das entrevistas. Para edifícios com populações menores, a equação 1 forneceria, para pequenos erros, amostras tendendo ao valor real da população, o que também resultaria em amostras grandes. Logo, adotaram-se erros um pouco maiores do que os considerados significativos para a determinação das amostras.

Na aplicação das entrevistas para homens e mulheres procurou-se respeitar a mesma proporção que existia entre os frequentadores do Bloco, evitando que a diferença na utilização por gênero gerasse erro na estimativa de seus usos finais. Durante as entrevistas percebeu-se a existência de dúvidas nas respostas dos usuários quanto ao tempo de acionamento, o que poderia acarretar erros na estimativa dos consumos. Para minimizar esse efeito, realizou-se a medição do tempo de acionamento da descarga nos sanitários com o auxílio de um gravador de áudio durante o período de 24 horas.

4.3.2. Medição da vazão dos vasos sanitários com válvula de descarga

Barreto *et al.* (1998) estimam que a vazão média de vasos sanitários com válvula de descarga é de 1,24 L/s, considerando uma duração média de acionamento de válvula de 6,15 s, resultando num total de 7,63 litros a cada acionamento. Concomitantemente, foi realizada nesse estudo a medição da vazão dos vasos sanitários com válvula de

descarga do Bloco K, considerando que poderia ocorrer variações na vazão em função da diferença de pressão das válvulas dos dispositivos instalados. Dessa forma, com o auxílio de um desentupidor envolto em um plástico, isolou-se por completo o acesso do cano de saída de água dentro do vaso sanitário. A partir disso, com auxílio de um becker foi possível adicionar volumes controlados de água no vaso (2L, 4L, 6L e 8L) e, com o auxílio de uma régua, medir a altura que cada volume alcançava até o ponto de referência considerado zero. A curva gerada pela relação entre a altura de preenchimento do vaso obtida e altura que este volume ocupa está apresentada na Figura 7.

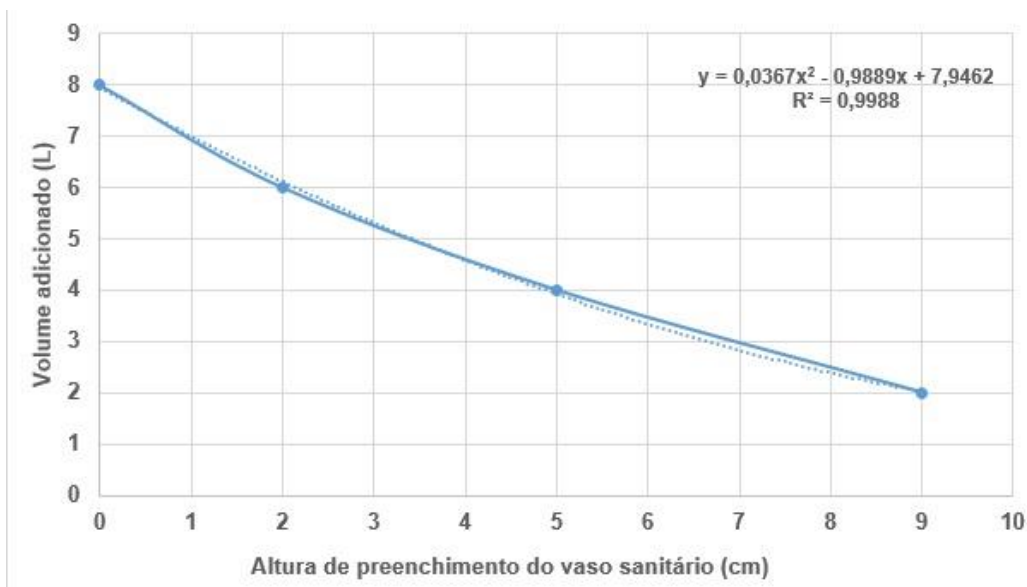


Figura 7: Relação entre a altura alcançada no vaso sanitário e o volume em litros

Fonte: Autoria própria.

Para o cálculo da vazão dos vasos sanitários do Bloco K foi, então, estimada isolando a área do vaso sanitário de encontro com o cano e realizado o acionamento da descarga pelo tempo médio calculado a partir das informações sobre o tempo médio de acionamento das descargas medido no Bloco K com auxílio de gravador de som no período de 24 horas, associado às respostas ao questionário aplicado com os usuários.

A altura que água atingiu em relação ao ponto de referência (parte superior do início do vaso), foi possível calcular quantos litros foram utilizado na descarga pelo tempo

médio levantando através da Equação 3, que corresponde a x a altura de preenchimento do vaso sanitário e a variável y o volume de água em litros, citada na figura 7 e estes litros gerados numa descarga foi dividido pelo tempo de análise para calcular a vazão m³/s:

$$y = 0,0367x^2 - 0,9889x + 7,9462 \quad (3)$$

Para esse cálculo, considerando a mesma marca e modelo em todo o bloco, para todos dos vasos sanitários, mediu-se a vazão de 18 vasos sanitários, que correspondem à metade dos vasos sanitários dispostos nos sanitários femininos e, dessa forma, o cálculo da vazão foi extrapolado para os demais.

4.4. Área de Captação e Volume de Reserva de Águas Pluviais do *Campus* Londrina

A área de captação foi calculada de acordo com a ABNT NBR 10844/89, considerando a planta do telhado do Bloco K fornecida pela administração do *Campus*. No cálculo da área da captação das águas pluviais do Bloco K foi constatado que o telhado possui uma área com laje impermeabilizada descoberta composta por dois ralos de 150 mm cada para coleta de águas pluviais. Na área coberta foram utilizadas telhas de fibrocimento onduladas com inclinação de 8,5 % e uma calha com inclinação de 2% em toda sua extensão. Na Figura 6 estão apresentadas as fórmulas utilizadas para calcular a área de captação para laje impermeabilizada e para telhas de fibrocimento de acordo com a NBR 10844/89.

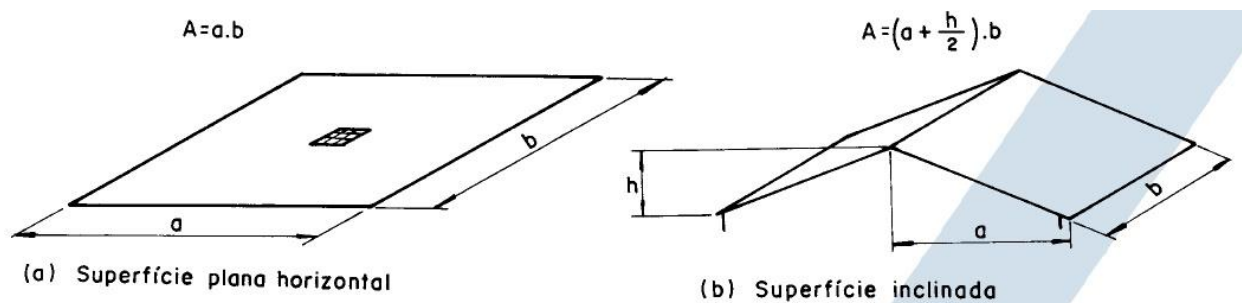


Figura 8: Fórmulas de cálculo de área de captação

Fonte: ABNT NBR 10844/89

No cálculo do dimensionamento do reservatório, inicialmente, foram desconsiderados os 2 mm iniciais da precipitação pluviométrica, de acordo com as recomendações da ABNT NBR 15527 isto se dá em função da limpeza do telhado que ocorre após a chuva inicial, perda que ocorre pela interceptação da água que molha as superfícies e perda por evaporação, estas perdas de 2mm são conhecidas também por *first-flush*.

Além disso, cabe salientar que o reservatório é considerado inoperante no *Campus* todo início de ano, no período de férias de docentes e discentes. No cálculo também será desconsiderado pelo menos um dia no ano em que o reservatório não estará em operação para limpeza e manutenção.

Neste trabalho foi escolhido como método de dimensionamento de reservatório o método da simulação sugerido pela ABNT NBR 15527 (ABNT, 2007), a partir do qual é possível se arbitrar um volume qualquer e, posteriormente, verificar as perdas e falhas do fornecimento de água considerando o consumo realizado. A partir dos resultados dessa simulação e da série histórica diária de precipitação, do volume provável do reservatório, da demanda e das perdas do sistema pode-se avaliar a eficiência do reservatório. De posse dessas informações, também é possível testar várias medidas de volume e verificar aquela que permita obter a eficiência desejada (TOMAZ, 2011), utilizando as Equações (4) e (5) descritas a seguir:

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \quad (4)$$

$$Q(t) = C \times P(t) \times A \quad (5)$$

Sujeitas a:

$$0 \leq S(t) \leq V,$$

Nas quais, $S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t (m^3); $Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t (m^3); $S(t-1)$ o é volume de água no reservatório no tempo $t-1$ (m^3); $D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t (m^3); C é o coeficiente de escoamento superficial; $P(t)$ a precipitação no tempo t (mm); A é área de captação (m^2) e V é o volume fixo do reservatório (m^3).

Portanto, o volume $S(t)$ de água no reservatório no tempo t foi estimado a partir do volume não utilizado no tempo anterior ($t-1$), acrescido ao volume passível de ser captado - $Q(t)$ no presente tempo, subtraindo-se a demanda a partir do volume passível de ser captado, considerando-se as perdas pelo coeficiente *runoff*.

A partir do dimensionamento atual do reservatório do *Campus Londrina*, foram propostas adequações no sistema instalado de aproveitamento de águas pluviais, com o objetivo de otimizar a utilização e o aproveitamento da água pluvial captada e armazenada, inclusive, com redução de custos em relação às demandas de água do *Campus*.

4.5. Tempo de Retorno com base na Taxa de Água/ Esgoto Paga

Como o objetivo de estimar o tempo de retorno financeiro baseado na economia de água consumida a partir do sistema de aproveitamento de água pluvial que atende ao *Campus*, foram levantadas informações junto à sua Direção sobre os valores gastos para a construção do sistema de aproveitamento de águas pluviais e a taxa de saneamento básica cobrada pela Companhia de Abastecimento de Água e Tratamento de Esgoto (SANEPAR). Segue abaixo a tabela com os dados da taxa cobrado para a universidade e usado como base de cálculo.

Tabela 5 – Tarifa do saneamento básico cobrado no período de análise pela companhia de abastecimento com detalhe utilizado para os 38 Cálculos

TABELAS DE TARIFAS DE SANEAMENTO BASICO – 2019

AUTORIZADO REAJUSTE DE 8,371356% - ACORDAO 1373/2019 – Tribuna de Contas do Estado – TCE

CATEGORIA/FAIXAS DE CONSUMO	TARIFA (em Reais)
COMERCIAL/UTILIDADE PUBLICA/PODER PUBLICO	
DEMAIS LOCALIDADES	>30
AGUA E ESGOTO	15,65 /M ³

Fonte: Sanepar, 2019

Dornelles *et al.* (2012) chamam atenção para o fato do aproveitamento de água pluvial causar acréscimo de vazão de água residuária lançada à rede pública de esgoto sanitário, o que não é computado na composição da tarifa de esgoto. Contudo, segundo os mesmos autores, para se inferir o volume demandado de água residuária proveniente da utilização das águas pluviais é necessário estimar: 1) as demandas de água tratada; 2) a eficiência do sistema de aproveitamento de água pluvial; 3) o volume de água medida no hidrômetro de entrada da unidade consumidora; 4) a relação esgoto/água praticada pela companhia de abastecimento de água e de tratamento de esgoto sanitário.

Para o cálculo do tempo de retorno foi utilizado a Equação 6, que é a formula do *payback* que é o tempo de retorno desde o investimento inicial até aquele momento em que os rendimentos acumulados tornam-se iguais ao valor desse investimento.

$$PB = \frac{\textit{Investimento inicial}}{\textit{resultado medio do fluxo de caixa}} \quad (6)$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados de pluviometria de Londrina

A série histórica fornecida pelo Simepar foi do período de 1976 a 2018. O teste de normalidade Shapiro-Wilk foi realizado para verificar se o padrão de chuva estava dentro da normalidade ou apresentava comportamento variado aleatório. Para ser considerado normal, o valor de p deve ser $p > 0,05$. O teste de normalidade para o regime de chuva em Londrina apresentou normalidade, indicando que se rejeita a hipótese de nulidade dos dados relativo a normalidade dos erros, ao nível de 5% de significância (Figura 9).

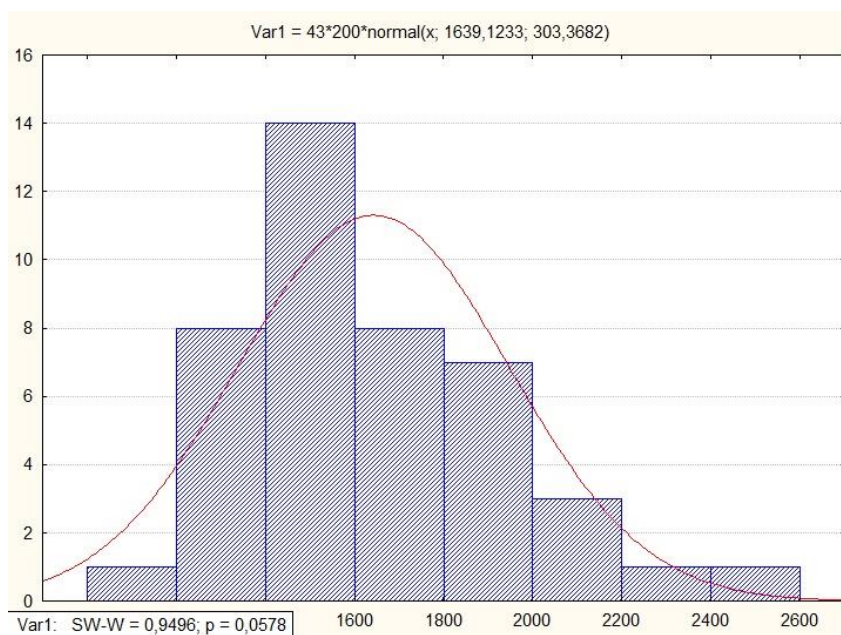


Figura 9: Teste de normalidade Shapiro-wilk para o regime de chuvas de Londrina

Fonte: Autoria própria

5.2 Consumo de água por aluno no Bloco K

Foram aplicados 231 formulários *online* e físicos, com 128 respostas masculinas e 103 femininas com um erro amostral de 6%. A maior frequência de pessoas ocorre no

período vespertino e no início da semana. A presença de alunos relativa a sua totalidade diminui no final de semana, conforme podemos observar na Figura 10.

1. Qual(is) dia(s) e turno(s) você frequenta o Bloco K?

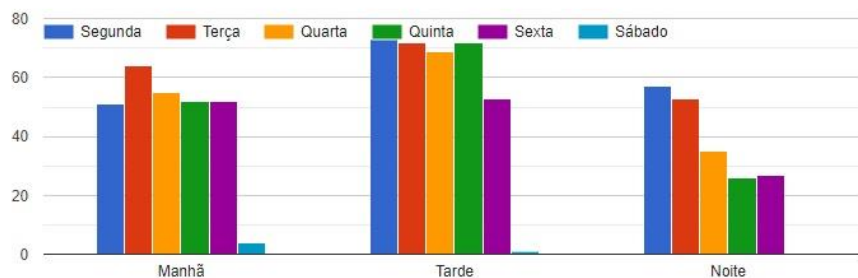


Figura 10: Frequência nos períodos do dia do bloco K.

Fonte: Autoria própria

A demanda de água pluvial média do mês de análise foi de 3,82 m³ por dia. Na Figura 11, pode-se observar uma análise da demanda de água pluvial em relação aos dias da semana. Os dias de maior uso dos sanitários são as terças, quintas e sextas com uma demanda média de 4,73 m³ por dia. O maior desvio padrão foi na terça feira com um desvio padrão de 2,32 m³. Atribui-se este desvio ao provável disparo irregular da descarga, indicando possível defeito na alocação da válvula em seu acionamento.

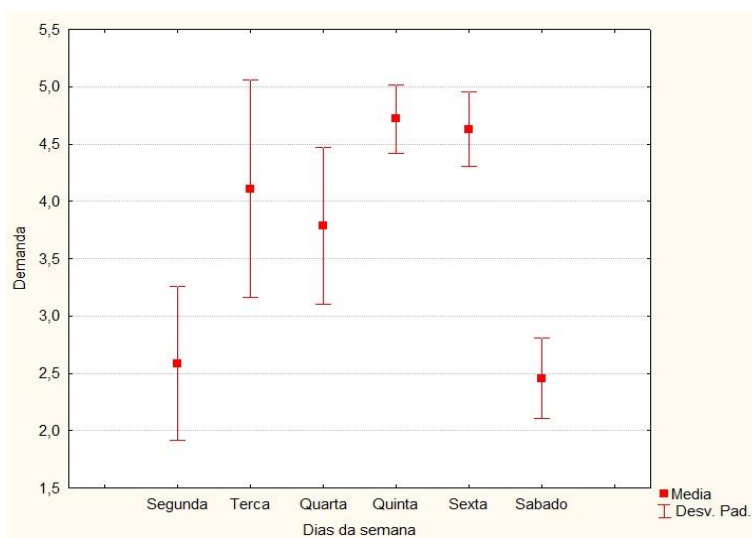


Figura 11: Demanda de água pluvial em relação aos dias da semana

Fonte: Autoria própria

Foi verificado se existia alguma relação entre uma temperatura média e uma maior demanda de água pluvial. Para isto foi gerado um curva de regressão indicando se existe uma relação; quanto mais próximo de $p = 1$ existe esta relação. Na Figura 12 foi plotado a relação demanda de água pluvial e temperatura e a relação obtida foi de 0,29 indicando uma baixa relação entre a temperatura e o uso dos sanitários no período avaliado.

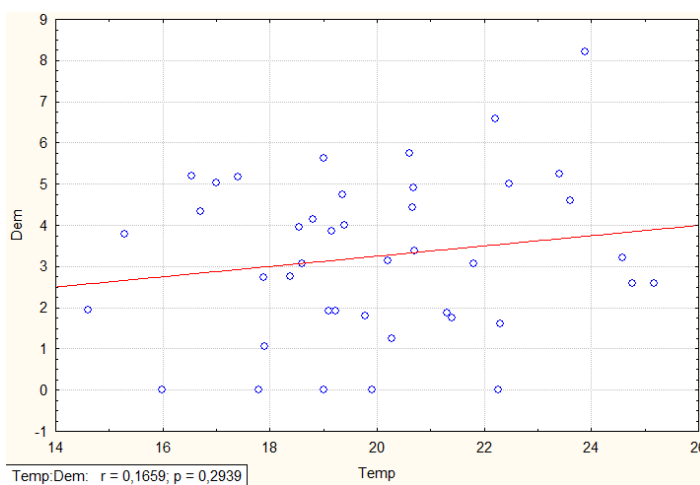


Figura 12: Curva de regressão entre temperatura e demanda de água pluvial

Fonte: Autoria própria

Entrevistas foram realizadas para os usuários do bloco K visando determinar volumes úteis de descarga no vaso sanitário e no mictório, bem como o uso de água para este fim por aluno.

No questionário, os usuários responderam que o tempo médio de acionamento da descarga foi de 2 s, conforme Figura 13. Entretanto, com o auxílio do gravador de áudio, verificou-se que no período de 24 horas 27 indivíduos utilizaram os sanitários, e o tempo médio de acionamento das descargas foi de 3,56 s com desvio padrão de 1,67 s.

Com auxílio de um gravador de áudio foi realizada a medida do tempo de acionamento da descarga. Para 27 usuários em 24 horas de averiguação, o tempo foi de 3,56 s com um desvio padrão de 1,67 s. Desta forma, adotou-se um tempo de acionamento das válvulas próximo de 4 s para o cálculo das vazões dos vasos sanitários.

Utilizando o questionário e a média do tempo medido com o auxílio do gravador, pode-se verificar que as respostas do questionário estão subestimadas em relação ao tempo medido (Figura 13).

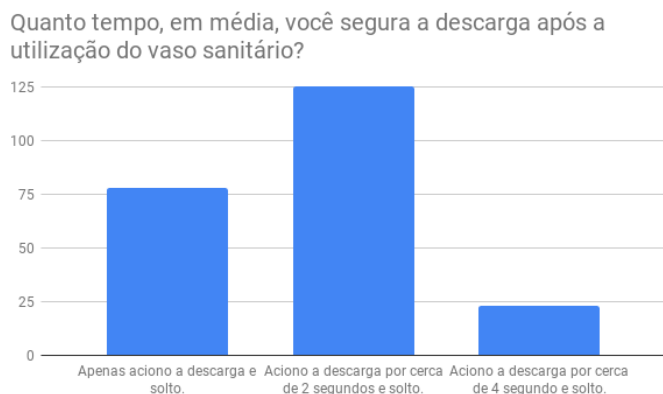


Figura 13: Tempo de acionamento da descarga fornecido pelo pela aplicação dos formulários.

Fonte: Autoria própria

A vazão média dos vasos sanitários com válvula de descarga e de 1,33 l/s com um desvio padrão de 0,31 l/s. A Figura 14 indica a frequência que os sanitários são utilizados, os dados foram fornecidos pelos usuários por meio dos questionários e é possível verificar que a maior utilização ocorre de 1 a 4 vezes na semana. Com a vazão calculada de 1,33 l/s, o tempo de acionamento de $t = 4$ s e utilizando o valor de uso de 4 vezes na semana, obteve-se o volume de 21 litros de água pluvial em uma semana para cada usuário. Como citado Barreto *et al.* (1998) estimou a vazão média de vasos sanitários com válvula de descarga é de 1,24 L/s, considerando uma duração média de acionamento de válvula de 6,15 s, resultando num total de 7,63 litros a cada acionamento.

Apesar do valor encontrado na literatura e o valor medido estarem próximos indicando a eficiência do método aplicado, o tempo de acionamento difere com o da literatura. Esta diferença de acionamento pode se dar devido a diferença de pressão de um vaso sanitário a outro, indicando a necessidade de realizar a medição da vazão do vaso sanitário de estudo. Por meio dos dados obtidos, verificou-se que o vaso sanitário com válvula de descarga é indicado para o local de estudo ao invés da caixa acoplada

de 6 litros, mesmo o sistema com válvula de descarga apresentar disparo indevido e apresentar um maior potencial de manutenção.

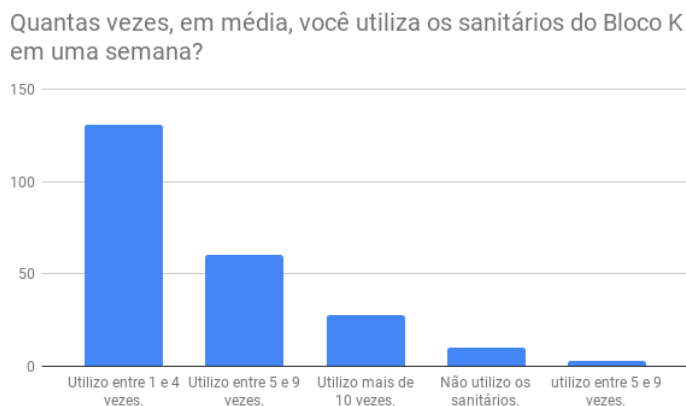


Figura 14: Frequência da utilização dos sanitários do bloco K em uma semana

Fonte: Autoria própria

O formulário possuía questões exclusivas para o sexo masculino onde foi possível verificar se os mictórios eram utilizados e se ocorria o acionamento da descarga do mictório. Verificou-se que 11,7% dos usuários não utilizam o mictório e 2,6% não acionam a descarga do mictório. O uso do mictório é uma alternativa para reduzir o consumo de água.

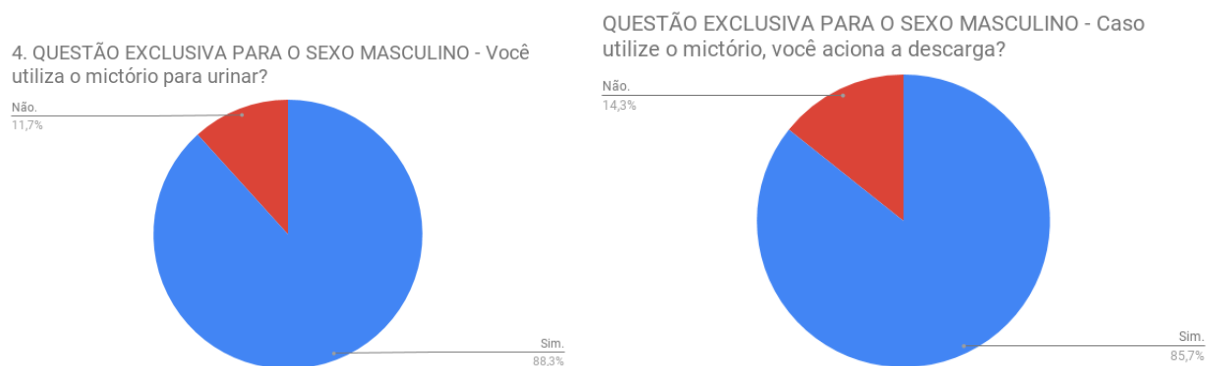


Figura 15: Utilização do mictório (A) e acionamento da descarga (B) do mictório para o sexo masculino

Fonte: Autoria própria

5.3 Dimensionamento do reservatório de aproveitamento de água pluvial

Para o dimensionamento do sistema de reservação ótima para o sistema de aproveitamento de água pluvial do bloco K foi utilizado o método da simulação. O extravasamento (*overflow*) devido a chuvas mais intensas ou presunção de reservatórios relativamente pequenos foi calculado, bem como a falta de água no sistema com a necessidade de uso de fonte provinda de poço ou da SANEPAR.

Para o cálculo do extravasamento “*overflow*”, a Figura 16 indica no eixo x os volumes estimado do reservatório, no eixo y o extravasamento acumulado em m³ e na linha os meses do ano separados por trimestre. Foi possível observar que mesmo que ocorra o aumento do reservatório o extravasamento permanece praticamente constante, considerando o trimestre mais chuvoso (Dezembro, janeiro e fevereiro - DJF) o tamanho ideal do reservatório para evitar o menor extravasamento é de 25 m³ observando que o reservatório existente possui um volume de 15 m³ para o bloco de estudo.

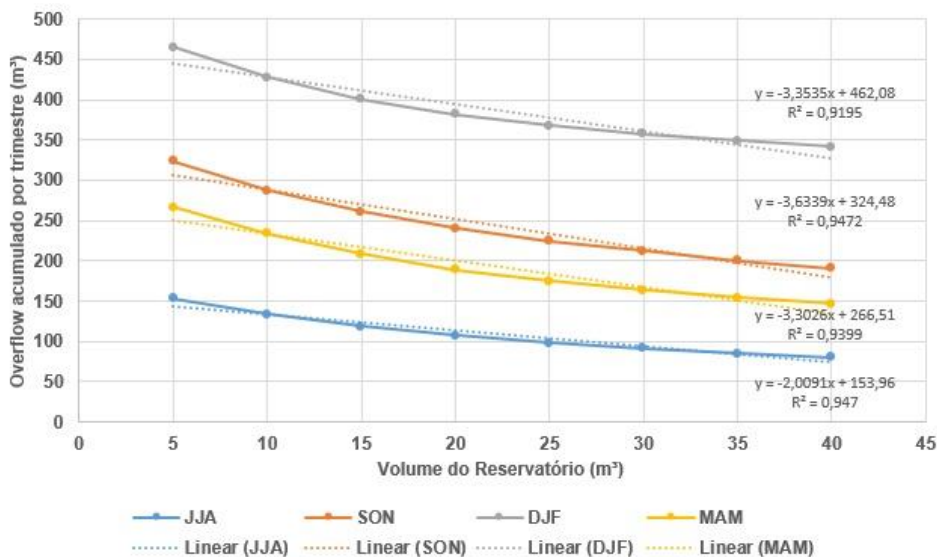


Figura 16: Variação do volume do reservatório pelo extravasamento

Fonte: Autoria própria

Quando não possui água no reservatório é necessário utilizar água de uma fonte externa como a companhia de abastecimento ou do poço artesiano, ambos dependem

de um maior custo financeiro; seja a companhia de abastecimento que cobra uma taxa referente a água tratada ou referente ao gasto energético utilizado pela bomba para retirada da água do poço.

Foi verificado que para o período de 1 de janeiro de 2019 à 14 de junho de 2019, com uma demanda constante de 3,82 m³ para todos os dias e um reservatório de 15 m³ que é o tamanho existente atualmente no campus houve 79 dias utilizando água externa no bloco K. Para um reservatório de 25 m³ estes dias diminuiria para 59 dias.

Na Figura 17 indica no eixo x os volumes estimado do reservatório, no eixo y o utilização de água externa em m³ e na linha os meses do ano separados por trimestre. Foi possível observar que mesmo que ocorra o aumento do reservatório a utilização da água externa permanece praticamente constante, considerando o trimestre mais chuvoso (Dezembro, janeiro e fevereiro - DJF) o tamanho ideal do reservatório para evitar o menor extravasamento é de 25 m³ observando que o reservatório existente possui um volume de 15 m³ para o bloco de estudo.

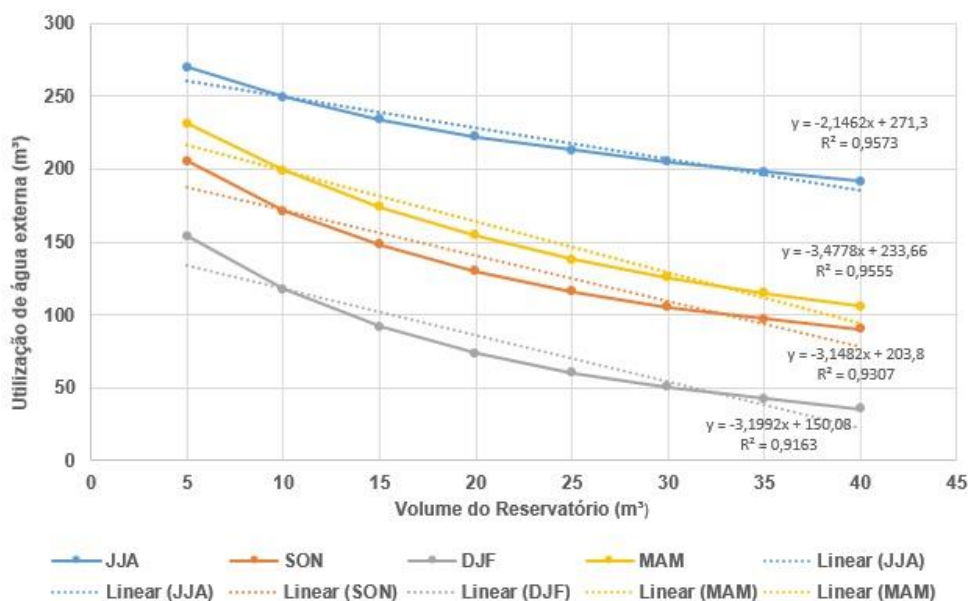


Figura 17: Variação do volume do reservatório pela utilização do suprimento de água externa

Fonte: Autoria própria

5.4. Calculo do tempo de retorno do reservatório existente

Para o cálculo do tempo de retorno foi levantando junto ao campus o investimento inicial aproximado do sistema que foi de: caixa d'água R\$ 6051,84, equipamento como bomba de recalque, filtros e kit de interligação R\$ 38468,22, tubulações R\$ 5524,56 dando um total estimado de R\$ 50044,62.

Para determinar o fluxo de caixa foi considerado como demanda diária 3,82 m³. O tempo considerado foi de 30 dias sendo descontado os domingos por não haver demanda no *campus*, ou seja, para 26 dias de geração de demanda de água pluvial o valor foi de 99,32 m³ e a taxa aplicada pela companhia de R\$ 15,80 por m³. O fluxo de caixa foi de R\$ 1569,27 sendo o tempo de retorno de 31,89 meses o que corresponde a 2 anos e 7 meses.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou a análise da eficiência do reservatório de água pluvial existente no bloco K na Universidade Tecnológica Federal do Paraná- campus Londrina por meio de dados pluviométricos e de medição associados a questionários de uso das águas pluviais pelos estudantes e funcionários.

A vazão média dos vasos sanitários foi de 1,33 l/s, valor próximo dos valores encontrados na literatura. Este valor está próximo a 4,73 litros por acionamento de descarga. Apesar do uso de válvulas de descarga, os valores de fluxo e volume de água são melhores que os valores apresentados em sistemas de vaso com caixa acoplada de 6 litros.

O reservatório foi dimensionado baseado na demanda média de água pluvial do mês medido que foi de 3,82 m³ diários. A curva de *overflow* e da utilização de água externa contribuiu para encontrar o valor “ótimo” do volume do reservatório. Observou-se uma diminuição da taxa de *overflow* e de uso de água externo a partir do valor de reservação de 25 m³. Isto indica que mesmo que o reservatório aumente, o overflow e a utilização de água externa irá variar muito pouco não compensando o investimento financeiro do aumento do reservatório.

A aplicação dos questionários contribuiu com uma análise de sensibilidade permitindo a realização de um ajuste entre o consumo estimado através de levantamento de dados e o consumo real medido de água nos edifícios. Tal análise foi necessária, pois o consumo estimado contém imprecisões devidas às respostas dos usuários e às medições realizadas.

A UTFPR do *campus* Londrina poder-se-á utilizar da análise deste trabalho para a determinação de volumes ótimos de reservação em seus sistemas de reservatórios pluviais e potáveis. Desse modo, este projeto de pesquisa apresenta valores de viabilidade técnica e econômica para fundamentar ações de uso racional de água pelo aproveitamento de água pluvial para uso em sistemas prediais de descarga em vasos sanitários.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, S.; CAUGHLEY, B.; DOUWES, J. **The microbiological quality of roofcollected rainwater of private dwellings in New Zealand.** International Rainwater Catchment Systems Association, 2007. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/pdf/13th/Abbott1.pdf>>. Acesso em: 18 Outubro 2018.

ADHAM, A. A. W. J. G. et al. **A water harvesting model for optimizing rainwater harvesting in the wadi Oum Zessar watershed, Tunisia.** Agricultural Water Management, v. 176, p. 191-202, 2016.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.

ANDRADE, V.H. **Ferramenta gráfica para o dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais.** Estudo de caso na região norte de Rondônia. Londrina, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalações prediais de águas fria, 36p. Rio de Janeiro, nov. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais, 13p. Rio de Janeiro, dez. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva: aroveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. 340 p.

BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E.; ROCHA, A. **Caracterização e monitoramento do consume predial de água.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, DTA Documento Técnico de Apoio no E1. Brasília, 1998.

BASINGER, M.; MONTALTO, F.; LALL, U. **A rainwater harvesting system reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator.** Journal of Hydrology , v. 392, p. 105–118, 2010.

BURN, L. S.; SILVA, D. D.; SHIPTON, R. J. **Effect of demand management and system operation on potable water infrastructure costs.** Urban Water, v. 4, p. 229–236, 2002.

CAMPISANO, A.; MODICA, C. **Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily**. Resources, Conservation and Recycling, v. 63, p. 9–16, 2012.

Climate-data. **Temperaturas e precipitações médias // clima em londrina**. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/londrina-4183/> >. Acesso em: 02 de junho de 2019.

COOMBES, P. J. et al. **An evaluation of the benefits of source control measures at the regional scale**. Urban Water, v. 4, p. 307-320, 2002.

DORNELLES, F. et. al. **Metodologia para Ajuste do Fator de Esgoto/Água para Aproveitamento de Água de Chuva**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n.1 - 2012, p. 111-121.

EEA. **Towards efficient use of water resources in Europe**. Copenhagen: Denmark, 2012.

FEWKES, A. **A review of rainwater harvesting in the UK**. Structural Survey, v. 30, p. 174-194, 2012.

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N° 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006.

GNADLINGER, J. Policy. **Planning and institutional aspects of rainwater catchment and management in the rural area of semi-arid Brazil for climate change adaptation**. International Rainwater Catchment Systems Association, 2009. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/pdf/14th/papers/P5-4%20Gnadlinger.pdf>>. Acesso em: 15 de outubro 2018.

GOIS, E.H.B. **Estudo de caso: minimização e reuso de água em shopping center da região sul do brasil**. Dissertação de mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply**. Design, Construction and Implementation. London: Intermediate Technology Publications, 1999.

HAFNER, Ana Vreni. **Conservação e reuso de água em edificações– experiências nacionais e internacionais. 2007**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

HAJANI, E.; RAHMAN, A. **Rainwater utilization from roof catchments in arid regions: A case study for Austrália.** Journal of Arid Environments, v. 111, p. 35 - 41, 2014.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. **Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects.** Urban Water, p. 307-316, 1999.

HUANG, Y. et al. **A Stochastic optimization approach for integrated urban water resource planning.** Water Science & Technology, v. 67, p. 1634-1641, 2013.

HURLIMANN, A. **Household use of and satisfaction with alternative water sources in Victoria.** Journal of Environmental Management, v. 92, p. 2691-2697, 2011.

KINKADE-LEVARIO, H. **Design for water.** Gabriola Island: New Society Publishers, 2007.

KRISHNA, H. J. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting.** 3. ed. Austin: Texas Water Development Board, 2005.

MARTÍNEZ, A. B. et al. **Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development.** Resources, Conservation and Recycling, v. 84, p. 44–56, 2014.

MITCHELL, V. G. **Australian water conservation and reuse research program: Integrated urban water management a review of current australian practice.** Austrália: CMIT, 2004.

MORUZZI, R.B. **Estimativa do lançamento de água pluvial no sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário por meio de práticas de aproveitamento em residências unifamiliares.** Eng. Sanit. Ambient., v. 20, n. 2, Rio de Janeiro, abril./jun. 2015.

PALMIER, L. **A management and operational plan for improving cisterns efficiency in Brazil.** International Rainwater Catchment Systems Association, 2009. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/pdf/14th/papers/P23%20Palmier.pdf>>. Acesso em: 15 outubro 2018.

PELAK, N.; PORPORATO, A. **Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs.** Journal of Hydrology, v. 541, p. 1340–1347, 2016.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. **Water end-uses in Brazilian office buildings.** Resources, Conservation and Recycling, v. 54, n. 8, p. 489-500, 2010.

PROSAB. **Uso Racional da Água em Edificações / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.).** Rio de Janeiro: ABES, 2006.

RAIMONDI, A.; BECCIU, G. **Probabilistic modeling of rainwater tanks**. Procedia Engineering, v. 89, p. 1493 – 1499, 2014.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (2006). **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras. 748 p

ROCHA, A.L., BARRETO, D. et IOSHIMOTO, E. **Caracterização e Monitoramento do Consumo Predial de Água**. Documento Técnico de Apoio DTA E1 – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. PNCDA. (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.

SANTOS, C.; PINTO, F. T. Analysis of different criteria to size rainwater storage tanks using detailed methods. Resources, Conservation and Recycling, v. 71, p. 1 - 6, 2013.

SAUTCHÚK, C.A. Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações. Mestrado em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 308 p, 2004.

SILVA, L. P. D. Hidrologia engenharia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

THOMAS, R. B. et al. Rainwater harvesting in the United States: a survey of common system practices. Journal of Cleaner Production, v. 75, p. 166-173, 2014.

TOMAZ, Plínio. Economia de água para empresas e residências. São Paulo: Navegar, 2001.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água da chuva. 4. ed. São Paulo: Navegar, 2011.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UTFPR. Conheça a UTFPR - Câmpus Londrina - Destinado para escolas ensino médio de Londrina e região para conhecer os cursos e estrutura do câmpus Londrina. Disponível em: < <http://www.utfpr.edu.br/londrina/estrutura-universitaria/diretorias/direc> >. Acessado dia: 02 de junho de 2019.

WU, C. L.; CHAU, K. W. Mathematical model of water quality rehabilitation with rainwater utilisation: a case study at Haigang. International journal of environment and pollution, v. 28, n. 3, p. 534-545, 2006.

WWAP. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO, 2015.

Apêndice A – Planta baixa do telhado do bloco K

Apêndice B – Formulário aplicado aos usuários do campus

Pesquisa sobre o uso da água no Bloco K - UTFPR

Toda água utilizada nos vasos sanitários e mictórios do Bloco K na UTFPR é proveniente de águas pluviais, as quais não são potáveis e, portanto, podem ser utilizadas para esse fim. O dimensionamento correto do reservatório de água pluvial é fundamental para que se possa atender suficientemente a demanda de todo o Bloco. Se esta demanda não for atendida, será utilizada a água potável fornecida pela Companhia de Abastecimento de Água.

Dessa forma solicitamos a sua colaboração respondendo as perguntas a seguir:

*Obrigatório

1. Endereço de e-mail *

2. 1. Qual(is) dia(s) e turno(s) você frequenta o Bloco K?

Marque todas que se aplicam.

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Manhã	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. 2. Quantas vezes, em média, você utiliza os sanitários do Bloco K em uma semana? *

Marcar apenas uma oval.

- Não utilizo os sanitários.
- Utilizo entre 1 e 4 vezes.
- Utilizo entre 5 e 9 vezes.
- Utilizo mais de 10 vezes.

4. 3. Quanto tempo, em média, você segura a descarga após a utilização do vaso sanitário? *

Marcar apenas uma oval.

- Apenas aciono a descarga e solto.
- Aciono a descarga por cerca de 2 segundos e solto.
- Aciono a descarga por cerca de 4 segundo e solto.
- Aciono a descarga acima de 4 segundos e solto.

5. 4. QUESTÃO EXCLUSIVA PARA O SEXO MASCULINO - Você utiliza o mictório para urinar?

Marcar apenas uma oval.

- Sim.
- Não.

6. 5. QUESTÃO EXCLUSIVA PARA O SEXO MASCULINO - Caso utilize o mictório, você aciona a descarga?

Marcar apenas uma oval.

- Sim.
- Não.

Apêndice C – Dimensionamento do reservatório – Detalhe inicial da planilha desenvolvida da série histórica de precipitação diária de 1976 a 2019

	Telha Fibrociment	Laje imperme							
Área de captação	977,9	247,45							
Coefficiente de runoff	0,85	0,96							
Volume do reservatóri	10	manda (m	3,82						
estacao_id	data	Chuva diária (mm)	Chuva diária (m)	Volume de chuva diaria (m³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m³)	Overfl ow (m³)	Suprimento de agua externo (m³)	Overflow trimestre	Suprimento de agua externo trimestre
2351003	01/01/1976	0	0	0,00	0	0	0		
2351003	02/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	03/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	04/01/1976	0,2	0,0002	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	05/01/1976	44,6	0,0446	47,67	10,00	33,8	0,00		
2351003	06/01/1976	6,4	0,0064	6,84	10,00	3,0	0,00		
2351003	07/01/1976	7,6	0,0076	8,12	10,00	4,3	0,00		
2351003	08/01/1976	8	0,0080	8,55	10,00	4,7	0,00		
2351003	09/01/1976	0,8	0,0008	0,00	6,18	0,0	0,00		
2351003	10/01/1976	11,8	0,0118	12,61	10,00	5,0	0,00		
2351003	11/01/1976	11,2	0,0112	11,97	10,00	8,2	0,00		
2351003	12/01/1976	4,4	0,0044	4,70	10,00	0,9	0,00		
2351003	13/01/1976	1,2	0,0012	0,00	6,18	0,0	0,00		
2351003	14/01/1976	0	0,0000	0,00	2,36	0,0	0,00		
2351003	15/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-1,46		
2351003	16/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	17/01/1976	7	0,0070	7,48	3,66	0,0	0,00		
2351003	18/01/1976	0,1	0,0001	0,00	0,00	0,0	-0,16		
2351003	19/01/1976	8,4	0,0084	8,98	5,16	0,0	0,00		
2351003	20/01/1976	0	0,0000	0,00	1,34	0,0	0,00		
2351003	21/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-2,48		
2351003	22/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	23/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	24/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	25/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	26/01/1976	0,7	0,0007	0,00	0,00	0,0	-3,82		
2351003	27/01/1976	2	0,0020	2,14	0,00	0,0	-1,68		
2351003	28/01/1976	19,8	0,0198	21,16	10,00	7,3	0,00		
2351003	29/01/1976	0	0,0000	0,00	6,18	0,0	0,00		
2351003	30/01/1976	0	0,0000	0,00	2,36	0,0	0,00	254,03	-64,4
2351003	31/01/1976	0	0,0000	0,00	0,00	0,0	-1,46		
2351003	01/02/1976	32,4	0,0324	34,63	10,00	20,8	0,00		
2351003	02/02/1976	23,6	0,0236	25,22	10,00	21,4	0,00		
2351003	03/02/1976	21,6	0,0216	23,09	10,00	19,3	0,00		
2351003	04/02/1976	0	0,0000	0,00	6,18	0,0	0,00		
2351003	05/02/1976	0	0,0000	0,00	2,36	0,0	0,00		
2351003	06/02/1976	42,2	0,0422	45,10	10,00	33,6	0,00		
2351003	07/02/1976	1,8	0,0018	0,00	6,18	0,0	0,00		
2351003	08/02/1976	0	0,0000	0,00	2,36	0,0	0,00		
2351003	09/02/1976	6,4	0,0064	6,84	5,38	0,0	0,00		
2351003	10/02/1976	0,7	0,0007	0,00	1,56	0,0	0,00		