



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE SISTEMAS DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E REÚSO DE ÁGUAS  
CINZAS NA RODOVIÁRIA DO PLANO PILOTO, BRASÍLIA-DF**

**SUSANNA ALMEIDA DOS SANTOS**

**Brasília-DF**  
Junho - 2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

## ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E REÚSO DE ÁGUAS CINZAS NA RODOVIÁRIA DO PLANO PILOTO, BRASÍLIA-DF

**SUSANNA ALMEIDA DOS SANTOS**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de Brasília, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

**Linha de Pesquisa:** Sustentabilidade, qualidade e eficiência do ambiente construído.

**Orientador:** Prof. Dr. Daniel Sant'Ana

**Brasília-DF**  
Junho - 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE SISTEMAS DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E REÚSO DE ÁGUAS  
CINZAS NA RODOVIÁRIA DO PLANO PILOTO, BRASÍLIA-DF**

**SUSANNA ALMEIDA DOS SANTOS**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de Brasília, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

**Prof. Daniel Richard Sant'Ana, PhD. (FAU/UnB)**  
(Orientador)

---

**Pierre Mazzega Ciamp, PhD. (UMR5563 CNRS Toulouse, France)**  
(Examinador Externo)

---

**Prof. Rômulo José da Costa Ribeiro, PhD. (FAU/UnB)**  
(Examinador Interno)

**Brasília-DF**

Junho - 2018

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

SANTOS, SUSANNA ALMEIDA DOS

Análise comparativa do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinza na Rodoviária do Plano Piloto, Brasília-DF.

[Distrito Federal] 2018.

114p., 210 x 297 mm (PPG-FAU/UnB, Mestre, Arquitetura e Urbanismo, 2018).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

1. Aproveitamento de Águas Pluviais 2. Reúso de Águas Cinzas

3. Usos finais de Água 4. Indicadores de Consumo 5. Rodoviária do Plano Piloto

I. FAU/UnB II. Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

SANTOS, S. A. (2018). Análise comparativa do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto, Brasília-DF. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Susanna Almeida dos Santos

TÍTULO: Análise comparativa do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto, Brasília-DF.

GRAU: Mestre ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Susanna Almeida dos Santos  
Av. Pau Brasil, Lote 11 – Azaléas  
71.926-000 Aguas Claras Sul – DF - Brasil  
e-mail: susannasantos1@gmail.com

*"A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo." (Albert Einstein)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me dar força e sabedoria sempre;

Aos meus pais Elias Batista dos Santos Filho e Edileuza Almeida dos Santos, pelo apoio e amor incondicional, dedicados sempre para a realização dos meus sonhos;

Aos meus familiares, em especial meus tios amados Elenilse Reis de Almeida Bandeira Sousa e Joãomerez Bandeira de Sousa (*in memoriam*), por estarem sempre presentes desde a minha infância, acompanhando a minha jornada de conquistas pessoais e profissionais, sempre com muito carinho e conselhos valiosos;

Ao meu namorado Douglas Fabris Barbosa, pela paciência, compreensão e por dividir comigo todos os momentos bons e ruins pelos quais passei até chegar nesse momento;

Ao meu orientador Prof. Dr. Daniel Sant'Ana, pela amizade, seriedade e pelas lições pessoais e profissionais nesses anos de convívio;

Aos professores Rômulo Ribeiro e Pierre Mazzega pelas primorosas avaliações durante a banca de qualificação, trazendo aspectos importantes que auxiliaram e aprimoraram a pesquisa;

Aos meus colegas de mestrado e amigos que me ajudaram direta ou indiretamente para tornar esse trabalho possível em especial André Leal, Verônica Taborda, Matheus D'Oliveira, e ao meu irmão Wagner Almeida dos Santos;

À ADASA (Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico do DF), pelo apoio financeiro que possibilitou a dedicação integral ao programa de pós-graduação e a operacionalização do estudo;

À administração da Rodoviária do Plano Piloto, que autorizou a realização da pesquisa, em especial Laura Mendes, engenheira ambiental e de segurança do trabalho da rodoviária, por ter se disponibilizado e reunido a equipe de manutenção, que providenciou as informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa;

À equipe de coleta de dados Diego Dantas, Júlia Silva de Alencar, Mariana Silva Couto Cavalcanti, Marcos Paulo de Freitas Cambuí, João Frederico Ribeiro de Rezende pela disponibilidade em ir para campo coletar os dados qualitativos, informações essenciais para obter os resultados obtidos nesta dissertação;

Aos professores do programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo pelo amadurecimento acadêmico e conhecimento oferecido durante a realização do curso de Mestrado.

## RESUMO

Em busca de uma gestão sustentável dos recursos hídricos, propõe-se analisar o potencial de redução do consumo de água potável na Rodoviária do Plano Piloto por meio dos sistemas alternativos de abastecimento: o Aproveitamento de Água Pluvial (AAP), e o Reúso de Águas Cinzas (RAC). A metodologia foi dividida em três etapas, a primeira, tratou do levantamento de dados primários. A partir dessas informações, foi feita uma análise de correlação para avaliar quais variáveis (climáticas e tarifárias) impactam o consumo de água. Os resultados dessa análise mostraram uma relação muito baixa com as variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa e índice de precipitação pluviométrica), com coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,2$ , e uma relação alta com as tarifas aplicadas, com um  $R^2 = 0,7$ . Diante disso, pode-se afirmar que o comportamento das pessoas que utilizam o espaço é pouco influenciado por fatores externos, e que a principal variável impactante é a tarifa aplicada. A segunda etapa tem uma abordagem qualitativa, e nesta, foram caracterizados todos os usos finais e equipamentos hidráulicos da edificação, e registradas as frequências de uso em cada ponto de consumo dos banheiros públicos. O resultado mostrou que nos banheiros masculinos, a maior parte do consumo vem dos lavatórios com uma proporção de uso entre 40% e 60%, seguido dos mictórios entre 30% e 50% e vaso sanitário entre 4% e 15%. Nos banheiros femininos o principal consumo, também, vem dos lavatórios com proporção de uso entre 60% e 70%, seguido dos usos em vasos sanitários entre 30% e 40%. Apesar desse padrão de consumo ser maior nos lavatórios, os vasos sanitários e os mictórios são os principais consumidores de água, com média de gasto diário de 7.214 litros, contra 1.889 litros que são utilizados nos pontos de lavatórios. Com esses dados, também foram construídos os indicadores de consumo, que permite prever o consumo de água através do número de pessoas que frequentam os banheiros e em relação à área lavável da edificação. Assim, para os vasos sanitários o indicador de consumo é de 0,54 litros por pessoa por dia (L/P/dia). Para os mictórios é de 0,13L/P/dia, para os lavatórios, são 0,18L/P/dia e para a lavagem de pisos, o indicador é de 0,06 L/m<sup>2</sup>/dia. Por fim, a terceira etapa, avalia o potencial de redução de consumo através dos sistemas de AAP e RAC, estes foram dimensionados e foi identificado que o sistema de RAC só é capaz de produzir água suficiente para a lavagem de pisos, essa medida promove uma redução anual no consumo de água de 15%, 601m<sup>3</sup> de água, com um reservatório de apenas 1.500 L. Já o AAP tem capacidade para abastecer todos os fins não potáveis e tem potencial de redução do consumo anual de até 80%, 3.229m<sup>3</sup>. Esse valor expressivo só é possível porque o consumo nos fins não potáveis é muito superior ao fim potável (lavatórios). Devido ao longo período de estiagem no DF, o volume do reservatório necessário para atender essa demanda é de 1.761 m<sup>3</sup>, um valor bastante alto, que para ser implantado é necessário fazer um projeto de escavação no subsolo para posicionar o reservatório de armazenagem. Diante disso, foi dimensionado o sistema misto para verificar se fazendo o reúso de água cinza para a lavagem de pisos e utilizando o aproveitamento da água pluvial para os demais fins não potáveis, acarretaria em uma redução no reservatório de AAP mantendo o alto potencial de redução do consumo. Neste caso o reservatório continuou muito grande 1.433 m<sup>3</sup>. No entanto pode ser uma alternativa para implantar esse sistema por etapas, primeiro começar com o reúso, e depois implantar o sistema de AAP, de maior volume.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de Águas Pluviais, Reúso de Águas Cinzas, Usos finais de água, indicadores de consumo, Rodoviária do Plano Piloto.

## ABSTRACT

In search for a sustainable management of water resources it is proposed on this research to analyze the potential of reducing the consumption of drinking water in the Plano Piloto Bus Station through alternative supply systems: Rainwater harvesting (RWH) and Greywater recycling (GWR). The methodology was divided into three stages, the first one dealt with the collection of primary data. From this information, a correlation analysis was made to evaluate which variables (climatic and tariff) impact the most on the water consumption. The results of this analysis showed a very low relation with the climatic variables (temperature, relative humidity and rainfall index), with coefficient of determination,  $R^2 = 0.2$ , and a high relation with applied tariffs, with a  $R^2 = 0.7$ . Therefore, it can be said that the behavior of the people who use the space is little influenced by external factors, and that the main impact variable is the applied tariff on the consumption bill. The second stage has a qualitative approach, and in this, all the end uses and hydraulic equipment of the building, and recorded the frequencies of use in each point of consumption of public toilets were characterized. The results showed that in men's restrooms, most of the consumption comes from washbasins with a 40-60% use rate, followed by urinals between 30% and 50% and the toilet between 4% and 15%. In women's restrooms the main consumption also comes from the use of washbasins between 60% and 70%, followed by the toilet use between 30% and 40%. Although consumption pattern is greater in washbasins, the toilets and urinals consumption are the main water volume data, with a daily average of 7,214 liters, against 1,889 liters that are used in washbasin points. With these data, the consumption indicators were also calculated, which allowed to predict the water consumption over the number of people who attend the bathrooms and the relation to the washable area of the building. Therefore, for the toilets the consumption indicator is 0.54 liters per person per day (L/P/day). For urinals it is 0.13L/P/day, for washbasins is 0.18L/P/day and for washing floors, the indicator is 0.06L/m<sup>2</sup>/day. Finally, the third stage evaluates the potential of reducing consumption through the RWH and GWR systems, these were sized and it was identified that the RWH system is only capable of producing enough water for floor washing end use, this measure promotes an annual reduction in water consumption of 15%, 601m<sup>3</sup>, with a reservoir of only 1,500 L. The RWH has the capacity to supply all non-potable purposes and has the potential to reduce annual consumption of up to 80%, 3,229m<sup>3</sup>. This expressive value is only possible because consumption at non-potable end uses is much higher than the drinking end (washbasins). Due to the long dry season in DF, the volume of the reservoir needed to meet this demand is 1,761 m<sup>3</sup>, a very high value, which to be implanted it is necessary to make an excavation project in the basement to position the storage tank. Therefore, the mixed system was sized to verify if using the GWR for washing of floors and using the RWH for other non-potable purposes, would result in a reduction in the RWH reservoir maintaining the high reduction potential of consumption. In this case the reservoir continued very large 1,433 m<sup>3</sup>. However, it can be an alternative to deploy this system in steps, first to start with the GWR, and then deploy the larger volume with RWH system.

**Key words:** Rainwater Harvesting, Greywater reuse, water end uses, consumption indicators, Plano Piloto Bus Station

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa das regiões do DF com as empresas que atuam em cada uma</i> .....	18
<i>Figura 2. Procedimento metodológico adotado</i> .....	22
<i>Figura 3. Esquema de funcionamento do sistema de AAP</i> .....	26
<i>Figura 4. Recomendações para detalhamento dos condutores horizontais</i> .....	28
<i>Figura 5: Exemplo de configuração hidráulica do reservatório</i> .....	31
<i>Figura 6. Principais usos finais hidráulicos separando em águas cinzas e águas negras</i> .....	34
<i>Figura 7. (a) Sistema convencional de esgoto sanitário, (b) Sistema adaptado para o reúso de águas cinzas com separação de efluentes</i> .....	36
<i>Figura 8. Esquema de um sistema genérico de RAC</i> .....	37
<i>Figura 9. Exemplificação de gráficos de dispersão para diferentes níveis de relação entre duas variáveis “x” e “y”</i> .....	43
<i>Figura 10. Rodoviária do Plano Piloto (a) vista aérea, (b) perspectiva destacando cada pavimento da rodoviária, (c) mapa de localização dos banheiros públicos</i> .....	52
<i>Figura 11. (a) Identificação da população que frequenta a rodoviária e quais os principais meios de transporte utilizados. (b) Fluxograma das principais rotas realizadas pela população identificada</i> .....	54
<i>Figura 12. Média mensal do consumo (m<sup>3</sup>) ao longo dos anos 2013 -2016</i> .....	55
<i>Figura 13. Gráfico em linha consumo mensal entre 2013 e 2014</i> .....	56
<i>Figura 14. Gráfico de dispersão entre temperatura máxima média(°C) e consumo médio(m<sup>3</sup>)</i> .....	59
<i>Figura 15. Gráfico de comportamento do consumo médio (m<sup>3</sup>) em relação à temperatura máxima média (°C)</i> .....	60
<i>Figura 16. Gráfico de dispersão entre preço público (R\$/m<sup>3</sup>) e o consumo (m<sup>3</sup>)</i> .....	62
<i>Figura 17. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro subsolo masculino</i> .....	64
<i>Figura 18. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro térreo masculino 1</i> .....	65
<i>Figura 19. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro térreo masculino 2</i> .....	66
<i>Figura 20. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro mezanino masculino</i> .....	67
<i>Figura 21. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro primeiro pavimento masculino</i> .....	68

<i>Figura 22. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro subsolo feminino.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 23. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro térreo feminino 1.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 24. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro térreo feminino2.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 25. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro mezanino feminino.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 26. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro primeiro pavimento feminino.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 27. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro masculino administração.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 28. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro feminino administração.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 29. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários cozinha/copa administração.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 30. Padrões de consumo dos banheiros masculino.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 31. Padrões de consumo dos banheiros feminino.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 32. Volume de água gasto em cada uso final/ sexo (a) Média do consumo nos lavatórios (PIA), (b) média do consumo nos vasos sanitários (VS) e (c) média do consumo comparativa entre vaso sanitário feminino e somatório de vaso sanitário e mictório (MIC) masculino.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 33. (a) Média do número de pessoas que entram nos banheiros por pavimento por sexo, (b) média do volume total gasto em cada banheiro por turno.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 34. Cobertura da Rodoviária do Plano Piloto.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 35. Resultado do dimensionamento da cisterna da Rodoviária do Plano Piloto através do método da Análise de Curva e Massa (a) comportamento pluviométrico anual, (b) Volume da cisterna baseado na oferta cumulativa e demanda cumulativa..</i>	<i>90</i>
<i>Figura 36. Área de intervenção reduzida para suprir apenas lavagem de pisos.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 37. Volume da cisterna baseado na oferta cumulativa e demanda cumulativa, apenas para lavagem de pisos.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 38. Área de intervenção para suprir vasos sanitários e mictórios.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 39. Volume da cisterna baseado na oferta cumulativa e demanda cumulativa, para vasos sanitários e mictórios.....</i>	<i>93</i>

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Influência dos materiais nos coeficientes de runoff e na qualidade da água</i>	27
<i>Tabela 2: Tipos de Filtros comerciais e suas principais recomendações</i>	29
<i>Tabela 3. Resumo dos banheiros públicos e tempos de funcionamento</i>	53
<i>Tabela 4. Estatística descritiva do consumo de água (m<sup>3</sup>)</i>	56
<i>Tabela 5. Tabela de ajuste do mês de dezembro de 2013</i>	57
<i>Tabela 6. Estatística descritiva do consumo de água (m<sup>3</sup>), retirando o consumo de dezembro de 2013</i>	57
<i>Tabela 7. Correlação entre consumo(m<sup>3</sup>), temperatura média máxima e mínima(°C), precipitação(mm) e umidade relativa (%)</i>	58
<i>Tabela 8. Resumo do modelo</i>	59
<i>Tabela 9. Tarifas de água aplicada pela CAESB para edifícios comerciais e públicos (entre os anos 2013 e 2016)</i>	61
<i>Tabela 10. Análise de correlação entre consumo (m<sup>3</sup>), tarifa aplicada nos edifícios públicos da água(R\$/m<sup>3</sup>) e o valor da conta (R\$)</i>	61
<i>Tabela 11. Resumo do modelo</i>	62
<i>Tabela 12. Resumo das informações de vazão dos equipamentos vistoriados na Rodoviária do Plano Piloto</i>	74
<i>Tabela 13. Volumes globais diários, (a) do número de pessoas que entram nos banheiros, (b) volume total em litros gasto em vaso sanitário e mictório, (c) volume total em litros gasto em pias</i>	83
<i>Tabela 14. Indicadores de consumo para cada uso final dos banheiros públicos</i>	84
<i>Tabela 15. Tabela resumo dos consumos de água para limpeza dos banheiros da rodoviária</i>	85
<i>Tabela 16. Tabela resumo dos consumos de água para limpeza dos pisos da rodoviária</i>	86
<i>Tabela 17. Consumo diário para lavagem dos pisos (banheiros + área de circulação)</i>	86
<i>Tabela 18. Indicadores de consumo</i>	87
<i>Tabela 19. Volume médio de água gasto em cada uso final por dia</i>	87
<i>Tabela 20. Demanda de água não potável da rodoviária</i>	88
<i>Tabela 21. Oferta de água cinza na Rodoviária do Plano Piloto</i>	92

## TERMINOLOGIA<sup>1</sup>

**Águas cinzas:** Efluentes gerados nos processos de limpeza e lavagem.

**Águas cinzas claras:** Efluentes domésticos provenientes de chuveiros, lavatórios e lavanderia.

**Águas cinzas escuras:** Efluentes domésticos provenientes de cozinha que contém óleo, gordura e restos de comida.

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

**Água não potável:** Água que não atende os parâmetros de qualidade estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

**Águas negras:** Água residual proveniente de descargas sanitárias.

**Águas pluviais:** Água provinda das chuvas e demais precipitações atmosféricas.

**Água potável:** Água própria para beber e preparar alimentos cujos parâmetros de qualidade atendem à Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

**Água tratada:** Água submetida a processos físicos, químicos e/ou biológicos para alcançar um determinado nível de qualidade das modalidades pretendidas.

**Aproveitamento de águas pluviais:** Utilização da água de chuva.

**Qualidade de água:** É um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela apresenta de acordo com sua utilização.

**Rede coletora de água:** Conjunto de tubulações responsáveis pela coleta e transporte de água para tratamento e/ou armazenamento.

**Rede de distribuição de água:** Conjunto de tubulações responsáveis pela distribuição de água a pontos de uso.

**Reservatório de retenção:** Reservatório utilizado para acumular e armazenar água tratada à montante da rede de distribuição.

**Reservatório de distribuição:** Reservatório utilizado para a distribuição indireta de água tratada para pontos de uso não potável na edificação.

**Reúso de águas cinzas:** Reutilização de efluentes gerados nos processos de limpeza e lavagem em usos não potáveis.

**Sistema predial de água não potável:** Instalação hidrossanitária que faz uso de fontes alternativas de água para abastecimento distinto em usos não potáveis. Sistema descentralizado de abastecimento capaz de promover conservação de água em edificações.

**Usos não potáveis:** Uso de água que não atende aos parâmetros de potabilidade, mas que a sua qualidade seja adequada a usos específicos como irrigação, limpeza, lavagem, descarga sanitária, elementos paisagísticos, combate a incêndio, torres de resfriamento, entre outros.

---

<sup>1</sup> BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 54, de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 09 mar. 2006.

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Contextualização .....	15
1.2. Objeto de Estudo .....	17
1.3. Justificativa .....	19
1.4. Objetivos.....	21
1.5. Procedimentos Metodológicos .....	21
1.6. Estrutura da Dissertação .....	22
2. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (AAP) .....	23
2.1. Breve Histórico .....	23
2.2. Qualidade da Água Pluvial.....	24
2.3. Funcionamento do Sistema e Principais Componentes .....	25
2.4. Dimensionamento do Sistema .....	31
3. REÚSO DE ÁGUAS CINZAS.....	34
3.1. Caracterização das Águas Cinzas .....	34
3.2. Qualidade da Água Cinza .....	35
3.3. Componentes do Sistema.....	36
3.4. Dimensionamento do Sistema .....	38
3.5. Sistemas Integrados de AAP e RAC.....	38
4. METODOLOGIA .....	40
4.1 Levantamento de Dados Primários .....	40
4.2 Levantamento Qualitativo .....	46
4.3 Potencial de Redução do Consumo de Água na Rodoviária .....	48
5. ESTUDO DE CASO .....	52
5.1 Levantamento de Dados Primários .....	54
5.2 Levantamento Qualitativo .....	62
5.2.1. Vistoria hidráulica .....	63
5.2.2. Levantamento das frequências de uso .....	76
5.2.3. Indicadores de Consumo .....	87
5.2.4. Usos Finais de Água.....	87
5.3 Potencial de Redução do Consumo de Água na Rodoviária .....	88
5.3.1. Aproveitamento de Água Pluvial .....	89
5.3.2. Reúso de Águas Cinzas .....	92
5.3.3. Sistemas Mistos de Abastecimento (AAP – RAC).....	92
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	95
6.1. Recomendações para Estudos Futuros .....	99
6.2. Limitações da Pesquisa .....	100
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão da água tem se tornado cada vez mais complexa diante das mudanças climáticas, da gradativa evolução nas estruturas sociais e econômicas, do aumento populacional, entre outros, o que tem motivado diversos questionamentos sobre o atual padrão de utilização dos recursos naturais, em especial o da água, em todo o mundo (UN, 2015; MAZZEGA, *et al.* 2014; ALMEIDA, 2011; PAHL-WOSTL, *et al.* 2008). Dessa forma, verifica-se que carece de uma abordagem integrada e sistêmica entre os diversos atores desse processo, tais como: meio-ambiente, agência regulatória, meio-acadêmico/ científico e sociedade, para que haja uma constante adequação do modelo atual a essas variáveis.

É proposto, assim, uma mudança paradigmática no atual processo de gestão do recurso hídrico, que se limita a dirimir os problemas por meio de soluções tecnológicas de distribuição de água centralizada, com restrita definição dos problemas ambientais, sem de fato compreender o sistema e solucionar a origem dos problemas atuais e dos que poderão surgir no futuro. As Nações Unidas afirmam que poderá haver uma redução de 40% na disponibilidade da água mundial, até 2030, comprometendo o suprimento de água ao redor do mundo, caso se mantenha o modelo atual de gestão dos recursos hídricos (UN, 2015).

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas sobre como adequar o processo de gestão para aumentar sua eficiência, e o que tem sido revelado é uma mudança de ênfase do foco em tecnologias de ponta baseadas em sistemas centralizados para a uma suave transição para um sistema participativo que melhor se harmonize com as necessidades dos usuários (PAHL-WOSTL, *et al.* 2008). Nesse contexto, tem sido estudados cada vez mais os sistemas descentralizados de abastecimento de água como o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas, envolvendo diferentes setores da sociedade (público e privado). Os resultados apontam que a implementação de sistemas prediais de água não potável são capazes de promover reduções significativas no consumo de água proveniente das companhias de abastecimento (SANT'ANA, 2015). Isto fomenta a criação de novas diretrizes para uma gestão descentralizada, aumentando a seguridade do abastecimento, para garantir a distribuição de água para as gerações atuais e futuras e minimizando os impactos ambientais, satisfazendo a Lei das Águas (nº 9.433/1997).

O Distrito Federal enfrenta, desde o início do ano de 2016, a maior crise hídrica já registrada na região resultante das irregularidades nos regimes de chuva, ao baixo investimento em soluções sustentáveis para reduzir a demanda, ao crescimento demográfico acelerado, à ocupação urbana irregular, ao elevado índice de perdas, ao atraso nas obras estruturantes, ao elevado consumo per capita (GDF, 2017), além das restrições hídricas intrínsecas a sua própria geografia. O abastecimento de água da região está comprometido e encontra-se no limite entre a sua capacidade de produção e a demanda diária para o abastecimento público. Enquanto a oferta média encontra-se em aproximadamente 9,5m<sup>3</sup>/s, a demanda máxima chega a aproximadamente 9,0m<sup>3</sup>/s (CAESB, 2016). Com um sistema pressionado, sem margem de segurança, fatores como o aumento de consumo e/ou redução significativa no regime de chuva podem ocasionar um colapso no abastecimento, a exemplo dos racionamentos já aplicados nos sistemas isolados da região e, recentemente, nas regiões abastecidas pelos reservatórios do Descoberto e Santa Maria (SANT'ANA, 2017).

### **1.1. Contextualização**

A disponibilidade hídrica limitada no Distrito Federal é imutável e inerente à geografia da região. A preocupação com a água para abastecimento no Distrito Federal remonta ao Relatório Belcher, um estudo técnico datado de 1957 para definir o local da nova capital, que aponta variações altamente significativas no regime de chuvas no quadrilátero do DF, além da necessidade de adotar providências para reduzir a erosão nas proximidades das bacias, e implementar medidas de conservação de água para prolongar a vida dos reservatórios (BELCHER, 1957).

Segundo o PDOT (2007), a capacidade limitada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos para fins de abastecimento da população, confere a estes recursos a condição de atributo ambiental estratégico prioritário e impede o parcelamento de terras para fins urbanos em Áreas de Proteção de Mananciais (APM). No entanto a partir de 2009 com a aprovação da Lei Complementar (nº 803), é retirado do documento as APM, permitindo a urbanização em áreas próximas às bacias favorecendo o fenômeno de erosão e assoreamento dos recursos hídricos e conseqüentemente reduzindo a disponibilidade desse recurso.

O Distrito Federal é composto por 30 Regiões Administrativas e possui cinco sistemas de abastecimento de água para todas as RA's. São elas: i) Santa Maria/Ribeirão do Torto, ii) Rio Descoberto, iii) Planaltina/Sobradinho, iv) São Sebastião e v) Brazlândia (GDF, 2017). Sendo os sistemas Santa Maria/Ribeirão do Torto e o Rio Descoberto os dois maiores sistemas produtores e juntos fornecem o equivalente a 88,79% do total de água tratada, representando 82,6% da população atendida pela CAESB (ADASA, 2018). As limitações desse modelo de gestão centralizado se mostram cada vez mais óbvias, pois para que esses sistemas consigam continuar abastecendo os diferentes setores da região com o constante aumento de demanda (CAESB, 2002; CAESB, 2004; CAESB, 2006; CAESB, 2008), as autoridades tem que contar com a não alteração nos regimes de chuvas, além de precisar realizar grandes gastos financeiros para buscar novas fontes de abastecimento, cada vez mais distantes.

Nessa conjuntura da gestão centralizada aplicada no DF, o ano de 2017 inicia com racionamento de água em todas as regiões abastecidas pelo Rio Descoberto (Ceilândia, Taguatinga, Samambaia, Riacho Fundo I e II, Recanto das Emas, Gama, Vicente Pires, Guará, Águas Claras, Candangolândia, Park Way, Núcleo Bandeirante e Santa Maria), que atua com capacidade inferior a 20% (GDF, 2017). A principal justificativa apontada foi a estiagem de mais de 86 dias em 2016, e a alteração no ciclo de chuvas entre 2015 e 2016 na região da barragem, que foi o quarto menor de uma série histórica que começou a ser medida em 1978-1979 (EBC, 2016). No entanto, o baixo investimento em soluções sustentáveis para reduzir a demanda e a ausência de incentivos fiscais e econômicos para subsidiar uma rápida disseminação de tecnologias para o aproveitamento de águas pluviais (AAP) e o reúso de águas cinzas (RAC) nos diversos tipos de edifícios públicos e privados também fazem parte dessa equação que tem como resultado o cenário de crise hídrica (BRASIL, 2014; CERQUEIRA, G. A. *et al.*, 2015).

Diante dos desafios enfrentados para manter a quantidade e qualidade da água adequada para suprir as necessidades da população, as autoridades têm buscado alternativas para envolver a sociedade civil, através de propagandas educativas visando à conscientização da população, à parceria da sociedade acadêmica, no sentido de estudar a viabilidade de sistemas descentralizados, como é o caso do

projeto Reúso-DF parceria da ADASA com a UnB, permitindo condições para a criação de resoluções para o uso de água não potável (ADASA, 2016).

Para avaliar o desempenho das diferentes tecnologias conservadoras de água (aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas) e identificar soluções viáveis voltadas à redução do consumo de água em edificações, é fundamental quantificar o consumo de água em seus usos-finais e compreender como essa água está sendo utilizada pelos usuários em suas diferentes tipologias. Nesse sentido, esta pesquisa irá tratar das edificações voltadas às atividades de transporte de pessoas, mais especificamente a Rodoviária do Plano Piloto de Brasília, Distrito Federal.

## **1.2. Objeto de Estudo**

Os edifícios de transporte do Distrito Federal foram definidos, de acordo com os modais correspondentes às atividades realizadas. Destacaram-se, portanto, três tipos de modais de transporte: i) o Rodoviário; ii) Metroviário; iii) e o Aeroviário. No modal Rodoviário, podem ser destacadas a Rodoviária do Plano Piloto e a Rodoviária Interestadual. A Rodoviária do Plano Piloto foi considerada no estudo por atender toda a população urbana do DF e por não ter nenhum sistema alternativo de abastecimento de água, já que a Rodoviária Interestadual já faz o aproveitamento de água pluvial.

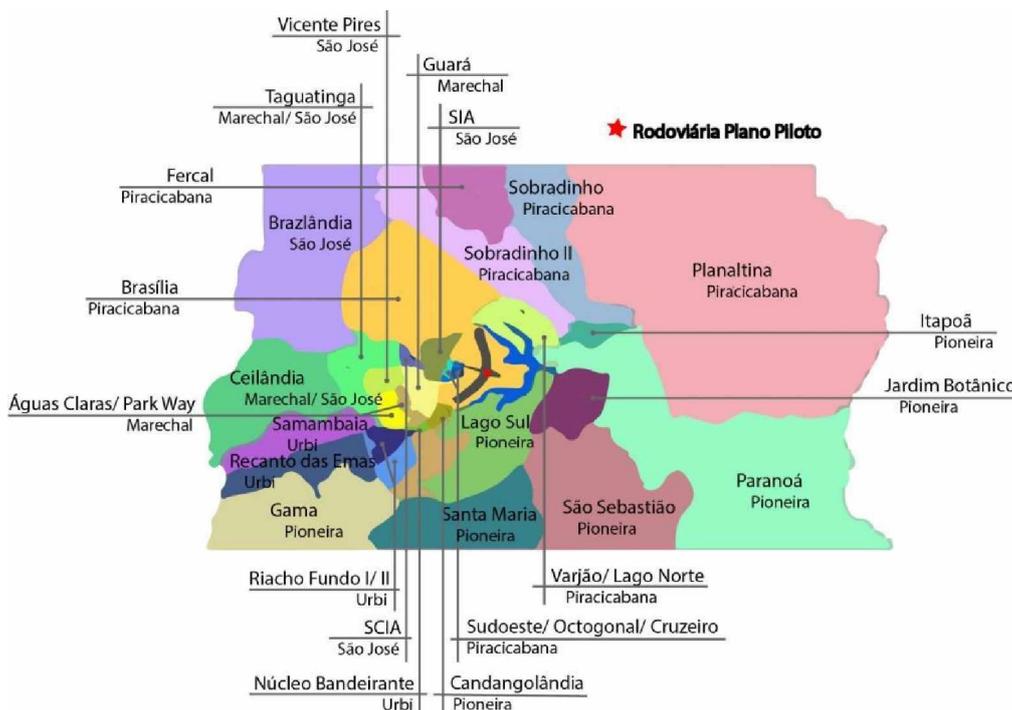
Edifícios com grande fluxo de pessoas podem influenciar na formação de regras sociais, que direcionam o comportamento da população onde estão inseridas. A mudança na maneira de gerir os recursos hídricos, em especial, na rodoviária, que chega a atender até 700 mil passageiros por dia, através da inserção de sistemas adaptativos, que promovem a descentralização do abastecimento de água de maneira mais sustentável, e de campanhas de conscientização intensa, torna esta edificação chave para o estudo na tipologia de transportes.

A Rodoviária do Plano Piloto de Brasília é uma edificação com 41 baias de ônibus abrigadas sobre uma plataforma de concreto, a qual contém vias que oferecem acesso a dois grandes edifícios comerciais (CONIC e Conjunto Nacional), ao Teatro Nacional, além de estacionamentos. Esses níveis são conectados por um edifício composto por três pavimentos (térreo, mezanino e superior), que contém grandes

espaços de circulação horizontal e vertical (escadas fixas, rolantes, e elevadores), além de abrigar funções administrativas e de serviços. O conjunto está situado em um grande entroncamento de vias arteriais e expressas pertencentes aos dois grandes eixos que deram origem à capital: o eixo rodoviário (na direção norte-sul), que concentra setores de habitação e comércios locais; e o eixo monumental (na direção leste-oeste), que concentra setores de administração federal, comércio, e serviços - região que atualmente constitui o principal polo do DF, e, por conseguinte, a região com maior demanda por viagens.

Dessa forma, a rodoviária é um ponto estratégico para o funcionamento do transporte público metropolitano, pois agrega um grande potencial de usuários. São no total, seis empresas de transporte (a Piracicabana, a Pioneira, a Urbi, a Marechal, a São José e TCB) que atendem a demanda de todo o DF conforme o mapa da Figura 1.

*Figura 1. Mapa das regiões do DF com as empresas que atuam em cada uma*



Na atual conjuntura, não é possível mensurar a quantidade de usuários do sistema de transporte público coletivo do DF. Pode-se dizer que há apenas uma média de aproximadamente um milhão de embarques diários nos ônibus coletivos (FURTADO, 2017). Desse total, o DF-Trans estima que cerca de 700 mil embarques de passageiros diários ocorram na rodoviária (FERREIRA, 2016). Segundo a

estimativa do IBGE para 2017, o DF possui pouco mais de três milhões de habitantes, além da população das cidades do entorno metropolitano e todos são potenciais usuários da rodoviária do Plano Piloto.

### **1.3. Justificativa**

As tipologias de edifícios não residenciais são repletas de particularidades e usos distintos dos edifícios residenciais (e.g. hospitais, escritórios, edifícios de transporte, etc.). Portanto, tem diferentes padrões de consumo e impactam de maneira diferente na demanda de água, e para uma melhor dimensionar o sistema hidráulico, e deixá-lo mais eficiente é importante realizar um diagnóstico do consumo predial nessas edificações, em especial do consumo nos diferentes pontos de usos finais de água.

O estudo dos usos finais de água incluem todos os pontos onde a água é utilizada e tem por fim quantificar o volume de água consumido em cada aparelho sanitário. A partir disso, é possível avaliar quais equipamentos têm maior influência no consumo, além de viabilizar o cálculo do volume mensal em cada uso, contribuindo com o correto dimensionamento de um sistema alternativo de abastecimento de água.

Uma série de estudos foram realizados para caracterizar os usos finais do consumo de água e sua conservação em edificações comerciais, institucionais e públicos no exterior (*ex.*: DZIEGIELEWSKI *et al.*, 2000; FARINA *et al.*, 2011; SURRENDRAN, WHEATLEY, 1998; WAGGETT, AROTSKY, 2006). Essa caracterização dos usos finais do consumo de água em edificações não residenciais possibilitou explorar o potencial de redução do consumo de água para várias estratégias conservadoras de água e os custos-benefícios envolvidos (GRIGGS *et al.*, 1998; MADDAUS, MADDAUS, 2004).

No entanto, apesar da vasta experiência internacional, a caracterização dos usos finais do consumo de água no Brasil ainda está no começo e dados generalizáveis ainda não foram produzidos. Até aonde vai a literatura, a análise dos usos-finais do consumo de água em edificações não residenciais no Brasil, têm se restringido a padarias, em São Paulo e em Juazeiro (GOMEZ, ALVEZ, 2000), edifícios públicos (KAMMERS, GHISI, 2006), escritórios (PROENÇA, GHISI, 2010), em Florianópolis e hotéis, em Brasília (NASCIMENTO, SANT'ANA, 2014). Ainda, estudos voltados à conservação de água em edifícios não residenciais têm sido limitados à identificação

do potencial de redução do consumo de água em instituições de ensino (MARINOSKI, GHISI, 2008; SILVA, TAMAKI, GONÇALVES, 2006), hospitais (ILHA, NUNES, SALERMO, 2006), posto de gasolina (GHISI, TAVARES, ROCHA, 2009).

No que se refere à tipologia de transportes apenas edifícios de aeroportos são analisados e em geral trata apenas da análise de variáveis que impactam no consumo de água, e consumo *per capita* (CARVALHO *et al.*, 2013; FREIRE, 2011; FRISSO, JÚNIOR, URRICHI, s.d.). No entanto, em 2006, a empresa Vitalux elaborou um relatório de Plano de Gestão dos Recursos Hídricos a pedido da INFRAERO, para o Aeroporto Internacional de Guarulhos, que apresentou os usos finais de água e o potencial de redução do consumo através do uso de equipamentos mais eficientes disponíveis no mercado, e mostrou que pode haver uma redução de 69% no consumo geral. A partir disso, Ribeiro (2009), verifica o potencial de economia de água através do aproveitamento de água pluvial, considerando a captação de telhados, pistas de aeronaves e pistas. Não foi feita a distinção dos usos finais de água potável e não potável, e para avaliar o potencial de abastecimento de água através do AAP, foi utilizado o volume total de consumo anual. O resultado mostrou que o consumo, pode ser suprido com apenas 40%, das possíveis áreas de captação.

Tendo em vista os diferentes fins da água como, abastecimento, lazer, agropecuário, dentre outros, é de extrema relevância haver um adequado planejamento dos recursos hídricos, de maneira a satisfazer às diferentes atividades. Portanto, é necessário e conveniente, os estudos dos diversos usos finais de água para que seja possível implementar um sistema integrado de abastecimento que venha a garantir a qualidade e quantidade de água necessária para o bem-estar físico, mental e social.

Evidentemente, há uma carência de dados específicos no que se diz respeito aos usos-finais do consumo de água das diferentes tipologias de edificações de transporte. A literatura demonstra que existe também, uma falta de compreensão sobre a relação entre o consumo de água e características tipológicas, tipo de ocupação e comportamento (atividades de uso de água). É válido, ainda, ressaltar, a importância desse estudo para possível replicação dos resultados em outros estados ou países, com clima e hábitos de consumo similares. Portanto, tem relevância

prática para a elaboração de projetos de construção ou expansão, bem como, de adaptação predial para os tipos de edifícios que estão sendo analisados.

#### **1.4. Objetivos**

Tendo essas questões em mente, o principal objetivo dessa pesquisa é analisar o potencial de redução do consumo de água potável através dos sistemas de aproveitamento de águas e pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto de Brasília. O estudo aprofundado tem por objetivos específicos:

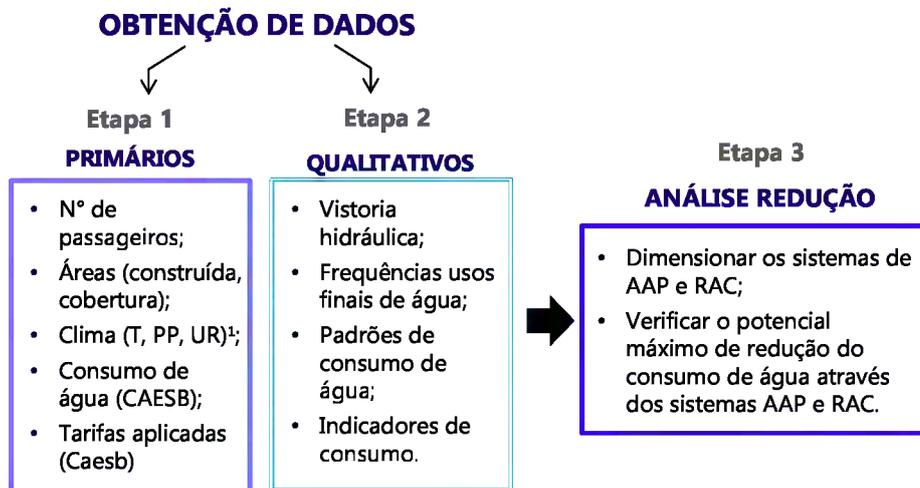
- i. Analisar a quais variáveis afetam o consumo predial de água e compreender a dinâmica do consumo predial de água da rodoviária;
- ii. Caracterizar os usos finais de água na Rodoviária do Plano Piloto e estimar as demandas de água dessa edificação e de cada uso final; e
- iii. Avaliar o potencial de redução do consumo de água potável na rodoviária por meio de sistemas alternativos de abastecimento (AAP e RAC).

#### **1.5. Procedimentos Metodológicos**

A metodologia foi dividida em três etapas conforme a Figura 2. Na primeira etapa foram obtidos dados primários para realizar o diagnóstico do consumo predial da rodoviária e identificar as principais variáveis que o afetam, a fim de compreender a dinâmica da água nesta edificação. Na segunda etapa foram coletados os dados qualitativos, por meio de vistoria hidráulica, identificando todos os usos finais de água da rodoviária. A partir dela foram medidas as vazões de cada equipamento, e avaliadas as condições atuais do sistema hidráulico do edifício. Esta medida é importante para dar maior confiabilidade nos resultados dos volumes calculados do consumo de água na edificação para posterior análise comparativa com os volumes das contas de água da Caesb. Após essa caracterização dos usos finais, foi feito o levantamento das frequências de usos em cada ponto hidráulico, e a partir desses dados foi estimado os padrões de consumo de água e calculado os indicadores de consumo. Por fim, na terceira etapa foi feito o dimensionamento dos sistemas alternativos de abastecimento AAP e RAC, para suprir a demanda dos usos não

potáveis de água e dessa maneira estimou-se o potencial máximo de redução do consumo da Rodoviária do Plano Piloto.

Figura 2. Procedimento metodológico adotado



<sup>1</sup> (T - temperaturas máximas e mínimas, PP - precipitação pluviométrica, UR - umidade relativa do ar)

## 1.6. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em seis capítulos. O capítulo 1 abordou de maneira sintética o contexto do atual modelo de gestão desse recurso que impacta na disponibilidade hídrica para o abastecimento urbano, e a atual crise hídrica no Distrito Federal. Ainda, a lacuna no conhecimento referente aos usos finais em edifícios não residenciais apresentando estudos prévios e o que foi desenvolvido, em especial para as edificações de transporte. A caracterização do objeto de estudo deste trabalho a Rodoviária do Plano Piloto, os objetivos, e uma síntese dos procedimentos metodológicos utilizados para atingir os objetivos propostos. O capítulo 2 e 3 apresentam respectivamente uma revisão bibliográfica dos sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais e, do Reúso de Águas Cinzas, mostrando os principais aspectos desses sistemas para serem implantados. O capítulo 4 é o capítulo metodológico que discorre sobre as etapas desenvolvidas para atingir os objetivos traçados, com os embasamentos teóricos que auxiliaram nas interpretações das análises estatísticas e da composição do sistema. O capítulo 5 da aplicação da metodologia no estudo de caso da Rodoviária do Plano Piloto. Por fim, o capítulo 6 apresenta as considerações finais da pesquisa, as limitações do estudo e as recomendações para estudos futuros.

## **2. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (AAP)**

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura do sistema de aproveitamento de águas pluviais (AAP), demonstrando seu funcionamento e os cálculos de dimensionamento, importantes para a realização dos cálculos de viabilidade do uso do AAP no estudo de caso da Rodoviária do Plano Piloto.

### **2.1. Breve Histórico**

Desde o início das civilizações há provas do aproveitamento de águas pluviais em regiões com acesso restrito à água. Exemplo disso são as civilizações Maia (4-9 a.C.), a Grega (aprox. 750-146 a.C.), a Romana (aprox. 3-4 a.C.) e os povos de Mari na Síria (4000 a.C.) (MAYS, 2014; FAHLBUSH, 2008). No Brasil, o uso dessa tecnologia é mais recente e data do século XVIII, na “Fortaleza de Ratoles”, que coletava a água pluvial dos telhados conduzindo-a a uma cisterna (FENDRICH, 2002).

Com a evolução das tecnologias em infraestrutura urbana e a crença de que a água é um recurso infinito, esses sistemas de AAP foram se tornando obsoletos na sociedade mais desenvolvida e só com o surgimento das crises no abastecimento, o aproveitamento de água pluvial voltou a entrar em pauta e ser discutido por autoridades e pesquisadores, como sendo uma alternativa para reduzir a demanda de água (CAMPOS, 2004). Atualmente, sabe-se que a aplicabilidade de um sistema de coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais é um instrumento importante no controle do balanço hídrico, como medida corretiva e mitigadora do impacto causado ao ciclo hidrológico local, pelas atividades humanas, nas áreas urbanas com crescente impermeabilização dos solos das bacias hidrográficas (FENDRICH, 2002).

Assim, os conceitos de coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais no meio ambiente urbano, a cada dia, estão voltando ou sendo incorporados pelas comunidades. Tais conceitos tem desempenhado papel importantíssimo para o bem estar e melhora na qualidade de vida das populações das cidades, pois buscam por meio de processos e medidas corretivas, o retardamento do

escoamento superficial das águas das chuvas intensas, diminuindo os níveis de água máximos das enchentes urbanas. Ou seja, conceitos e técnicas utilizadas por egípcios, romanos e outras civilizações antigas, principalmente com as utilizações das águas pluviais, estão retornando as obras civis contemporâneas, sem esquecer a tendência atual do Saneamento Básico, o reúso de águas cinzas (FENDRICH, 2002).

## **2.2. Qualidade da Água Pluvial**

A água pluvial ao entrar em contato com a superfície de coleta pode ser contaminada com uma série impurezas como poeira, terra, pólen, folhas, galhos, fezes de aves, entre outros (LEGGETT, SHAFFER, 2002).

São muitos os fatores que influenciam a qualidade das águas pluviais, dentre eles podem-se citar a localização geográfica, a presença de vegetação próxima ao local de coleta que pode exigir maior manutenção e limpezas dos condutores, as condições meteorológicas, a estação do ano e a presença de carga poluidora na atmosfera. Incêndios e queima de combustíveis fósseis são os principais fatores responsáveis pelo acúmulo de gases poluentes na atmosfera (TUCCI, 2005; MOURA, BOAVENTURA, PINELLI, 2009).

Segundo o IPEA (2011), os centros urbanos são grandes emissores de poluentes na atmosfera devido ao número demasiado de veículos unitários que circulam. Esse volume de poluição tende a crescer cada vez mais com o aumento da urbanização, e os principais poluentes são: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e partículas em suspensão (FORNARO, 2006). A água da chuva é capaz de remover com bastante eficiência essas impurezas da atmosfera, mas como consequência gera a chamada chuva ácida (SILVA, 2014). Essa chuva com esses agentes nocivos à saúde humana diminui o pH da água. Essa água não constitui um risco para a saúde humana, quando utilizada para fins não potáveis, no entanto, essa acidez pode aumentar a taxa de dissolução tubos e acessórios metálicos (HEIJNEN, 2012).

No Distrito Federal foi implantado o Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar, em 2005, para controlar a os níveis de poluição na cidade. Os pontos para estabelecer bases fixas de controle diário, foram as regiões de grande circulação

peças aliada ao trânsito intenso de veículos como, por exemplo, a rodoviária do plano piloto. Neste local, os relatórios gerados entre os anos de 2013 e 2017 apontaram que em geral a qualidade do ar na rodoviária é boa ou regular (IBRAM, 2018). Apesar da grande circulação de veículos no local durante boa parte do ano, incluindo período de seca, a qualidade do ar no local não é ruim, e não há registros de chuvas ácidas. Assim, o uso dessa água não tende a deteriorar os equipamentos sanitários do local.

É possível, ainda, minimizar os contaminantes da água pluvial por meio de medidas simples, como a limpeza do reservatório e a sua devida vedação (TOMAZ, 2005). Dessa maneira, reduzem-se os riscos de contaminação física e biológica, bem como evitam a manifestação de mosquitos. Outra medida muito importante é a limpeza da calha e o uso de filtros comerciais, que eliminará a água contaminada com a sujeira do telhado (SANT'ANA; *et al.*, 2017).

### **2.3. Funcionamento do Sistema e Principais Componentes**

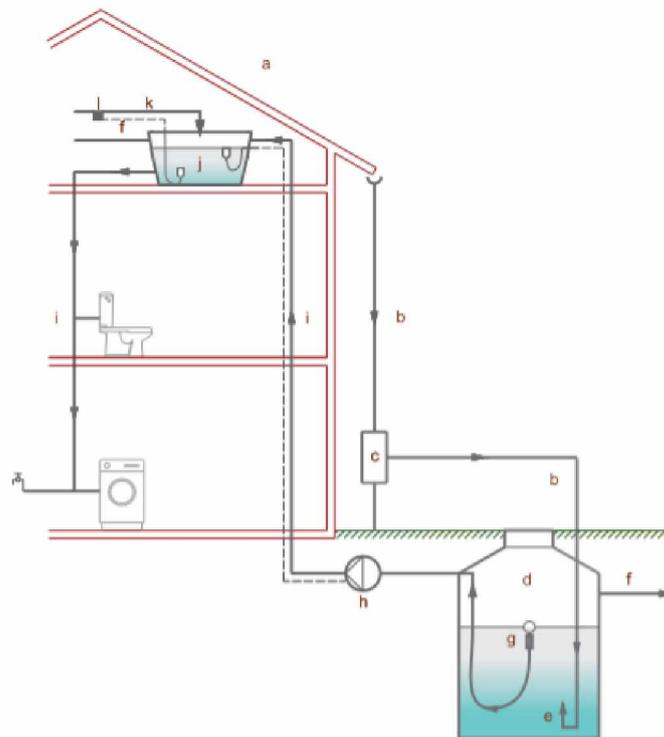
O sistema de aproveitamento de água pluvial que será exposto neste trabalho é o de bombeamento indireto em que a água é coletada pela cobertura, conduzida a uma cisterna, onde a água é filtrada e tratada, depois bombeada a um reservatório superior que fará a distribuição da água no interior do edifício por gravidade. Assim, são alimentados os pontos de uso não potável de água como, por exemplo, descarga sanitária, tanque, torneiras de uso geral e torneiras de jardim.

Segundo Sant'Ana (2011), esse sistema é mais indicado para edifícios de grande porte que fará uso da água coletada no interior da edificação. Ainda, esse tipo de configuração do sistema permite um maior armazenamento de água na cisterna com um reservatório de distribuição na cobertura menor, que gera menos peso na cobertura.

A Figura 3 exibe o esquema de funcionamento desse sistema em que a água pluvial captada pela cobertura (a) é transportada por uma rede coletora (b) e tratada inicialmente por um filtro ou dispositivo de descarte (c). Para garantir a qualidade da água armazenada na cisterna (d), recomenda-se o emprego de um freio d'água (e) para evitar o turbilhonamento de sedimentos decantados no fundo do reservatório e de um sifão-ladrão (f) instalado junto ao extravasor para limpeza da superfície da

água. A instalação de um duto de ventilação (g) pode ser benéfica para preservar a qualidade da água armazenada, mas este deve ser protegido com tela para evitar a entrada de insetos no interior do reservatório. A extração da água é feita em seu ponto mais limpo, logo abaixo da superfície, por uma mangueira flutuante (h), podendo ter em si, um filtro fino para um polimento final da água. Uma bomba de água (i) faz o recalque (j) da água tratada para um reservatório de distribuição (l) que alimenta, por gravidade, pontos de uso não potável usando uma rede de distribuição independente, evitando conexão cruzada com a rede de água potável. Na falta de água pluvial, torna-se necessária a alimentação automática de água potável (k) da concessionária de forma segura para evitar a contaminação da rede potável.

Figura 3. Esquema de funcionamento do sistema de AAP



Autor: SANTANA, AMORIM, 2007.

Estudos mostram que a qualidade da água de chuva coletada está diretamente relacionada com o sistema escolhido e os materiais (BERTOLO, 2006; ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, 2005). Diante disso, os principais componentes do sistema serão detalhados, apontando suas principais características e materiais. São eles: i. Área de captação, ii. Condutores horizontais e verticais, iii. Filtros e iv. Reservatórios de cisterna e distribuição.

i. Área de captação

Há no mercado, uma grande variedade de materiais de telhados como telha de cimento, laminas de ligas metálicas, fibrocimento, lâminas de policarbonato ou de fibra de vidro, e ardósia (BERTOLO, 2005). Conhecer os materiais e suas propriedades é fundamental, pois cada material tem texturas diferentes, possibilidade de decomposição da superfície, e um coeficiente de *runoff* (relação entre a água que escoar na superfície e o total de água precipitada), sendo todos esses fatores importantes na eficiência do processo de escoamento de água. Portanto, o cálculo de dimensionamento do sistema leva em consideração essas características para estimar as perdas no volume de água sendo captada.

A Tabela 1 apresenta as principais características dos materiais mais comuns encontrados nas coberturas de diferentes edificações, mostrando algumas de suas vantagens e desvantagens. Com base nisso, é possível melhor especificar o material que irá compor a cobertura em um projeto de arquitetura e/ou hidráulica.

Tabela 1: Influência dos materiais nos coeficientes de runoff e na qualidade da água

Materiais		Coefficiente de <i>Runoff</i>	Observações
Folhas de ferro galvanizado		Maior que 0,9	Apresenta menores concentrações de bactérias, provavelmente devido a maiores as maiores temperaturas que essa superfície atinge (MENDEZ; et al., 2011).
Telha cerâmica		0,6 a 0,9	Maior porosidade pode haver acúmulo de partículas e micro-organismos (MENDEZ, ET AL., 2011).
Telhas de cimento amianto		0,8 a 0,9	São levemente porosas reduzindo o coeficiente de <i>runoff</i> (BERTOLO, 2005).

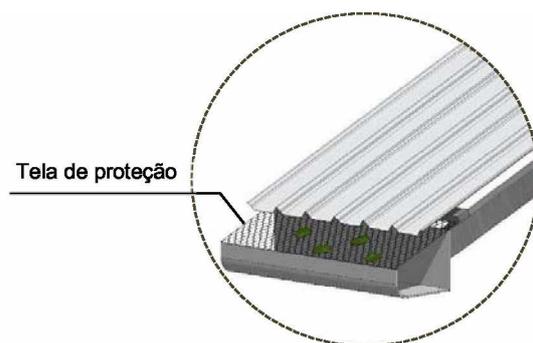
Quanto mais liso e impermeável o material utilizado para a captação maior a quantidade de água captada. Coberturas metálicas têm perdas desprezíveis enquanto coberturas de cimentos podem ter perdas de até 10% (*Texas Water Development Board*, 2005). Foi verificado que todos os edifícios de transporte analisados no Distrito Federal possuem cobertura metálica e, portanto tem um coeficiente de *runoff* maior de 0,9. Portanto, no caso de instalação do sistema de AAP nessas edificações as perdas de água na captação serão muito pequenas.

## *ii. Condutores horizontais*

Os condutores horizontais são chamados de calha. Sua função é recolher a água que escoa do telhado e conduzir para o condutor vertical, que recebe essa água conduzindo-a para a cisterna. Esses condutores deverão ser dimensionados de acordo com a ABNT NBR 10844, e deverá ter declividade mínima de 0,5%. Os materiais mais comuns disponíveis são: as chapas galvanizadas, mais usadas quando protegida por platibanda, por serem menos resistentes e, o cloreto de polivinil (PVC), muito disseminado na região sul do país. Outros materiais menos comuns são: as chapas de cobre, que com o aumento de seu custo tem caído em desuso e o concreto onde as vigas muitas vezes fazem função de calha (BERTOLO, 2005).

Os resíduos grosseiros que geralmente ficam no telhado poderão provocar entupimentos nesses condutores. Por isso, é importante que seja feito a inspeção e a limpeza regular, no mínimo anual. Esse cuidado com a limpeza dos condutores e do telhado é importante, pois pode influenciar na qualidade da água captada. Para facilitar a manutenção dos condutores, horizontal e vertical, recomenda-se instalar uma tela (material plástico ou metálico) sobre todo o perímetro da calha, como o exemplo da Figura 4. O uso desse dispositivo não dispensa a limpeza regular dos condutores já que resíduos menores infiltram-se nos vazios da tela.

*Figura 4. Recomendações para detalhamento dos condutores horizontais*



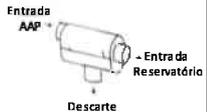
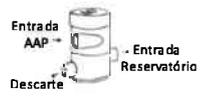
## *iii. Filtro*

Os filtros podem ser artesanais ou comerciais. Os filtros artesanais são de baixo custo podendo ser desenvolvido pelo próprio proprietário, e são recomendados apenas para áreas de cobertura de até 100m<sup>2</sup> (URBANO, 2014). Esse tipo de filtro

não é explorado nesse estudo, pois não são indicados para edifícios não residenciais.

Os filtros comerciais demandam menos manutenção, podendo ser realizada semestralmente (RODRIGUES, 2010). A Tabela 2, apresenta as principais características dos filtros disponíveis no mercado e as áreas de cobertura ideal para cada tipo.

*Tabela 2: Tipos de Filtros comerciais e suas principais recomendações*

<b>Tipos de Filtro</b>	<b>Áreas de Cobertura</b>	<b>Observações</b>
<b>Integrados</b> 	até 120m <sup>2</sup>	É um filtro compacto, ideal para ser instalado dentro de reservatórios de plástico ou concreto (3P Technik).
<b>Tubos de Queda</b> 	até 150m <sup>2</sup>	Esse tipo de filtro separa os detritos da água de chuva direto do condutor vertical. São ideais para a instalação em edificações de pequeno porte já construídas pela facilidade de adaptação (3P Technik).
<b>Enterráveis</b> 	até 3.000m <sup>2</sup>	Sua instalação é feita com o emprego de uma extensão telescópica, de profundidade variável adaptando às condições do terreno no qual será implantado (AquaStock).
<b>Industriais</b> 	até 3.000m <sup>2</sup>	Esse tipo de filtro é destinado às grandes coberturas, são pré-montados e devem ser instalados em poço técnico (3P Technik).

#### *iv. Cisternas e Reservatórios de Distribuição*

As cisternas poderão ser classificadas de acordo com seu posicionamento em relação ao plano do terreno em: enterrado, semienterrado, apoiado no edifício, elevado sobre estrutura ou apoiado no nível do piso. A determinação de sua localização é fundamental no projeto de instalação do sistema de aproveitamento pluvial, pois essa decisão projetual irá influenciar diretamente na eficiência e no custo do sistema (BERTOLO, 2006). As cisternas não enterradas terão, a priori, menor custo por não demandar da escavação. No entanto apresentará temperaturas mais elevadas, e caso haja incidência solar direta, pode não ser a melhor escolha por estimular o crescimento micro bacteriano comprometendo a qualidade da água (SANT'ANA, 2011). Para assegurar a eficiência do sistema é recomendado identificar os pontos de entrada de água da rua para o edifício e o barrilete de

distribuição do abastecimento de água e, sempre que possível, deixar o reservatório o mais próximo desses dois pontos.

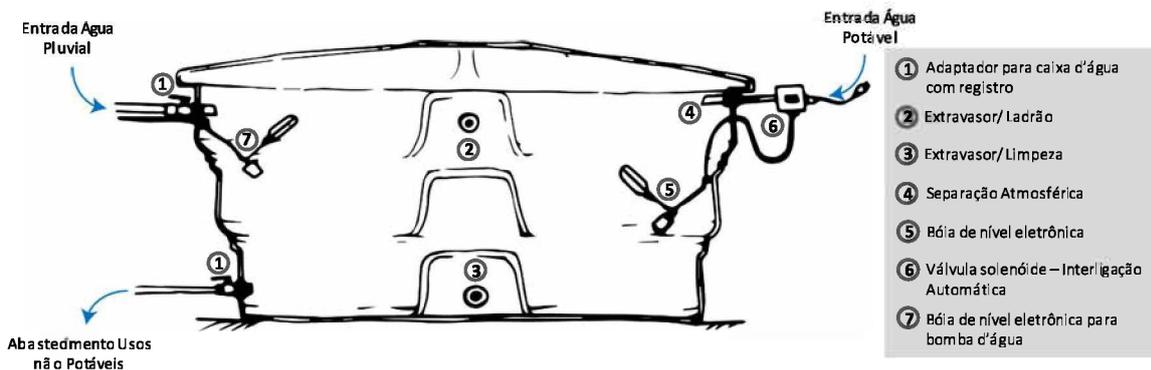
O tipo e o tamanho da cisterna a ser especificado para um projeto de AAP é determinado pela quantidade de água da chuva que pode ser captada pela cobertura. Um sistema seguro requer uma combinação ideal entre os sistemas de captação e armazenamento, a fim de maximizar a confiabilidade geral com o menor custo. Portanto, é necessário determinar o tamanho ideal da área de cobertura e da capacidade de armazenamento, para garantir a quantidade de água adequada para satisfazer a demanda do local ao qual se pretende implantar o projeto. O tamanho ideal da cisterna, fundamental para o correto funcionamento desse sistema, além de ser um pré-requisito para minorar os custos visto que a cisterna é geralmente o componente mais caro (TOMAZ, 2005).

O requisito básico para a escolha da cisterna é dado pelo volume de água que será armazenado para atender as necessidades de água durante todo o período crítico de seca. Dessa forma, a capacidade de armazenamento depende da demanda de água, da duração do período seco, de estratégias de uso de água e, dos tamanhos de tanque disponíveis. Portanto, a demanda de água determina o tamanho da capacidade de armazenamento necessária, enquanto a quantidade de chuva esperada e o tamanho e tipo de captação determinarão se essa demanda pode ser satisfeita (NGIGI, 1999).

Quanto aos reservatórios de distribuição, estes devem ser estanques em relação ao exterior, duráveis, garantir a quantidade de água adequada para sua destinação, garantir a adução com vazão e altura manométricas constantes, ter menores diâmetros no sistema e melhores condições de pressão (TSUTIYA, 2006). Uma tubulação de limpeza deve ser posicionada na parte mais baixa do reservatório com uma válvula de registro de maneira que possibilite esvaziá-lo completamente. A ABNT NBR 5626 recomenda a limpeza periódica a cada seis meses, devendo ser utilizado hipoclorito de sódio em solução para desinfecção do reservatório. A tubulação do extravasor deve escoar livremente a um local visível, servindo de alternativa, caso haja alguma falha no abastecimento de água não potável. A recomendação é que o diâmetro do extravasor seja, no mínimo, um diâmetro superior ao diâmetro da tubulação de alimentação.

A Figura 5 apresenta a configuração hidráulica de um reservatório de distribuição que controla a alimentação de água não potável e de água potável pelo uso de chaves-bóia em diferentes zonas de alimentação dentro do reservatório. Em caso de desabastecimento de água não potável, recomenda-se utilizar uma zona de alimentação de água potável de no mínimo 1/3 da capacidade do reservatório (SANT'ANA, et al., 2017).

Figura 5: Exemplo de configuração hidráulica do reservatório



Ainda, ao fazer uso da água da chuva nos ambientes internos da edificação é necessário ter uma garantia de que não faltará água. Para isso, faz-se uso de um kit de interligação automático, este garante que quando o reservatório atinge um valor abaixo do programado, a água tratada da central é acionada, enchendo o reservatório.

## 2.4. Dimensionamento do Sistema

A norma brasileira ABNT NBR15527 anexo A, apresenta seis diferentes cálculos para o dimensionamento da cisterna, o método de Rippl, o de simulação, o Azevedo Neto, o método prático alemão, o método prático inglês e o método prático australiano. No entanto, esse anexo não faz parte da norma e serve apenas como guia que pode ou não ser seguido. Todos esses métodos têm bons resultados em seus países de origem, mas apresenta limitações quando alterada a localidade (NGIGI, 1999; TOMAZ, 2012).

A análise de curva e massa, desenvolvido por Rippl em 1883, é mais apropriada na medida em que não é específico para uma determinada localização e, portanto, tem uma ampla aplicação. A análise de curva e massa também pode ser usada para monitorar o gerenciamento de água, fornecendo o volume do tanque a qualquer

momento, desde que os registros de entrada e saída de água sejam feitos continuamente (NGIGI, 1999). Isto é importante, especialmente para regular a utilização da água, em caso de seca inesperada. Assim, a cisterna apresentará seu melhor desempenho quando a Equação (1) for satisfeita (FEWKES, 2006 *apud*, SANT'ANA, 2011).

$$C \geq \text{Max} \left\{ \int_{t_1}^{t_2} [D_t - S_t] dt \right\} \quad (1)$$

Onde: C=Capacidade do reservatório  
 $Q_t$ =Demanda no tempo (t)  
 $S_t$ =Oferta de chuva aproveitável no tempo (t)

Assim, para que a análise de curva e massa seja adequada, a demanda cumulativa de água deve ser igual à oferta cumulativa durante um determinado período hidrológico (SANT'ANA, 2011). No entanto, a eficácia da análise da curva de massa depende da precisão da determinação do mês inicial do ano hidrológico (início da estação chuvosa e/ ou o final da estação seca, quando o tanque está quase vazio). O tamanho ideal da cisterna é obtido a partir do maior 'excedente' cumulativo que representa a quantidade de água residual no tanque, que será grande o suficiente para armazenar água durante os meses secos anteriores à estação chuvosa. O tamanho do tanque também deve ser ajustado aos tamanhos disponíveis.

Se o rendimento da água não atender à demanda de água prevista, outras fontes alternativas de água serão adotadas. Em tal situação, uma alternativa para aumentar o abastecimento de água é, quando aplicável, expandir o tamanho da área de captação. Onde a área de captação é predeterminada, outra opção técnica é reduzir o nível de confiabilidade do projeto, reduzindo a demanda no cálculo, e incorporar estratégias de gerenciamento da água, como medidas para reduzir o consumo de água através do racionamento de água ou ainda associar outro sistema alternativo de abastecimento como o reúso de águas cinzas.

O dimensionamento do reservatório de distribuição deverá estar de acordo com a ABNT NBR 12217/94, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. A norma afirma que o volume necessário do reservatório de distribuição para atender às variações de consumo, deve ser avaliado a partir de dados de consumo diário e do regime previsto de alimentação do reservatório,

aplicando-se o fator de 20% a mais, ao volume calculado, para levar em conta incertezas dos dados utilizados. “Os dados de consumo diário podem se referir à comunidade em estudo ou à comunidade com características semelhantes de desenvolvimento socioeconômico, hábitos e clima” (ABNT NBR 12217, 1994).

O presente trabalho revela a média do consumo diário específico para o estudo de caso da Rodoviária do Plano Piloto, que permitirá um cálculo mais preciso do reservatório para esta edificação e poderá ser utilizado para outras rodoviárias com características semelhantes.

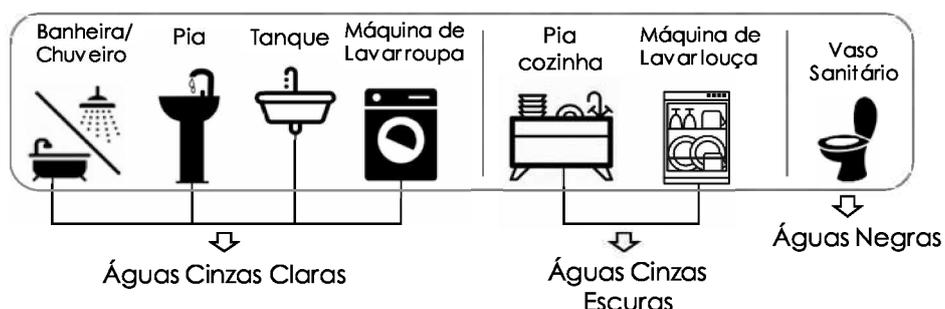
### 3. REÚSO DE ÁGUAS CINZAS

Este capítulo irá abordar o reúso de águas cinzas (RAC) demonstrando como esse sistema funciona e como é dimensionado, contribuindo para o estudo de viabilidade da implementação desse sistema na Rodoviária do Plano Piloto. Ainda apresentará os fundamentos do sistema integrado de AAP e RAC, mostrando quando esse tipo de sistema é mais vantajoso, e como adequá-lo ao projeto.

#### 3.1. Caracterização das Águas Cinzas

As águas residuárias de qualquer edificação podem ser divididas de maneira simples em águas cinzas e negras (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, 2005). As águas negras são aquelas provenientes de vasos sanitários e, as águas cinzas, todas as demais (ver Figura 6). A água gerada pela pia da cozinha contém mais contaminantes (nutrientes) além de gordura, sólidos e sabão que as demais fontes de águas cinzas. Portanto, ainda que com poucos patógenos essa água é considerada por alguns autores como água cinza escuro (LUDWIG, 2015), e por ter uma qualidade inferior, demanda de um sistema de tratamento mais complexo e por isso, é muitas vezes descartada junto com as águas negras.

Figura 6. Principais usos finais hidráulicos separando em águas cinzas e águas negras



Segundo a ANA; FIESP; SINDUSCON-SP (2005), edifícios comerciais geram volumes relativamente pequenos de águas cinzas, visto que são formadas exclusivamente de águas provenientes de lavatórios. Diferente dos edifícios residenciais em que a maior parte do consumo dentro das edificações é proveniente de atividades relacionadas à higiene pessoal, mais especificamente o chuveiro (ROCHA *et al.*, 1999).

A água cinza tratada pode ser utilizada de maneira segura para os diferentes fins não potáveis como irrigação, lavagem de pisos e descarga sanitária. Estudos

indicam, ainda, que, é possível fazer uso da água cinza não tratada para a irrigação subsuperficial (SA-HEALTH, 2008; LUDWIG, 2007; LUDWIG, 2015). No entanto, o armazenamento intermediário sem tratamento e desinfecção não é recomendado, pois a qualidade da água cinza pode se deteriorar e representar um risco potencial à saúde humana (SA-HEALTH, 2008; SANT'ANA, 2011).

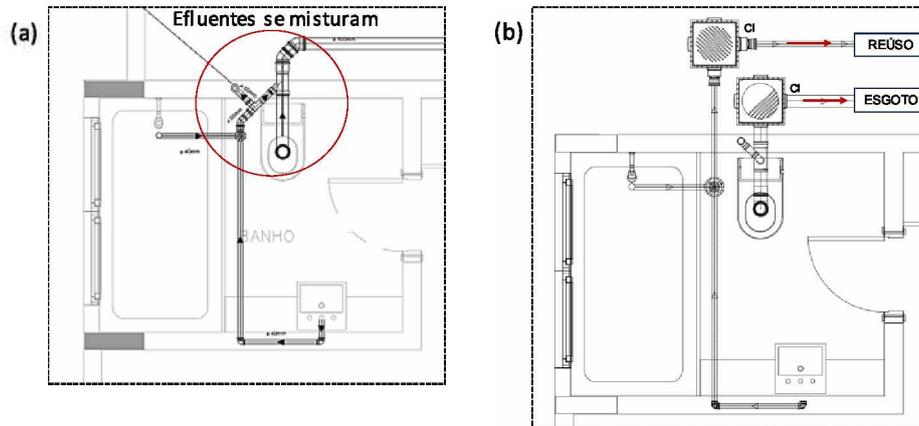
### **3.2. Qualidade da Água Cinza**

A qualidade da água cinza está diretamente relacionada aos hábitos dos usuários nas instalações que provêm esses efluentes. Assim, aos poucos são desenvolvidos métodos para regulamentar e controlar esses poluentes que são descarregados na água diariamente. Exemplo disso foi a Resolução CONAMA nº 359, 2005, que determinou o teor de fósforo em detergentes em pó a ser adotado por todos os fabricantes nacionais.

O risco mais significativo no uso de águas cinzas não tratadas é a exposição a partir de microrganismos derivados de contaminação fecal. As águas cinzas proveniente de chuveiros, banheiras e lavatórios pode conter vestígios de bactérias intestinais humanas (ou seja, urina, fezes, vômitos, etc.) e vírus. Como tal, a reutilização de águas cinzas não tratadas deve ser realizada de maneira a evitar uma possível contaminação humana por ingestão ou contato direto com a pele, e águas cinzas tratadas devem seguir os padrões de qualidade de água não potável estabelecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) no Brasil (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, 2005; SANT'ANA, 2011).

Ainda, para evitar a contaminação das águas cinzas, é importante que seja realizada a separação do sistema de tubulações da instalação hidráulicas da edificação. Esse processo consiste em separar as tubulações dos usos finais que irão gerar as águas cinzas daquelas que irão transportar as águas negras ou água cinza escuro. Em outras palavras é a separação dos efluentes de diferentes aparelhos, a fim de reutilizar as águas que possuem uma qualidade melhor e, que demandam de tratamento mais simples, de baixo risco à saúde do usuário, conduzindo-as ao reservatório para tratamento (ver Figura 7).

Figura 7. (a) Sistema convencional de esgoto sanitário, (b) Sistema adaptado para o reúso de águas cinzas com separação de efluentes



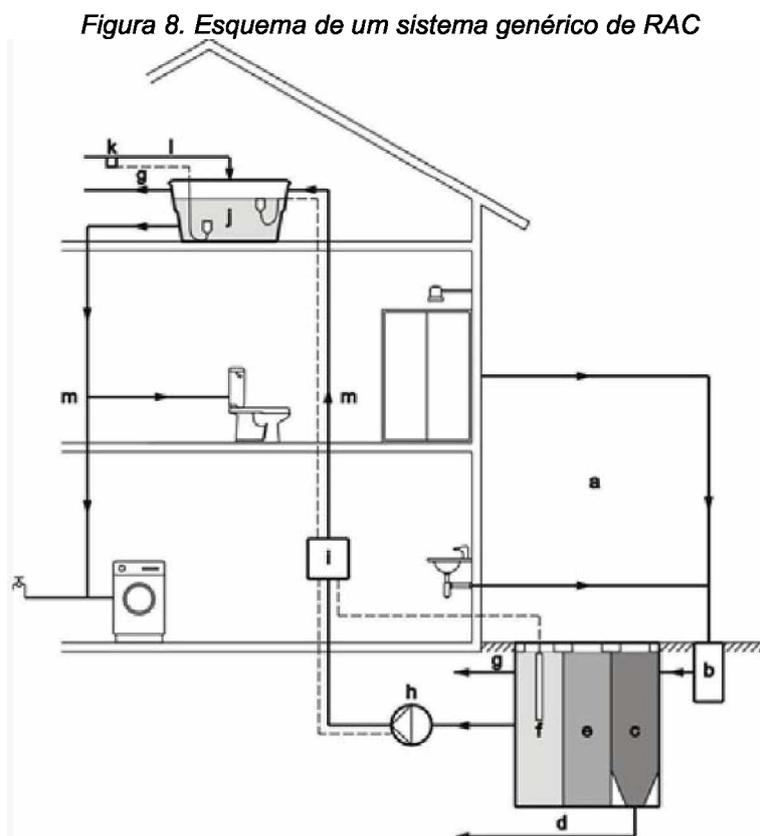
Até o momento, não existem normas específicas para a reciclagem de águas cinzas no Brasil, entretanto, a regulamentação brasileira de fossas sépticas ABNT NBR 13969/ 1997 permite a reutilização de efluentes tratados em usos finais não potáveis, como irrigação, lavagem de pisos, lavagem de carros e descarga do banheiro.

### 3.3. Componentes do Sistema

As unidades de tratamento do sistema de RAC são mais complexas que os considerados para as águas pluviais, devido à maior concentração de poluentes característicos das águas cinzas. Devem ser efetuados estudos de tratamento, considerando processos físico-químicos como biológicos (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, 2005).

As unidades de tratamento de água cinza comercialmente disponíveis no mercado brasileiro são vendidas em tamanhos pré-determinados, de acordo com o volume estimado de água cinza a ser tratada (ACQUA BRASILIS, 2018; HIDROSUL; 2018). Em geral, essas tecnologias incluem processos de tratamento físico, químico e/ ou biológico para o tratamento de água cinza. Essas tecnologias em geral passam primeiramente por um filtro para a remoção de resíduos grosseiros a fim de evitar o entupimento do sistema, em seguida vai para o processo de desinfecção para atender aos requisitos microbiológicos. Uma unidade de controle pode ser usada como um mecanismo de segurança contra falhas para interromper o fornecimento em caso de níveis inadequados de tratamento de água ou mal funcionamento do sistema.

O esquema da Figura 8 ilustra o processo e composição de um sistema genérico de RAC onde a água coletada por meio de tubulações específicas para condução de águas cinzas (a) e transportada a um filtro para remoção dos resíduos grosseiros, evitando entupimento do sistema (b) e tratada inicialmente pelo processo de sedimentação (c), eliminando os sedimentos (d), em seguida passa pelo tratamento biológico (e), é conduzida ao reservatório de retenção e desinfecção (f). Caso haja excedente dessa água, ela é eliminada pelo extravasor (g), a extração da água é feita através de uma bomba de água (i), logo depois passa por uma unidade de controle, para verificar se essa água pode ser conduzida aos usos finais destinados (i) e a água tratada é conduzida ao reservatório de distribuição (j) que alimenta, por gravidade, os pontos de uso não potável, usando uma rede de distribuição (m) independente, evitando conexão cruzada com a rede de água potável. Na falta de água cinza, torna-se necessária a alimentação automática de água potável (l), acionada por uma válvula solenoide (k) da concessionária de forma segura para evitar a contaminação da rede potável.



Autor: SANTANA, AMORIM, 2007.

É recomendado que o sistema de tratamento seja situado em local suficientemente afastado da população de utiliza o espaço da edificação evitando possíveis incômodos ou desconforto (ANA; FIESP; SINDISCON-SP, 2005).

### **3.4. Dimensionamento do Sistema**

O volume do reservatório de armazenamento deve ser calculado com base na oferta de água cinza disponível, dada pelas vazões associadas às peças hidráulicas que contribuirão com o acúmulo de água cinza, e a demanda de água dos aparelhos sanitários que utilizarão essa água cinza tratada, dada pela vazão dos aparelhos de reúso. A partir dessas vazões, estimar os volumes de água diários necessários (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, 2005). Ainda, devem ser adotados os mesmos critérios e cuidados recomendados para os reservatórios de águas pluviais nos reservatórios de águas cinzas tratadas.

É importante ressaltar que o sistema predial de água de reúso, assim como o sistema de coleta de coleta de água cinza, deve ser concebido e executado, com tubulações independentes dos demais sistemas hidráulicos da edificação.

### **3.5. Sistemas Integrados de AAP e RAC**

A principal diferença entre os sistemas AAP e RAC está relacionada à qualidade da água e a confiabilidade do fornecimento, ou seja, a quantidade de água. O nível de tratamento para o reúso de água está inversamente relacionado ao nível de qualidade inicial da água, em outras palavras, quanto menor a qualidade inicial da água, maior será o nível de tratamento. Dessa maneira, haverá maiores investimentos com tratamento, consumo de energia e manutenção. Apesar da qualidade da água da chuva ser melhor, ela só contém um ciclo anual de abastecimento, onde maiores volumes de armazenamento de tanques de coleta são necessários para atender a demanda durante a seca, que é o que ocorre no Distrito Federal. Por outro lado, a água cinza contém um ciclo diário de fornecimento e, portanto, são mais confiáveis.

Os sistemas combinados de reutilização são aqueles que podem coletar água da chuva, água cinza ou, ainda, outras águas não pertencentes à rede de distribuição de água tratada (SANT'ANA, 2011). Essa associação pode ser viável quando um

único sistema não é capaz de atender toda a demanda do edifício ao qual é pretendido o projeto alternativo de abastecimento. A principal consideração ao projetar esses sistemas, é em que ponto a água da chuva e a água cinza deverão ser combinados. Se a água da chuva e a água cinza forem combinadas antes do tratamento, elas devem ser tratadas como águas cinzas (LEGGETT-SHAFFER, 2002 apud SANT'ANA, 2011), pois essa combinação efetivamente adicionará todos os contaminantes da água cinza à água da chuva, exigindo a desinfecção química de todo o volume. Com isso, é seguro dizer que a água da chuva pode ser usada como uma medida de reposição para um sistema RAC, caso a oferta de água cinza atenda à demanda. No entanto, se as águas pluviais e cinzas forem combinadas após o tratamento, dois sistemas separados serão necessários e, portanto, maiores custos e manutenção serão incorridas (LEGGETT, SHAFFER, 2002 apud SANT'ANA, 2011). Esta abordagem requer o uso de dois sistemas independentes de reutilização de água combinando sua água tratada para usos finais não potáveis.

## **4. METODOLOGIA**

O desenvolvimento do estudo foi dividido em três etapas: levantamento de dados primários, levantamento qualitativo e avaliação do potencial de redução do consumo de água por meio dos sistemas alternativos de abastecimento (AAP e RAC). A primeira etapa gera um diagnóstico do consumo predial da rodoviária e mensura as tendências de comportamento do volume de água consumidos ao longo do ano, ainda, através da análise estatística de correlação, identifica quais variáveis podem influenciar o consumo de água (e.g. custo, variáveis climáticas, etc.). A segunda etapa analisa o comportamento dos usuários na edificação, mais especificamente, nos ambientes de acesso ao público (e.g. banheiros, e pisos de circulação). Nesta etapa foi possível identificar os padrões de consumo e os volumes dos usos finais, nos ambientes de acesso ao público. A terceira etapa consiste em avaliar qual sistema alternativo de abastecimento é mais adequado para a demanda calculada da rodoviária e qual a economia que esses sistemas podem proporcionar no consumo de água.

### **4.1 Levantamento de Dados Primários**

A primeira etapa, do Diagnóstico de Consumo Predial, teve como ponto de partida, a obtenção das contas de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). A partir disso, foi realizada a análise dos padrões de consumo predial de água, ao longo dos anos de 2013 a 2016, a fim de estudar as médias de consumo de água e suas variabilidades. Nesta circunstância, são feitas comparações mês a mês de cada ano a fim de entender como o consumo varia e os motivos que podem afetá-lo. A partir disso, são geradas hipóteses sobre o motivo que gerou aumento ou redução repentina, confirmadas ou não através do contato com a administração.

Esse diagnóstico pode dar indícios das condições das instalações hidráulicas do edifício analisado. Uma vez que constantes picos de consumo de maneira aleatória podem significar constantes vazamentos e comprometimento das tubulações, neste caso deverá ser investigado o local de maior fragilidade para que haja uma atuação da equipe de manutenção para resolver o problema, que poderá ou não ser pontual,

ou ainda, deficiência por parte da companhia de saneamento do DF em coletar os dados registrados nos hidrômetros.

A média de consumo é uma maneira de identificar o valor de equilíbrio dos dados de volumes consumidos em um determinado mês, que podem ser distribuídos em um histograma, para melhor avaliar o consumo histórico em cada mês, conforme Equação (2). No entanto, essa informação, por si só, não é suficiente, pois a média não consegue representar as disparidades entre os opostos, valores extremamente altos ou baixos, além da nulidade de alguma possível medição. Portanto faz-se necessário o cálculo do desvio padrão da média e do erro padrão. Sendo o desvio padrão o valor que indica a dispersão dos dados em uma amostra com relação à média, conforme Equação (3). Assim, ao calcular o desvio padrão juntamente com a média de consumo para cada mês ao longo dos anos analisados, obtêm-se mais informações para avaliar e diferenciar seus comportamentos. O erro padrão mede a variação de uma média amostral em relação à média da população, e é dado pela razão do desvio padrão pela raiz quadrada do tamanho amostral, conforme Equação (4), assim, permite estimar um intervalo de confiança para a média de consumo a partir da média amostral calculada. Portanto, com um nível de significância de 5%, por exemplo, pode-se construir um intervalo de confiança que terá 95% de probabilidade de conter a média real do consumo em cada mês (ABG, 2017).

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{(N - 1)}} \quad (3)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (4)$$

Onde: N é o número de amostras  
 $x_i$  é valor do consumo mensal  
 $\bar{x}$  é média do consumo e,  
 $\sigma$  é o desvio padrão

Segundo Tsutiya (2006), os principais fatores que influenciam o consumo de água são as condições climáticas, o preço da água, os hábitos de consumo e a renda. Dentre esses aspectos, vários estudos têm explorado o impacto das variáveis

climáticas no consumo de água, relacionando-o com o ciclo anual da chuva e temperatura (TSUTIYA, 2006; HELLER, PÁDUA, 2010; SANTOS, 2011; DALMÔNICA 2014), e os resultados apontam que o consumo é maior no verão e o mínimo no inverno (SANTOS, 2011).

Diante disso, foram investigadas quais variáveis independentes (Temperaturas máxima e mínima, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e tarifas aplicadas pela Caesb) afetam o consumo de água na rodoviária. Esse relacionamento foi analisado mediante o uso de ferramentas estatísticas de correlação que identificam quais variáveis são mais impactantes no consumo.

#### **4.1.1. Instrumental Estatístico para as Análises de Correlação**

A seleção das variáveis da amostra deve ser feita de maneira criteriosa, já que estas serão candidatas aos parâmetros do consumo de água. Como a rodoviária é aberta e sem área verde nas proximidades, a variação do microclima é dada apenas pelo sombreamento das coberturas de concreto. Dessa forma, a percepção do conforto higrotérmico, pelas pessoas que utilizam o espaço, é dependente do clima externo. Tendo isso em mente, e os diversos estudos que apontaram que as variações climáticas impactam no comportamento das pessoas em relação ao consumo de água, essas variáveis, mais especificamente, a temperatura, a precipitação e a umidade relativa do ar, serão avaliadas para identificar como elas interagem com o consumo na Rodoviária do Plano Piloto. A próxima variável analisada foi a tarifa sobre o volume de água consumido aplicada pela Caesb para verificar o quanto os ajustes periódicos influenciam nas políticas de gestão da água da administração.

#### **Análise de Correlação**

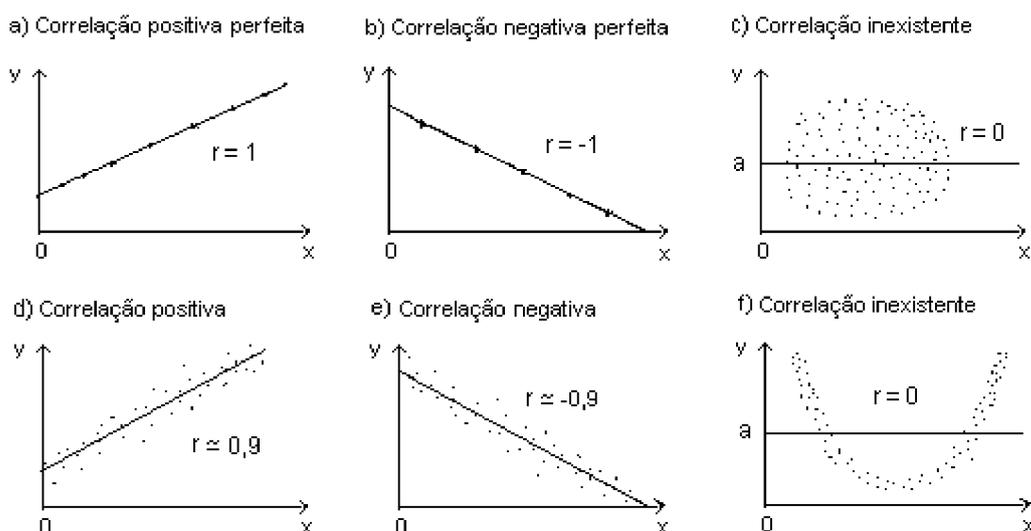
A análise de correlação mede o grau de relação entre duas ou mais variáveis, determinando quão bem uma equação linear, ou de outra espécie, descreve ou explica a relação entre elas. Se todos os valores das variáveis satisfazem exatamente uma equação, diz-se que elas estão perfeitamente correlacionadas ou que há correlação perfeita entre elas. Quando são avaliadas somente duas variáveis trata-se de correlação simples, já quando há mais de duas variáveis fala-se em correlação múltipla (SANTOS, 2010).

Para avaliar esse grau de relação deve ser analisado pelo menos um par de variáveis: uma variável de resposta “y” e uma explicativa “x”. Podemos assim distinguir dois tipos de relações possíveis, a determinística e a estatística. Na relação determinística temos que a variável explicativa é perfeitamente informativa em relação à variável de resposta (FERRARI, 2014). O resultado disso é uma reta, cuja fórmula pode ser descrita pela Equação (5).

$$f(x) = y \quad (5)$$

Já a relação estatística não é perfeita, e é representada por gráficos de dispersão, como o da Figura 9. Estes sugerem que parte das variações em “y” não é explicada por “x” (FERRARI, 2014). Essa relação pode ser linear, quando todos os pontos colocados num diagrama de dispersão tendem a se concentrar ao longo de uma reta, ou não linear, quando os pontos tendem a se concentrar em torno de uma curva. Pode ser positiva, quando as variáveis tendem a mudar na mesma direção, ou seja, aumentam ou diminuem ao mesmo tempo, ou negativa, quando as variáveis tendem a mudar em direções opostas. A não correlação ou correlação nula entre as variáveis ocorre quando não é possível identificar nenhuma conexão entre elas (SANTOS, 2010).

Figura 9. Exemplificação de gráficos de dispersão para diferentes níveis de relação entre duas variáveis “x” e “y”.



Fonte: MUNIZ, s.d.

O nível da relação entre duas variáveis pode ser estabelecido através do coeficiente de correlação "R". Este coeficiente mede o grau e o sentido (crescente/decrescente) da relação entre duas grandezas, podendo assumir valores de -1 a 1. Quanto mais próximo de zero for o valor do coeficiente de correlação menor será a indicação de que as variáveis estejam correlacionadas (FERRARI, 2014).

Um valor muito utilizado para a análise de correlação é o chamado coeficiente de determinação e obtido elevando-se R ao quadrado:  $R^2$ . Assim, se em uma relação linear, o coeficiente de correlação for 0,80 então  $(0,80)^2 = 0,64$  que multiplicado por 100 = 64% e indica que a variação das variáveis em "y" é explicada 64% pela relação com as variáveis em "x". Se  $R = 0,40$ , logo,  $R^2 = 0,16$  ou 16%, ou seja, a variação de "y" é explicada em 16% pela variação de "x" (SANTOS, 2010).

A interpretação do coeficiente de correlação como medida de intensidade da relação entre duas variáveis deve ser analisada com cautela, visto que os resultados matemáticos não consideram outros fatores que podem influenciar os resultados. Por isso, a escolha das variáveis para fazer a análise de correlação deve ser realizada de maneira criteriosa. Dessa maneira, mesmo que o  $R^2$  seja muito explicativo, o valor por si só não implica em uma relação de causa e efeito (YOSHIDA, 1999; SANTOS, 2010; FERRARI, 2014).

#### **4.1.2. Entrevista Estruturada**

Para identificar outras relevantes que possam ser correlacionadas com o consumo, ou auxiliar na segunda etapa de levantamento qualitativo, foi realizada uma entrevista estruturada com a administração e feitas as seguintes questões.<sup>2</sup>

***Questão 1. Qual o fluxo de usuários (passageiros) mensais durante os anos 2013-2016? Possui registro histórico desses dados?***

O fluxo de pessoas na rodoviária pode ter relação positiva com relação ao consumo, dessa maneira, quanto maior o número de pessoas, maior o consumo. Portanto, para verificar essa suposição, a correlação do consumo com o fluxo de pessoas é pertinente.

---

<sup>2</sup> O questionário completo da entrevista estruturada está no Anexo A.

No entanto não é realizado esse tipo de controle do número de passageiros na rodoviária, e a administração utiliza apenas o valor médio do número de pessoas que utilizam o transporte público no DF, informado pelo DF-Trans (um linhão de passageiros por dia). Por isso essa variável independente não foi incluída na análise de correlação, visto que para que a análise de correlação seja processada de maneira correta cada variável dependente analisada (valor mensal do consumo de água) deve ter uma variável independente correspondente (FERRARI, 2014).

***Questão 2. Quantos funcionários trabalham na rodoviária? Possui registro histórico desses dados?***

O número de funcionários representa a população fixa da rodoviária e poderão ser correlacionados com o consumo de água avaliando qual o impacto dessa variável no consumo. Ainda, esse dado populacional pode ser usado nos indicadores de previsão de consumo na segunda etapa do levantamento qualitativo.

A resposta da rodoviária para essa questão foi de que eles não têm o registro de todos os funcionários, e só foi possível informar para esta pesquisa a quantidade de funcionários da equipe de limpeza, 108 funcionários distribuídos meio a meio em dois turnos, 54 Funcionários/Turno/dia (F/T/d). Esse dado não foi incluído na análise de correlação pelo mesmo motivo de não ter sido analisado o dado de população flutuante (passageiros), esse valor fixo não pode ser correlacionado. Ainda, a equipe de limpeza é muito pequena em relação a todos os funcionários que trabalham na estação desde quiosques, serviços públicos, segurança, e por isso não tem representatividade para ser incluído na base de dados de irá gerar indicadores de previsão de consumo para esta categoria.

***Questão 3. Onde são realizadas as lavagens dos veículos?***

Verificar se são feitas lavagens de veículos na rodoviária é importante, pois se essa atividade fosse confirmada deveria ser feita a quantificação desse volume, na segunda etapa, e verificar como esse uso final impacta no consumo. Porém, não são realizadas lavagens em veículos na rodoviária, e cada empresa faz a higienização de seus veículos em seus galpões de garagem.

**Questão 4. Já foi realizado algum investimento para reduzir o consumo de água? Pretendem fazer?**

Essa informação foi importante para compreender as variações no histórico de consumo da água. Reduções no consumo ao longo do ano podem ter sido impactadas por melhorias na infraestrutura hidráulica ou alterações nos cronogramas de manutenção e limpeza.

**Questão 5. São feitas vistorias hidráulicas periodicamente? Qual a frequência?**

Com as informações das vistorias realizadas por suas equipes técnicas esses dados podem ser comparados em um segundo momento, com os dados a serem obtidos no levantamento qualitativo. Como não são realizadas vistorias hidráulicas, esta informação não foi utilizada posteriormente.

**4.2 Levantamento Qualitativo**

Nesta etapa de levantamento qualitativo foram identificados todos os pontos de usos finais de água da rodoviária, e coletadas as informações técnicas de cada equipamento sanitário. Para isso, foi desenvolvida uma ficha, com base na caracterização da rodoviária, para fazer uma vistoria hidráulica em todas as áreas com pontos de água. Esse levantamento permitiu avaliar o estado das instalações hidráulicas quanto sua à estanqueidade, e registrar as vazões em cada uso final. Nessa oportunidade foi estabelecido o contato com a equipe de manutenção para obter o cronograma de limpeza diária do edifício e o modo como são lavados os pisos. Nesse levantamento, foram levadas em consideração as áreas de acesso ao público e as áreas restritas. No entanto, não foi autorizado fazer o acompanhamento dos usos nos ambientes de acesso restrito.

Essa ficha desenvolvida é chamada de diário de registro e foi levada para a vistoria hidráulica, a fim de descrever o local visitado, identificar todos os pontos de consumo, verificar se há vazamentos e qual a vazão de cada equipamento. Há, também, um espaço para anotar alguma observação extra sobre o local como, equipamento quebrado, interditado, etc. e, um quadro para desenhar a planta do local, com as medidas, para serem calculadas as áreas de cada banheiro. Esse diário de registro desenvolvido está no anexo B.

Para a verificação da qualidade das instalações hidráulicas prediais da Rodoviária, foram feitas as seguintes considerações, sobre o modo de coletar as informações necessárias, na vistoria, para garantir a qualidade dos dados obtidos.

**Consideração 1. Verificar as condições das instalações hidráulicas no local.**

Durante a vistoria, foram observados os locais dos registros de gaveta e o potencial de alteração das tubulações para a utilização de um sistema alternativo de abastecimento de água para os pontos de uso não potável de água.

**Consideração 2. Detectar possíveis vazamentos do sistema, para isso foram utilizados:**

1. Máquina fotográfica para registrar os pontos em que haja algum tipo de vazamento.
2. Diários de registro dos ambientes e os pontos consumidores para manter o registro dos dados coletados

**Modo de verificação de vazamentos no sistema**

1. Abrir e fechar as torneiras, se a torneira não fechar corretamente e ficar estanque.
2. Colocar um copo cheio de água na torneira, caso haja sucção da água poderá estar ocorrendo um vazamento no ramal interno, após o hidrômetro.
3. Verificar se ao acionar a válvula de descarga a água escorre.

A partir dessas informações foi possível avaliar as condições atuais do sistema hidráulico do edifício. Esta medida foi importante para dar maior confiabilidade nos resultados posteriores dos volumes calculados do consumo de água na edificação quando comparados aos volumes das contas de água fornecidos pela Caesb.

O próximo passo foi o levantamento de frequências de uso, em especial, nos banheiros públicos. Para isso foi selecionada uma equipe para coleta de dados que contou com 6 pessoas (3 do sexo feminino e 3 do sexo masculino) para realizar a coleta, *in loco*, em três conjuntos de banheiros<sup>3</sup>. Esse levantamento de frequências de uso foi realizado em dois turnos: manhã, de 8h às 12h, e tarde, de 14h às 18h.

---

<sup>3</sup> Um conjunto de banheiro é composto por um banheiro feminino e outro masculino

Cada pessoa responsável pela coleta de dados ficou no interior do banheiro, e era um observador ocular que a todo o momento anotava o número de pessoas que entravam, o número de acionamentos nas torneiras, e escutava as descargas de vasos sanitários e, mictórios, no caso do banheiro masculino. Anotavam, ainda, as observações em relação à limpeza, o número de vezes que ela foi realizada e o modo que foi realizada, a fim de estimar o volume gasto para esse fim. O modelo do documento levado para os banheiros para o levantamento de frequências está no Anexo C.

Com esses dados de uso e frequência em cada equipamento sanitário é possível estimar os padrões de consumo de cada uso final nos banheiros. Em outras palavras, identificar a proporção de usos de cada ponto hidráulico, e quais equipamentos são mais demandados. Ainda, ao multiplicar a vazão registrada na vistoria (e.g. litros por fluxo, litros por acionamento) com a frequência, ou seja, com o número de acionamentos por turno é possível calcular o volume de água gasto por turno em cada uso final, e verificar qual deles tem maior impacto no volume de água dos banheiros. Dessa maneira, é possível verificar a oferta de águas cinzas, e a demanda de água para os usos não potáveis. Essa análise é fundamental para a realização da terceira etapa e para atingir o objetivo do trabalho verificando qual sistema de uso alternativo de abastecimento é o mais eficaz para a demanda calculada da rodoviária, e qual o potencial de redução do consumo através dele. A partir dessas informações também são gerados índices de consumo predial e dos usos finais de água da rodoviária como um todo.

#### **4.3 Potencial de Redução do Consumo de Água na Rodoviária**

Esta terceira etapa trata do potencial de redução do consumo de água. Este é calculado pela razão entre a Demanda de Água não Potável e o Consumo total, podendo ser multiplicado por cem para obter o resultado em porcentagem, conforme Equação (6).

$$P_{(\%)} = \frac{D_{anp}}{C} \times 100 \quad (6)$$

Onde:  $P_{(\%)}$  é o potencial de redução do consumo de água em porcentagem  
 $D_{anp}$  é a demanda de água não potável que o sistema atende  
 $C$  é o consumo total de água da edificação

Para estimar o potencial de redução do consumo de água através do AAP e RAC deve-se primeiramente dimensionar os sistemas para verificar o quanto eles são capazes de suprir as demandas de água não potável calculadas para a edificação na análise do levantamento qualitativo. Caso, toda demanda seja atendida pelo sistema, teremos o potencial de redução máximo.

#### 4.3.1. Demanda de Água Não Potável

Independente do sistema a ser dimensionado, é necessário quantificar a demanda de água não potável que deverá ser suprido na edificação. Os usos não potáveis da rodoviária são: Lavagem de pisos ( $I_p$ ), descarga sanitária ( $d_s$ ) e, mictórios ( $mic$ ). Esse volume é dado a partir do produto dos indicadores de consumo gerados para cada um desses usos finais em litro por metro quadrado por dia ( $L/m^2/dia$ ) para a lavagem de pisos e, litro por pessoa por dia ( $L/P/dia$ ) no caso dos vasos sanitários e mictórios, e da área lavável ou número médio das pessoas que utilizam os banheiros, que deverá ser escolhido equivalente ( $Eq.$ ) ao indicador utilizado e do tempo, conforme Equação (7). O tempo irá determinar se a demanda será diária ( $t = 1$ ), mensal ( $t = 30$ ) ou anual ( $t = 365$ ).

$$D_{anp} = [(I \times Eq.)_{I_p} + (I \times Eq.)_{d_s} + (I \times Eq.)_{mic}] \times t \quad (7)$$

Onde:  $D_{anp}$  é a demanda de água não potável;  
 $I$  é o indicador de consumo;  
 $Eq.$  é a conversão de unidades;  
 $t$  é o tempo.

#### 4.3.2. Aproveitamento de Água Pluvial

Tendo definido as demandas que deverão ser supridas de água não potável, as outras variáveis necessárias para o dimensionamento do sistema são a média de precipitação anual dos últimos 15 anos (CARVALHO JÚNIOR, 2012), do coeficiente de escoamento da telha da rodoviária e do coeficiente de filtragem do filtro utilizado. A partir desses dados, é identificada a área de captação necessária para suprir toda a demanda, conforme a Equação (6).

$$A_i = \frac{D_a}{P_a \times c_e \times c_f} \quad (8)$$

Onde:  $D_a$  é a demanda de água anual;  
 $P_a$  é a média de precipitação anual;  
 $C_e$  é o coeficiente de escoamento;  
 $C_f$  é o coeficiente de filtragem.

Essa área ideal deve ser comparada com a área de cobertura existente para avaliar se esta área atenderá toda a demanda de água não potável calculada. Em seguida poderá ser realizado o dimensionamento da cisterna para verificar o volume necessário para implantar esse sistema no edifício. O dimensionamento foi realizado através do método da Análise de Curva e Massa, dado pela Equação (1), em que a demanda cumulativa de água deve ser igual à oferta cumulativa (SANT'ANA, 2011; NGIGI, 1999). As fórmulas do dimensionamento da cisterna foram inseridas em uma planilha do *software* computacional Excel, e a partir delas foram obtidos os resultados de volumes da oferta de água pluvial e de água cinza.

#### 4.3.3. Reúso de Águas Cinzas

O dimensionamento do reúso de águas cinzas é muito simples, e é calculado com base na previsão da demanda de água não potável menos a oferta de águas cinzas gerados dos pontos de lavatórios. Sendo a oferta calculada pelo produto do indicador de consumo do lavatório (L/P/dia) com número médio das pessoas que utilizam os banheiros conforme a Equação (9). O tempo irá determinar se a demanda será diária ( $t = 1$ ), mensal ( $t = 30$ ) ou anual ( $t = 365$ ).

$$Q_{ac} = I \times Eq. \times t \quad (9)$$

Onde:  $Q_{ac}$  é a oferta de água cinza  
 $I$  é o indicador de consumo  
 $Eq.$  é a conversão de unidade  
 $t$  é o tempo

Esse sistema trabalha com um ciclo diário de fornecimento e por isso tendem a precisar de reservatórios menores e não são impactados pelo período de seca. Com o resultado da oferta de água disponível para esse sistema será feito o cálculo do potencial de redução do consumo através do sistema RAC.

#### 4.3.4. Sistema Integrado de AAP e RAC

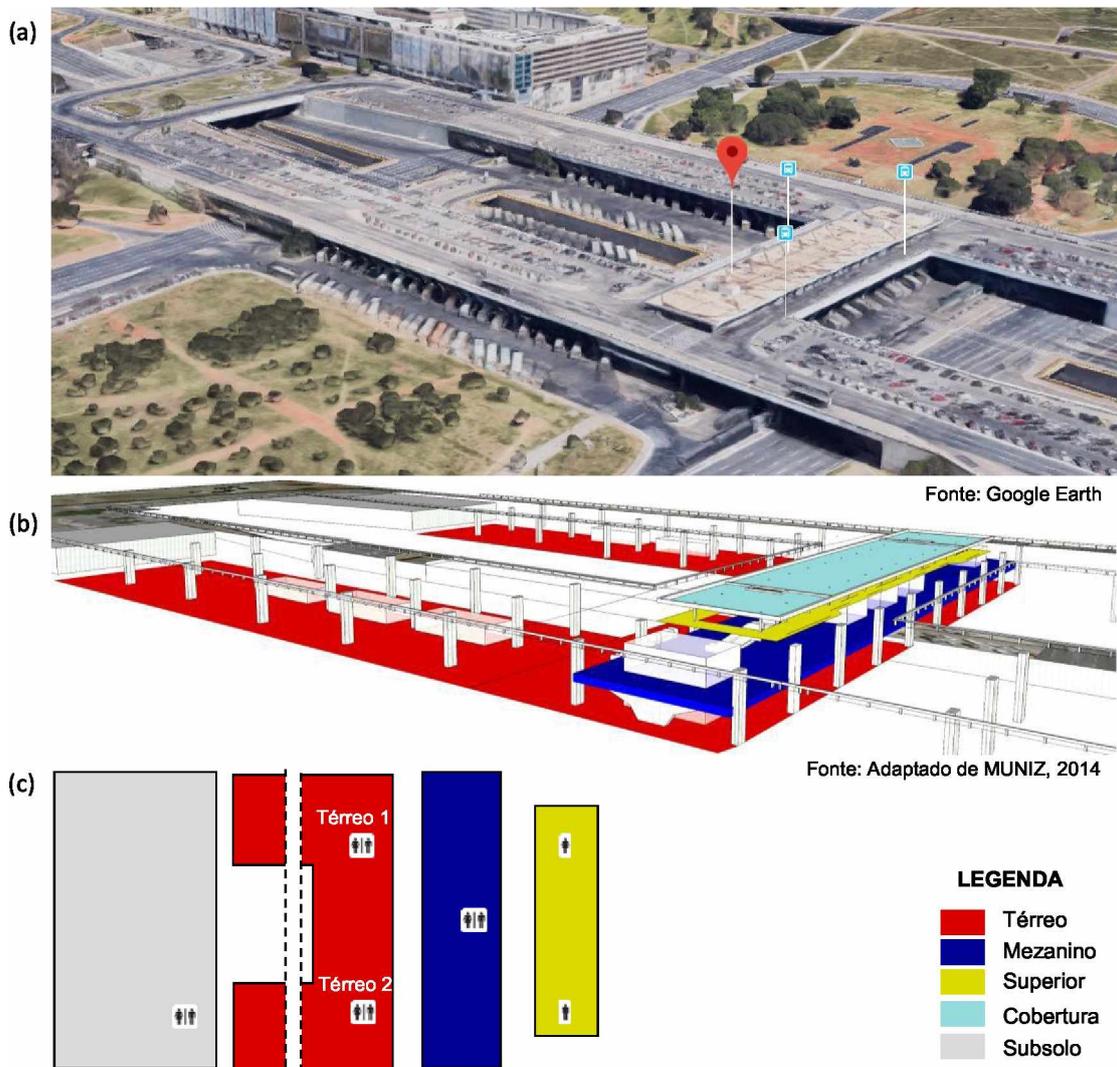
O sistema integrado, de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas, é indicado quando um desses sistemas não consegue suprir toda a demanda ao qual é solicitado e trabalham de maneira complementar. Dessa maneira, o dimensionamento desse sistema é similar aos sistemas individuais e o que vai mudar é a demanda que cada sistema irá trabalhar. Isto posto, após o dimensionamento de cada sistema, deverá ser tomada uma decisão projetual de

trabalhar os dois sistemas de maneira independente ou misturar os efluentes de AAP e RAC para serem tratados da mesma maneira. Neste caso, haverá maiores investimentos com tratamento, consumo de energia e manutenção, já que o tratamento da água de reúso é mais complexo. É indicado deixá-los juntos quando o volume de água pluvial a ser coletado é inferior ao de reúso, e dessa maneira o compartilhamento do reservatório, item mais caro do sistema AAP, pode ser compartilhado.

## 5. ESTUDO DE CASO

A Rodoviária do Plano Piloto foi planejada como um espaço de passagem e de trânsito de veículos e pedestres. Foram divididas, segundo o Relatório do Plano Piloto, em três níveis, para melhor articular o acesso das pessoas com as atividades de cultura, transporte e comércio. O primeiro passo, para o diagnóstico do consumo predial foi separar as áreas da rodoviária e detectar os ambientes funcionais com uso de água. A vista aérea da plataforma rodoviária, Figura 10(a), auxilia o entendimento do esquema tridimensional dos pavimentos da rodoviária, Figura 10(b), complementado pela Figura 10(c), que destaca a localização dos banheiros públicos de acesso ao público em cada pavimento da rodoviária.

Figura 10. Rodoviária do Plano Piloto (a) vista aérea, (b) perspectiva destacando cada pavimento da rodoviária, (c) mapa de localização dos banheiros públicos.



Ainda referente à Figura 10, destacado em vermelho é o pavimento térreo, que foi especialmente designado para o embarque e desembarque de pessoas nos ônibus e é o local de maior fluxo de pessoas. Este pavimento com vãos livres tem, também, o maior número de acessos, pelo pavimento superior, pelo mesmo nível do eixo monumental e, pelo subterrâneo, onde está localizada a estação central do Metrô-DF. Nesse pavimento, são concentrados comércios, quiosques de atendimento e lanchonetes, a administração e o Transporte Urbano do Distrito Federal (DF-Trans), além das baias de estacionamento dos ônibus e a área de circulação de pedestres. Destacado em azul, é o pavimento do mezanino, um local intermediário de acesso dos pedestres entre os pavimentos superior e térreo, nele estão localizados alguns pontos comerciais. Em amarelo, é o pavimento superior, que está localizado no mesmo nível do Setor de Diversões Sul, mais conhecido pela alcunha de Conic, do Shopping Center Conjunto Nacional, do Teatro Nacional, dos pontos turísticos (biblioteca nacional, museu nacional, catedral) e dos ministérios. Portanto, este pavimento é responsável por conectar as pessoas a estes locais. O pavimento subterrâneo é recente e foi inaugurado em 2001, quando o metrô consolidou suas operações. Nesse nível, estão localizados alguns comércios, quais sejam: uma unidade de atendimento do Na Hora – Subsecretaria de Modernização do Atendimento Imediato ao Cidadão, outro posto do DF-Trans e um conjunto de banheiros feminino e masculino. Esta edificação dispõe de um total de 10 banheiros, abertos diariamente que atendem todo o fluxo de pessoas que trafegam pela rodoviária, para diferenciar os banheiros do térreo, um foi chamado de Térreo1 e o outro Térreo2, conforme o mapa da Figura 10(c).

A Tabela 3 apresenta as áreas de cada pavimento, descontando as áreas de comércio e serviços, e o número de banheiros feminino e masculino em cada, bem como, o tempo de funcionamento diário desses banheiros.

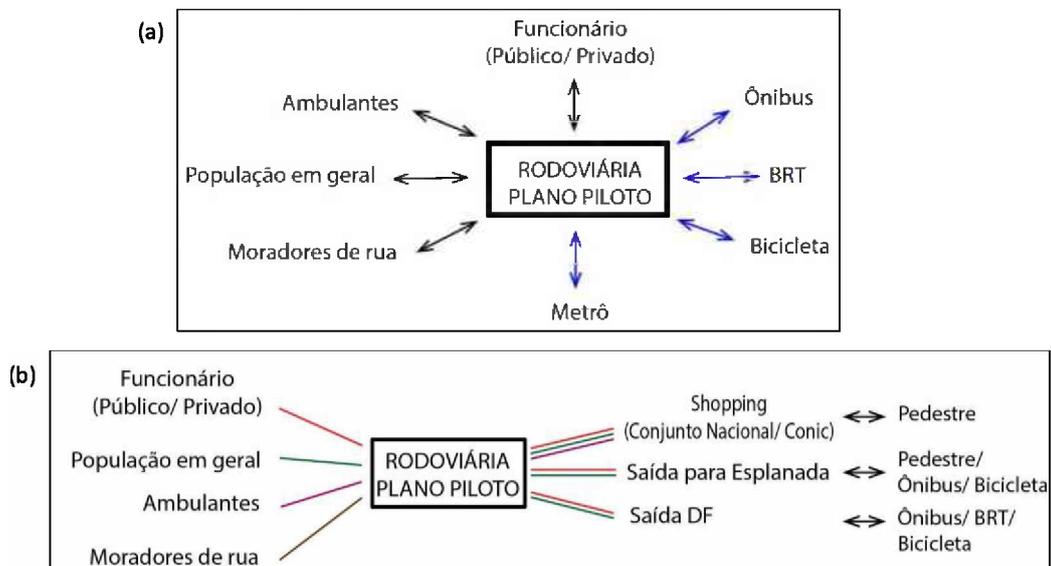
*Tabela 3. Resumo dos banheiros públicos e tempos de funcionamento*

<b>Local</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nº Banheiro masc. público</b>	<b>Nº Banheiro fem. público</b>	<b>Tempo de funcionamento</b>
Térreo	20.822	2	2	24 <sup>4</sup> h
Mezanino	4.043	1	1	15h
Superior	2.171	1	1	15h
Subsolo	3.178	1	1	15h

<sup>4</sup> Apenas um conjunto de banheiro funciona 24h o outro segue o padrão de tempo de funcionamento dos demais de 8h às 23h.

Para compreender como funciona o fluxo de pessoas foi feito um estudo de como esse espaço é utilizado pelos diferentes grupos de usuários e como eles o utilizam. A Figura 11(a) mostra esses grupos e os principais meios de locomoção utilizados, a Figura 11(b) é fluxograma de como essa população interage no espaço, quais as principais rotas realizadas e qual o meio de transporte principal para a rota escolhida.

Figura 11. (a) Identificação da população que frequenta a rodoviária e quais os principais meios de transporte utilizados. (b) Fluxograma das principais rotas realizadas pela população identificada



Por ser uma edificação aberta e com múltiplos acessos, o controle do número de pessoas é muito complexo. Atualmente, a administração da rodoviária utiliza a estimativa de 1.000.000 por dia para os projetos internos da administração, dado pela estimativa do DF-Trans do número de embarques diários nos ônibus coletivos em todo o DF. É considerado, portanto, pela administração, que todas essas pessoas, são usuárias da Rodoviária. No entanto, dados mais específicos de estimativa pelo DF-Trans, calcula que dessa estimativa geral, 700.000 pessoas circulam diariamente a rodoviária. Essas estimativas fornecidas são baseadas nas informações das companhias de transporte que atuam no DF que informam periodicamente as informações de viagens realizadas.

### 5.1 Levantamento de Dados Primários

Após uma compreensão geral do local, foram analisadas as contas prediais de água potável. Foi estabelecido que para essa pesquisa o período de tempo representativo

mínimo seria de três anos. Portanto, foram solicitadas as contas de água à Companhia de Água e Abastecimento do Distrito Federal (CAESB), e foi possível obter as contas dos anos de 2013 a 2016, um ano a mais.

Os dados de consumo predial fornecidos pela CAESB separam os hidrômetros em duas categorias, comercial e público. Para alcançar o objetivo proposto do trabalho foram analisados os hidrômetros da categoria: público. São esses os hidrômetros que medem o consumo de água dos banheiros e das lavagens de pisos. A água utilizada na categoria comercial é aquela consumida pelas lojas e lanchonetes espalhadas pela rodoviária.

Tendo delimitado o grupo de hidrômetros a serem trabalhados (público), o ponto de partida para essa análise foi avaliar se houve grande variabilidade ao longo dos meses, na média geral, e identificar se ocorreram problemas no consumo ao longo do ano, e identificar as possíveis causas. A Figura 12 mostra que há certa regularidade nos volumes de água e apenas em dezembro ocorreu consumo anormal em alguns dos anos analisados. A barra de erros, ilustrada no gráfico, é uma representação da variabilidade de dados indicando possíveis erros ou incertezas nos valores registrados. Os valores mínimo, máximo, médio e de desvio padrão estão detalhadas a Tabela 4.

Figura 12. Média mensal do consumo ( $m^3$ ) ao longo dos anos 2013 -2016

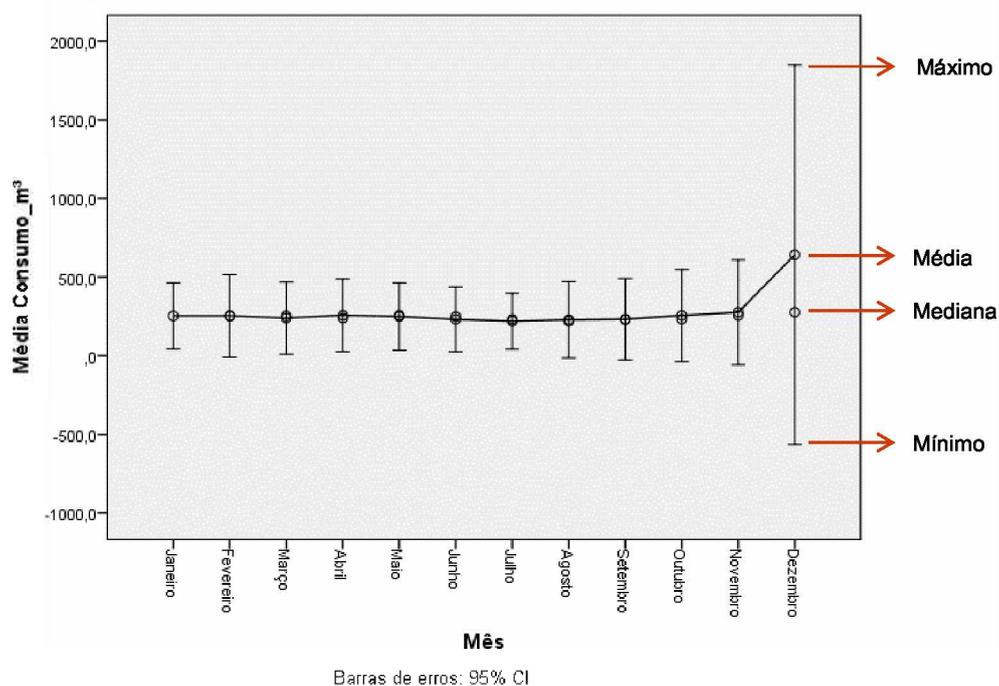
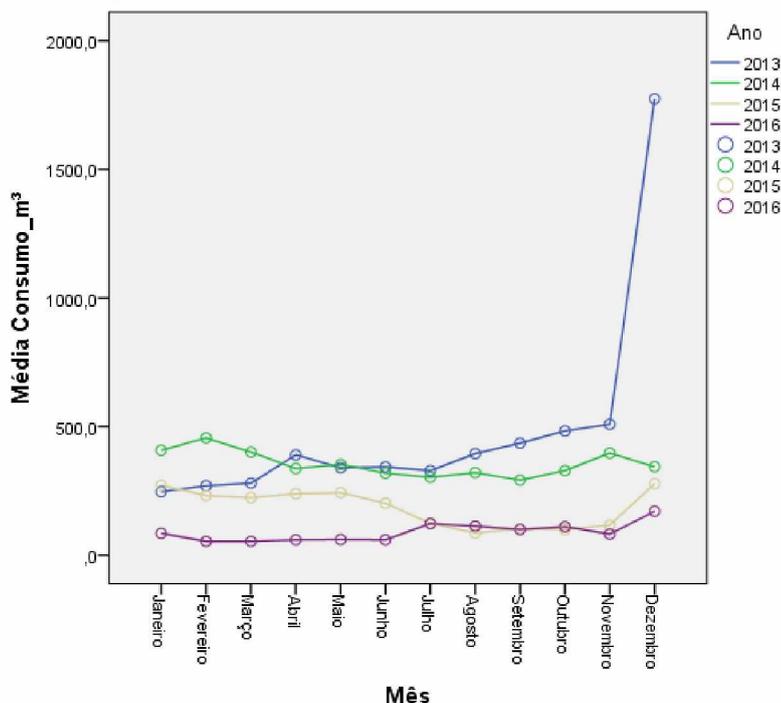


Tabela 4. Estatística descritiva do consumo de água (m³)

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Consumo m³	54,0	1774,0	278,1	256,7

Para identificar com exatidão como tem ocorrido o consumo de água e em que momento houve esse pico no volume de água registrado, foram analisadas as contas, ano a ano. Na Figura 13 (a), fica claro um aumento pontual do consumo em dezembro de 2013, provavelmente decorrente de algum vazamento. Na Figura 13 (b), pode ser observada, de maneira mais evidente, no gráfico em barras, uma tendência à redução do consumo, ao longo dos anos. Em 2014, ocorreu um aumento em janeiro e em fevereiro, comparado ao ano de 2013, mas a tendência em todos os outros meses foi de redução, em relação ao ano anterior.

Figura 13. Gráfico em linha consumo mensal entre 2013 e 2014



Informações precisas dos motivos que levaram a esses picos de consumo não foram possíveis obter, por causa de problemas de comunicação interna na administração e do acesso à informação. Essa redução no consumo anual apresentada pode ser explicada pelos esforços da equipe de manutenção, em reduzir o consumo em meio à crise hídrica que o Distrito Federal enfrenta. Foi informado pelo chefe da equipe de limpeza, que eles têm buscado sempre reduzir o consumo de água a partir de cronogramas de limpeza mais rígidos. A grande redução observada em 2016, em relação aos anos anteriores, deveu-se à alteração nos cronogramas de lavagem de

pisos. Até 2015, eram realizadas duas lavagens pesadas diariamente. A partir de 2016 só é realizada uma lavagem pesada no período noturno, a partir das 23h. No período diurno, só é permitida manutenção com pano úmido, salvo em casos de necessidade, onde é realizada uma limpeza pontual no local onde pode ter ocorrido algum acidente.

Para que os cálculos de correlação não fossem influenciados pelo consumo anormal de dezembro de 2013, esse valor extremo foi alterado pela média do mês de dezembro, dos anos 2014 e 2015, conforme a Tabela 5. O ano de 2016 não foi contabilizado na média por ter sido o ano em que ocorreu a mudança no cronograma de limpeza. A Tabela 6, apresenta os novos valores de mínimo, máximo, média e desvio padrão, após a alteração no mês de dezembro de 2013.

*Tabela 5. Tabela de ajuste do mês de dezembro de 2013*

Ano	Mês	Consumo (m³)
2014	Dezembro	344
2015	Dezembro	278
<b>2013</b>	<b>Valor de consumo adotado</b>	<b>311</b>

*Tabela 6. Estatística descritiva do consumo de água (m³), retirando o consumo de dezembro de 2013*

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Consumo m³	54,0	509,0	247,6	131,8

Considerando que a rodoviária atende a todo o público do Distrito Federal, que possui um ambiente aberto, com banheiros de acesso livre por até 24h, e que há pessoas que tem o hábito de utilizar os equipamentos sanitários para fazer a higiene pessoal, foram verificadas se as variáveis climáticas afetam seu consumo. Dessa maneira, foram realizadas análises de correlação entre os consumos mensais (m³) e as variáveis correspondentes dos índices de precipitação (mm), temperaturas máxima e mínima (°C) e umidade relativa (%), conforme pode ser observado na Tabela 7. Os dados referentes às variáveis que serão utilizadas nessa análise foram obtidos em documentos digitais disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP (INMET, 2018).

Tabela 7. Correlação entre consumo ( $m^3$ ), temperatura média máxima e mínima ( $^{\circ}C$ ), precipitação (mm) e umidade relativa (%)

		Consumo ( $m^3$ )	Temp. Máxima ( $^{\circ}C$ )	Precipitação Total (mm)	Umidade Relativa Média (%)	Temp. Mínima Média ( $^{\circ}C$ )
Consumo ( $m^3$ )	Correlação de Pearson	1	0,31*	-0,31*	0,09	0,27
	Sig. (2 extremidades)		0,03	0,04	0,56	0,06
	N	48	48	48	48	48

\*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

O valor da correlação de Pearson varia entre -1,0 e +1,0, e quanto mais próximo dessas extremidades maior a relação entre as variáveis analisadas. Ainda, segundo Shimakura (2006), uma correlação entre 0,4 e 0,7 é considerada uma correlação moderada e abaixo de 0,4 uma correlação fraca. Portanto, o resultado da Tabela 7 mostra uma correlação fraca entre o consumo e as variáveis analisadas. O sig., na segunda linha, é a probabilidade de significância (valor-p), bi-caudal, que quando for menor que 0,05 indica que a correlação é significativa, por isso onde sig. é menor que 0,05, na tabela, os valores da correlação de Pearson apresenta um asterisco, marcado em vermelho. No entanto apesar da significância, o coeficiente de relação é fraco e não é possível afirmar que essas variáveis impactam no consumo de água.

Para melhor avaliar esse resultado, a Tabela 8 mostra o quanto a análise de correlação explica os dados a partir, do coeficiente de correlação (R) que mede o relacionamento linear entre as variáveis, do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que mede quão bem a reta de regressão da amostra se ajusta aos dados, e do coeficiente de determinação ajustado  $R^2(a)$ , que ajusta baseado no tamanho da amostra e apresenta um  $R^2$  mais preciso, em geral eles apresentam valores próximos. O valor ideal para o  $R^2$  é acima de 0,7, pois indica que o modelo gerado consegue descrever até 70% o comportamento das variáveis. No entanto ele pode ser fortemente influenciado por *outliers*, ou seja, valores anormais muito acima ou muito abaixo da média.

Portanto, o coeficiente de determinação baixo (aproximadamente 0,20) sustenta a interpretação dos resultados de não relacionamento entre as variáveis climáticas e o consumo. Assim, a correlação fraca, mas significativa da Tabela 7, entre as temperaturas máximas e a precipitação total, pode ser influenciada por outras variáveis.

Tabela 8. Resumo do modelo

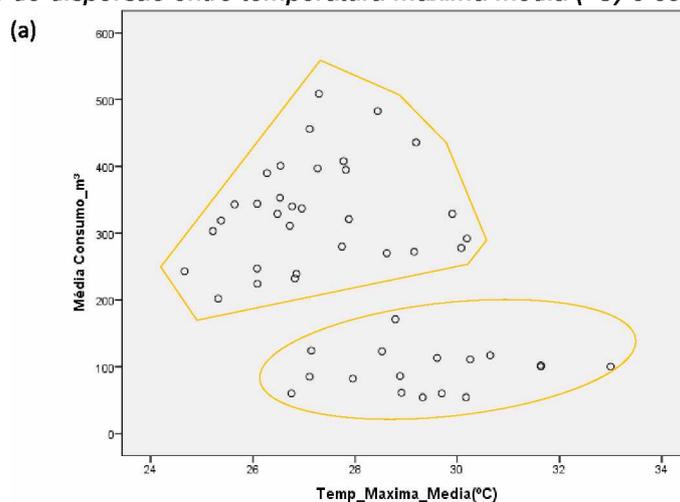
Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (a)	Erro padrão da estimativa
1	0,52 <sup>a</sup>	0,27	0,19	118,09

a. Preditores: (Constante), Temp\_Minima\_Media(°C), Temp\_Maxima\_Media(°C), Precipitacao\_Total(mm), Umidade\_Relativa\_Media(%)

b. Variável Dependente: Consumo\_m³

Para observar o comportamento da temperatura e do consumo, foi gerado o gráfico de dispersão entre a temperatura máxima média e o consumo médio, verificando se há uma tendência de comportamento dessas variáveis, conforme a Figura 14. Como pode ser observado, o gráfico apresenta certa aleatoriedade entre os pares de coordenadas do conjunto de dados inseridos e não é possível identificar nenhuma correlação significativa entre elas. No entanto, há duas tendências claras de comportamento que podem estar relacionado ao período em que houve uma mudança no procedimento de lavagem de pisos da rodoviária em 2016.

Figura 14. Gráfico de dispersão entre temperatura máxima média (°C) e consumo médio (m³)



A Figura 15, mostra a media dessas variáveis mês a mês, com seus respectivos valores para melhor certificar a interpretação de não correlações.

Figura 15. Gráfico de comportamento do consumo médio (m³) em relação à temperatura máxima média (°C)



Assim, essas duas informações foram examinadas cautelosamente, no gráfico, tentando compreender os resultados obtidos e identificar possíveis relações às variações de consumo. É observada, então, uma redução no consumo de água em junho e julho seguido de aumentos nos meses subsequentes. O comportamento da temperatura nesses mesmos meses é um pouco diferente, apesar de, também, reduzir em junho, ele aumenta em julho, oposto do que acontece com o consumo. O período onde ocorrem as temperaturas máximas, em setembro, observa-se que o consumo não segue o mesmo padrão, e os consumos maiores são em novembro e dezembro, e começa a reduzir em janeiro. Esse comportamento pode ser melhor entendido como resultado do fluxo de pessoas que reduz entre junho e julho, devido ao período de férias. Por não haver controle dos fluxos de pessoas na rodoviária ao longo do ano, não foi possível estabelecer uma relação clara entre essas variáveis.

Após esse estudo entre as variáveis climáticas, foi analisada a relação entre o consumo e a tarifa de água cobrada pela CAESB, para edifícios públicos, e o custo das contas de água. A Tabela 9 mostra a progressão das tarifas cobradas pela CAESB, nos anos analisados. Em 2016, houve um reajuste a mais na tarifa aplicada, reflexo da crise hídrica que começou a dar sinais de que o sistema de abastecimento estava no limite da sua capacidade.

Tabela 9. Tarifas de água aplicada pela CAESB para edifícios comerciais e públicos (entre os anos 2013 e 2016)

Tarifa Vigente de 01/03/2012 à 28/02/2013 (11,20% de reajuste)			Tarifa Vigente de 01/03/2013 à 28/02/2014 (9,50% de reajuste)			Tarifa Vigente de 01/03/2014 à 28/02/2015 (7,39% de reajuste)		
COMERCIAL E PÚBLICA			COMERCIAL E PÚBLICA			COMERCIAL E PÚBLICA		
	Vol. Faixa	Alíquota		Vol. Faixa	Alíquota		Vol. Faixa	Alíquota
		Preço p/ m3			Preço p/ m3			Preço p/ m3
0 a 10	10	R\$ 5,25	0 a 10	10	R\$ 5,25	0 a 10	10	R\$ 5,25
> 10		R\$ 8,67	> 10		R\$ 8,67	> 10		R\$ 8,67

Tarifa Vigente de 01/03/2015 à 31/05/2016 (16,20% de reajuste)			Tarifa Vigente de 01/01/2016 à 31/05/2016 (2,67% de reajuste)			Tarifa Vigente de 01/06/2016 à 31/05/2017 (7,98% de reajuste)		
COMERCIAL E PÚBLICA			COMERCIAL E PÚBLICA			COMERCIAL E PÚBLICA		
	Vol. Faixa	Alíquota		Vol. Faixa	Alíquota		Vol. Faixa	Alíquota
		Preço p/ m3			Preço p/ m3			Preço p/ m3
0 a 10	10	R\$ 5,25	0 a 10	10	R\$ 5,25	0 a 10	10	R\$ 5,25
> 10		R\$ 8,67	> 10		R\$ 8,67	> 10		R\$ 8,67

Diante disso, para avaliar se essa medida adotada pelas autoridades é expressiva, e qual o impacto dela no consumo de água, foi feita a análise de correlação entre essas variáveis, conforme pode ser observado na Tabela 10. Constata-se, a partir dos resultados gerados, que o impacto da tarifa de água aplicada no consumo é forte, negativa e significativa. Portanto, esse resultado sugere que quanto maior a tarifa aplicada, menor o consumo de água. De fato, foi no ano de 2016, que houve maior pressão, por parte da administração da rodoviária, para reduzir o consumo de água, resultando na alteração do cronograma de limpeza. A análise entre o consumo e o valor da conta, como esperado, é moderado e positivo. Portanto, quando o consumo aumenta o valor da conta, também, aumenta. Esse valor moderado se dá, pois o consumo de água tem diminuído, mas o valor da conta aumenta por causa do aumento do preço da água e do consumo contínuo.

Tabela 10. Análise de correlação entre consumo (m³), tarifa aplicada nos edifícios públicos da água (R\$/m³) e o valor da conta (R\$)

		Consumo (m³)	Tarifa (R\$/m³)	Valor Conta (R\$)
Consumo m³	Correlação de Pearson	1	-0,81**	0,55**
	Sig. (2 extremidades)		0	0
	N	48	48	48

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Essa relação forte pode ser confirmada pela análise dos coeficientes de correlação da Tabela 11. Assim, com um coeficiente de determinação de aproximadamente 0,7, e coeficientes de correlação 0,83, alto e moderado, é possível inferir que o custo da água influencia fortemente o consumo.

Tabela 11. Resumo do modelo

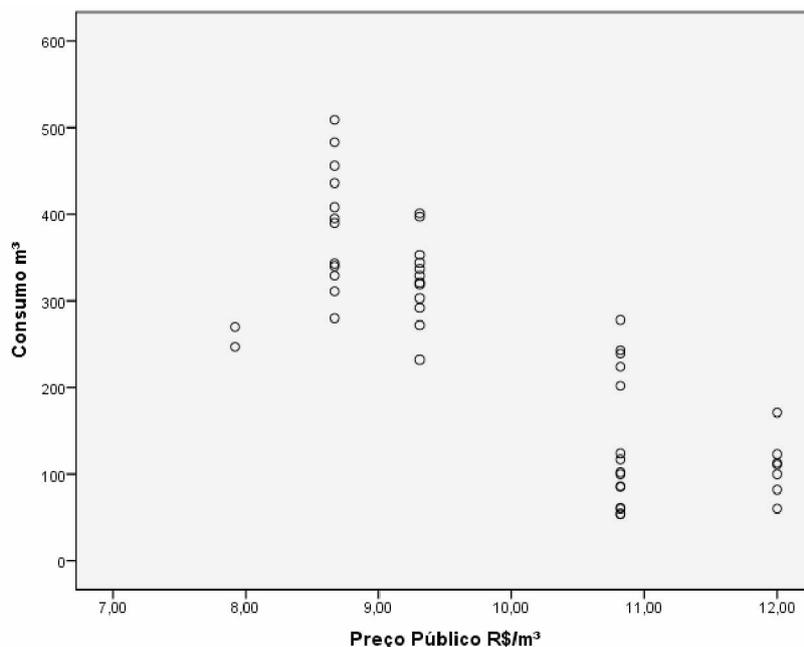
Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (a)	Erro padrão da estimativa
1	,83 <sup>a</sup>	0,69	0,69	75,02

a. Preditores: (Constante), Valor Conta R\$, Tarifa R\$/m<sup>3</sup>

b. Variável Dependente: Consumo m<sup>3</sup>

O gráfico de dispersão da Figura 16 mostra essa relação, e essa tendência de redução do consumo conforme o preço público da água aumenta.

Figura 16. Gráfico de dispersão entre preço público (R\$/m<sup>3</sup>) e o consumo (m<sup>3</sup>)



## 5.2 Levantamento Qualitativo

Seguindo a metodologia desenvolvida, após a obtenção dos dados de consumo e da investigação para compreender os principais fatores que impactam o gasto global de água na rodoviária, segue o estudo com o levantamento qualitativo que permitirá avaliar o estado das instalações hidráulicas atuais da rodoviária e o potencial de redução do consumo através dos sistemas AAP e RAC.

### **5.2.1. Vistoria hidráulica**

A vistoria foi realizada no dia 7 de junho de 2017, no período diurno de 8h-12h e foi dividida em dois momentos. O primeiro, nas áreas de comum acesso ao público e o segundo, nas áreas restritas da administração. Vale dizer que, a vistoria dos ambientes de acesso restrito teve a finalidade apenas de conferir as condições da instalação, já que não foi autorizado o estudo de frequência de uso nesses ambientes.

#### **❖ ÁREA COMUM DE ACESSO AO PÚBLICO**

Todos os pisos da rodoviária possuem pelo menos um conjunto de banheiros (feminino e masculino) de acesso ao público. O subsolo, o mezanino e o pavimento superior têm um, e o térreo tem dois. Ao todo na área comum estão disponibilizados 10 banheiros (5 masculinos e 5 femininos).

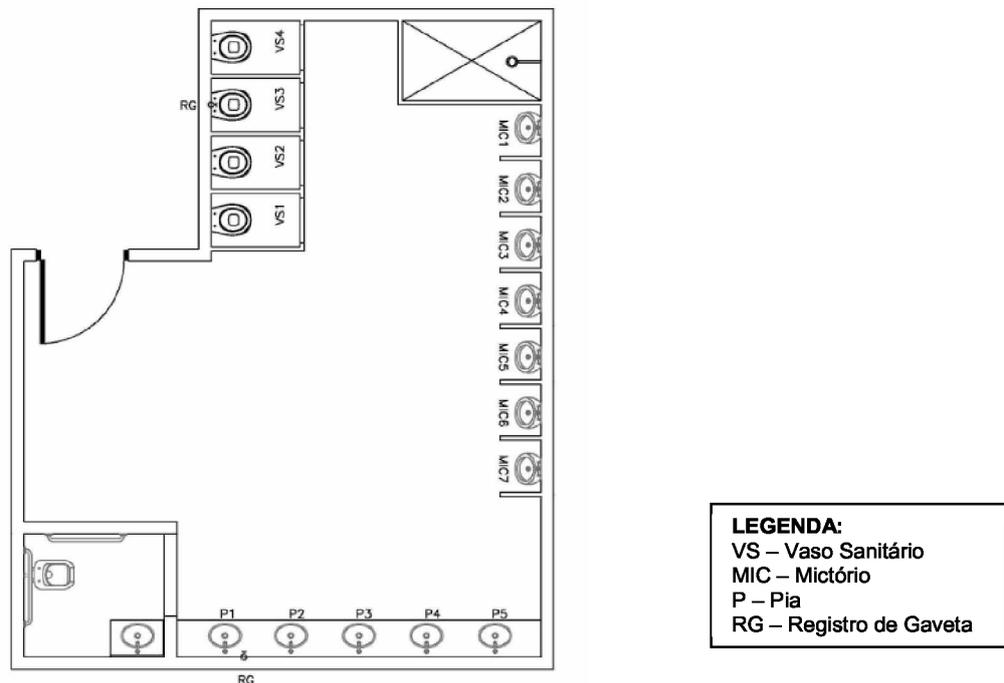
Cada um desses banheiros foi inspecionado, conforme a metodologia, e as principais observações feitas foram: a localização dos registros de gaveta, identificando o potencial de alteração das tubulações para a utilização de um sistema alternativo de abastecimento de água em usos não potáveis; a verificação da estanqueidade dos equipamentos sanitários, pesquisando vazamentos de água; e a categorização dos aparelhos sanitários por quantidade, tipo, marca e vazão (no caso dos vasos sanitários e mictórios a vazão foi registrada conforme as especificações do fabricante). E, com base nas vazões medidas, foi feito o cálculo, a posteriori, do volume médio gasto no banheiro em cada uso final.

As observações feitas, da vistoria, são expostas a seguir individualmente, para cada ambiente molhado. É importante ressaltar que todos os chuveiros dos banheiros de acesso ao público estavam interditados por tempo indeterminado por questões de segurança.

A Figura 17, apresenta as instalações, do banheiro masculino no subsolo. Todos os equipamentos estavam estanques e com pressões normais nas torneiras. O banheiro possui dois registros de gaveta um que atende os vasos sanitários e outro que atende os mictórios e as pias. Para implantar um sistema alternativo de

abastecimento, é necessário que as tubulações de uso não potável estejam separadas das tubulações de uso potável. Portanto, será necessário fazer uma modificação nas ramificações dessas tubulações, deixando o registro de gaveta vinculado às pias e aos mictórios, com ligação exclusiva para as pias e para o chuveiro (apesar de interditado). Nesses pontos, deverá ter apenas fluxo de água potável. Já as tubulações que liga os vasos sanitários, deverão ser estendidas para os mictórios visando ao fluxo de água não potável.

Figura 17. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro subsolo masculino



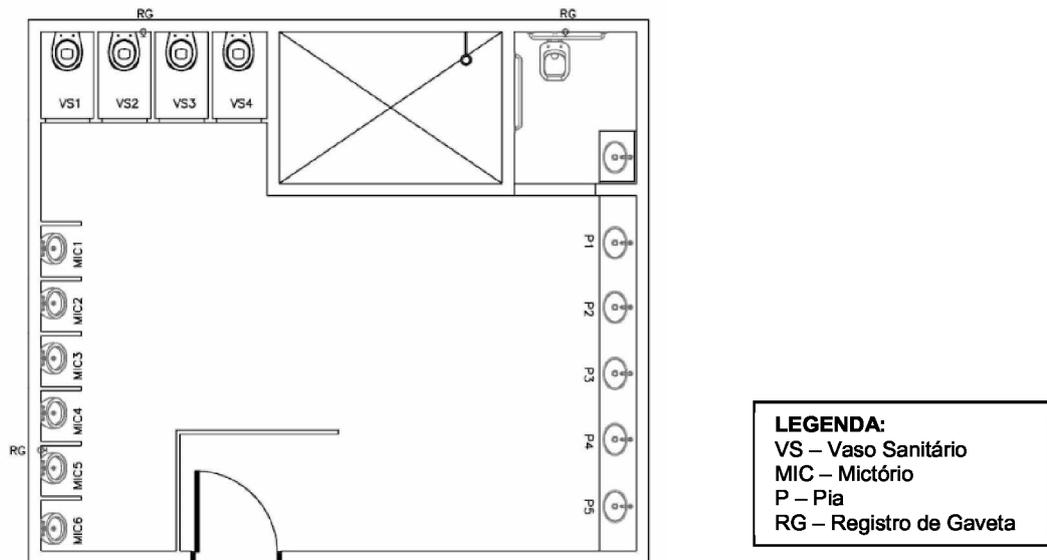
- Todas as torneiras são de acionamento automático da marca DECA. A vazão média foi de 0,63 litros por acionamento em todas as torneiras.
- Os vasos sanitários são CELITE. 6 Litros Por Fluxo (LPF).
- Mictório DECA - M.711.17, tem vazão de 1 litro por acionamento.

A Figura 18, representa o banheiro do térreo<sup>5</sup>. Neste, a torneira P4 apresentou vazamento, a torneira P2 estava com o tempo muito curto de acionamento aproximadamente 1s, e o tempo de acionamento ideal para esse equipamento é de 4 a 6 segundos. O mictório MIC1 apresentou vazamento e todos os demais apresentaram vazamento na válvula de descarga. Esses vazamentos geraram impacto no consumo mensal de água, portanto é importante que antes de implantar

<sup>5</sup> A nomenclatura dos banheiros do térreo esta conforme a Figura 10(c)

um sistema alternativo de abastecimento, deverá ser feita a manutenção nas instalações deste banheiro. O ideal é que as vazões e os tempos de acionamento, das torneiras, seja padrão, pois facilita a gestão da água e a manutenção desses equipamentos, com um parâmetro de ajuste a ser seguido. O registro de gaveta do vaso sanitário é o mesmo das pias. Dessa forma, para a implantação de um sistema alternativo de abastecimento, as tubulações deverão ser reconfiguradas.

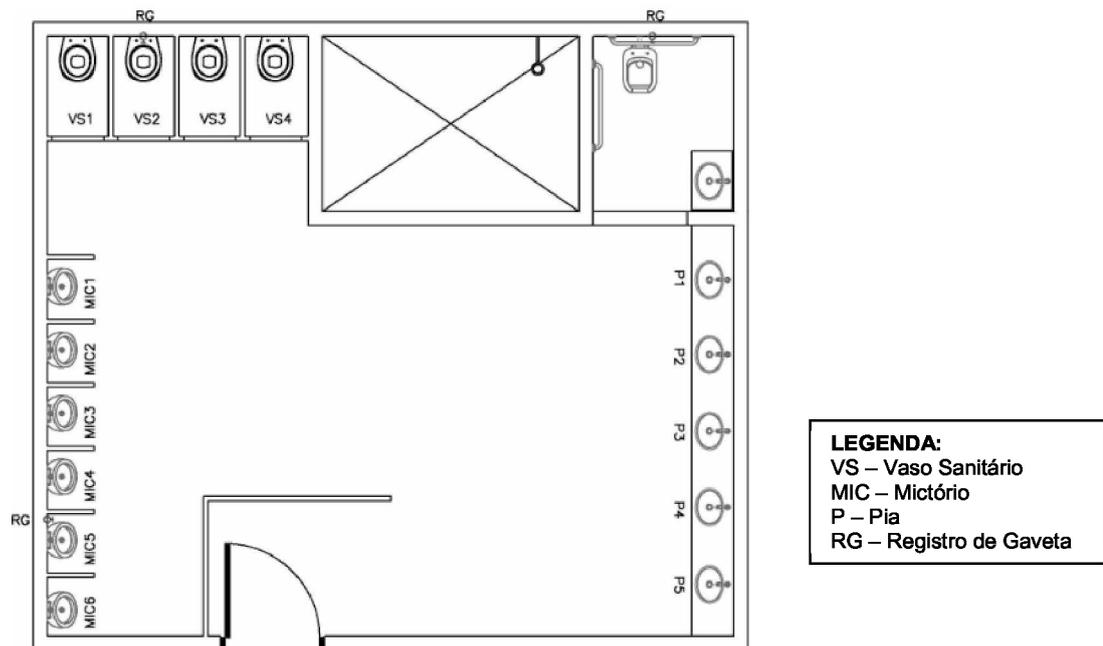
Figura 18. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro térreo masculino 1



- As torneiras P1 e P4 são da marca DECA. A vazão foi de 0,5 litros por acionamento.
- As torneiras P2 e P3 são da marca KELLY. A vazão foi de 0,63 litros por acionamento.
- A torneira P5 é manual e tem uma vazão média de 0,5 litros por acionamento.
- Os vasos sanitários são CELITE 6LPF
- Mictório DECA - M.711.17, tem vazão de 1 litro por acionamento.

A Figura 19, representa o banheiro do térreo2. As torneiras estavam com um tempo de acionamento muito longo, mais de 7 segundos, por isso uma vazão maior. O mictório MIC5 apresentou vazamento na válvula de descarga e o MIC6 foi retirado, em virtude de vazamento no local. Este banheiro possui três registros de gaveta, um para os mictórios, um para os vasos sanitários e outro para o banheiro de deficiente, e pias. Assim, o registro do banheiro de deficientes pode ser para usos potáveis, e os outros dois, para os usos não potáveis.

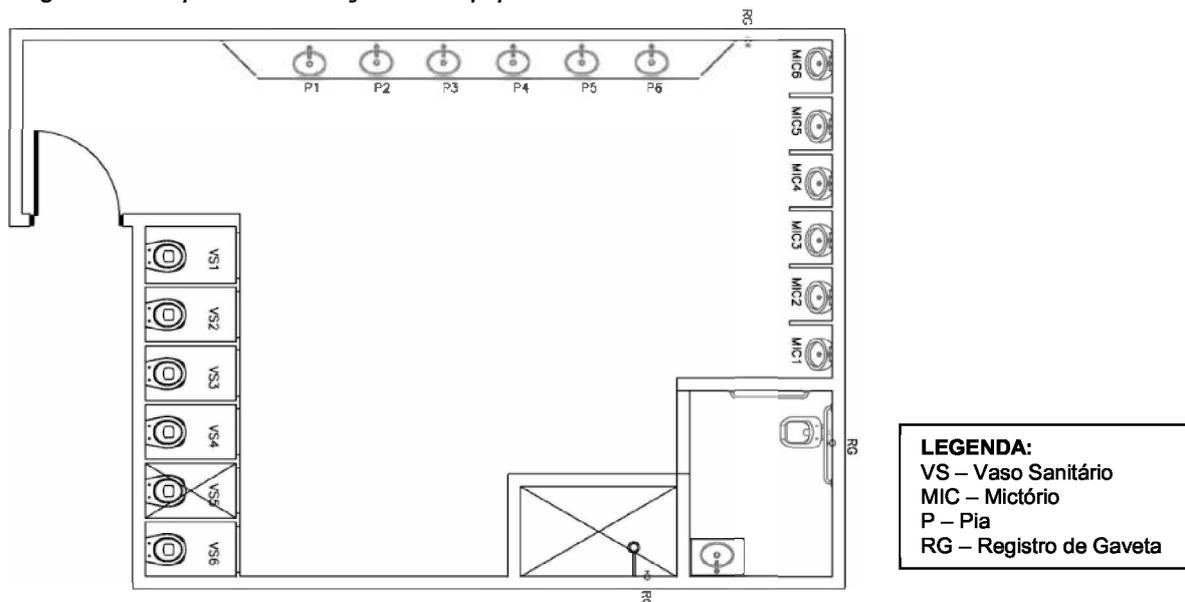
Figura 19. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro térreo masculino 2



- Todas as torneiras são de acionamento automático da marca DECA. A vazão média de todas as torneiras foi de 0,7 litros por acionamento.
- Os vasos sanitários são CELITE 6LPF
- Mictório DECA - M.711.17, tem vazão de 1 litro por acionamento.

A Figura 20 representa o banheiro masculino do mezanino. Neste banheiro, todas as torneiras estavam com tempo de acionamento muito extenso, 8 segundos. A torneira P4 apresentou gotejamento contínuo. Os vasos sanitários VS2 e VS6 apresentaram vazamento na válvula de descarga. Os mictórios, MIC2 e MIC4, apresentaram vazamento na válvula de descarga. Este banheiro possui três registros de gaveta, um para as pias, um para os mictórios e banheiro de deficiente e outro para os vasos sanitários e chuveiro. O registro destinado às pias pode ser direcionado para usos potáveis e os demais, para usos não potáveis.

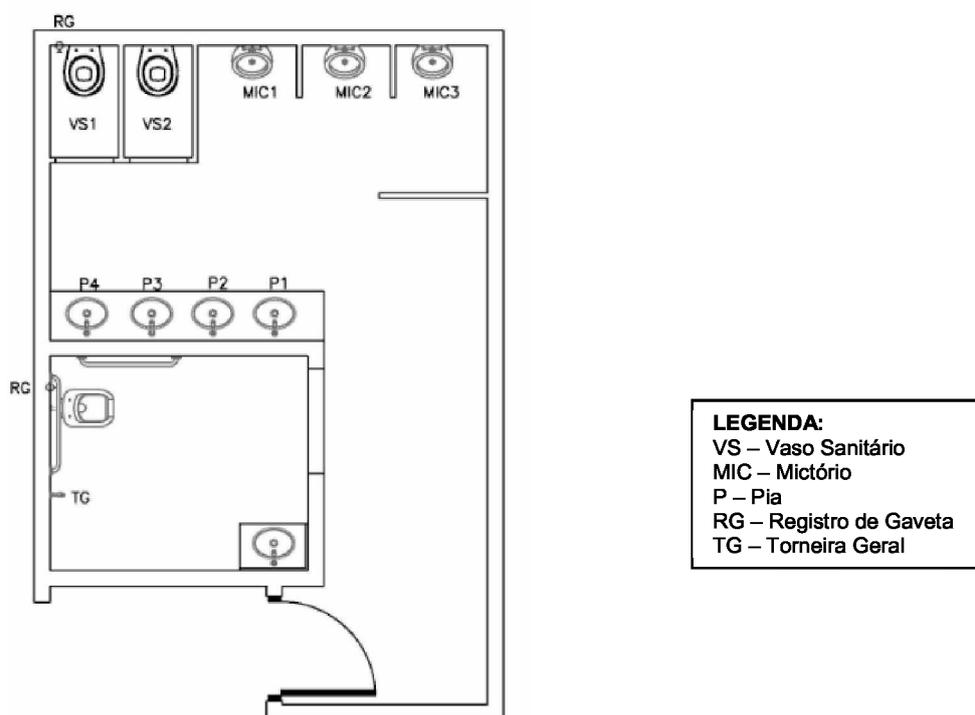
Figura 20. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro mezanino masculino



- Todas as torneiras são de acionamento automático da marca DECA. A vazão foi de 0,7 litros por acionamento.
- Os vasos sanitários são CELITE. 6LPF
- Mictório DECA - M.711.17, tem vazão de 1 litro por acionamento.

No banheiro masculino do pavimento superior, da Figura 21, a torneira P3 apresentou vazamento contínuo e tempo de acionamento muito curto, aproximadamente 2 segundos, com pressão muito alta. O mictório MIC3 apresentou vazamento na válvula de descarga. Este banheiro possui três registros de gaveta, um para as pias, um para os mictórios e vasos sanitários e outro para o banheiro de deficiente. O registro dedicado às pias pode ser utilizado para usos potáveis e os demais, para usos não potáveis.

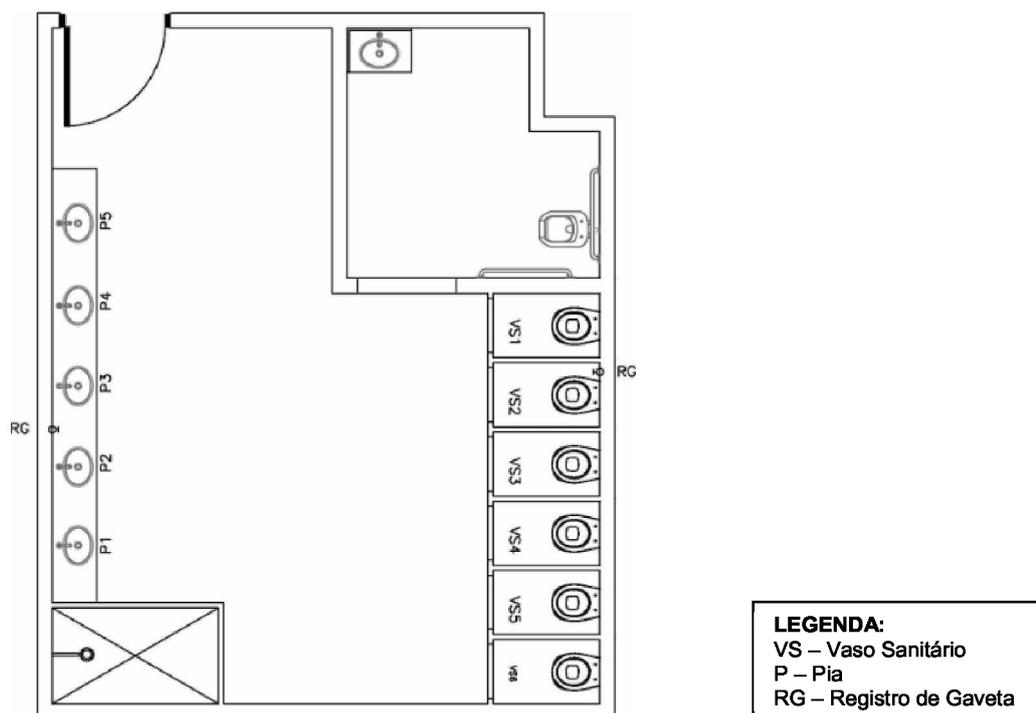
Figura 21. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro primeiro pavimento masculino



- As torneiras P1 e P2 são da marca KELLY. A vazão foi de 0,6 litros por acionamento.
- As torneiras P3 são da marca DOCOL. A vazão foi de 0,43 litros por acionamento.
- A torneira P4 é manual e tem uma vazão média de 0,04 litros por segundo.
- Os vasos sanitários são DECA 6LPF
- Mictório DECA - M.711.17, tem vazão de 1 litro por acionamento.

A Figura 22, representa o banheiro feminino do subsolo. As torneiras P1, P3 e P5 apresentaram tempo de acionamento muito longo, aproximadamente 8 segundos. A torneira P2 apresentou vazamento na válvula de acionamento e a torneira P4 apresentou uma vazão muito grande, com tempo de acionamento muito curto, aproximadamente 2 segundos, resultando grande pressão. Os vasos sanitários VS2, VS3, VS4 e VS5 apresentaram vazamento na válvula de descarga. Este banheiro possui dois registros de gaveta, um para as pias e chuveiro e outro para vasos sanitários e banheiro de deficientes. O registro destinado às pias pode ser para usos potáveis e os demais, para usos não potáveis.

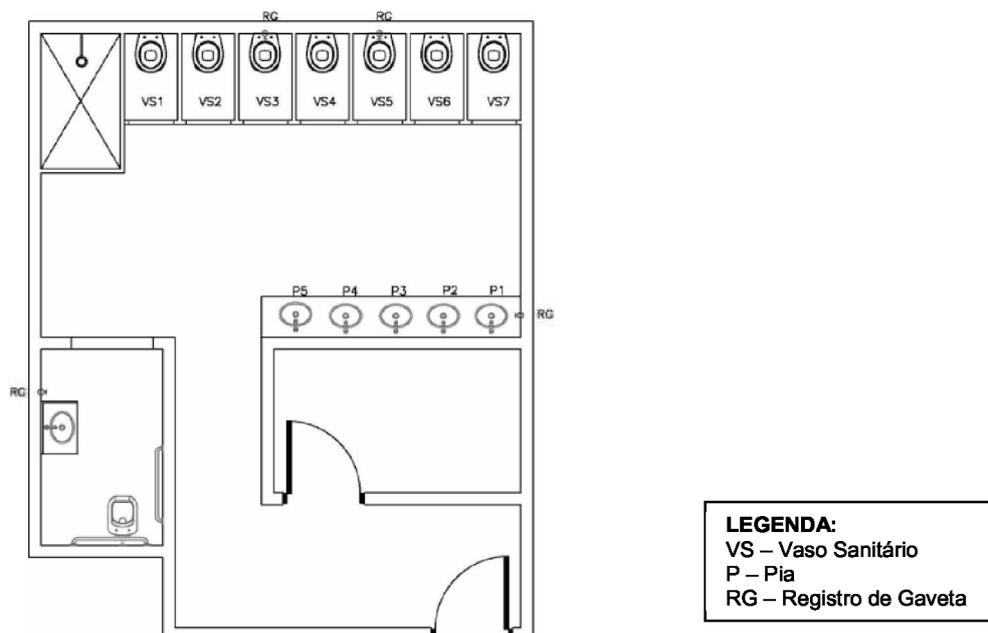
Figura 22. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro subsolo feminino



- As torneiras P1, P3 e P5 são da marca DOCOL. A vazão foi de 650 ml/7,92s.
- A torneira P2 é da marca DECA. A vazão foi de 500 ml/5,66s.
- A torneira P4 é manual e tem uma vazão média de 625 ml/2,16s.
- Os vasos sanitários são CELITE. 1,6GPF/6LPF

A Figura 23, representa o banheiro do térreo, feminino1. As torneiras P1 e P3 apresentaram vazamento na válvula de acionamento, os demais equipamentos estavam estanques. Este banheiro possui quatro registros de gaveta, um para as pias, um para o banheiro de deficiente e os outros dois dividindo os vasos sanitários e o chuveiro. O registro ligado às pias pode ser para usos potáveis e os demais, para usos não potáveis.

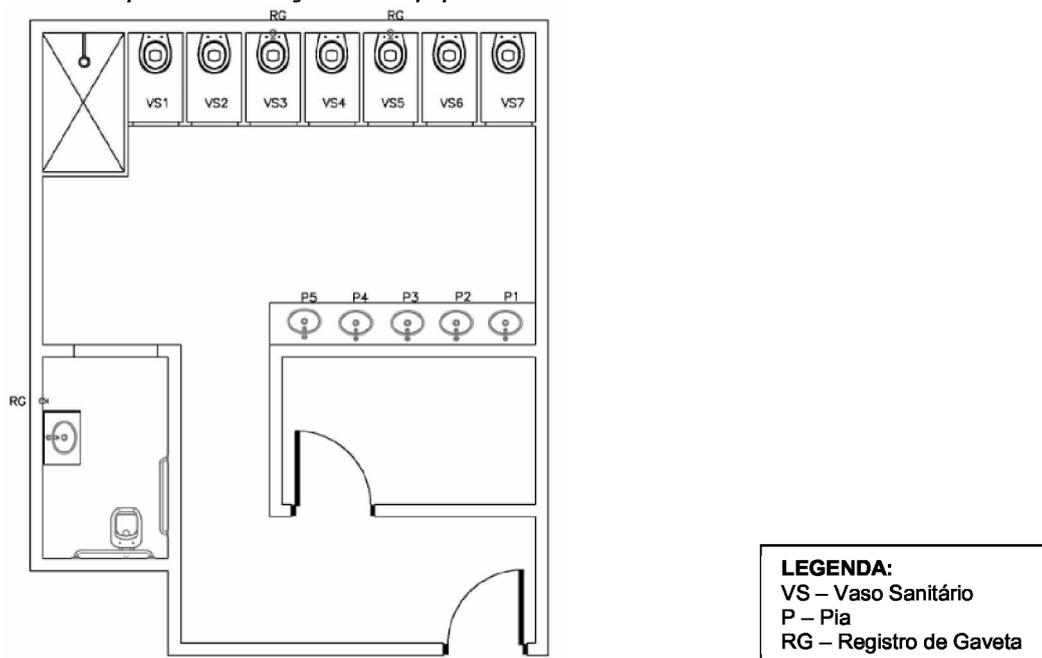
Figura 23. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro térreo feminino 1



- Todas as torneiras são de acionamento automático da marca DECA. A vazão foi de 0,5 litros por acionamento.
- Os vasos sanitários são CELITE 6LPF

A Figura 24 representa o banheiro do térreo, feminino1. O tempo de acionamento das torneiras estavam todos muito longos, mais de 8 segundos e a torneira manual, com pressão e vazão muito altas. O vaso sanitário VS2 apresentou vazamento na válvula de descarga. Este banheiro possui quatro registros de gaveta, um para as pias, um para o banheiro de deficiente e os outros dois dividindo os vasos sanitários e o chuveiro. O registro que serve às pias pode ser para usos potáveis e os demais, para usos não potáveis.

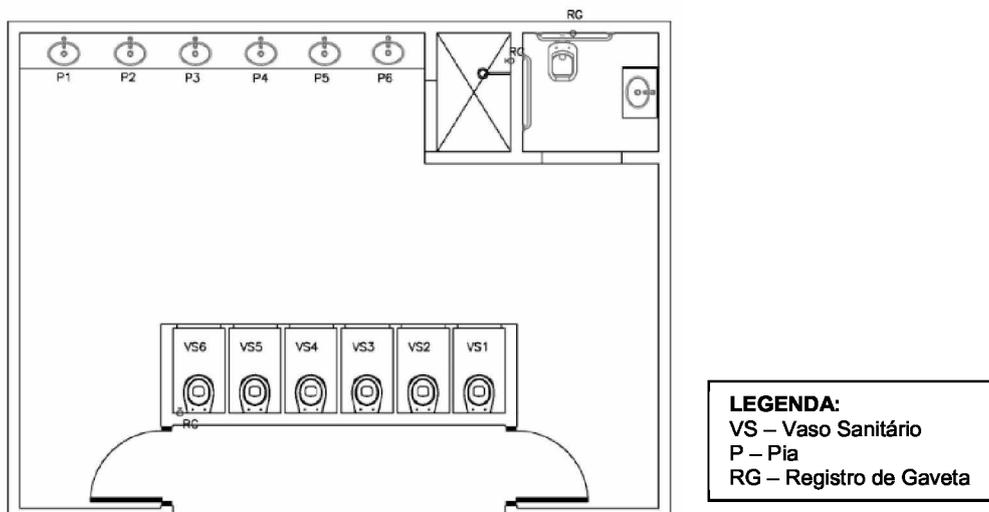
Figura 24. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro térreo feminino2



- As torneiras P1, P2, P3 e P4 são de acionamento automático da marca DECA. A vazão foi de 0,8 litros por acionamento.
- A torneira P5 é manual e tem uma vazão média de 0,3 litros por segundo.
- Os vasos sanitários são CELITE 6LPF

No banheiro feminino do mezanino, da Figura 25, todas as torneiras apresentaram tempo de acionamento muito longo, aproximadamente 9 segundos. As torneiras P3 e P5 apresentaram vazamento na válvula de acionamento. O vaso sanitário VS5 apresentou vazamento na válvula de descarga. Este banheiro possui 4 registros de gaveta, um para pias, um para vasos sanitários, um para o chuveiro e outro para o banheiro de deficientes. A única modificação seria ramificar a tubulação do chuveiro para a pia do banheiro de deficiente.

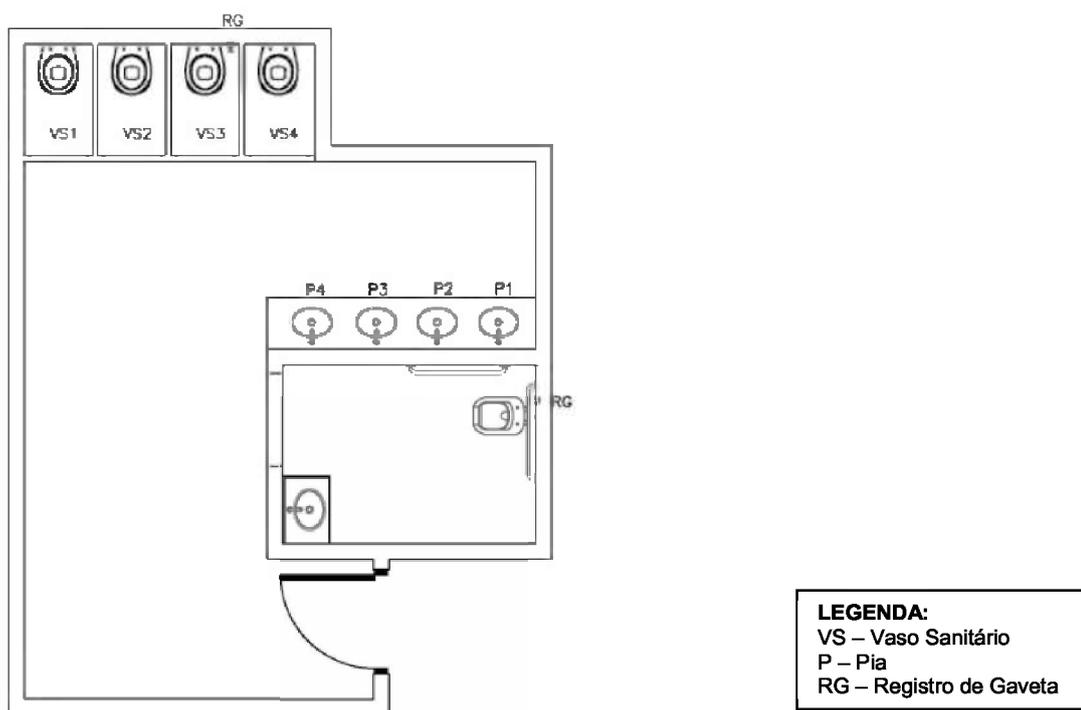
Figura 25. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro mezanino feminino



- As torneiras P1, P2, P3 e P6 são de acionamento automático da marca DOCOL. A vazão foi de 0,5 litros por acionamento.
- As torneiras P4 e P5 são de acionamento automático da marca DECA. A vazão foi de 0,9 litros por acionamento.
- Os vasos sanitários são CELITE 6LPF

No banheiro feminino do primeiro pavimento, representado pela Figura 26, as torneiras P1 e P2 apresentaram uma vazão muito baixa e um tempo de acionamento longo, aproximadamente 8 segundos. Os vasos sanitários VS1 e VS3 apresentaram vazamento na válvula de descarga. Este banheiro possui três registros de gaveta um para pias, um para vasos sanitários e outro para o banheiro de deficientes. A única modificação seria ramificar a tubulação das pias para a pia do banheiro de deficientes.

Figura 26. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro primeiro pavimento feminino



- As torneiras P1 e P2 são de acionamento automático da marca DOCOL. A vazão foi de 0,38 litros por acionamento.
- As torneiras P3 e P4 são de acionamento automático da marca DECA. A vazão foi de 0,63 litros por acionamento.
- Os vasos sanitários são CELITE 6LPF.

A Tabela 12 é um resumo das vazões obtidas na vistoria, esses dados são fundamentais para a construção dos indicadores que irão auxiliar no cálculo do reservatório dos sistemas alternativos de abastecimento. Como as torneiras das pias (PIA) são de acionamento automático, para estimar o volume médio global nos banheiros públicos, foi utilizado o volume de água por acionamento em litros (L), dado pelo produto da vazão média das torneiras instaladas em cada banheiro em litros por segundo (L/s) e o tempo médio de abertura em segundos (s), depois foi calculado a média desses resultados de cada banheiro para obter o volume por acionamento de todos os banheiros. Na próxima etapa da metodologia com o número de acionamentos medidos no local diariamente será possível estimar o volume de água gasto em cada um desses usos finais.

Tabela 12. Resumo das informações de vazão dos equipamentos vistoriados na Rodoviária do Plano Piloto

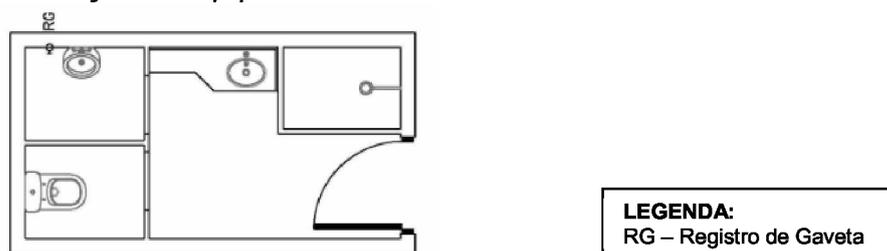
Local	Área (m <sup>2</sup> )	Vazão VS (l/pf)	Vazão MIC (L/uso)	Vazão PIA (L/s)	Tempo médio abertura PIA (s)	Volume/Acionamento PIA (L)
Subsolo Masculino	42	6	1	0,13	4,7	0,6
Térreo 1 Masculino	47	6	1	0,12	4,9	0,6
Térreo 2 Masculino	47	6	1	0,10	7,0	0,7
Mezanino Masculino	55	6	1	0,09	7,7	0,7
Superior Masculino	24	6	1	0,11	5,5	0,6
Subsolo Feminino	37	6	-	0,12	7,4	0,9
Térreo 1 Feminino	42	6	-	0,07	7,0	0,5
Térreo 2 Feminino	42	6	-	0,14	8,0	1,1
Mezanino Feminino	48	6	-	0,07	8,7	0,6
Superior Feminino	26	6	-	0,07	7,7	0,5
<b>Média</b>						<b>0,7</b>

#### ❖ ÁREA DE ACESSO RESTRITO – ADMINISTRAÇÃO

A administração está localizada no térreo e possui dois banheiros um feminino e um masculino. Ali, os chuveiros estão funcionando e liberados para uso.

A Figura 27, representa o banheiro masculino da administração. A vazão da torneira está intensa, com tempo de acionamento de aproximadamente 8 segundos. Este banheiro tem apenas um registro de gaveta e para implantação de um sistema de abastecimento alternativo faz-se necessário inserir uma tubulação vertical, exclusiva para usos não potáveis.

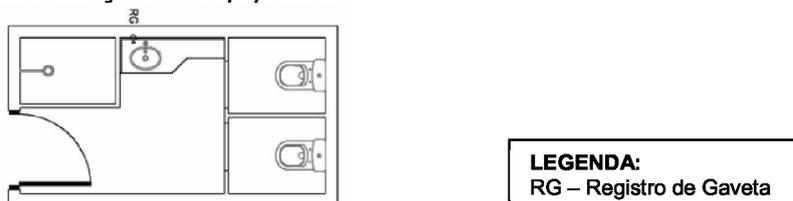
Figura 27. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro masculino administração



- A torneira é de acionamento automático da marca DECA. A vazão foi de 0,9 litros por acionamento.
- O vaso sanitário é de caixa acoplada, da marca DECA 60LPF.
- Mictório DECA - M.711.17, tem vazão de 1 litro por acionamento.
- Ducha higiênica.
- Chuveiro ativo da marca LORENZETTI

A Figura 28, representa o banheiro feminino da administração. Este banheiro tem apenas um registro de gaveta. Para a implantação de um sistema de abastecimento alternativo faz-se necessário inserir uma tubulação vertical, exclusiva para usos não potáveis.

Figura 28. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários banheiro feminino administração



- A torneira P4 é de acionamento automático da marca DECA. A vazão foi de 0,7 litros por acionamento.
- Os vasos sanitários são de caixa acoplada, da marca DECA 60LPF.
- Ducha higiênica.
- Chuveiro ativo da marca LORENZETTI.

A Figura 29, representa a cozinha/copa da administração, e não foi identificada nenhuma inconformidade com as instalações da copa.

Figura 29. Mapa de localização dos equipamentos hidrossanitários cozinha/copa administração



- A torneira manual da marca DECA. A vazão foi de 0,13 litros por segundo.
- Filtro de água da marca Everest.

O resultado da vistoria mostra que ocorrem muitos vazamentos em torneiras e vasos sanitários, em especial nos banheiros públicos, que não são corrigidos rapidamente. Pois, segundo foi informado, as vistorias feitas pela equipe de manutenção para procurar vazamentos e/ou equipamentos quebrados são realizadas esporadicamente. Mais campanhas de conscientização, informando a população sobre o correto uso da água pode ter um reflexo positivo tanto na rodoviária, quanto nos demais locais onde essas pessoas frequentam. Tendo em vista o número de pessoas atendidas, estas campanhas tem um caráter transformador muito grande, em longo prazo.

No que se refere aos equipamentos instalados, atualmente, na rodoviária, em geral, são de boa qualidade e adequados para instalações em edifícios públicos. As torneiras de acionamento automático que permitem uma redução de até 70% no consumo de água em relação às torneiras convencionais (FIGUEIREDO, 2007; SANT'ANA, 2011; DECA, 2017). O vaso sanitário utilizado, com válvula de descarga de parede é o mais indicado para edifícios públicos, pois os vasos com caixas acopladas tem seu reservatório fabricado material cerâmico, considerado frágil, e fácil acesso aos componentes internos, podendo ser facilmente danificado ou furtado. A válvula de descarga é composta por uma base, embutida na parede fixada firmemente à parede por meio de parafusos, e não podem ser removidas sem a utilização de uma ferramenta apropriada (FIGUEIREDO, 2007; VEIGA, 2009). Ainda, vazão de 6lpf, está em conformidade com o volume indicado pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (FIGUEIREDO, 2007) como adequado. Os mictórios instalados são de baixa vazão (1lpf), sendo considerado um equipamento economizador (DECA, 2017).

A vistoria hidráulica, nos banheiros de acesso ao público, apontaram para algumas falhas nos equipamentos sanitários, como vazamentos em mictório, válvula de descarga e pias, estas com tempo de acionamento e vazões não padronizados e muitas vezes inadequados. Portanto, com é necessário criar uma estratégia de gestão para padronizar os tempos de acionamento e vazão de água das torneiras. Essa medida simples melhora a qualidade do serviço oferecido à população e já contribui com a redução no volume de água gasto. Ainda, é fundamental que sejam realizadas vistorias constantes e periódicas para identificar e realizar ajustes e consertos, quando necessário.

### **5.2.2. Levantamento das frequências de uso**

Após concluir a etapa da vistoria técnica para verificar as possíveis insuficiências do sistema hidráulico predial, foram feitas medições do consumo de água nos principais pontos de consumo (limpeza de pisos, descarga sanitária, lavatórios e mictórios), para identificar o volume médio de água gasto em cada uso final. Esta etapa ocorreu entre os dias 21/08/2017 a 23/08/2017, nos dois períodos, manhã: das 8h às 12h e no período da tarde: das 14h às 18h. A metodologia estava prevendo coletar dados

por sete dias consecutivos, mas por questões de segurança foi necessário interromper o monitoramento no dia 23/08/2017, às 18h.

As principais atividades que envolvem o uso da água na rodoviária são o uso de banheiros e a limpeza de pisos. Os ambientes monitorados foram os ambientes molhados de acesso ao público (banheiros), e os pontos de consumo foram: vasos sanitários (VS), lavatórios (PIA) e mictórios (MIC).

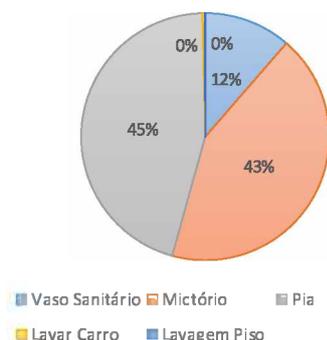
O foco da coleta de dados qualitativo foi no piso térreo, que tem maior permanência de pessoas, já que é o local de embarque e desembarque dos ônibus. Como no período da manhã tínhamos uma dupla a mais para fazer o levantamento, neste turno, foram monitorados um conjunto de banheiros (feminino e masculino) no piso térreo e um do mezanino e superior, conforme os dias nas Figura 30 e Figura 31, para fazer um comparativo de usos por pavimento. Assim, foram obtidos os padrões de consumo dos banheiros da rodoviária. Conforme esperado, o piso térreo é o que apresenta maior fluxo diário de pessoas, conseqüentemente maior consumo de água.

A Figura 30 e a Figura 31 demonstram os padrões dos usos finais de água nos banheiros masculino e feminino, respectivamente. Esses padrões estão representados por meio de gráficos com as proporções de usos de cada equipamento sanitário dos banheiros. Abaixo, estão as tabelas-resumo com os dados registrados a cada dia e a média desses dados, sendo estes os utilizados para a obtenção do gráfico.

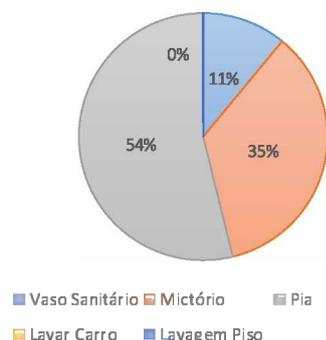
Conforme pode ser observado, no banheiro masculino, o principal uso da água é nos lavatórios (PIA), seguido do mictório. Durante a coleta desses dados, foi observado lavadores de carro utilizando a água de uma torneira de uso geral para encher baldes para realizar as lavagens de carros no estacionamento da rodoviária. Por isso este uso final foi separado, a fim de observar se havia grande impacto no consumo, que não foi comprovado. O lavatório também é usado por moradores de rua para fazer a higiene pessoal.

Figura 30. Padrões de consumo dos banheiros masculino

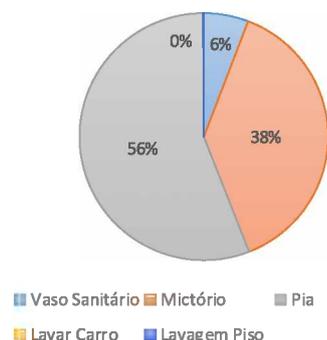
Térreo - Manhã (Masculino)



Mezanino - Manhã (Masculino)



Pav. Superior - Manhã (Masculino)

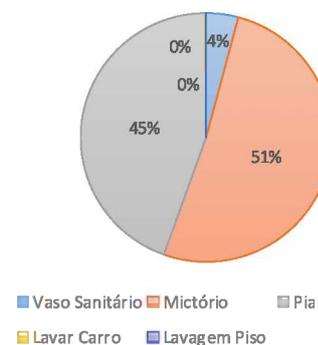


TÉRREO - MANHÃ (MASCULINO)				
USO FINAL	QUANTIDADE			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	MÉDIA
Vaso Sanitário	143	273	133	183
Mictório	609	764	703	692
Pia	593	872	727	731
Lavar Carro	7	4	4	5
Lavagem Piso	1	1	1	1

MEZANINO - MANHÃ (MASCULINO)				
USO FINAL	QUANTIDADE			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	MÉDIA
Vaso Sanitário	133	122	128	128
Mictório	430	390	410	410
Pia	522	729	626	626
Lavar Carro				
Lavagem Piso	1	1	1	1

SUPERIOR - MANHÃ (MASCULINO)				
USO FINAL	QUANTIDADE			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	MÉDIA
Vaso Sanitário			66	66
Mictório			435	435
Pia			635	635
Lavar Carro				
Lavagem Piso			1	1

Térreo - Tarde (Masculino)



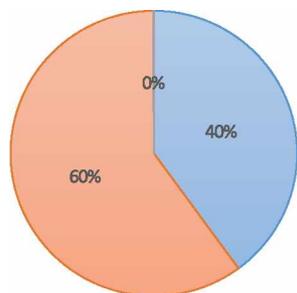
TÉRREO - TARDE (MASCULINO)				
USO FINAL	QUANTIDADE			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	MÉDIA
Vaso Sanitário	24	141	72	79
Mictório	528	1155	1262	982
Pia	780	867	900	849
Lavar Carro	4	1	0	2
Lavagem Piso	1	1	1	1

No banheiro feminino, o principal uso da água foi nos lavatórios e vasos sanitários. Os padrões são um pouco diferentes do banheiro masculino, primeiro por não serem equipados com mictórios e, também, por não ter sido registrado mulheres

recolhendo água para lavar carros. Assim os usos finais neste banheiro foram: lavatórios, vasos sanitários e lavagem de pisos, por ordem decrescente de consumo.

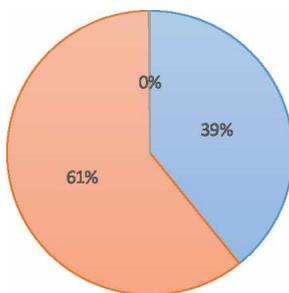
Figura 31. Padrões de consumo dos banheiros feminino

Pav. Térreo - Manhã (Feminino)



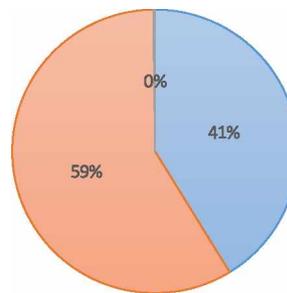
■ Vaso Sanitário ■ Pia ■ Lavagem Piso

Mezanino - Manhã (Feminino)



■ Vaso Sanitário ■ Pia ■ Lavagem Piso

Pav. Superior - Manhã (Feminino)



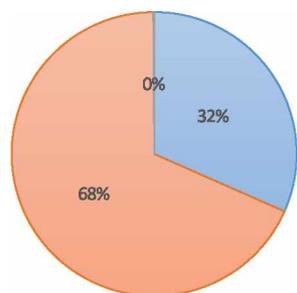
■ Vaso Sanitário ■ Pia ■ Lavagem Piso

TÉRREO - MANHÃ (FEMININO)				
USO FINAL	QUANTIDADE			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	MÉDIA
Vaso Sanitário	613	440	533	529
Pia	834	742	805	794
Lavagem Piso	1	1	1	1

MEZANINO - MANHÃ (FEMININO)				
USO FINAL	QUANTIDADE			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	MÉDIA
Vaso Sanitário	321			321
Pia	496			496
Lavagem Piso	1			1

SUPERIOR- MANHÃ (FEMININO)				
USO FINAL	QUANTIDADE			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	MÉDIA
Vaso Sanitário		212	191	202
Pia		303	269	286
Lavagem Piso		1	1	1

Pav. Térreo - Tarde (Feminino)



■ Vaso Sanitário ■ Pia ■ Lavagem Piso

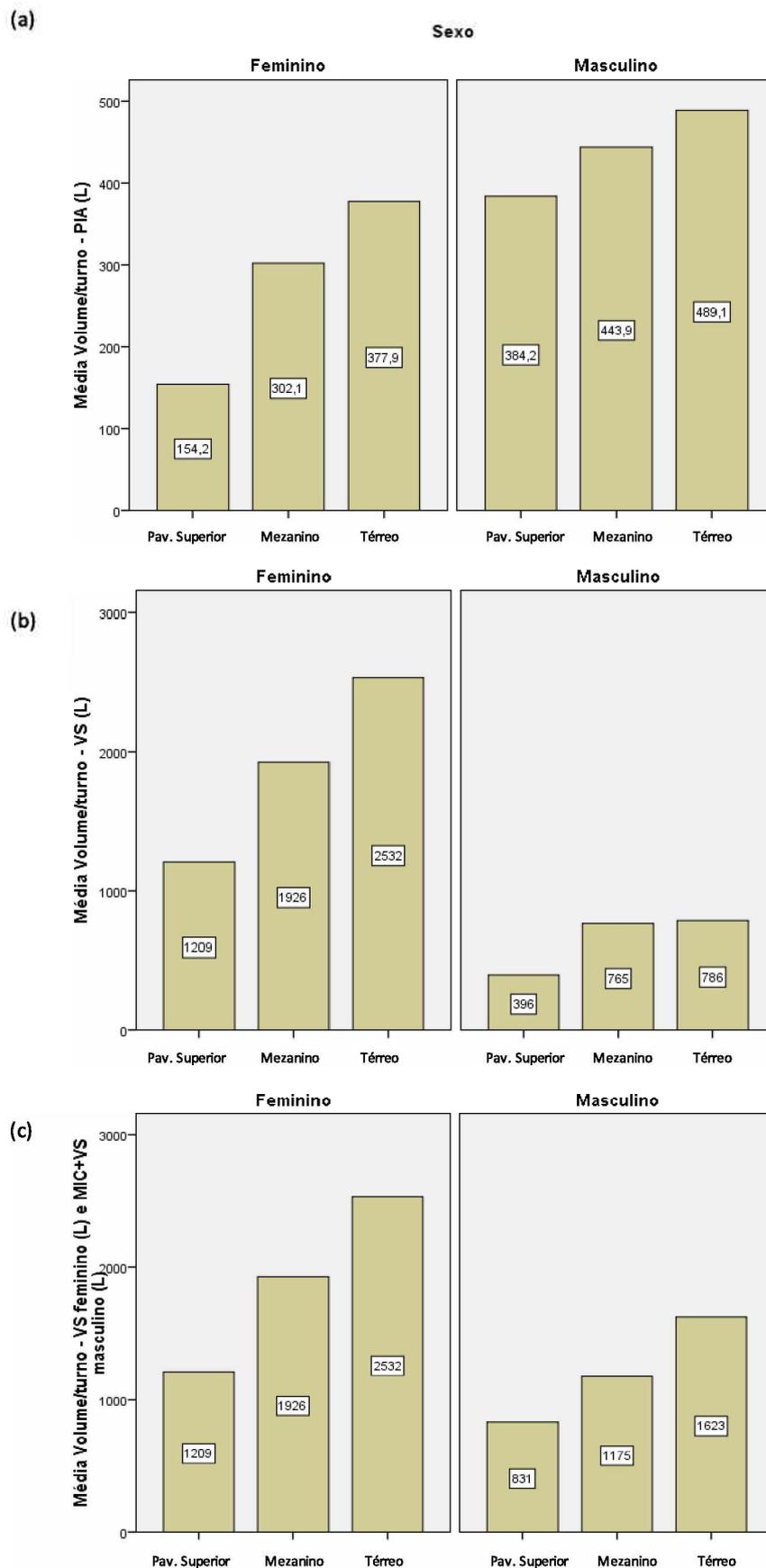
TÉRREO - TARDE (FEMININO)				
USO FINAL	QUANTIDADE			
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	MÉDIA
Vaso Sanitário	295	322	329	315
Pia	620	696	726	681
Lavagem Piso	1	1	1	1

Com base na frequência e nas informações coletadas durante vistoria, da vazão dos equipamentos, foi possível estimar a média dos volumes gastos de água em cada uso final, por turno. A Figura 32 mostra esses resultados, distinguindo os três níveis de pavimentos em que foram realizadas as coletas e o sexo, permitindo uma análise

comparativa, para identificar qual banheiro tem maior fluxo de pessoas e qual gênero gasta mais água.

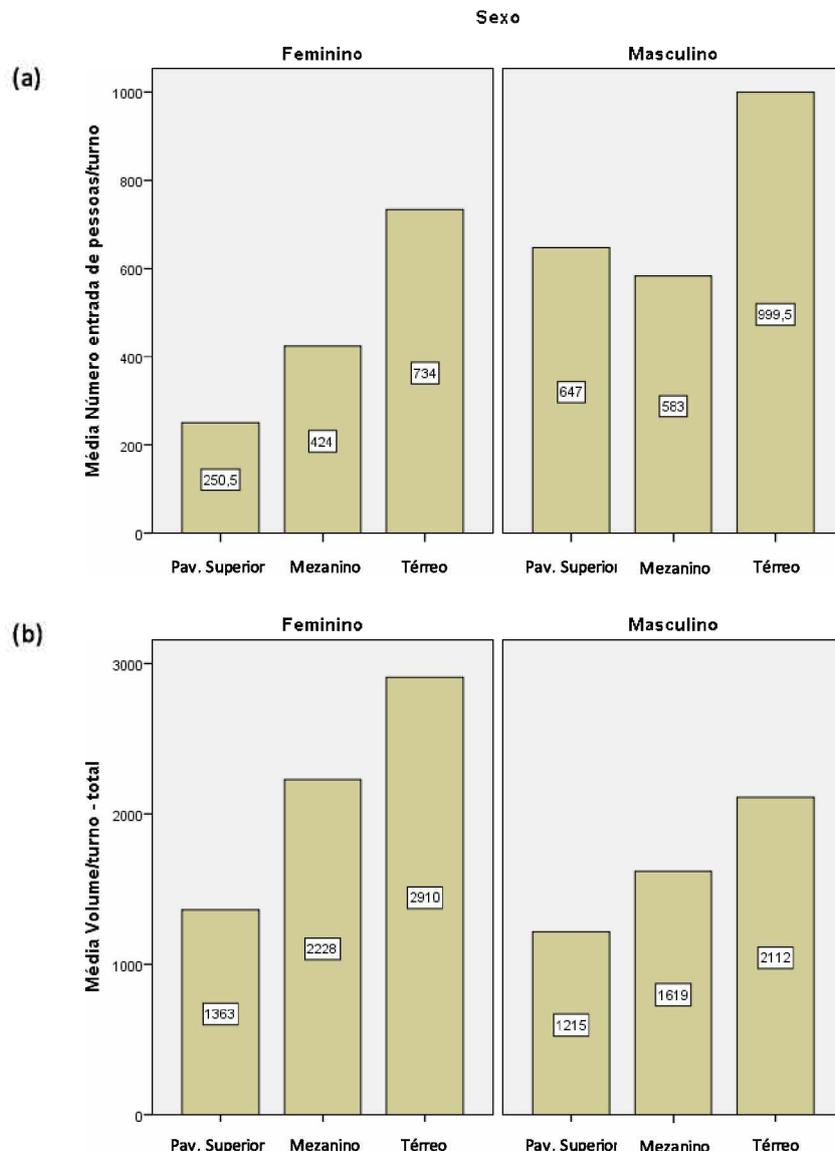
Apesar de nos banheiros feminino e masculino, o uso dos lavatórios representarem o maior volume de consumo e de os dados revelarem que nos banheiros femininos, em todos os pavimentos e horários, a proporção de uso é acima de 60% (maior que os banheiros masculinos), o volume de água contabilizado nesse uso final é mais expressivo no banheiro masculino (ver Figura 32(a)). No entanto, esse resultado pode ser explicado pelo número de pessoas, em média, que entram nos banheiros, sendo maior nos banheiros masculinos, ver Figura 33(a). A Figura 32(b) traz um comparativo dos volumes gastos nos vasos sanitários, e mostra, conforme esperado, um resultado expressivamente menor no banheiro masculino, visto que os banheiros masculinos são equipados com mictórios. Como o volume da descarga do mictório (1 litro por fluxo) em relação à descarga do vaso sanitário (6 litros por fluxo) é muito menor, se juntarmos o volume dos usos do VS e do MIC, ainda assim, o volume gasto é muito menor que o volume dos vasos sanitários femininos (ver Figura 32(c)). A partir disso, é possível inferir que apesar de os banheiros apresentarem em seus padrões de consumo, maior uso de lavatórios, o maior impacto é dado pelo uso dos vasos sanitários. Os volumes médios são dados pela razão da frequência com os volumes medidos por acionamento na vistoria.

Figura 32. Volume de água gasto em cada uso final/ sexo (a) Média do consumo nos lavatórios (PIA), (b) média do consumo nos vasos sanitários (VS) e (c) média do consumo comparativa entre vaso sanitário feminino e somatório de vaso sanitário e mictório (MIC+VS) masculino.



Após essa análise individual dos usos finais foi analisado o consumo geral do banheiro, comparando com o número de pessoas que entraram no banheiro. Esses dados podem ser visualizados na Figura 33. Verifica-se, que há uma intensidade de fluxo maior no banheiro masculino, em todos os pavimentos analisados. No entanto, o consumo geral de água é menor, se comparado ao feminino. Isso mostra o quanto o mictório impacta positivamente auxiliando na redução do consumo de água. Pois no banheiro masculino há um maior fluxo, um maior consumo de água nos lavatórios e mesmo assim, por ter um uso bastante reduzido dos vasos sanitários, ele consegue ter um consumo geral inferior.

Figura 33. (a) Média do número de pessoas que entram nos banheiros por pavimento por sexo, (b) média do volume total gasto em cada banheiro por turno.



Resumindo as informações acumuladas, foi estimado o número diário de pessoas que entram nos banheiros (ver Tabela 13 (a)) e os volumes diários de água gastos

em vasos sanitários, mais, mictórios e pias (ver Tabela 13 (b) e (c) respectivamente). Para isso foram feitas as seguintes presunções: que o volume de pessoas e consumos dos banheiros do piso térreo é semelhante, que um dia é constituído de dois turnos. Ainda, como não foi possível dar continuidade na coleta de dados em todos os dias pretendidos, o conjunto de banheiros feminino e masculino do subsolo não foi computado, por isso com base na vistoria hidráulica e entrevista com a equipe de manutenção e limpeza da rodoviária, especulou-se que o fluxo de pessoas é próximo do pavimento do mezanino. Diante disso, foi considerado o consumo do banheiro do subsolo (feminino e masculino) semelhante ao mezanino.

*Tabela 13. Volumes globais diários, (a) do número de pessoas que entram nos banheiros, (b) volume total em litros gasto em vaso sanitário e mictório, (c) volume total em litros gasto em pias*

(a)

Local	Pessoas/ turno	Número banheiros	Número de turnos	Pessoas/ dia
Térreo Feminino	734	2	2	2936
Mezanino Feminino	424	1	2	848
Superior Feminino	251	1	2	502
Térreo Masculino	1000	2	2	4000
Mezanino Masculino	583	1	2	1166
Superior Masculino	647	1	2	1294
<b>Total</b>				<b>10746</b>

(b)

Local	Volume VS+MIC/ turno	Número banheiros	Número de turnos	Litros/ dia
Térreo Feminino	2532	2	2	10128
Mezanino Feminino	1926	1	2	3852
Superior Feminino	1209	1	2	2418
Térreo Masculino	1623	2	2	6492
Mezanino Masculino	1175	1	2	2350
Superior Masculino	831	1	2	1662
<b>Total</b>				<b>26902</b>

(c)

Local	Volume PIA/ turno	Número banheiros	Número de turnos	Litros/ dia
Térreo Feminino	378	2	2	1512
Mezanino Feminino	302	1	2	604
Superior Feminino	154	1	2	308
Térreo Masculino	489	2	2	1956
Mezanino Masculino	443	1	2	886
Superior Masculino	384	1	2	768
<b>Total</b>				<b>6034</b>

Além desse panorama do uso da água nos banheiros feminino e masculino, é importante gerar indicadores individuais de consumo para o uso final de vaso sanitário e mictório, visto que o volume gasto em um acionamento do vaso, chega a ser seis vezes maior que o do mictório. Assim, será possível economizar no dimensionamento do reservatório, sendo este um dos itens mais caros do sistema, e com uma oferta menor, a área de cobertura necessária para atender a demanda, também, é reduzida.

A Tabela 14 apresenta os indicadores de uso final de água em litros por pessoa por dia. Portanto, a partir desses índices é possível estimar o volume de água em cada uso final com um estudo da média do número de pessoas que entram no banheiro em um dia.

*Tabela 14. Indicadores de consumo para cada uso final dos banheiros públicos*

Nº Pessoas (P)	VS (Frequência de uso)	MIC (Frequência de uso)	PIA (Frequência de uso)	VS (L/dia)	MIC (L/dia)	PIA (L/dia)	VS (L/P/dia)	MIC (L/P/dia)	PIA (L/P/dia)
10746	970	1394	2698	5820	1394	1889	0,54	0,13	0,18

Essa análise deixa evidente o consumo nos usos finais de água pelos usuários nos banheiros da rodoviária, mas não muito claro no que concerne ao consumo de água para a lavagem dos pisos. Por isso, esta abordagem foi trabalhada à parte, para podermos quantificar o volume de água gasto em média com esse uso final (por banheiro e por pavimento). Os funcionários da limpeza são divididos em quatro equipes que trabalham 12 horas e folgam 36 horas. Cada equipe é composta por 108 funcionários, distribuída meio a meio, em dois turnos (54 Funcionários por turno, por dia). Eles seguem um cronograma rígido de limpeza por turno, dividido em duas etapas, uma da lavagem dos banheiros e outra da lavagem dos pisos dos pavimentos.

#### ❖ Lavagem dos banheiros

O tempo medido para a lavagem desses banheiros foi de 20 minutos, não podendo ultrapassar para não prejudicar as pessoas que utilizam o espaço. Os banheiros são lavados no início da manhã, por volta das 7h e à noite, por volta das 23h. A manutenção durante o dia é constante, com uso de produtos desinfetantes e pano

úmido. Há sempre um funcionário responsável para manter os banheiros higienizados a todo o momento.

Segundo a equipe de limpeza, para lavar esses ambientes é necessário apenas um balde de 7,5 litros. O procedimento padrão é utilizar um produto desinfetante em todo o piso e em seguida enxaguar com a água. O volume estipulado de água para a lavagem de cada banheiro por dia é de aproximadamente foi de 15 litros.

A Tabela 15 resume os consumos de lavagem dos banheiros e apresenta as áreas e as frequências diárias de limpeza desses ambientes, para estimar a o volume de água diário (total) consumido por lavagem e a média de volume de água consumido por unidade de área.

*Tabela 15. Tabela resumo dos consumos de água para limpeza dos banheiros da rodoviária*

Local	Área (m <sup>2</sup> )	Número banheiros	Frequência	L/ lavagem/ dia	L/ m <sup>2</sup> / dia
Subterrâneo_Feminino	37	1	2	15	0,41
Térreo Feminino	42	2	2	30	0,36
Mezanino Feminino	48	1	2	15	0,31
Superior Feminino	26	1	2	15	0,58
Subterrâneo_Masculino	42	1	2	15	0,38
Térreo Masculino	47	2	2	30	0,32
Mezanino Masculino	55	1	2	15	0,27
Superior Masculino	24	1	2	15	0,63
<hr/>					
Total	410	10		150	0,41

#### ❖ Lavagem dos pisos

A rodoviária é lavada apenas uma vez ao dia, às 23h, pela equipe do plantão noturno. Durante o dia, a manutenção desses pisos é feita apenas com vassouras, sem uso de água, apenas em casos de necessidade, uma pequena área é isolada e lavada.

O subsolo, não é responsabilidade da rodoviária, e quem faz o serviço de limpeza é uma empresa terceirizada do Metrô-DF. Portanto, a lavagem desse piso não é contabilizada no consumo da rodoviária.

As lavagens dos pisos da rodoviária são realizadas pela mesma técnica em todos os pavimentos, através de baldes. Foi informado, que para a lavagem dos 20.822m<sup>2</sup> do térreo são utilizados 24 baldes de 60L, ou seja, 1440L; para a lavagem dos 4043m<sup>2</sup> do mezanino, são utilizados 3 baldes de 60L, ou seja, 180L; e para a lavagem dos 2171m<sup>2</sup> do pavimento superior, são utilizados 2 baldes de 60L, ou seja, 120 L. Através da somatória das áreas e volumes utilizados para a lavagem desses pisos foi obtido o valor de volume por unidade de área equivalente a 0,06L/m<sup>2</sup>.

A Tabela 16 é um resumo das informações acima com a média de consumo diário em litros (L) para lavagem de pisos por lavagem e por unidade de área (m<sup>2</sup>).

*Tabela 16. Tabela resumo dos consumos de água para limpeza dos pisos da rodoviária*

Local	Área (m <sup>2</sup> )	Frequência	L/ lavagem/ dia	L/ m <sup>2</sup> / dia
Térreo	20.822	1	1440	0,06
Mezanino	4.043	1	180	0,04
Superior	2.171	1	120	0,06
<hr/>				
Total	27036		1740	0,05

Observando as informações geradas de lavagem de pisos dos banheiros e das áreas de circulação, da Tabela 15 e da Tabela 16, foi possível determinar os valores diários médio de consumo de água destinada à limpeza de todos os pisos, conforme pode ser visualizado na Tabela 17. Como o índice de consumo na lavagem dos pisos dos banheiros é muito superior que o índice de lavagem dos pisos nas áreas de circulação, e as áreas dos banheiros correspondem a um valor muito inferior, para chegar a um índice geral para a lavagem de pisos, foi realizada a média ponderada. Isto é:  $((0,41 \times 410) + (0,05 \times 27036)) \div (410 + 27036)$ .

*Tabela 17. Consumo diário para lavagem dos pisos (banheiros + área de circulação)*

Local	L/ dia	L/ m <sup>2</sup> / dia
Banheiros	150	0,41
Pisos	1740	0,05
<hr/>		
Total	2040	0,06

Essa estimativa de consumo será utilizada para o dimensionamento da cisterna de aproveitamento de água pluvial e identificar a viabilidade da implantação de um sistema de reúso de águas cinzas.

### 5.2.3. Indicadores de Consumo

Os indicadores de consumo, neste trabalho, compõem uma regra prática que permite obter uma ideia do quanto de água é consumido por esta edificação, em relação ao número de pessoas que frequentam os banheiros e em relação à área lavável da edificação. Esses indicadores poderão ser utilizados para prever o consumo de água em outras edificações cujos hábitos de consumo e equipamentos hidráulicos são semelhantes. Esses indicadores foram calculados, separadamente, nos itens anteriores, e estão sintetizadas na Tabela 18.

*Tabela 18. Indicadores de consumo*

Uso Final	L/P/dia	L/m <sup>2</sup> /dia
VS	0,54	
MIC	0,13	
PIA	0,18	
Pisos		0,06

### 5.2.4. Usos Finais de Água

A partir das informações coletadas no local, tanto na vistoria quanto no levantamento das frequências para cada pessoa que entrou no banheiro e fez uso dos equipamentos sanitários, foi possível fazer a estimativa de volumes de água gastos diariamente em cada uso final dos banheiros destinados ao público e na lavagem de pisos da rodoviária. Esses resultados estão expostos na Tabela 19.

*Tabela 19. Volume médio de água gasto em cada uso final por dia*

Usos Finais	L/dia	m <sup>3</sup> /dia
VS + MIC	7214	7,21
PIA	1889	1,89
PISOS	2040	2,04
Total		11,14

A partir desses valores, foi calculado o consumo de água para comparar com a média mensal de água obtida das contas de água da CAESB, a fim de verificar quão significativo esses valores estão em relação ao todo. Tendo em vista que as contas

fornechas apresentam os valores em metros cúbicos (m<sup>3</sup>), será utilizado o consumo diário em m<sup>3</sup>. Considerando que o mês tem 30 dias, o volume total mensal dos usos finais calculados é de (11,14m<sup>3</sup>/dia x 30dias) que é equivalente a 334,2m<sup>3</sup>. A média de consumo de todos os meses entre os anos 2013 e 2016 é de 248m<sup>3</sup>. A diferença entre o volume mensal calculado e o volume médio mensal das contas de água obtidas pela CAESB é de 86,2m<sup>3</sup>. Considerando que não foram computados os volumes de água gastos nas áreas administrativas, e que a média de consumo foi referente a todos os anos analisados (2013-2016) e que a partir do ano de 2016 houve uma mudança no cronograma de limpeza que reduziu uma lavagem de piso diária em todos os pavimentos, os valores são satisfatórios e parecem estar próximos da realidade.

### 5.3 Potencial de Redução do Consumo de Água na Rodoviária

O potencial máximo de redução do consumo ocorrerá quando o sistema de AAP ou RAC, toda a demanda predial de água não potável. Por isso, foi realizado, primeiramente o cálculo de previsão da demanda de água não potável da rodoviária, conforme a Equação (7). Foram adotados os indicadores de consumo para cada uso final da Tabela 18. A Tabela 20 apresenta as demandas de água a partir dos indicadores, e do número médio de pessoas que utilizam os banheiros e no caso da lavagem dos pisos a área lavável de pisos total da edificação estes na tabela como (Eq.).

*Tabela 20. Demanda de água não potável da rodoviária*

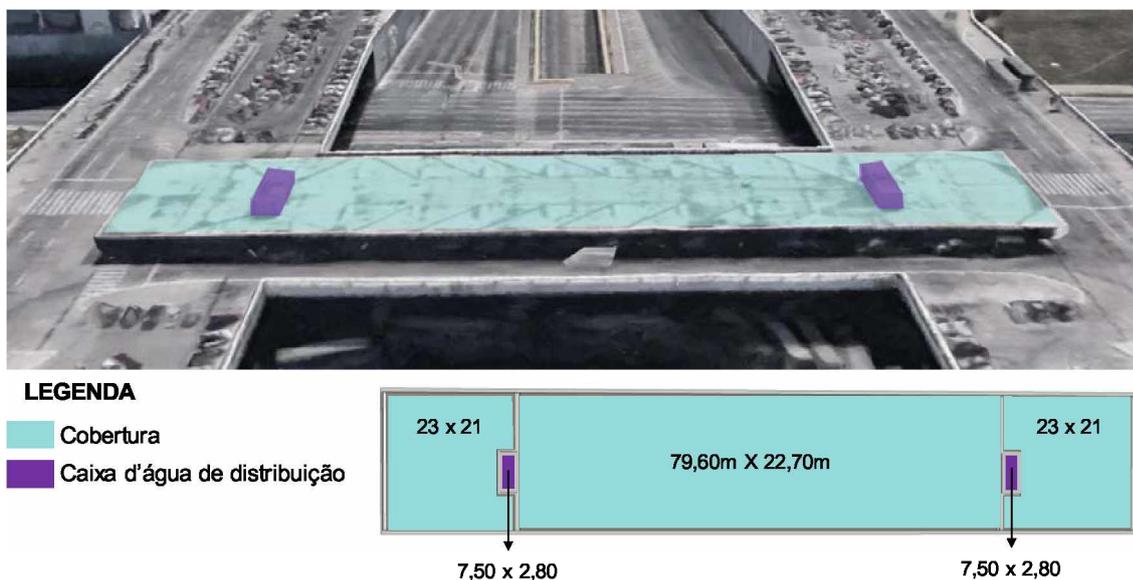
Usos-Finais	Indicador	Eq.	D <sub>diária</sub> (L)	D <sub>mensal</sub> (m <sup>3</sup> )	D <sub>anual</sub> (m <sup>3</sup> )
Lavagem de Pisos	0,06 (L/m <sup>2</sup> /dia)	27446 (m <sup>2</sup> )	1647	50,1	601
Descarga Sanitária	0,54 (L/P/dia)	10746 (P)	5803	176,5	2118
Mictórios	0,13 (L/P/dia)	10746 (P)	1397	42,5	510
<b>Total</b>			<b>8847</b>	<b>269,1</b>	<b>3229</b>

Considerando o consumo total mensal de 334m<sup>3</sup> e a demanda mensal de água não potável de 269m<sup>3</sup>, tem-se que o potencial máximo de redução que pode ser atingido é de até 80%.

### 5.3.1. Aproveitamento de Água Pluvial

O dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial foi calculado para captar água somente da cobertura. A área de cobertura da rodoviária é dividida em três partes, com duas caixas de distribuição de água em cima, conforme pode ser visualizado na Figura 34. A área total da cobertura é dada pelo somatório das áreas, em azul, menos o somatório das áreas da caixa d'água, em roxo, da seguinte maneira:  $\{2 \times [(23 \times 21) - (7,5 \times 2,8)] + (79,6 \times 22,7)\}$  que é igual à  $2.731\text{m}^2$ . Esta é a área disponível para a captação de água pluvial da rodoviária do plano piloto.

Figura 34. Cobertura da Rodoviária do Plano Piloto



A área de cobertura ideal levará em consideração a demanda de água não potável anual que se deseja suprir com o sistema, a média de precipitação anual, o coeficiente de escoamento do telhado e o coeficiente de filtragem.

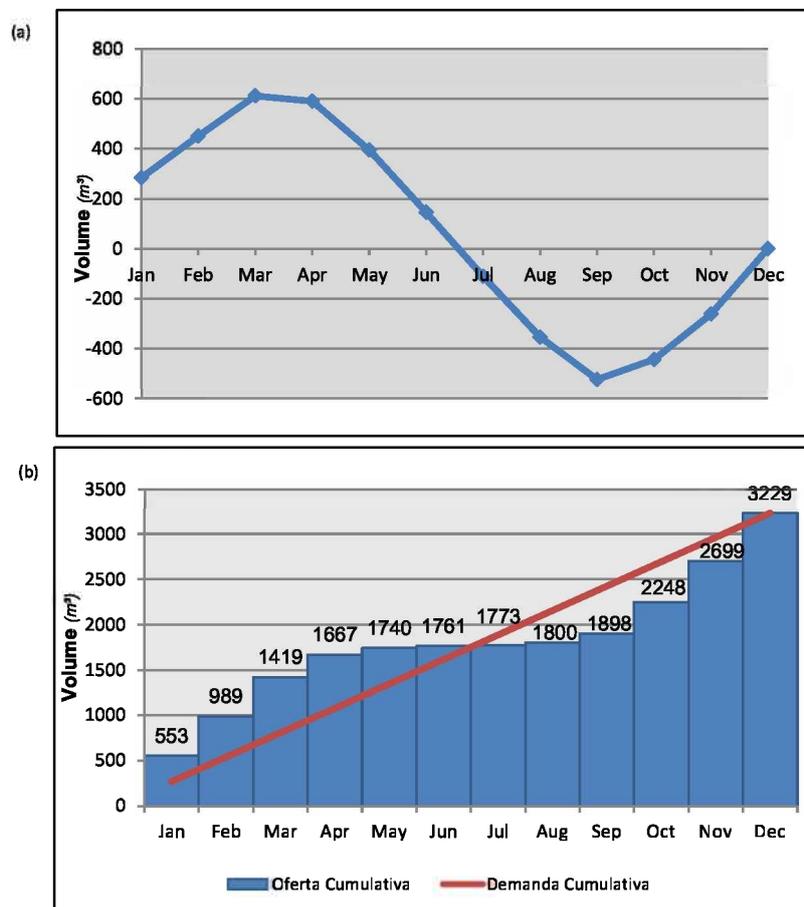
As telhas instaladas, no local, são de ferro galvanizado, e o coeficiente de escoamento é de 0,9 (ver tabela 1). Os filtros comerciais disponíveis no mercado para grandes áreas de cobertura tem o coeficiente de filtragem a partir de 0,9, sendo este o valor adotado. A média de precipitação anual de Brasília é de 1577 mm (INMET, 2018). A partir dessas informações foi calculada a área ideal de cobertura, conforme a Equação (8).

Para suprir toda a demanda de água não potável, o resultado obtido foi de  $2129\text{m}^2$ . A área de cobertura da rodoviária é de  $2731\text{m}^2$ , portanto, a área disponível é adequada para a instalação desse sistema.

O dimensionamento da cisterna foi realizado pelo método da Análise de Curva e Massa, seguindo a metodologia descrita, no item 4.3.2. A Figura 35 (a) mostra o

comportamento da chuva em Brasília/DF ao longo do ano. A partir desse gráfico, é possível observar que a cidade tem longos períodos de seca (cerca de seis meses) e por isso é necessário que a cisterna capte o máximo possível de chuva entre os meses de janeiro e junho para ter uma reserva que supra as necessidades dos meses que não haverá chuva. A Figura 35(b) é o resultado do dimensionamento através da Análise de Curva e Massa, em que a demanda cumulativa de água deve ser igual à oferta cumulativa (SANT'ANA, 2011). Dessa maneira, a cisterna ideal para ser implantada na rodoviária que irá atender toda a demanda dos usos não potáveis nos banheiros públicos e na lavagem de pisos é de 1761m<sup>3</sup>.

Figura 35. Resultado do dimensionamento da cisterna da Rodoviária do Plano Piloto através do método da Análise de Curva e Massa (a) comportamento pluviométrico anual, (b) Volume da cisterna baseado na oferta cumulativa e demanda cumulativa



Apesar da área de cobertura disponível ter a capacidade de suprir toda a demanda de água não potável, o volume do reservatório necessário para armazenar esse volume deve ser muito grande devido ao longo período de seca. Diante disso, foi feito o cálculo para identificar a área de cobertura ideal para suprir apenas a lavagem de pisos.

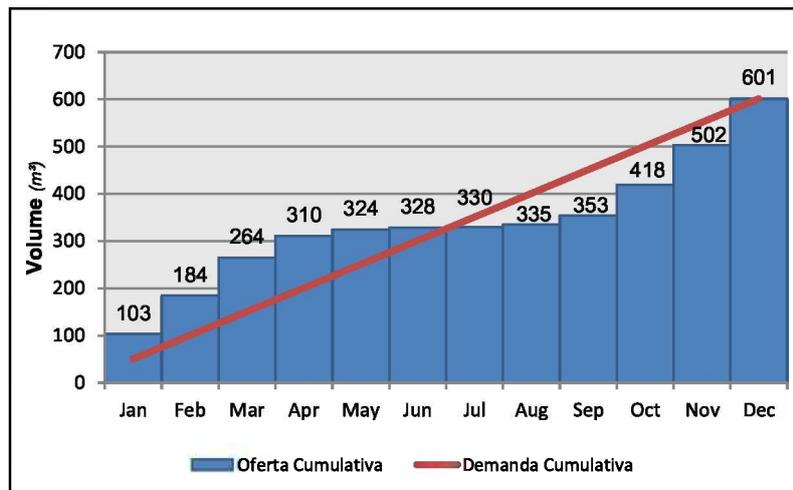
Para essa nova demanda, a área de cobertura ideal é de 471m<sup>2</sup>, podendo dessa maneira fazer uma adaptação predial menor utilizando apenas parte do telhado, conforme a área destacada na Figura 36.

Figura 36. Área de intervenção reduzida para suprir apenas lavagem de pisos



Neste caso a área é um pouco menor, e consegue suprir 590m<sup>3</sup> dos 601m<sup>3</sup> calculados de demanda total para a lavagem dos pisos. No entanto além de evitar obras maiores de adaptação predial o volume do reservatório é significativamente menor, de 328m<sup>3</sup>, como pode ser observado na Figura 37.

Figura 37. Volume da cisterna baseado na oferta cumulativa e demanda cumulativa, apenas para lavagem de pisos.



### Potencial de Redução do Consumo pelo Aproveitamento de Águas Pluviais

O potencial de redução do consumo pelo aproveitamento de águas pluviais pode ser máximo, pois a edificação tem área de cobertura suficiente para suprir a demanda anual de água não potável. Dessa maneira, o potencial de redução é de até 80%, que em um ano representa uma economia de 3.229m<sup>3</sup>. No entanto o volume do reservatório necessário para acumular a água da chuva capaz de suprir toda a demanda é bastante elevado 1.761m<sup>3</sup>, sendo necessário recorrer a obras de escavação no subsolo para produzi-lo.

Na segunda configuração, mais simples, onde não é necessário fazer alterações em todo o sistema de tubulações hidráulicas, o potencial de redução do consumo é de aproximadamente 15%, uma economia de cerca de 590m<sup>3</sup> ao ano. Neste caso, o reservatório de 330m<sup>3</sup>, ainda não é facilmente adaptável.

### 5.3.2. Reúso de Águas Cinzas

O dimensionamento do Sistema de Reúso de Águas Cinzas é calculado com base na oferta de água cinza disponível, que deverá atender a demanda de água não potável. Para calcular a oferta de água cinza gerada foi utilizado apenas o consumo dos lavatórios (PIA), pois, sendo a rodoviária um local aberto, na atual configuração do espaço e do método utilizado para a lavagem dos pisos (baldes), não é possível fazer o acúmulo dessa água. Como esse sistema trabalha com um ciclo diário, a oferta foi calculada para este período de tempo conforme a Tabela 21, com uma oferta 1.934 litros (L).

*Tabela 21. Oferta de água cinza na Rodoviária do Plano Piloto*

Usos-Finais	Indicador	Equiv.	O <sub>diária</sub> (L)
PIA	0,18	10746,00	1934

Tendo em vista que a demanda diária para suprir todos os usos não potáveis é de 8.847 L, a oferta gerada só conseguiria suprir 22% desse total e portanto não é vantajoso. No entanto, considerando a água de reúso apenas para a lavagem de pisos, cuja demanda diária é de 1647 L, esse sistema funcionaria tranquilamente.

### Potencial de Redução do Consumo pelo Reúso de Águas Cinzas

O volume de águas cinzas gerados na rodoviária é pequeno e não consegue suprir a demanda total de água não potável. No entanto esse sistema pode ser implantado para lavagem de pisos. Neste caso, a redução do consumo para esse sistema é de aproximadamente 15%, com uma economia anual de 601m<sup>3</sup> de água.

### 5.3.3. Sistemas Mistos de Abastecimento (AAP – RAC)

Tendo em vista que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é capaz de suprir toda a demanda de água não potável, e o volume de água cinza gerado só consegue suprir a demanda parcial de lavagem de pisos, o uso desse

sistema pode ser positivo, pois com a água cinza cobrindo parte da demanda de água não potável, o reservatório necessário para o acúmulo de água de chuva para atender vasos sanitários e mictórios é menor.

Como o nível de tratamento da água de chuva é muito menor que o nível de tratamento da água cinza, e o sistema mais significativo, ou seja maior, é o de AAP, o ideal é implantar os dois sistemas separadamente. Pois, caso os efluentes se misturem em um único reservatório o tratamento de toda a demanda terá que seguir o sistema de tratamento de reúso de águas cinzas, que por ter uma qualidade inferior, demanda de maiores investimentos com sistemas de tratamento de água e manutenção.

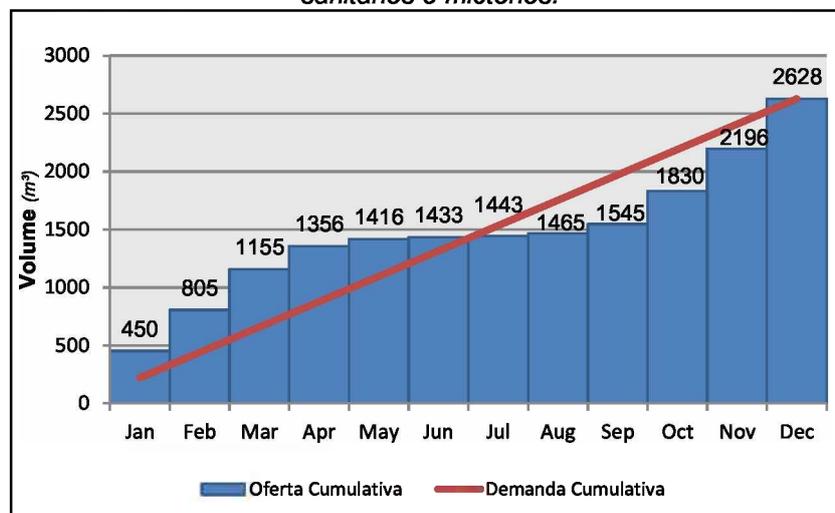
Neste cenário, para o aproveitamento de água pluvial, a área de cobertura ideal é de 2057m<sup>2</sup>, podendo adaptar apenas parte da cobertura conforme Figura 38.

Figura 38. Área de intervenção para suprir vasos sanitários e mictórios



O volume do reservatório para armazenar essa demanda é de 1433m<sup>3</sup>, como pode ser observado na Figura 39. Ainda é um reservatório muito grande, mas representa uma redução de 318m<sup>3</sup> de água acumulada.

Figura 39. Volume da cisterna baseado na oferta cumulativa e demanda cumulativa, para vasos sanitários e mictórios.



Para o reúso de águas cinzas, o cálculo anterior apenas para lavagem de pisos será mantido.

### **Potencial de Redução do Consumo pelo Sistema Misto de Abastecimento**

Para esta configuração do sistema o potencial de redução do consumo é máximo podendo chegar a uma economia de até 80%. No entanto, deve-se considerar que serão implantados dois sistemas um de reúso de águas cinzas, um sistema mais caro que demanda de maior manutenção e níveis de tratamento, e o aproveitamento de água pluvial com um reservatório, ainda, bastante grande. O que torna este sistema menos indicado para ser inserido na rodoviária.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa na Rodoviária do Plano Piloto surgiu da carência de dados dos usos finais em edifícios de transporte, que otimizam os cálculos de dimensionamento de sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas. Podendo, dessa maneira, promover a disseminação de sistemas descentralizados de abastecimento, que promovem a redução da pressão da demanda de água nas centrais de abastecimento. O objetivo desse estudo é analisar o potencial de redução do consumo de água na rodoviária através desses sistemas descentralizados de Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas.

Para isso foi realizado o levantamento de dados primários, utilizando as contas de água da rodoviária, fornecidas pela CAESB, a fim de identificar o perfil de utilização de água na edificação e analisar quais fatores afetam seu consumo. O resultado dessa análise mostrou que ao longo dos anos não ocorreram oscilações repentinas, o que indica que esta edificação não possui problemas constantes de vazamentos nas tubulações de distribuição, para certificar essa hipótese, na segunda etapa do estudo foi feita uma vistoria hidráulica. No que concerne às anomalias no sistema, com base nos documentos das contas de água, foi observado apenas um pico de volume em dezembro de 2013 com um consumo de 1774m<sup>3</sup> um aumento de cerca de 715% em relação à média de 248m<sup>3</sup>, mas em janeiro o consumo se normalizou e manteve sua estabilidade. Não foi possível certificar o motivo deste aumento abrupto, mas a hipótese é que tenha furado alguma tubulação de distribuição ou quebrado a torneira boia do reservatório que manteve um fluxo constante de entrada de água no reservatório.

Para analisar quais fatores afetam o consumo predial de água na rodoviária foram utilizadas as ferramentas estatísticas de correlação. As primeiras variáveis utilizadas para avaliar seu impacto no consumo foram as variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa do ar e índices de precipitação), visto que a rodoviária possui seus ambientes abertos e a percepção do conforto higrotérmico pelas pessoas que utilizam o espaço é dependente do clima externo. Os resultados deste estudo apontaram para uma correlação muito baixa, com um índice de determinação ( $R^2$ ) de aproximadamente 0,2.

Além das variáveis climáticas foi analisado o comportamento do consumo em relação às tarifas aplicadas pela companhia de abastecimento. Nesse aspecto a relação é bastante forte, e obteve um  $R^2$  de aproximadamente 0,7. Diante disso, pode-se concluir que o comportamento das pessoas que utilizam o espaço é pouco influenciado por fatores externos, e que a redução do volume registrado em relação às tarifas aplicadas, é confirmada a partir dos esforços da equipe de manutenção em reduzir a quantidade de água gasta com limpeza. Exemplo disso foi a alteração no cronograma diário de limpeza no ano de 2016. Onde houve uma redução na quantidade de lavagem dos pisos, de duas lavagens diárias (manhã e noite) para apenas uma (noite). No entanto, a relação entre o consumo e a tarifa é chamada de inelástica, ou seja, chega um ponto que a tarifa não é capaz de reduzir mais o consumo, já que os ambientes continuarão sendo utilizados pelas pessoas e a necessidade de limpeza do local deverá ser realizada independente.

O levantamento qualitativo foi dividido em duas partes, a primeira com a vistoria hidráulica em todos os ambientes com pontos de consumo de água, para verificar o estado das instalações e documentar as vazões de cada equipamento. O resultado da vistoria mostra que ocorrem muitos vazamentos em torneiras e vasos sanitários, em especial nos banheiros públicos, que não são corrigidos rapidamente. Pois, segundo foi informado, as vistorias feitas pela equipe de manutenção para procurar vazamentos e/ou equipamentos quebrados são realizadas esporadicamente. No entanto, os equipamentos utilizados são de boa qualidade e promovem a conservação de água. Com ajustes nos temporizadores das torneiras, padronizando os tempos de abertura, bem como o planejamento de vistorias periódicas nos banheiros, para fazer pequenos consertos quando necessário tem o potencial de melhorar a qualidade do serviço prestado à população e auxiliar na redução do consumo.

A segunda parte do levantamento qualitativo teve por fim obter frequências de uso nos equipamentos sanitários e verificar os volumes gastos em cada uso final. Foi computada uma média diária de 10746 pessoas utilizando os banheiros públicos da rodoviária. Os padrões de consumo das frequências de usos em cada equipamento sanitário dos banheiros mostraram que, nos banheiros masculinos, a maior parte do consumo é nos lavatórios com taxa de frequência entre 40% e 60%, seguido dos

mictórios entre 30% e 50% e vaso sanitário entre 4% e 15%. No caso dos banheiros femininos o principal consumo, também, é nos lavatórios com frequência entre 60% e 70% seguido dos usos em vasos sanitários entre 30% e 40%. Apesar desse padrão de consumo apresentar a maior frequência nos lavatórios, o vaso sanitário e o mictório são os principais consumidores de água, com média de gasto diário de cerca de 7214 litros, contra 1889 litros que são gastos nos pontos de lavatórios. Esse resultado é dado, pois a vazão do vaso sanitário é cerca de seis vezes superior à vazão dos lavatórios. A lavagem dos banheiros e da área de circulação da rodoviária é realizada por meio da mesma técnica, baldes de água e produtos desinfetantes. Ao todo são utilizados, para lavar os 27.036 m<sup>2</sup> desta edificação, cerca de 2040 litros todos os dias.

Com base nos dados coletados foi possível gerar indicadores de uso final de água, que, neste trabalho, compõem uma regra prática que permite prever o consumo de água através do número de pessoas que frequentam os banheiros e em relação à área lavável da edificação. Assim, para os vasos sanitários o indicador de consumo é de 0,54 litros por pessoa por dia (L/P/dia); para os mictórios é de 0,13L/P/dia, para os lavatórios, é 0,18L/P/dia e para a lavagem de pisos, o indicador é de 0,06 L/m<sup>2</sup>/dia.

A partir dos dados gerados foi feito uma simulação do consumo mensal para comparar esses valores com a média dos consumos registrados nas contas da Caesb. O resultado a partir dos indicadores gerados mostrou que são consumidos cerca de 334m<sup>3</sup> de água e a média registrada de consumo de todos os meses entre os anos 2013 e 2016 é de 248m<sup>3</sup> e para o mês de junho, mês da coleta de dados, é de 288m<sup>3</sup>. A diferença entre o volume mensal calculado e o volume médio mensal das contas de água obtidas pela CAESB é de 86m<sup>3</sup> e 46m<sup>3</sup>. Como os valores são próximos e considerando que há diferença no fluxo dependendo do período do ano, o resultado dos indicadores é satisfatório. Diante do resultado, fica evidente que o maior consumidor de água da rodoviária são os banheiros públicos. Portanto, para que haja um bom manejo dos recursos hídricos e para melhor gerir este recurso, é importante ter controle do número de pessoas que frequentam os banheiros diariamente, uma alternativa simples para colocar essa medida em prática é o uso

de catracas nesses ambientes, e a documentação semanal ou mensal dos números registrados.

Para analisar o potencial de redução do consumo de água através dos sistemas de AAP e RAC, cada um desses sistemas foi dimensionado. Foi verificado que o uso desses sistemas, nesse tipo de edificação, é capaz de reduzir o consumo de água em até 80%. Esta economia expressiva só é possível, pois o maior consumo de água nesta edificação é proveniente dos usos não potáveis (limpeza de pisos, vasos sanitários e mictórios) e tem seus ambientes abertos para toda a população.

O aproveitamento de água pluvial é capaz de atender toda essa demanda, mas devido às condições meteorológicas do DF, que possui longos períodos de seca (cerca de 6 meses), o reservatório necessário é muito alto,  $1.761\text{m}^3$ , e para ser implantado é necessário obras de escavação no subsolo para o armazenamento da água captada. Diante disso, foi calculado o potencial de redução do consumo aproveitando a água de chuva apenas para a lavagem de pisos, nesse cenário, o potencial de redução é de 15% com uma economia de  $590\text{ m}^3$  ao ano, com reservatório de  $330\text{ m}^3$ , ainda assim é um reservatório grande e para o caso de aproveitar apenas a água para lavagem de pisos o reúso de águas cinzas é mais adequado.

Para este sistema, de reúso de águas cinzas, a oferta de água disponível para os usos não potáveis atende apenas a demanda de água não potável da lavagem de pisos. No entanto, por ter um ciclo diário de consumo para suprir essa demanda diária de 1.647 litros de água, esse sistema pode funcionar com reservatórios comerciais comuns de 1.500 litros. Nesse caso a redução também é de aproximadamente 15%, com uma economia anual de em média  $601\text{m}^3$ .

Diante das potencialidades de cada sistema, foi dimensionado o sistema misto com o aproveitamento de água pluvial para suprir as demandas de descargas sanitárias e mictórios, e o reúso de águas cinzas para a lavagem de pisos, nessa configuração o sistema atinge seu potencial máximo de redução do consumo, de até 80%, no entanto, é necessário fazer a adaptação predial para os dois sistemas e o volume do reservatório do aproveitamento de água pluvial ainda é muito grande com capacidade de  $1.433\text{m}^3$ .

Por fim, caso a administração tenha interesse em fazer uma reforma estrutural, que gere o potencial de redução máximo do consumo de água, o aproveitamento de água pluvial será necessário. Tendo em vista que os reservatórios para atender toda a demanda de água não potável tanto no sistema de AAP quanto no sistema misto são ambos muito grandes, o sistema de AAP é mais vantajoso por ser único sistema e ter uma manutenção mais simples. Por outro lado, no caso de abastecer somente a demanda de lavagem de pisos, o reúso de águas cinzas é o mais recomendado, por ter um ciclo diário que atende toda demanda e precisar de um reservatório muito menor facilmente adaptável tanto na cobertura quanto na área técnica do subsolo.

Utilizando como base a tarifa aplicada pela Caesb, da Tabela 9, até maio de 2017, constante durante todo o ano e considerando o consumo anual de 4.008 m<sup>3</sup> (334 m<sup>3</sup> x 12 meses), o gasto anual com a água é de R\$ 33.708,00. Utilizando o sistema com máximo potencial de redução do consumo, que possibilita uma economia de 3229m<sup>3</sup> de água potável ao ano, o gasto anual com a água seria de R\$ 6.343,53. Utilizando o sistema que supre apenas o volume de água não potável para lavagem de pisos, com potencial de redução do consumo de até 601 m<sup>3</sup> anuais, apenas para a lavagem de pisos, o gasto anual com a água seria de R\$ 29.128,29.

Por fim, considerando o impacto ambiental dessas medidas, o aproveitamento de água pluvial ou o sistema misto são muito impactantes e geram uma economia anual expressiva. No entanto, apesar do reúso de águas cinzas utilizados apenas para a lavagem de pisos ter uma economia anual não tão expressiva, ela é mais simples para implantar e adaptar a edificação, podendo ser uma medida inicial para posterior reforma de implantação do sistema completo com uma reforma estruturante.

### **6.1. Recomendações para Estudos Futuros**

A necessidade de gerar estudos e implantar sistemas para reduzir as demandas por água potável tem se tornado cada vez mais essencial. Os estudos dos usos finais de água são uma maneira de contribuir com a difusão dos sistemas alternativos de abastecimento no mercado, pois com dados mais precisos dos consumos em cada tipologia permite cálculos mais acurados da oferta e demanda de água necessária. Portanto, evita os riscos de superdimensionamentos do sistema que acabam por torná-los economicamente inviáveis ou ainda, sistemas ineficientes, que não

produzem todo seu potencial de redução de consumo. Dessa forma, esse estudo deve ser ampliado para outras edificações de rodoviária e transportes no Distrito Federal e ao redor do Brasil, para que possam ser gerados dados generalizáveis, e verificar como em diferentes regiões o consumo pode ser afetado.

A partir dos dados produzidos na presente pesquisa, é possível complementar o estudo fazendo uma análise de *payback* dos sistemas calculados para verificar qual tem maior viabilidade econômica para ser implantado. Ainda, com os resultados gerados, pode ser criado um modelo matemático para o cálculo de sistemas alternativos, e a partir desse modelo ampliar o banco de dados para diferentes tipologias de edificação e contribuir com a implantação desses projetos na construção civil em larga escala. Portanto, é necessário ampliar esses estudos nas mais diferentes edificações para compilar esses dados.

## **6.2. Limitações da Pesquisa**

O maior desafio encontrado para o desenvolvimento do estudo foi a comunicação com os diferentes setores da administração, para averiguar e identificar causas de conflitos e discrepâncias nos dados obtidos, das contas de água. Por isso, não foi possível certificar o motivo exato do aumento de consumo em 2013. A segurança no local, também, foi um obstáculo durante a coleta de dados, que logo no primeiro contato com a administração, ao comunicar sobre a pesquisa e a metodologia sendo desenvolvida, que previa o uso de *dataloggers* em um período de sete dias consecutivos durante 24 horas, foi advertido que era perigoso manter esses equipamento em local público e que não havia seguranças para fiscalizar. Dessa maneira, a metodologia de coleta de frequências foi adaptada com pessoas, que ficariam durante o período da manhã e da noite observando e documentando a frequência de cada uso final nos banheiros públicos. No entanto, ainda assim, foi necessário interromper o levantamento antes do período previsto, pelo mesmo motivo, limitando a quantidade de amostras obtidas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. **NBR 13969**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas 1997.
- \_\_\_\_\_. Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. **NBR 15527**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas 2007.
- \_\_\_\_\_. Instalação predial de água fria. **NBR 5626**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas 1998.
- \_\_\_\_\_. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. **NBR 12217**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas 1994.
- ABG. Consultoria estatística. **Desvio padrão e erro padrão**. 2017. Disponível em: <<http://www.abgconsultoria.com.br/blog/desvio-padrao-e-erro-padrao/>>. Acesso em: maio, 2018.
- ACQUA BRASILIS. **Tratamento e reúso de água cinza**. 2018. Disponível em: <<http://www.acquabrasilis.com.br/tratamento-e-reuso-de-agua-cinza>>. Acesso em: maio, 2018.
- ADASA. **Sistema de abastecimento de água**. Brasília: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal, 2018. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/abastecimento-de-agua-e-esgoto/fiscalizacao/sistema-de-abastecimento-de-agua>>. Acesso em: maio, 2018.
- ALMEIDA, R. G. **Aspectos legais para a água de reúso**. VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n. 2. 2011. p. 31-43.
- ANA. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: Agência Nacional das Águas, 2016.
- \_\_\_\_\_. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: Agência Nacional das Águas, 2016.
- ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: ProI Editora Gráfica, 2005.
- ANNECCHINI, K. P. V.. **Aproveitamento da Água da Chuva para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Vitória, 2005. 150 p.
- AQUASTOCK. **Catálogo de Produtos - Aproveitamento de Água de Chuva**. São Paulo, 2013. 20 p.
- BERTOLO, E. J. P. B. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. Porto: Universidade do Porto, Junho, 2006. 204 p.
- BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: maio, 2018.
- \_\_\_\_\_. **Lei Complementar n. 803**, de 25 de abril de 2009. Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providencias. Disponível em: <<http://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Lei-Complementar-Distrital-n%C2%BA-803-de-2009.pdf>>. Acesso em: abril, 2017.

- \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 54, de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 09 mar. 2006.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 359**, de 29 de abril de 2005.
- \_\_\_\_\_. Senado Federal. **Discussão: Segurança hídrica recebe pouco investimento do governo**. Dezembro, 2014. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/escassez-de-agua/contexto/governo-investe-pouco-em-seguranca-hidrica>>. Acesso em: maio 2018.
- CAESB. **Caça-Vazamentos – Teste de inspeção visual e tátil-auditivo**. Brasília, s.d.. 12 p.
- \_\_\_\_\_. **Siagua 2002: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal**. 11ª ed. Brasília: CAESB, 2002. 100 p.
- \_\_\_\_\_. **Siagua 2004: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal**. 13ª ed. Brasília: CAESB, 2004. 102 p.
- \_\_\_\_\_. **Siagua 2006: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal**. 15ª ed. Brasília: CAESB, 2006. 110 p.
- \_\_\_\_\_. **Siágua 2008: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal**. 17 ed. Brasília: CAESB, 2008. 143 p.
- \_\_\_\_\_. **Rodízio de Água: Localidades Atingidas DF**. Mapas dinâmicos 2016-2017. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/empresa/codigo-de-etica/27-portal/564-falta-d-agua-emergencial-2.html>>. Acesso em: maio 2017.
- \_\_\_\_\_. **Relatório de Indicadores 2016**. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, 2016.
- CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de Água Pluvial em Edifícios Residenciais Multifamiliares na Cidade de São Carlos**. São Carlos: UFSCAR, 2004. 131 p.
- CARVALHO, C. H. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, 2011. p. 42. Disponível em: <[http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_1606.pdf](http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_1606.pdf)>. Acesso em: junho 2018.
- CARVALHO JÚNIOR, R. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 5. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2012. 315 p.
- CERQUEIRA, G. A.; PINTO, H. S.; FARIA, I. D.; BAPTISTA, J. C. R.; KASSMAYER, K.; SOUZA, L. B. G.; KÖHLER, M. A.; ABBUD, A.; PINTO, V. C.; Consultoria Legislativa do Senado Federal. **A Crise Hídrica e suas Consequências**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/boletins-legislativos/bol27>>. Acesso em: maio 2018.
- SABESP. **Manual de gerenciamento para controladores de consumo de água**. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/Manual%20do%20controlador.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/Manual%20do%20controlador.pdf)>. Acesso em: 28 janeiro 2015.
- DECA. **Catálogo de produtos economizadores**. 2017. p. 37, 163. Disponível em: <[https://cdn.deca.com.br/site/files/deca\\_economizadores\\_0\\_0.pdf](https://cdn.deca.com.br/site/files/deca_economizadores_0_0.pdf)>. Acesso em: abril, 2018.

- DOLMÔNICA, A. H. **Análise de fatores influenciadores do consumo de água em Uberlândia: O caso do Setor Sul**. 2014. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.
- DZIEGIELEWSKI, B. *et al.* **Commercial and institutional end uses of water**. Denver: AWWA Research Foundation, 2000. 264p.
- EBC. Agência Brasil. **Sem chuva há 86 dias, Distrito Federal declara estado de alerta**. Set, 2016. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-09/sem-chuva-ha-86-dias-distrito-federal-declara-estado-de-alerta>>. Acesso em: outubro, 2016.
- ENVIRONMENT AGENCY. **A study of domestic greywater recycling**. National Water Management Centre. Bristol: Environment Agency. 2000.
- FAHLBUSCH, H. **Municipal water supply in antiquity, a historical introduction**. Roman Archeducts. Junho, 2008.
- FARINA, M.; MAGLIONICO, M.; POLLASTRI, M.; STOJKOV, I. **Water consumption in public schools**. Procedia Engineering, v.21, p.929-938, 2011.
- FASCOLA, B. F. *et al.* **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.11, n.4, p.65-78, 2011.
- FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. 2002. 263p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- FERRARI, D. B. **MOQ-14 Projeto e Análise de Experimentos**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Mecânica-Aeronáutica. ITA, 2014. 27 slides, color. Acompanha texto.
- FERREIRA, A. L. **Depender do transporte público no DF é um sufoco diário**. Jornal de Brasília. 2016. Disponível em: <<http://www.jornaldebrasil.com.br/cidades/depende-do-transporte-publico-no-df-e-um-sufoco-diario/>>. Acesso em: maio, 2018.
- FIGUEIREDO, C. R. **Equipamentos hidráulicos e sanitários**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. 92 p.
- FORNARO, A. **Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil?** Revista USP, São Paulo, n.70, p.78-87. 2006.
- FURTADO, D. C. **Transporte coletivo responsivo à demanda: uma análise de requisitos de aceitabilidade para potenciais usuários no Distrito Federal**. 2017. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- GDF. **Entenda o racionamento de água n DF**. Jan, 2017. Disponível em: <<http://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2017/01/18/entenda-o-acionamento-de-agua-no-df/>>. Acesso em: janeiro, 2017.
- GHISI, E., TAVARES, D. F., ROCHA, V. L. **Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis**. Resources, Conservation and Recycling, v.54, n.2, p.79-85, 2009.
- GOMEZ, J.; ALVES, W. **Final water consumption in building installations using the flow-rate trace**. Proceedings 26<sup>th</sup> International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. Rio de Janeiro: USP, 2000.
- GONÇALVES, O. M.; IOSHIMOTO, E.; OLIVEIRA, L. H. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água**. Ministério das Cidades, Brasília, 1999. 41p.

- GRIGGS, J. C.; SHOULER, M. C.; HALL, J. **Water conservation and the built environment**. In: 21 AD: Water. Oxford: Oxford University Press. 1998.
- HEIJNEN, H. **A captação de água da chuva: Aspectos da qualidade, saúde e higiene**. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2012. Federação das Indústrias do Estado da Paraíba. Campina Grande-PB. Disponível em: <<http://www2.al.rs.gov.br/forumdemocratico/LinkClick.aspx?fileticket=Zv8iFiAtyTk%3D>>. Acesso em: maio 2017.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 1 Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.
- HIDROSUL. **Estações de Tratamento de Efluentes**. 2018. Disponível em: <[http://www.hidrosul.com.br/produto/sistema-fisico-quimico?gclid=Cj0KCQjw5qrXBRC3ARIsAJq3bwrhOIS3khev9k7ZfqRDLTuXeG7hkms0dFjneZnk1jeEPfMwLceiX4aAu67EALw\\_wcB](http://www.hidrosul.com.br/produto/sistema-fisico-quimico?gclid=Cj0KCQjw5qrXBRC3ARIsAJq3bwrhOIS3khev9k7ZfqRDLTuXeG7hkms0dFjneZnk1jeEPfMwLceiX4aAu67EALw_wcB)>. Acesso em: maio, 2018.
- IBGE. **Estimativas de população**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2013.
- ILHA, M. S. O.; NUNES, S. S.; SALERMO, L. S. **Programa de conservação de água em hospitais: Estudo de caso do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.1, p. 91-97, 2006.**
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP**. Brasil. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: fevereiro de 2018.
- INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL - IBRAM. **Resultados do Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar do Distrito Federal**. Brasília, DF. 2018. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/informacoes/meio-ambiente/qualidade-do-ar.html>>. Acesso em: abril, 2018.
- IPCC. **Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability**. Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report, Cambridge University Press. 2001.
- KAMMERS, P. C.; GHISI, E. **Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.1, p.75-90, 2006.
- LEGGETT, D.; SHAFFER, P. **Buildings that save water: Rainwater and greywater use**. Volume 151 Issue 3. Setembro 2002, pp. 189-196
- LOBO, R. **Os 8 maiores sistemas de transporte do Brasil**. 2015. Via Trolebus. Disponível em: <<http://viatrolebus.com.br/2015/03/os-8-maiores-sistemas-de-transporte-do-brasil/>> Acesso em: maio, 2018.
- LUDWIG, A. **Create an Oasis with Greywater**. Choosing, Building, and Using Greywater Systems. 5. ed. Santa Barbara, CA.: Editora Oasis Design, 2007. 145 p.
- LUDWIG, A. **Create an Oasis with Greywater**. Integrated Design for Water Conservation. 6. ed. Santa Barbara, CA.: Editora Oasis Design, 2015. 154 p.
- MADDAUS, W. O.; MADDAUS, M. L. **Evaluating water conservation cost-effectiveness with an end-use model**. Proceedings Water Sources Conference, Austin Texas: AWWA, 2004.
- MAIA, A. A.; SILVA, D. A.; LIMA, D. E. S.; LIMA, W. J. F. **Automação para tratamento de água por floculação e flotação**. Institutos de Ensinos Superiores da Amazônia. Belém, PA, s.d.
- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2006.

- MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.8, n.2, p.67-84, 2008.
- MAYS, L. W. **Use of cisterns during antiquity in Mediterranean region for water resources sustainability.** IWA publishing, Water Science and Technology: Water Supply 14.1. 12, setembro. 2013. p.38-47.
- MAZZEGA, P.; THEROND, O.; DEBRIL, T.; MARCH, H.; SIBERTIN-BLANC, C.; LARDY, R.; SANT'ANA, A. **Critical multi-level governance issues of integrated modelling: An example of low-water management in the Adour-Garonne basin (France).** Journal of Hydrology. 2014. p.2515-2526.
- MENDEZ, C. B., KLENZENDORF, J. B., AFSHAR, B. R., SIMMONS, M. T., BARRETT, M. E., KINNEY, K. A., and KIRISITS, M. J. **The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater,** Water Research, 45. 2011. p.2049-2059. Disponível em: <[https://cdn.ymaws.com/www.arcsa.org/resource/dynamic/forums/20131005\\_133924\\_12882.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.arcsa.org/resource/dynamic/forums/20131005_133924_12882.pdf)>. Acesso em: junho 2018.
- MMA, SRH. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil.** Brasília: MMA, 2006.
- MORALES, M.; FRIEDMAN, K. R.; HEANEY, J. P. **Estimating water end-use devices in the commercial and institutional sectors.** Gainesville: University of Florida, 2010. 28p.
- MOURA, L. H.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. **A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama - Distrito Federal.** Quim. Nova, Volume 33, N° 1, 2010. p.97-103.
- MUNIZ, L. **Material de Estatística, um estudo completo sobre a probabilidade e correlação e regressão simples.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAScQAG/probabilidade?part=11>>. Acesso em: maio de 2018.
- MUNIZ, M. **Rodoviária do Plano Piloto.** Modelo 3D Warehouse (Google). 2014. Disponível em: <<https://3dwarehouse.sketchup.com/model/af3c8c40a5d4f8a26b8ebfd4e9b8386e/Rodoviaria-do-Plano-Piloto>>. Acesso em: maio, 2018.
- NASCIMENTO, E. A. A.; SANT'ANA, D. **Caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações do Setor Hoteleiro de Brasília.** Arqimed , v.3, p.156 - 167, 2014.
- NGIGI, S. N. **Optimization of Rainwater Catchment Systems Design Parameters in the Arid and Semiarid Lands of Kenya.** Proceedings of KSAE, Nairobi, Kenya. 1999.
- PAHL-WOSTL, C.; TÁBARA, D.; BOUWEN, R.; CRAPS, M.; DEWULF, A.; MOSTERT, E.; RIDDER, D.; TAILLIEU, T. **The importance of social learning and culture for sustainable water management.** Ecological Economics 64. 2008. pp.484-495.
- PASCHKE, P.; VAN GELDER, R. E.; SIEGELBAUM, H. **Hotel water conservation: A Seattle demonstration.** Seattle: Seattle Public Utilities, 2002. 127p.
- PDOT. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial - 2007.** Brasília: Governo do Distrito Federal, 2007.
- PRADO, G. S.; MULLER M. S. K.. **Sistema de aproveitamento de água para edifícios.** Revista *téchné*, 138. ed. Novembro de 2007. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/128/artigo285704-1.aspx>>. Acesso em: março de 2015.
- PROENÇA, L. C.; GHISI, E. **Water end-uses in Brazilian Office buildings.** Resources, Conservation and Recycling, v.54, n.8, p.489-500, 2010.

- RATHNAYAKA K.; MALANO, H.; MAHEEPALA, S.; GEORGE, B.; NAWARATHNA, A.; ROBERTS, P. **Seasonal Demand Dynamics of Residential Water End-Uses**. *Water* 2015, 7, 202-216; doi:10.3390/w7010202. Disponível em: <[www.mdpi.com/2073-4441/7/1/202/pdf](http://www.mdpi.com/2073-4441/7/1/202/pdf)>. Acesso em: outubro, 2016.
- RODRIGUES, J. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais – Dimensionamentos e Aspectos Construtivos**. Engenharia Civil. Universidade do Porto. Portugal.
- ROSEGRANT, M.; CAI, X.; CLINE, S. **Global water outlook to 2050: averting an impending crisis**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2002.
- SA-Health. **Manual bucketing and temporary diversion of greywater**. 2008. Wastewater Fact Sheet. Government of South Australia. 2p.
- SANT'ANA, D. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas em Edificações (Modulo 1)**. Laboratório de Controle Ambiental – Universidade de Brasília, 2015. 48 slides, color. Acompanha texto.
- SANT'ANA, D.; AMORIM, C. N. D. **Reúso de água em edificações: premissas e perspectivas para o contexto brasileiro**. *Sistemas Prediais*, São Paulo, v.2, n.1, Setembro, p.32-37. 2007.
- SANT'ANA, D. **A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwelling**. 2011. 411p. Tese (Doutorado no Instituto de Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Oxford Brookes, Oxford, Reino Unido.
- SANT'ANA, D.; et al. **Viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais do Distrito Federal**. Brasília: UnB, 2017. 77 p. (Relatório Técnico 5/2017). Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/abastecimento-de-agua-e-esgoto/regulacao/reuso-de-aguas-cinza-e-aproveitamento-de-aguas-pluviais>>. Acesso em: maio 2018.
- SANTOS, C.C. **Previsão de demanda de água na região metropolitana de São Paulo com redes neurais artificiais e condições socioambientais e meteorológicas**. 2011. 138p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Ambiental). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SANTOS, F.N.B. **Estudo da correlação do PIB e do IDH com o consumo per capita de água nas regiões brasileiras**. 2010. 94p. Monografia. Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG.
- SAUTCHUK, C. *et al.* **Conservação e Reuso da Água em Edificações. Manual** – Sindicato das Construções (SINDUSCON). São Paulo, 2005. 152 p.
- SCHMIDT, W. **Produtos economizadores de água nos sistemas prediais. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água**. Ministério das Cidades, Brasília, p.41. 2004.
- SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Termos empregados em gestão de recursos hídricos pela SEMARH / SRH / SERGIPE. s.d.
- SHIKLOMANOV, I. A. **World freshwater resources**. In: GLEICK, P. H. *Water in crisis: a guide to the world's freshwater resources*. Oxford: Oxford University Press, 1993. p. 13-24.
- SILVA, G. S.; TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. **Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.6. n.1, p.49-61, 2006.
- SOUSA, A. F. S. **Diretrizes para implantação de sistemas de reúso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle: Estudo de caso residencial Valville I**. São Paulo, 2008.

- SURRENDRAN, S.; WHEATLEY, A.D. **Grey-water reclamation for non-potable re-use**. Water and Environment Journal. v. 12, n.6, p.406-413. 1998.
- TCDF. **Auditoria operacional na gestão dos recursos hídricos do Distrito Federal**. Brasília: Tribunal de Contas do Distrito Federal, 2010. 38p.
- TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3 ed. 2005. Austin, Texas. p. 5-7.
- THE WORLDWATCH INSTITUTE. **ESTADO DO MUNDO – Transformando Culturas – Do consumismo à Sustentabilidade**. 1. ed. UMA. Salvador, 2010. p.38-42.
- TOMAZ, P. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA – para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2005. 176p.
- TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 3 Ed. São Paulo, 2006.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005**.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2005.
- URBANO, E. **Aproveitamento de água de chuva de baixo custo para residências urbanas**. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-dechuva.htm>>. março 2016.
- U.S. Green Building Council. **LEED Reference Guide for Green Building Operations and Maintenance**. USA: 2009.
- UN. **The United Nations World Water Development Report**. 2015. UNESCO, World Water Assessment Programme. 12 p.
- UN/WWAP. **1st UN world water development report: Water for people, water for life**. Paris, New York and Oxford: UNESCO and Berghahn Books, 2003.
- UNDESA. **Water Scarcity**. 2014. Disponível em: <<http://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>>. Acesso em: outubro, 2016.
- UNEP. **Challenges to international waters: regional assessments in a global perspective**. Global International Water Assessment. Nairobi: UNEP, 2006.
- UNESCO. **A look at the world's freshwater resources**. In: **Water for People, Water for Life: the United Nations world water development report**. [S.l.]: World Water Assessment Program, 2003. p.61-70.
- UN-WATER. **Coping with water scarcity: A strategic issue and priority for system-wide action**. New York: UN Water, 2006.
- VICTORINO, C. J. A. **PLANETA ÁGUA MORRENDO DE SEDE - Uma Visão Analítica na Metodologia do Uso e Abuso dos Recursos Hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 231 p.
- WAGGETT, R.; AROTSKY, C. **Water key performance indicators and benchmarks for offices and hotels**. London: CIRIA, 2006. 56p.
- WARNER, W. S. **Understanding the misunderstandings of domestic graywater treatment: the semantics of characterization and health risks**. In: BUTLER, D. e MEMON, F.A. **Water Demand Management**. London: IWA Publishing, 2006.

YOSHIDA, O.S.; SANCHEZ, J.G.; MOTA, S.A.; FRANCISCO, S.S. **Parametrização de consumo de água por atividade econômica.** In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1999. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/ii-035.pdf>>.

3P Technik. **Sistemas de Filtragem.** Aproveitamento da Água de Chuva para um mundo mais verde. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/16-2-Sistemas-de-Filtragem.html>>. Acesso em: maio 2018.

# Anexo A

## Entrevista Estruturada



## ENTREVISTA ESTRUTURADA

RODOVIÁRIA INTERESTADUAL DE BRASÍLIA

Nome Contato: Laura Mendes

E-mail/ Tel.:

1. São realizados registros diários do consumo de água da edificação?  
 Sim  Não
2. Posso ter acesso ao histórico de consumo de água com mais de 36 meses?  
 Sim  Não
3. Qual o fluxo de passageiros diários durante o ano?

Não é realizado o controle do número de passageiros que transitam pela rodoviária diariamente. Para fins de cálculo interno, estima-se que transitam cerca de 1.000.000 de pessoas todos os dias (1.000.000P/d).

- a. Possui dados do fluxo de passageiros por mês?  
 Sim  Não
  - b. Possui dados históricos dessas informações?  
 Sim  Não
4. Quantos funcionários trabalham na rodoviária?

Só foi possível obter dados do número de funcionários da limpeza.

São 4 equipes que trabalham 12h e folgam 36h. Cada equipe é composta por 108 funcionários distribuídos meio a meio em dois turnos (54F/T/d). Funcionários/Turno/dia.

5. Já fizeram algum investimento para reduzir o consumo de água?  
 Sim. Quando? esporadicamente  Não  
a. Se sim, quais tipos de ações foram tomadas?

Campanha de conscientização

Instalação de equipamentos economizadores

Conserto de vazamentos

Instalação de sistemas de reuso de água

Outro (especifique):

6. Já passou por uma reforma hidráulica?  
 Sim. Quando? \_\_\_\_\_  Não
7. Possui um mapeamento das garagens de cada companhia onde são lavados os veículos?  
 Sim  Não
8. Em média quantas viagens são realizadas diariamente?  
Não existe esse controle.
9. São feitas vistorias hidráulicas?  
a. Se sim, qual a frequência?  
Esporadicamente são realizadas vistorias para procurar vazamentos e/ou equipamentos quebrados.
10. A Rodoviária tem planos de investir em estratégias conservadoras de água para obter benefícios econômicos e ambientais?  
 Sim  Não

# Anexo B

## Diário de Registro



**VISTORIA HIDRÁULICA**

**RODOVIÁRIA CENTRAL PLANO PILOTO**

**Nome do observador:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_\_

**Local:** \_\_\_\_\_

<b>PONTOS DE CONSUMO</b>	<b>VAZAMENTO</b>	<b>VAZÃO</b>	<b>CROQUI</b>

LEGENDA: Pia – lavatório; VS – Vaso Sanitário; CH – Chuveiro; MIC – Mictório.

**OBSERVAÇÕES:**

---

---

---

---

---

---

# Anexo C

## Tabelas de Anotações de Frequências



Ficar na entrada do banheiro e registrar a frequência de uso da água TABELA PARA OBSERVAÇÃO DOS BANHEIROS (FEMININO)	
Horário	Banheiro (local):
	<b>Nome do observador:</b>
	<b>Turno:</b> <span style="float: right;"><b>Data:</b></span>
Nº de pessoas que entram no banheiro	
Nº de descargas (escutar)	
Observações:	

Ficar na entrada do banheiro e registrar a frequência de uso da água TABELA PARA OBSERVAÇÃO DOS BANHEIROS (MASCULINO)	
Horário	Banheiro (local):
	<b>Nome do observador:</b>
	<b>Turno:</b> <span style="float: right;"><b>Data:</b></span>
Nº de pessoas que entram no banheiro	
Nº de descargas Vaso Sanitário	
Nº de descargas Mictório	
Observações:	