



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Epaminondas de Souza Lage

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONCESSIONÁRIAS DE VEÍCULOS NA CIDADE DE BELO HORIZONTE: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica**

Florianópolis  
Agosto - 2010



**EPAMINONDAS DE SOUZA LAGE**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONCESSIONÁRIAS DE VEÍCULOS NA CIDADE DE BELO HORIZONTE: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Eneir Ghisi, PhD.

Florianópolis  
Agosto – 2010



**EPAMINONDAS DE SOUZA LAGE**

**“APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONCESSIONÁRIAS DE VEÍCULOS NA CIDADE DE BELO HORIZONTE: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica”**

Florianópolis, 27 de Agosto de 2010.

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de

**Mestre em Engenharia Civil**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

---

Prof. Humberto Ramos Roman, Dr.  
Coordenador do Minter UFSC/CEFET-MG

---

Prof.<sup>a</sup> Janaíde Cavalcanti Rocha, Dr.  
Coordenador PPGEC - UFSC

---

Orientador: Prof. Enedir Ghisi, PhD.  
UFSC

Banca examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Lúcia Helena de Oliveira, Dr.  
Escola Politécnica - USP

---

Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.  
ENS/UFSC

---

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.  
ECV/UFSC



## DEDICATÓRIA

---

A Deus, pela luz constante em minha vida.

À minha mãe Zélia Lage,  
que com grande sabedoria e incansável apoio  
soube incentivar-me para a luz dos estudos,  
desde o início de minha vida.

Ao meu pai, em memória, José Lage, quem sempre me norteou para os  
princípios dignos de vida.

À minha esposa Joselle, pela constante troca de conhecimentos,  
companheirismo, apoio e incansável estímulo.

Aos meus três filhos, Fernando, Luíza e Vinícius,  
que, com serenidade e resignação,  
aceitaram minhas constantes ausências.

Aos meus irmãos Kátia, Sônia, Leonardo e Norberto,  
que me apoiaram e incentivaram nesta empreitada.





## **AGRADECIMENTOS**

---

Aos cinquenta e um anos de idade e, na busca constante de novos desafios, tenho a mais pura certeza de que sozinho e sem a ajuda de inúmeras pessoas, eu jamais cumpriria esta etapa em minha vida. Com muita humildade, reconheço que as pessoas e as instituições abaixo contribuíram, em muito, para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Enedir Ghisi, pelas orientações impecáveis e pelas sempre oportunas observações e constantes sugestões durante todo o trabalho.

À Professora Andréa Rodrigues M. Guimarães, que com sua dedicação e paciência, despertou-me para um pensamento metodológico e científico.

À Alessandra Pinho, pela ajuda constante na estruturação deste documento e à Elaine Pereira de Azevedo, pela cooperação na busca de informações de campo junto às concessionárias, imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Aos meus sócios Danilo Freitas Melo, Francisco Viotti, Antônio Vidigal e Adhemar Roberto; sempre apoiando e compreendendo minhas ausências.

Ao Diretor Geral do CEFET-MG, Professor Flávio Antônio dos Santos, aos Coordenadores de Eletrotécnica Professores Maurílio Ferreira Leandro e Geraldo do Carmo Filho e à Professora Cristina César, pela oportunidade a mim proporcionada.

Às concessionárias de veículos participantes desta pesquisa, pela disponibilidade e confiança no fornecimento de informações tão sensíveis.

Ao INMET, pela cessão de dados de precipitação e informações de estações meteorológicas de Belo Horizonte.

Aos Professores Luiz Alberto Gómez e Solange Virgínia Galarça Goulart, pela leitura e sugestões no exame de qualificação.

Aos Professores Lúcia Helena de Oliveira, Ramon Lucas Dalsasso e Luiz Alberto Gómez por participarem banca examinadora e contribuírem pelo aprimoramento deste trabalho.

A todos os autores que, gentilmente, disponibilizaram suas obras para a realização da revisão bibliográfica.

A tudo e a todos que de alguma forma possibilitaram que eu pudesse aprender um pouco mais sobre várias coisas.



*“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado...”*  
(Constituição Federal. Art. 225)



## RESUMO

---

O uso de águas pluviais é uma importante forma de otimizar os recursos hídricos e promover o desenvolvimento sustentável. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de economia de água potável, por meio do uso de água pluvial, para a lavagem de carros em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte. Obteve-se dados de precipitação de estações meteorológicas próximas, realizou-se o levantamento de áreas para coleta de águas pluvial, pesquisou-se o histórico do número de veículos lavados, assim como o consumo de água potável. A demanda de água pluvial foi considerada como uma porcentagem do consumo de água potável utilizada para essa atividade. O estudo foi realizado utilizando-se o Netuno, um programa computacional para análise de volume de reservatório e porcentagem de economia de água potável com uso de água pluvial. Para esse estudo foram realizadas simulações dos volumes dos reservatórios inferiores de cada concessionária em análise em intervalos de 10.000 litros e, em cada caso, obteve-se um volume ideal de reservatório inferior, e o correspondente percentual de economia de água potável. Adicionalmente, foram realizadas novas simulações, com aumentos dos volumes dos reservatórios inferiores de cada concessionária, até atingir o limite máximo do potencial de economia de água potável. A análise de viabilidade econômica foi realizada por meio do cálculo do valor presente líquido, do tempo de retorno dos investimentos e da taxa interna de retorno, tendo em conta o potencial de economia de água potável para um período de 15 anos de vida útil do projeto. Para calcular os índices financeiros utilizou-se a taxa média de atratividade igual à inflação calculada, a partir da média dos últimos quatro anos, fixada no valor de 0,36% ao mês. A principal conclusão obtida com este trabalho foi a de que, usando-se a água pluvial para a lavagem de veículos em concessionárias de veículos em Belo Horizonte, pode-se economizar entre 9,74% e 26,80% de água potável, com investimentos viáveis e atrativos. Para todos os casos analisados, obteve-se valor presente líquido positivo, tempo de retorno de investimento entre 75 e 143 meses, e taxas internas de retorno compreendidas entre 0,63% e 1,52% a.m.

Palavras-chave: Concessionárias de Veículos, Aproveitamento de Água Pluvial, Conservação da Água, Lavagem de Veículos, Análise de Viabilidade Econômica.



## ABSTRACT

---

The use of rainwater is an important way to optimize water resources and promote sustainable development. The aim of this study is to assess the potential for potable water savings by using rainwater for washing cars at car dealers in the city of Belo Horizonte. Rainfall data from weather stations nearby, roof areas available for collecting rainwater, average number of vehicles washed as well as the consumption of potable water were obtained. Demand for rainwater was considered a percentage of potable water consumption. The study was conducted using the Netuno, a computer software for analysis of rainwater tank capacity and percentage of potable water savings due to the use of rainwater. Volume simulations of the lower tanks in each studied car dealer have been held, considering 10,000 liters' intervals, and, in each case, were reached an optimum level of the lower tank, and the corresponding savings in the use of potable water. Additionally, further simulations have been undertaken, considering increases in the volume of the lower tanks for each car dealer, in order to reach the maximum potential for potable water savings. The investment feasibility analysis was performed by calculating the net present value, payback period and internal rate of return taking into account the potential for potable water savings for a period of 15 years - the project's life span. So as to calculate the financial ratios, the average rate of attractiveness has equaled inflation, based on the average value for the past four years of 0.36% per month. The main conclusion of this work is that by using rainwater for car wash at car dealers in Belo Horizonte, one can save between 9.74% and 26.80% of potable water through totally viable and attractive investments. For all examined cases we have obtained positive net present value. The payback period ranged between 75 and 143 months, with internal rates of return varying between 0.63% and 1.52% per month.

Keywords: Car Dealership, Rainwater Harvesting, Water Conservation, Car Washing, Feasibility Analysis.





## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1. Usos dos recursos hídricos .....	40
Figura 2. Filtro de descarte da primeira água pluvial.....	49
Figura 3. Filtros de água pluvial .....	50
Figura 4. Filtro flutuante de sucção .....	50
Figura 5. Dosador de cloro em pastilhas .....	52
Figura 6. Localização geográfica da Cidade de Belo Horizonte.....	78
Figura 7. Porte das concessionárias de veículos em Belo Horizonte....	80
Figura 8. Delimitação das concessionárias por região .....	81
Figura 9. Concessionárias da região Centro-Sul de Belo Horizonte.....	82
Figura 10. Concessionárias da região Oeste de Belo Horizonte .....	82
Figura 11. Concessionárias da região Norte de Belo Horizonte .....	83
Figura 12. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Carbel .	84
Figura 13. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Garra...	85
Figura 14. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Catalão	86
Figura 15. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Misaki.	87
Figura 16. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Valence	88
Figura 17. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Reauto.	89
Figura 18. Lavagem de veículos em concessionárias .....	92
Figura 19. Equipamentos utilizados na lavagem de veículos.....	93
Figura 20. Reservatório metálico modelo taça com coluna seca .....	96
Figura 21. Reservatório metálico modelo fundo cônico .....	98
Figura 22. Fluxograma para determinar o percentual de atendimento..	99
Figura 23. IPCA mensal no período de janeiro 2006 a março 2010 ...	103
Figura 24. Diagrama de fluxo de caixa .....	104
Figura 25. Diagrama de instalação de uma motobomba centrífuga....	105
Figura 26. Elementos de altura manométrica.....	107
Figura 27. Tela da análise econômica do programa Netuno .....	116
Figura 28. Telas de entrada de dados do programa Netuno .....	117
Figura 29. Estimativas de economia de água do programa Netuno ....	118
Figura 30. Custos e economias apresentados do programa Netuno ....	119
Figura 31. Estações do INMET em Belo Horizonte .....	122
Figura 32. Estação meteorológica Centro .....	122
Figura 33. Precipitação pluviométrica diária da Estação Centro .....	123
Figura 34. Estação meteorológica Pampulha .....	123
Figura 35. Precipitação pluviométrica diária da estação Pampulha....	124
Figura 36. Precipitação pluviométrica média diária das estações de Belo Horizonte .....	125

Figura 37. Precipitação pluviométrica média mensal das estações de Belo Horizonte .....	126
Figura 38. Normal climatológica de Belo Horizonte [1961-1990] – Precipitação mensal (mm) .....	126
Figura 39. Número de veículos lavados mensalmente .....	128
Figura 40. Consumo mensal de água potável.....	130
Figura 41. Consumo de água potável médio diário .....	131
Figura 42. Variação do potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior .....	135
Figura 43. Percentual de atendimento da demanda de água pluvial....	138
Figura 44. Correlações entre consumo de água e o número de veículos lavados.....	140
Figura 45. Correlações entre a estrutura física e os consumos de água potável.....	141
Figura 46. Correlação entre a precipitação mensal média e o consumo médio de água potável.....	142
Figura 47. Consumo de energia elétrica mensal das motobombas das concessionárias.....	146
Figura 48. VPLs dos sistemas de uso de água pluvial nas concessionárias.....	151
Figura 49. Planta de corte vertical da concessionária Valence.....	195
Figura 50. Planta baixa de situação da concessionária Valence.....	196

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água para uso não-potável .....	52
Tabela 2. Coeficiente de escoamento superficial para diferentes materiais de captação .....	74
Tabela 3. Mercado brasileiro de concessionárias de veículos novos ....	79
Tabela 4. Porte das concessionárias de veículos .....	80
Tabela 5. Taxas de depreciação.....	102
Tabela 6. Detalhamento do fluxo de caixa .....	104
Tabela 7. Parâmetros necessários para especificação de uma motobomba centrífuga.....	106
Tabela 8. Tarifas de água e esgoto para consumidores comerciais .....	111
Tabela 9. Distâncias entre concessionárias e estações meteorológicas	124
Tabela 10. Área de captação de água pluvial .....	127
Tabela 11. Número médio de veículos lavados nas concessionárias...	129
Tabela 12. Consumo de água potável médio mensal .....	130
Tabela 13. Consumo de água potável médio diário .....	131
Tabela 14. Medição de volume de água para lavagem de um veículo	132
Tabela 15. Percentagem de água potável a ser substituída por água pluvial.....	133
Tabela 16. Volume de reservatório de água pluvial superior .....	134
Tabela 17. Percentual de economia de água potável e volume do reservatório inferior obtido com a variação do percentual de água potável substituída.....	136
Tabela 18. Percentual final de economia de água potável e volume ideal do reservatório inferior.....	137
Tabela 19. Percentuais de atendimento da demanda de água pluvial..	139
Tabela 20. Especificação da motobomba .....	144
Tabela 21. Investimentos na montagem dos sistema de coleta de água pluvial.....	145
Tabela 22. Consumo mensal de água pluvial fornecido pelo Netuno .	147
Tabela 23. Economia mensal apurada pelo programa Netuno .....	148
Tabela 24. Economia mensal apurada no <i>site</i> da COPASA .....	148
Tabela 25. Diferenças entre valores apurados pelo <i>site</i> da COPASA e pelo programa Netuno .....	149
Tabela 26. Cálculos econômicos realizados de forma tradicional.....	150
Tabela 27. Cálculos econômicos realizados pelo Netuno .....	150
Tabela 28. Potencial de economia de água potável por etapa de simulação.....	153
Tabela 29. Indicadores econômicos por etapa de simulação.....	153



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

---

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANFAVEA	Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CMBH	Câmara Municipal de Belo Horizonte
FENABRAVE	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNDESPA	Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
MBAR	Unidade de pressão
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma brasileira
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto interno bruto
pH	Indicador ácido-base
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
SABESP	Companhia de Saneamento de São Paulo
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UTC	Tempo universal coordenado



## LISTA DE SÍMBOLOS

---

A	Área de captação, em m <sup>2</sup>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
C	Coefficiente de escoamento superficial, adimensional
C <sub>ap</sub>	Coefficiente de aproveitamento, adimensional
C <sub>j</sub>	Custo proveniente do ano j, em Reais
C <sub>pluv</sub>	Consumo de água pluvial, em litros
C <sub>pot</sub>	Consumo de água potável mensal, em litros
C <sub>pd</sub>	Consumo de água potável diário, em litros
C <sub>t</sub>	Volume de água pluvial consumido no tempo t, em litros
C <sub>sub</sub>	Consumo médio de água potável que poderá ser substituído por água pluvial, em %
C <sub>apv</sub>	Consumo de água necessário para lavagem de um veículo, em litros
C <sub>pot(t)</sub>	Consumo de água potável no mês t, em litros
d	Número de dias do período analisado, em dias
D	Demanda diária de água potável, em litros per capita/dia
D <sub>p</sub>	Demanda diária de água pluvial, em litros
D <sub>lv(t)</sub>	Demanda diária de água potável para lavagem de veículos no mês t, em m <sup>3</sup>
D <sub>lv</sub>	Demanda diária de água potável para lavagem de veículos, em m <sup>3</sup>
D <sub>util</sub>	Número de dias úteis do mês, em dias
E	Economia de água potável, em %
FC <sub>0</sub>	Fluxo de caixa inicial, em Reais
FC	Fluxo de caixa no período, em Reais
FCC (t)	Valor presente do capital para o fluxo de caixa descontado para o valor presente cumulativo até o instante t, em Reais
H <sub>m</sub>	Altura manométrica total, em mca
h <sub>s</sub>	Altura estática de sucção, em mca
h <sub>fs</sub>	Perda de carga na sucção, em mca
h <sub>r</sub>	Altura estática de recalque, em mca
h <sub>fr</sub>	perda de carga na linha do recalque, em mca
H <sub>t</sub>	Volume de água pluvial que escoo no tempo t, em litros
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Ácido carbônico
i	Taxa de juro empregado ou custo de capital, em (%)
IL	Índice de lucratividade
INV	Investimento inicial, em Reais
P <sub>b</sub>	Potência da motobomba, em cavalos-vapor

$P_t$	Precipitação pluviométrica, em mm = litros/m <sup>2</sup>
PBD	<i>Payback</i> descontado, em Reais
$P_e$	Potencial de economia de água potável, em %
$P_{sub}$	Percentagem de água potável que pode ser substituída por pluvial, em %
Q	Vazão indicada pelo fabricante da motobomba, em litros/segundos
$R_j$	Receita proveniente de ano j, em Reais
n	Número de usuários da edificação, adimensional
$N_m$	Número de meses pesquisados, em meses
$NV_t$	Número total de veículos lavados por mês, em número de veículos
$NV_n$	Número de veículos novos lavados por mês, em número de veículos
$NV_u$	Número de veículos usados lavados por mês, em número de veículos
$NV_r$	Número de veículos revisados lavados por mês, em número de veículos
TIR	Taxa interna de retorno, em %
TMA	Taxa mínima de atratividade, em %
V	Volume do reservatório, em litros
$VR_{sup}$	Volume do reservatório superior, em litros
$V_t$	Volume de água pluvial armazenado no reservatório no tempo t, em litros
$V_{t-1}$	Volume de água pluvial disponível no reservatório no tempo t-1, em litros
VPL	Valor presente líquido, em Reais
$VP_{ret}$	Valor presente dos fluxos de caixas de retorno, em Reais
$VP_{inv}$	Valor presente dos fluxos de caixas de investimentos, em Reais
$\eta_m$	Rendimento do motor, em %
$\eta_b$	Rendimento da motobomba, em %
$\eta_{fc}$	Eficiência do sistema de captação, levando-se em conta o descarte inicial de água, adimensional
$\gamma$	Peso específico da água, em 1000 kgf/m <sup>3</sup>



## SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>33</b>
1.1 Considerações iniciais.....	33
1.2 Objetivos.....	35
1.2.1 Objetivo Geral.....	35
1.2.2 Objetivos Específicos.....	35
1.3 Estrutura da dissertação.....	36
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>39</b>
2.1 Uso da água potável.....	39
2.2 Escassez de água.....	41
2.3 Água Pluvial.....	43
2.3.1 Captação da água pluvial.....	44
2.3.2 Qualidade da água pluvial.....	46
2.3.3 Filtros de água pluvial.....	47
2.3.4 Tratamento químico da água pluvial para fins não potáveis.....	51
2.3.5 Leis de incentivo à captação e uso de água pluvial.....	53
2.3.6 Aproveitamento da água pluvial em edificações.....	57
2.3.7 Uso da água pluvial para lavagem de veículos.....	60
2.4 Dimensionamento de reservatórios.....	62
2.4.1 Modelos comportamentais.....	63
2.4.2 Método de Monte Carlo.....	64
2.4.3 Métodos Práticos.....	64
2.4.4 Método de Rippl.....	65
2.4.5 Programas computacionais para dimensionamento do volume de reservatório.....	66
2.4.6 Utilização e validação do programa Netuno.....	68
2.5 Algoritmo empregado no programa Netuno.....	69
2.5.1 Precipitação pluviométrica.....	72
2.5.2 Área de captação.....	72
2.5.3 Percentagem de água potável a ser substituída por pluvial.....	72
2.5.4 Coeficiente de aproveitamento.....	73
2.5.5 Armazenamento da água.....	74

<b>3. MÉTODO.....</b>	<b>77</b>
3.1 Objeto de estudo.....	78
3.1.1 Regiões de Belo Horizonte.....	81
3.1.2 Concessionária Carbel.....	83
3.1.3 Concessionária Garra.....	84
3.1.4 Concessionária Catalão.....	85
3.1.5 Concessionária Misaki.....	86
3.1.6 Concessionária Valence.....	87
3.1.7 Concessionária Reauto.....	88
3.2 Coleta e tratamento preliminar de dados.....	89
3.2.1 Avaliação do potencial de economia de água potável....	89
3.3 Avaliação das correlações existentes entre o consumo de água, estrutura física e disponibilidade pluviométrica.....	99
3.4 Análise econômica.....	100
3.4.1 Período de análise dos investimentos.....	101
3.4.2 Taxa mínima de atratividade.....	102
3.4.3 Fluxo de caixa.....	103
3.4.4 <i>Payback</i> descontado.....	112
3.4.5 Taxa interna de retorno.....	112
3.4.6 Valor presente líquido.....	113
3.5 Comparação entre análise econômica utilizando o programa Netuno e o método tradicional.....	114
3.6 Influência do aumento de volume de reservatório no potencial de economia de água potável e indicadores econômicos.....	119
3.7 Influência da não utilização do reservatório superior no potencial de economia de água potável e indicadores econômicos.....	120
<b>4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>121</b>
4.1 Coleta e tratamento preliminar de dados.....	121
4.1.1 Precipitação pluviométrica.....	121
4.1.2 Área de captação.....	127
4.1.3 Número de veículos lavados.....	127
4.1.4 Consumo de água potável.....	129
4.1.5 Coeficiente de aproveitamento de água pluvial.....	132
4.1.6 Consumo de água potável para lavagem de veículos.....	132
4.2 Avaliação do potencial e da economia de água potável.....	133

4.2.1	Porcentagem de água potável a ser substituída por água pluvial.....	133
4.2.2	Volume do reservatório superior.....	133
4.2.3	Volume do reservatório inferior.....	134
4.2.4	Avaliação do percentual de atendimento da demanda de água pluvial.....	137
4.3	Avaliação das correlações.....	139
4.4	Análise econômica.....	143
4.4.1	Taxa mínima de atratividade.....	143
4.4.2	Tempo de vida útil dos equipamentos.....	143
4.4.3	Fluxo de caixa.....	144
4.4.4	Payback descontado, valor presente líquido e taxa interna de retorno.....	149
4.5	Influência do aumento de volume de reservatório inferior e da ausência do reservatório superior no potencial de economia de água potável.....	152
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>157</b>
5.1	Conclusões gerais.....	157
5.2	Limitações do trabalho.....	160
5.3	Sugestões para trabalhos futuros.....	160
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>163</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>175</b>
	Apêndice 1. Ficha de informações de consumo de água potável na lavagem de veículos.....	175
	Apêndice 2. Demanda de água potável média diária nas concessionárias.....	176
	Apêndice 3. Número médio de veículos lavados mensalmente nas concessionárias.....	179
	Apêndice 4. Tabelas de consumo de água potável e percentual de substituição de água potável por água pluvial.....	182
	Apêndice 5. Estimativa mensal de consumo e economia mensal de água potável.....	186
	Apêndice 6. Consolidação de informações sobre as concessionárias objeto de estudo.....	189
	Apêndice 7. Consumo de energia elétrica da motobomba.....	190
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>191</b>
	Anexo 1. Carta de Recife – 1995.....	191

Anexo 2. Resolução Normativa COPASA.....	194
Anexo 3. Planta baixa da concessionária Valence.....	195
Anexo 4. Tabelas para o dimensionamento de tubulações e motobomba.....	197

---

## 1. INTRODUÇÃO

---

### 1.1 Considerações iniciais

A água, insumo essencial à preservação da vida no nosso planeta, vem sendo motivo de preocupação em todo o mundo pelos sinais de crescente escassez e deterioração. A distribuição espacial irregular dos recursos naturais em relação à concentração populacional é um fator que está diretamente relacionado à disponibilidade de água para os diferentes usos.

Existe muita água no planeta, mas cerca de 97,5% dessa água é salgada e está nos oceanos; 2,5% é doce, sendo que deles, 2,0% estão nas geleiras, e apenas 0,5% está disponível nos corpos d'água da superfície, isto é, rios e lagos, sendo que a maior parte, ou seja 95,0%, está no subsolo (OLIVEIRA, 2002).

A escassez de água é um problema enfrentado em diversos locais do mundo. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente aponta para uma escassez de água que se poderá verificar nos próximos 15 anos a nível mundial (PNUMA, 2008). Segundo Setti *et al.* (2001), estima-se que no ano 2025, cerca de 5,5 bilhões de pessoas, em todo o mundo, estarão vivendo em áreas com moderada ou séria falta de água. Entretanto, existe água suficiente para atendimento de toda a população, porém a distribuição dos recursos hídricos no planeta não é uniforme, o que causa cenários adversos em determinadas regiões.

O conceito de substituição de fontes mostra-se como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico. As águas de qualidade inferior como os esgotos, águas de chuva, águas de drenagem agrícola e águas salobras devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para os usos menos restritivos (HESPANHOL, 2002).

Em vista da degradação dos recursos hídricos, e a consequente escassez da água em praticamente todo o mundo, torna-se importante o seu racionamento e seu gerenciamento eficaz. Uma das formas de se obter água seria, justamente, o aproveitamento da água pluvial. A água pluvial pode ser aproveitada para o uso doméstico, comercial, industrial e agrícola, entre outros, apresentando uma crescente utilização (CHILTON *et al.*, 2000; MAY, 2004; GHISI, 2006a).

O crescimento acelerado da demanda de água e o seu uso irracional são fatores que comprometeram os recursos hídricos ao longo dos anos (DIXON, 1999). Os reflexos do crescimento da indústria automobilística brasileira foram significativos sobre o segmento das concessionárias de veículos. O Brasil tornou-se plataforma mundial de exportação de veículos e peças e possui mais de 5,5 mil distribuidores de veículos nacionais e importados, com 280 mil colaboradores diretos, que geram uma receita anual de R\$ 112,7 bilhões, correspondendo a 5% do PIB (Produto Interno Bruto) do país (FENABRAVE, 2009). Desse modo, o setor automotivo participa de forma expressiva na economia, representando mais de 13,5% do PIB industrial e gerando mais de 1,3 milhões de empregos diretos e indiretos e com capacidade produtiva de 3,2 milhões de veículos por ano. Existem 48 unidades que compõem o parque automotivo brasileiro, sediado em sete unidades da Federação e em 27 municípios. Deste universo, 22 unidades foram inauguradas no período 1996-2002 (ANFAVEA, 2006).

Observa-se que todo esse crescimento tem auxiliado no despertar da conscientização sobre as questões ambientais associadas, incluindo: consumo de combustível, poluição do ar, das águas, aumento dos ruídos, destino das sucatas, das carcaças de veículos que não podem ser mais úteis, assim como de peças usadas e de resíduos diversos (LARICA, 2003). Observa-se também uma maior atuação das montadoras nas melhorias necessárias de infraestrutura para a coleta e disposição de resíduos, no tratamento de efluentes, nos incentivos para racionalizar o consumo de água, na conservação de energia, nos incentivos à pesquisa e na adoção de novas tecnologias (VILAS *et al.*, 2006a).

Formada por empresas bastante semelhantes, em termos de capacitação tecnológica, gestão e padrões de qualidade e produtividade, as concessionárias de veículos sofreram pressões para se capacitarem, no sentido de permanecerem como parceiras das montadoras (LARICA, 2003). Para as concessionárias desenvolverem suas atividades diárias, grandes volumes de água são necessários. Atividades como lavagem de veículos, peças, consumos para limpeza de grandes áreas, irrigação de jardins, e também, o próprio consumo humano são desenvolvidas no cotidiano deste seguimento empresarial. Aliado a este fato, concessionárias de veículos possuem grandes áreas cobertas que podem ser utilizadas como coletores de água pluvial. Coletar e armazenar água pluvial para ser utilizada nas descargas de bacias sanitárias, lavação de veículos e pisos, calçadas, irrigação de jardins, pode se tornar uma solução desejável para se minimizar os problemas de abastecimento de água em grandes centros (CARLON, 2009).

---

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é determinar o potencial de economia de água potável, por meio de sistemas de captação de água pluvial, para a lavagem de veículos, em concessionárias na região metropolitana da cidade de Belo Horizonte e apresentar os estudos de viabilidade econômica dos sistemas.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Destacam-se também alguns objetivos específicos que foram considerados no decorrer do trabalho:

1. Estimar os consumos de água potável utilizados para lavagem de automóveis de passeio novos, seminovos e revisados em concessionárias de veículos;

2. Realizar simulações computacionais para determinar os volumes de reservatórios adequados para captação de água pluvial, em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte, em função dos potenciais de economia de água potável;

3. Verificar a existência de correlações entre o consumo de água potável diário e o número de veículos lavados; o consumo médio de água pluvial e o número total de veículos lavados; a área de cobertura e o consumo médio diário de água potável; o consumo médio diário de água potável, por área de cobertura, e o número de veículos lavados diariamente; o número de funcionários e o consumo médio diário de água potável;

4. Determinar o custo médio e os benefícios financeiros a serem obtidos com a implantação de sistemas de coleta e armazenamento de água pluvial em concessionárias de veículos;

5. Aplicar os métodos de análise de investimentos, visando determinar a viabilidade econômica na implantação destes sistemas por meio de planilhas eletrônicas;

6. Comparar os resultados obtidos na análise econômica, de forma tradicional (planilhas eletrônicas), com os resultados dos cálculos realizados pelo programa Netuno;

7. Realizar simulações computacionais para se determinar os potenciais de economia de água potável, além da viabilidade econômica dos sistemas em estudo, utilizando-se um reservatório inferior de maior capacidade;

8. Realizar simulações computacionais para se determinar os potenciais de economia de água potável, além da viabilidade econômica dos sistemas em estudo, não se utilizando de um reservatório superior.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, a saber:

O Capítulo 1 aborda uma introdução sobre a temática do trabalho, caracteriza o problema a ser estudado e apresenta os objetivos a serem alcançados.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica referente à questão sobre a água e sobre sua escassez, o uso da água pluvial no Brasil, os índices pluviométricos e a legislação brasileira sobre a utilização da água pluvial, além dos procedimentos e métodos envolvidos no dimensionamento de sistema de coleta e armazenamento da água pluvial.

O Capítulo 3 apresenta o método e os procedimentos utilizados para a seleção das concessionárias a serem estudadas, a determinação dos volumes de reservatórios e potenciais de economia de água potável com o uso de água pluvial na lavagem de veículos de passeio novos, usados e revisados, assim como a análise de viabilidade econômica para a implantação destes sistemas.

O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento e os resultados dos levantamentos de dados nas concessionárias; a determinação dos volumes de reservatórios e potenciais de economia de água potável por intermédio de simulações computacionais; as correlações existentes entre consumo de água potável e pluvial diário e o número de veículos lavados; a apresentação dos indicadores econômicos obtidos para cada concessionária estudada; a determinação dos potenciais de economia de água potável, da viabilidade econômica para o sistema utilizando-se um reservatório inferior de maior capacidade; em outra simulação a viabilidade econômica para o sistema sem a utilização do reservatório superior.



No Capítulo 5 são descritas as conclusões gerais, juntamente com as limitações e sugestões para estudos futuros.

Em seguida apresentam-se as Referências Bibliográficas, Apêndices e os Anexos.



---

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

---

Neste capítulo, busca-se abordar os aspectos relevantes sobre a escassez e o consumo de água no Brasil. Ao mesmo tempo, procura-se evidenciar a redução da disponibilidade hídrica e o potencial de economia de água potável pelo aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos.

Com relação à legislação, apresentam-se leis e decretos, de várias cidades brasileiras, sendo que algumas já se encontram em pleno vigor e outras ainda não regulamentadas.

Mostra-se, por meio de vários casos, o aproveitamento de água pluvial como uma alternativa para se diminuir os problemas relacionados a sua escassez, reduzir os impactos negativos de seu escoamento superficial em grandes cidades e como forma de contribuir para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos. A coleta e uso de água das chuvas, em edificações residenciais, são abordados, caracterizando-se o uso da água pluvial para fins não-potáveis, estando entre eles a lavagem de veículos.

Com relação ao segmento de concessionárias de veículos, mostra-se que este mercado empresarial apresenta-se em fase de grande expansão no Brasil. Verifica-se que este perfil de empresas apresenta todos os requisitos de infraestrutura necessária à coleta e seu uso de águas pluviais, em substituição à água potável nas atividades que não exijam sua potabilidade.

Quanto ao dimensionamento dos sistemas de captação e armazenagem de águas pluviais, apresenta-se, entre outros *softwares*, o programa Netuno, assim como o modelo matemático por ele empregado, como uma ferramenta capaz de predizer, adequadamente, o potencial de economia de água potável obtido pelo aproveitamento das águas pluviais.

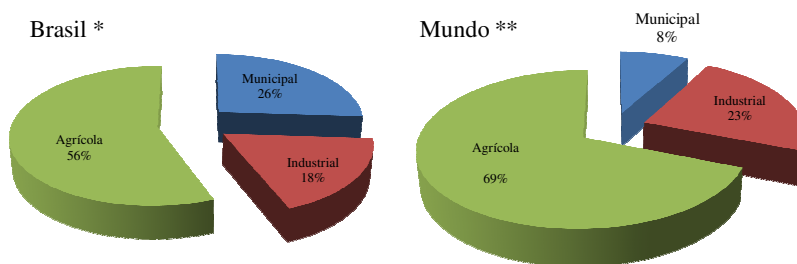
### 2.1 Uso da água potável

A disponibilidade de água em qualquer local é variável no tempo e no espaço, em razão das condições de cada região, podendo ser afetada pelas atividades humanas - seja pela demanda excessiva, ou por problemas de poluição, resultantes do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais. Assim, a produção de água com qualidade, dentro dos padrões de potabilidade, torna-se cada vez mais onerosa, o

que exige maior atenção quanto às prioridades do uso dos recursos hídricos para as diferentes finalidades (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Atualmente, o consumo mundial de água doce é seis vezes maior do que em 1900, embora a população mundial não tenha crescido na mesma proporção ao longo do século. O alto padrão de consumo hídrico está associado, sobretudo, à irrigação, processo que ocasiona em um maior emprego da água doce. A indústria se apresenta em segundo lugar no uso, sendo o terceiro consumo maior, o relacionado ao uso doméstico. No entanto, há estimativas de que o consumo industrial duplicará até 2025 e que haverá um aumento de até quatro vezes na emissão de poluentes industriais nos corpos de água (SOECO/MG, 2009).

Em geral, os três usos dos recursos hídricos podem ser representados pela Figura 1.



**Figura 1. Usos dos recursos hídricos**

Fonte : \* ANA (2007); \*\* UNESCO (2008)

O uso disciplinado da água pelo setor agropecuário e industrial deve ser entendido pelos diversos órgãos responsáveis como sendo resultado da preocupação com a conservação desse bem hídrico.

Desse modo, com incentivos à conservação de água, os próprios setores de agronegócios e industriais serão beneficiados, minimizando a possibilidade de serem afetados pela redução da quantidade, ou deterioração da qualidade da água, atendendo, inclusive, às necessidades dos ecossistemas, e evitando que os empreendimentos agropecuários e industriais tenham suas atividades paralisadas pela falta de água (FUNDESPA, 2008).

Segundo o IBGE (2000), o volume de água distribuído à população residente na região Sudeste brasileira, no ano 2000, alcançou

360 l/hab/dia, enquanto que na região Norte esse valor era de 190 l/hab/dia. Considerando-se que maior parte da população brasileira está localizada na região Sudeste, observa-se um grande consumo de água potável nessa região. Ainda com base em dados do censo (IBGE, 2000), da população de quase 170 milhões de pessoas, perto de 138 milhões vivem nas cidades. Os efeitos desta realidade fazem-se sentir sobre todo aparelhamento urbano relativo a recursos hídricos, ao abastecimento de água, ao transporte e ao tratamento de esgotos e pluvial.

Segundo o Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo (2006), o consumo de água em residências no Brasil é de aproximadamente 29% em descargas de bacias sanitárias, ou seja, 1/3 de toda água potável consumida nas residências brasileiras poderia ser economizada, caso fossem utilizadas águas de fontes alternativas para essa finalidade. A água pluvial, por exemplo, poderia ser empregada em usos que não exigem potabilidade da água.

## 2.2 Escassez de água

Relatos sobre o início da espécie humana citam que a água era utilizada somente para atender a suas necessidades fisiológicas, porém, a espécie foi se multiplicando significativamente, gerando novas formas de utilização para a água e, conseqüentemente, aumentando seu consumo e deteriorando sua qualidade (MEDEIROS, 2009).

A escassez de água aumenta ano a ano, devido a irregularidades climáticas, ao crescimento populacional e à degradação dos mananciais. O volume total de água globalmente retirado dos rios, aquíferos e outras fontes aumentou cerca de nove vezes, enquanto que o consumo *per capita* dobrou e a população triplicou, desde o ano 1950, até o ano 2000. Sendo assim, atualmente, aproximadamente 8% da população mundial está vulnerável à falta frequente de água e cerca de 25% está caminhando para isso (BRASIL, 2006).

O fenômeno da escassez não é atributo exclusivo das regiões áridas e semi-áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para satisfazer demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (HESPANHOL, 2002).

A escassez da água representa atualmente um problema ambiental crescente para a população (GARDNER, 2002), a qual se apresenta como a ameaça ambiental mais séria para a humanidade no século XXI

(BROWN; FLAVIN, 2005). Sistemas de água estão sob severa tensão em muitas partes do mundo com espelhos d'água em partes do México, da Índia, da China e do norte da África que recuam até um metro por ano (SOMERVILLE; BRISCOE, 2001). De acordo com Middlestadt *et al.* (2001), a escassez de água ameaça causar uma crise nacional na Jordânia, neste novo século.

Uma grande quantidade de pessoas no mundo sofre com a escassez de água: milhões de crianças estão morrendo todos os anos de diarreia e a metade dos pantanais mundiais foi destruída durante o último século. Também a metade dos rios do mundo é poluída, e muitos estão agonizantes e não chegam ao mar (CROSGROVE; RIJSBERMAN, 2000). No México, a Comissão Nacional de Água declarou que, a menos que uma temporada extraordinária de chuva acontecesse, este país teria água para poucos meses. Embora no México, a maior parte da água seja empregada na agricultura, o crescimento acelerado das cidades resultou em um significativo aumento do consumo doméstico de água (SOMERVILLE; BRISCOE, 2001).

Dentro do contexto de poluição, escassez e desperdício dos recursos naturais, foi criada na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992, um dos marcos referenciais para o desenvolvimento sustentável: a Agenda 21. Ela estabelece um plano de ação, elaborado de forma consensuada por governos e instituições de diversos países, visando orientar um novo padrão de desenvolvimento para o século XXI, cujo alicerce é a sinergia de sustentabilidade ambiental, social e econômica. Desde então, aumentou-se no mundo todo o número de experiências que visam principalmente reduzir, reciclar, reutilizar e recuperar os resíduos gerados (CROSGROVE; RIJSBERMAN, 2000).

A escassez da água ocorre atualmente em muitas regiões do Brasil e do mundo proporcionando a várias comunidades a convivência com sua falta. O Brasil, apesar de ser privilegiado em relação a este recurso, já sofre com problemas de abastecimento em alguns lugares devido à falta de um gerenciamento adequado, assim como com a própria escassez deste recurso. No Brasil, existe uma distribuição irregular da água sobre o seu território. A região Norte, por exemplo, detém cerca de 69% da água brasileira sendo que a população naquela região representa somente 8% da população nacional de acordo com dados do ano 2002 (GHISI, 2006a).

Segundo Oliveira (2009), para reverter essa situação é necessário o investimento na gestão de demanda de água em edifícios, residências, comércio e indústrias, com a instalação de componentes que visem o

uso racional da água, tais como bacia de volume reduzido de descarga, torneiras economizadoras, arejadores e fontes alternativas de abastecimento de água, com qualidade compatível com o seu uso.

Uma alternativa para abastecimento de água em áreas urbanas, para fins menos nobres, é a captação de água pluvial. O sistema se constitui em uma superfície de captação, que geralmente é o telhado da edificação, ou um piso calçado impermeável próximo à edificação, de uma calha e de uma tubulação para o transporte da água até o local de armazenamento. A seguir, serão apresentadas algumas informações que irão facilitar o entendimento sobre a água da chuva, sua captação, e o seu aproveitamento.

### **2.3 Água Pluvial**

O uso da água pluvial possui um longo histórico no mundo inteiro, sendo elas aproveitadas em muitas sociedades modernas como um valioso recurso para irrigação, para consumo potável, quando devidamente tratada e, mais recentemente, para promover descargas sanitárias e usos não-potáveis. Contudo, a sua utilização está vinculada a um armazenamento, em volume suficiente, que possa suprir a demanda de uso. A utilização da água pluvial advém de mais de 2.000 anos, período em que a população já captava a água para utilização na agricultura, para o trato com seus animais e para fins domésticos (TOMAZ, 2003).

Hoje, o aproveitamento de água pluvial surge como uma alternativa para diminuir os problemas com a escassez e contribuir para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos. A utilização dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, além de propiciar a conservação do recurso, possibilita a redução do escoamento superficial, diminuindo a carga nos sistemas de coleta pluviais, o que, conseqüentemente, diminui o risco de inundações. Para isso, é necessário que estes sistemas sejam bem elaborados e executados de forma prática e simples para que o seu funcionamento seja eficiente (PETTERS, 2006).

São muitos os benefícios obtidos com a instalação de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais. Controle de escoamento, prevenção de inundações, conservação de água potável, restauração do ciclo hidrológico em áreas urbanas e educação ambiental podem ser citados (FUNDESPA, 2008). Qualquer que seja a forma de reutilização empregada é fundamental observar que os princípios básicos que devem

orientar essa prática são: a preservação da saúde dos usuários, a preservação do meio ambiente, o atendimento consistente às exigências de qualidade, relacionadas ao uso pretendido e à proteção dos materiais e equipamentos utilizados nos sistemas de reúso (HESPANHOL, 1999).

A água é um insumo muito utilizado em atividades produtivas, de serviços e domésticas e, além de representar custos, sua escassez ou interrupção de seu acesso traz transtornos para estas atividades, portanto a adoção de técnicas de utilização deste recurso natural disponível é visto como oportunidade de redução de custo e garantia de continuidade para estas atividades. Com a crescente urbanização das cidades tais atividades têm sofrido grandes problemas de ordem social e econômica durante os períodos de chuvas. Obras de infraestrutura, na maioria das vezes, são incapazes de acompanhar este crescimento, que provoca a saturação da rede de drenagem, e assim contribuindo para sucessivos alagamentos nos logradouros e conseqüente transtorno para a população, a indústria e o comércio (HESPANHOL, 2002).

Em alguns países da Europa, o aproveitamento de águas pluviais é bastante intensificado. Segundo o PNUMA (2001), no 2<sup>a</sup> *Fórum Mundial da Água*, organizado pelo Conselho Mundial da Água em março de 2000, na Holanda, discutiu-se a metodologia utilizada, há anos na Europa, principalmente em países como Alemanha, além do Japão e em alguns estados dos Estados Unidos.

A implantação de sistemas de coleta, tratamento e de uso das águas pluviais envolvem a determinação de dados como: precipitação média local, área de coleta, coeficiente de escoamento superficial, caracterização da qualidade da água, elaboração de projetos dos reservatórios e de sistemas complementares, identificação dos usos da água e o estabelecimento do tipo de tratamento a ser aplicado às águas pluviais. Assim, cada sistema deve ser projetado para condições específicas do local (CHILTON *et al.*, 2000).

### **2.3.1 Captação da água pluvial**

De acordo com Silva (2006), a configuração básica de um sistema de aproveitamento de água pluvial consta da área de captação (telhado, laje e piso), dos sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), da unidade de tratamento da água (reservatório de auto-limpeza, filtros, desinfecção) e do reservatório de acumulação. Podem ainda ser necessários uma tubulação de recalque, um reservatório superior e uma rede de distribuição. Um sistema de



aproveitamento de águas deverá atender à NBR 15527 (ABNT, 2007), contendo unidades separadoras de sólidos grosseiros, sistema de pressurização por meio de motobombas, sistemas de tratamento, ou apenas sistema de dosagem de produtos para desinfecção da água (SOARES *et al.*, 1999).

Segundo Barbosa (2005), no processo de coleta de água pluvial, são utilizadas áreas impermeáveis, normalmente o telhado. Assim, a primeira água que cai no telhado, lavando-o, apresenta um grau de contaminação bastante elevado e, por isso, é aconselhável o descarte desta primeira água. A fração da água aproveitada deverá ser utilizada somente para consumo não-potável, como em bacias sanitárias, em torneiras de jardim, para lavagem de veículos e para lavagem de piso. Barbosa (2005) destaca que análises da composição física, química e bacteriológica da água pluvial devem ser elaboradas para caracterizá-las e verificar a necessidade de tratamento, diminuindo riscos à saúde de seus usuários conforme preconiza a NBR 15527 (ABNT, 2007).

O passo inicial para o aproveitamento de água pluvial consiste em desenvolver coletores de água nas coberturas, dimensionados de tal forma, que levem em consideração os valores de precipitação da região e que separem as águas iniciais da chuva, devido à concentração de substâncias sólidas depositadas pelo vento e por pássaros. Essas águas seriam desviadas do reservatório por intermédio de um dispositivo que disporia, no final do coletor, de uma válvula para o descarte desse primeiro fluxo, uma vez que se recomenda que seja descartado em torno de 0,3 a 0,5 mm da precipitação, que deve ser desviada do reservatório (TOMAZ, 2003).

Em relação ao volume de água a ser descartado, existem alguns valores que são citados na literatura, variando desde 0,4 mm a 2,0 mm. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) indica que o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista, e que, na falta de dados, o recomendado é que se descarte 2 mm da precipitação inicial, ou seja, 2 litros de água por 1 metro quadrado de telhado.

Anecchini (2005) verificou, em seu estudo, melhora na qualidade da água captada em Vitória, após o descarte dos primeiros 1,5 milímetro de chuva. A água pluvial coletada em um telhado metálico apresentou parâmetros como pH e *Escherichia Coli* que atendiam ao padrão de balneabilidade (CONAMA nº 274/00). Verificou também que a precipitação equivalente aos primeiros 1,5mm apresentava concentração média de sulfato de 8,1mg/l e a precipitação equivalente a 3mm apresentava concentração de 3,5 mg/l. Como conclusão do trabalho, obteve-se a confirmação de que a chuva possui um importante

papel na remoção dos poluentes da atmosfera, promovendo a sua limpeza. Os primeiros milímetros de chuva são os mais poluídos e, ao longo do evento chuvoso ocorre a melhoria na qualidade dessa água.

Sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais tornam-se atrativos para grandes consumidores, como no caso de grandes condomínios, onde é possível a drenagem de ruas internas, para a reservação, tratamento e reúso. A coleta e o aproveitamento de águas pluviais podem, ainda, minimizar picos de enchentes que ocorrem nas estações chuvosas, em grandes centros urbanos (MANCUSO; SANTOS, 2003). A utilização de águas pluviais poderá ser recomendada desde que haja controle da qualidade e verificação da necessidade de tratamento específico. As características das águas pluviais derivam dos ambientes naturais e antrópicos onde ela se origina e por onde ela percola. Assim, sua qualidade depende diretamente das condições do local de sua precipitação. Conforme a finalidade pode ser necessário um tratamento simplificado, como sedimentação, filtração e cloração, ou até mesmo, tratamentos em níveis mais avançados (FENDRICH; OLIYNIK, 2002).

### **2.3.2 Qualidade da água pluvial**

Existem estudos, realizados no Brasil, sobre a qualidade da água pluvial, sendo que entre eles, Andrade Neto (2004), mostra que a água pluvial captada em áreas rurais apresenta baixa contaminação físico-química, normalmente atendendo aos padrões de potabilidade de água para consumo humano. Os riscos no consumo da água estariam mais associados à contaminação microbiológica, por depender tanto dos cuidados na captação e armazenamento, quanto do manuseio correto (ANDRADE NETO, 2004).

A água não é encontrada pura na natureza. Ao cair em forma de chuva, já carrega impurezas do próprio ar. Ao atingir o solo seu grande poder de dissolver e carrear substâncias altera ainda mais suas qualidades (CHILTON *et al.*, 2000). Dentre o material dissolvido encontram-se as mais variadas substâncias como, por exemplo, substâncias calcárias e magnesianas que tornam a água dura; substâncias ferruginosas que dão cor e sabor diferentes à mesma e substâncias resultantes das atividades humanas, tais como produtos industriais, que a tornam imprópria ao consumo (BARBOSA, 2005). Por outro lado, a água pode carrear substâncias em suspensão, tais como partículas finas dos terrenos por onde passa e que dão turbidez à mesma; pode também

carrear substâncias animadas, como algas, que modificam seu sabor, ou ainda, quando passa sobre terrenos sujeitos à atividade humana, pode levar, microorganismos patogênicos (MEDEIROS, 2009).

O sucesso dos sistemas de coleta depende dos critérios de projeto utilizados na execução da instalação. Para evitar contaminação, as águas pluviais não podem estar misturadas à água potável no mesmo sistema de distribuição, sendo imprescindível dispor de dois sistemas separados. Um fator que influencia o uso das águas pluviais para descarga de bacias sanitárias é a necessidade de desinfecção da água, pois durante o uso podem ocorrer respingos de água no corpo dos usuários e causar riscos à sua saúde, principalmente em crianças e idosos que, geralmente apresentam imunidade baixa. Segundo Figueiredo (2005), bactérias fecais encontradas no vaso sanitário podem, durante a descarga, ascender na forma de aerossóis e chegar a uma altura de até 6m, permanecendo circulando no ambiente por um período de até 2 horas, contaminando produtos de higiene pessoal como escovas de dente, toalhas, sabonetes etc.

Sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais podem ser munidos de reservatórios enterrados, apoiados no nível do chão, havendo nesses casos, a necessidade de recalcar a água para os pontos de utilização. Segundo Soares *et al.* (1999), é necessário que seja feito o tratamento dessas águas visando à remoção dos contaminantes que podem ser prejudiciais ao uso destas para os processos de limpeza.

Recentemente, Cardoso (2009) apresentou uma pesquisa quantitativa sobre a qualidade da água pluvial nas regiões Centro e Pampulha da cidade de Belo Horizonte, onde uma superfície de captação era constituída por telhas cerâmicas e a outra por telhas metálicas. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, turbidez, cor aparente, alcalinidade, dureza, sulfato, ferro, manganês e chumbo) e microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*), de acordo com o *Standard Methods*. O estudo concluiu que os parâmetros coliformes totais, cor aparente, turbidez e ferro não atingiram o padrão recomendado pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) e Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde quando foi descartado o volume de 2,0 litros de água pluvial por área de telhado, indicados na referida Norma.

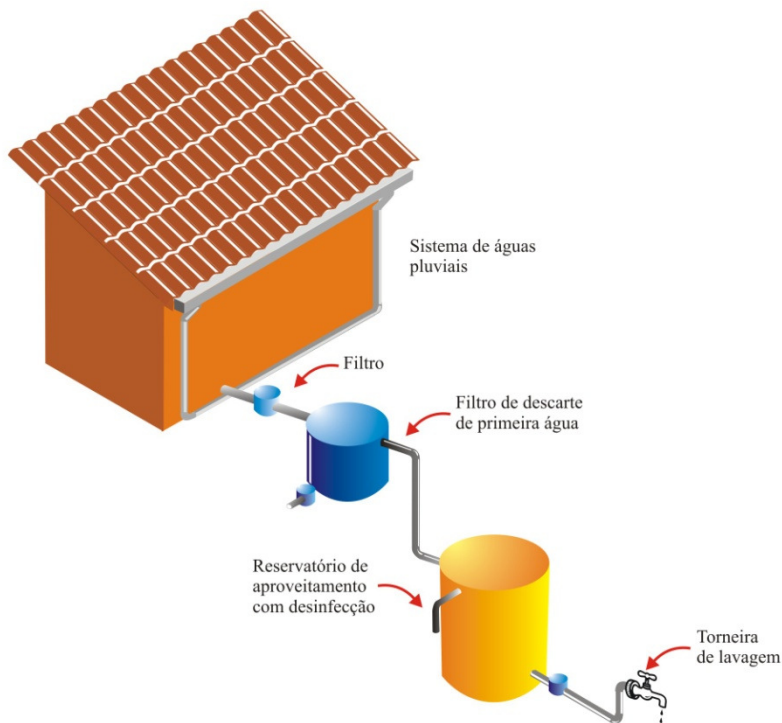
### **2.3.3 Filtros de água pluvial**

Certos cuidados durante a captação, o armazenamento e o consumo da água podem garantir a sua qualidade sanitária. Para que as

águas da chuva possam ser aproveitadas, é fundamental que se tenha alguns cuidados para minimizar a sua contaminação. O tipo de tratamento a ser utilizado dependerá muito do local onde será realizada a coleta da água. Em condições favoráveis como, por exemplo, baixo grau de poluição aérea e ausência de vegetação e animais nas coberturas, é possível que apenas o descarte da água da primeira chuva e a remoção de sólidos grosseiros, como folhas e galhos, sejam suficientes para a obtenção de água com qualidade e adequada ao uso pretendido. Em condições de entorno mais adversas, pode ser necessária a utilização de sistema de tratamento mais apurado, com filtros para partículas mais finas ou, em casos extremos, a utilização de agentes químicos (ALVES; ZANELLA; SANTOS, 2008).

Como a maioria das contaminações da água pluvial ocorre durante a sua captação, a primeira barreira que deve ser considerada é o impedimento de queda dos primeiros milímetros de chuva dentro do reservatório (SILVA, 2006). Assim que ocorrem as primeiras chuvas, as sujeiras (pequenos animais mortos, fezes de aves e roedores, folhas, detritos, poeira e microrganismos) são carregadas e acumuladas no interior dos reservatórios. O ideal é que se instale um dispositivo automático de desvio das primeiras águas para realizar essa função. Um dispositivo automático para desvio das primeiras águas de chuva é uma barreira física de proteção sanitária das cisternas (ANDRADE NETO, 2004). Existe, no mercado, uma grande variedade de dispositivos e filtros que impedem, ou reduzem, a contaminação dos reservatórios pelas primeiras chuvas.

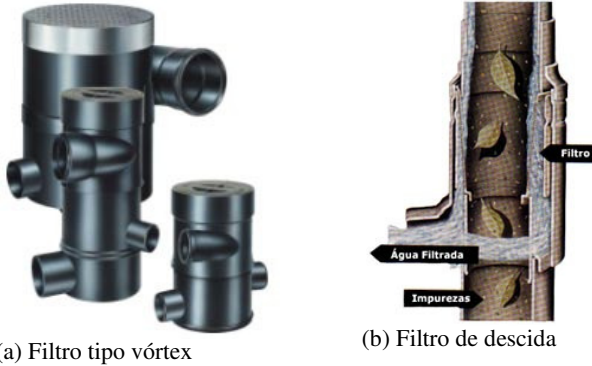
Entre os dispositivos disponíveis para desvio das primeiras águas das chuvas está este que é apresentado no desenho esquemático da Figura 2. Ele consiste em um pequeno tanque para o qual são desviadas automaticamente as primeiras águas de cada chuva, por meio de um “T” intercalado na tubulação de entrada do reservatório, que desvia para este pequeno tanque as águas de lavagem da superfície de captação. Como o tanque de desvio permanece totalmente fechado, quando o telhado está lavado, ele enche e só, então, a água de melhor qualidade vai para o reservatório inferior. O fecho hídrico dispensa bóias ou outros artifícios. Depois da chuva, e antes que se acumule sujeira na superfície de captação, o tanque de desvio deve ser esvaziado, por uma tubulação de descarga que, novamente fechada, deixa o dispositivo pronto para o desvio automático das primeiras águas da próxima chuva.



**Figura 2. Filtro de descarte da primeira água pluvial**

Fonte: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/133/imprime77956.asp>  
Acesso Abr. 2010

Para os filtros existentes no mercado, pode-se destacar o filtro tipo vórtex, apresentado na Figura 3(a), o qual é geralmente instalado entre os condutores verticais e a entrada do reservatório, possuindo a função de separar a água pluvial de impurezas como folhas, galhos e insetos. O filtro de descida, mostrado na Figura 3(b), é instalado diretamente na tubulação vertical e possui, praticamente, a mesma aplicação e funcionalidade do filtro anterior.



**Figura 3. Filtros de água pluvial**

Fonte: [www.engeplas.com.br/agua.html](http://www.engeplas.com.br/agua.html). Acesso Abr. 2010

Os filtros flutuantes de sucção são instalados na tomada de água da motobomba, que faz a captação da água do reservatório inferior para alimentar o reservatório superior. Eles filtram impurezas que, porventura, ainda estejam no reservatório, melhorando a qualidade da água e evitando problemas de aspersão de impurezas pela motobomba. A Figura 4 mostra sua instalação no reservatório inferior.



**Figura 4. Filtro flutuante de sucção**

Fonte: Adaptado [www.engeplas.com.br/agua.html](http://www.engeplas.com.br/agua.html). Acesso Abr. 2010

O segundo ponto a se considerar é com relação ao reservatório, que deve ficar completamente fechado, impedindo a entrada de luz. Dessa maneira minimiza-se a proliferação de algas no seu interior e a entrada de animais. É importante ressaltar que não se deve deixar nenhum reservatório aberto, sendo ele de água pluvial ou potável, pois, além dos problemas citados anteriormente, existe a questão da proliferação de alguns mosquitos em água parada e limpa, os quais podem ser transmissores de doenças graves.

Ainda com relação ao reservatório, para a saída do excesso de água, é necessário prever um extravasor, que deverá estar posicionado próximo à superfície. Esse extravasor deve ser tamponado com uma tela ou grade para impedir a entrada de animais (ANDRADE NETO, 2004).

### **2.3.4 Tratamento químico da água pluvial para fins não potáveis**

O cloro é utilizado como desinfetante, pois age sobre os microorganismos patogênicos presentes na água. Este produto não é nocivo para o homem na dosagem requerida para desinfecção, além de ser econômico. Ele não altera outras qualidades da água e, depois de aplicado, deixa um residual ativo na água.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou, em 2007, a NBR 15.527 (ABNT, 2007), que apresenta os requisitos para o aproveitamento de água pluvial em coberturas localizadas em áreas urbanas para fins não-potáveis. Na referida norma, são apresentadas algumas regras para a instalação dos reservatórios, métodos de dimensionamento, além de serem apresentadas medidas de limpeza e manutenção. Essa Norma preconiza que a qualidade da água deverá atender a padrões, devendo os mesmos ser escolhidos pelo projetista, conforme a utilização prevista. Entretanto, são citados alguns parâmetros de qualidade que devem ser respeitados para usos não-potáveis, os quais estão apresentados na Tabela 1.

A portaria do Ministério da Saúde MS nº 518/2004, de março de 2004, considera que uma concentração de 0,5 mg/l de cloro livre residual na água, depois de um tempo de contato de 30 minutos, garante uma desinfecção satisfatória. Esta concentração pode ser assegurada por meio de dosadores, uma vez que equipamentos de cloração garantem a manutenção de uma quantidade de cloro residual, que continua exercendo sua função desinfetante até o destino final.

**Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água para uso não-potável**

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	semestral	Ausência em 100 ml
Cloro residual	mensal	0,5 a 3,0 mg/l
Turbidez	mensal	< 2,0 uT, < 5,0 uT para usos menos restritivos.
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	mensal	< 15 µH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2007)

Este cloro pode ser aplicado sob a forma gasosa, acondicionamento em cilindros de aço, sob a forma líquida, proveniente de diversos produtos que libertam cloro quando dissolvidos na água pelos hipocloradores das bombas dosadoras, ou ainda, por pastilhas acondicionadas em dosadores conforme apresentado na Figura 5.

**Figura 5. Dosador de cloro em pastilhas**

Fonte: <http://www.hidraulis.com.br/>

Atualmente, com o surgimento de leis que tratam da captação de água pluvial para a contenção de cheias, em várias cidades do Brasil, os sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial têm se difundido rapidamente e os exemplos estão aumentando significativamente (CARLON, 2005). No próximo item é mostrado como os poderes



municipais e estaduais estão ajustando a legislação em vigor no sentido de ampliar e normalizar o uso de água pluvial com os mais diversos objetivos.

### **2.3.5 Leis de incentivo à captação e uso de água pluvial**

A Associação Brasileira de Recursos Hídricos, entendendo que em nosso país, a água era considerada como um recurso natural renovável, em geral farto e abundante, e que poderia atender, sem restrições, a quase todas as necessidades que dele viessem a ser requerida, mostra que sua carência era sentida apenas nas regiões semi-áridas.

Em 1995, essa Associação divulga a Carta de Recife, transcrita no Anexo 1, na qual apresenta que cidades brasileiras tiveram o desenvolvimento urbano realizado, sem considerarem o impacto potencial das inundações. A carta ressalta que deveriam priorizar em seus planejamentos o plano de drenagem urbano em consonância com outras ações. Para tanto, fundamentalmente, dever-se-ia criar leis sobre a questão, e estabelecendo-se o princípio de que nenhum usuário urbano deve ampliar a cheia natural.

Durante a presente revisão bibliográfica foram encontradas algumas leis que incentivam a implantação desses sistemas em esferas estaduais e municipais. A elaboração dessas leis foi realizada com a intenção de minimizar o desperdício de água potável para atividades que, efetivamente, não necessitem dessa qualidade. A seguir serão apresentadas algumas dessas leis.

Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Estabelece os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Fundamenta-se na necessidade de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Segundo FUNDESPA (2008), a partir da promulgação dessa lei é dado um novo enfoque para a questão hídrica. A ênfase legislativa incide na racionalização do uso da água, estabelecendo princípios e instrumentos para sua utilização.

Lei Estadual nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007 - Estado de São Paulo. Essa Lei estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Torna obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>,

com objetivos de se reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem, além de controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada (SÃO PAULO, 2007).

Lei Estadual nº 10.785, de 18 de setembro de 2003 - Estado do Paraná. Essa lei regulamenta a criação do Programa de Conservação e Uso Racional de Águas em Edificações. Este programa objetiva instituir medidas que proporcionem a conservação de água, seu uso racional de água e a utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações (FUNDESPA, 2003).

Lei Estadual nº 5.722/2006 - Estado de Santa Catarina. Aprovada no ano de 2006, torna obrigatório aos edifícios com número igual ou superior a três pavimentos e área superior a 600 m<sup>2</sup> a instalarem sistemas de captação, tratamento e aproveitamento de água pluvial. Enquadram-se nessa Lei edificações comerciais tais como hotéis, motéis, flats com um número igual ou superior a oito unidades dotados de toaletes. Recomenda-se ainda as possibilidades de aproveitamento da águas pluviais para usos não potáveis como lavagem de veículos, pisos de partes comuns e jardinagem.

Lei Municipal nº 791, de 12 de agosto de 2003 - Cidade de Curitiba. Lei aprovada em 2003, apresenta medidas preventivas que visam reduzir inundações ou alagamentos que ocorrem periodicamente em áreas urbanizadas. Dispõe sobre a construção de mecanismos de contenção de cheias como bacias ou reservatórios de retenção, cisternas ou reservatórios de acumulação. Torna obrigatória a implantação desses equipamentos nos novos empreendimentos e/ou ampliações e/ou reformas (CURITIBA, 2003).

Lei Municipal nº 13.276, de 4 de janeiro de 2002 - Cidade de São Paulo. Regulamentada pelo Decreto nº 41.814 de 16 de março de 2002 que obriga a construção de “piscininhas” nas edificações. Essa Lei descreve que edificações construídas a partir de 4 de janeiro de 2002 deverão instalar o sistema de piscininhas quando a área impermeabilizada resultar em mais de 500 m<sup>2</sup>. Em caso de reformas, deverá ser instalado o sistema quando o acréscimo da área impermeabilizada for igual ou superior a 100 m<sup>2</sup> (SÃO PAULO, 2002).

Lei Municipal nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004 - Cidade do Rio de Janeiro. Aprovada em 2004, torna obrigatória a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Essa Lei considera a necessidade de ajudar a

prevenir inundações por meio da retenção temporária de águas pluviais em reservatórios especialmente criados com essa finalidade. Prevê ainda as possibilidades de reaproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis como lavagem de veículos e partes comuns e jardinagem (RIO DE JANEIRO, 2004).

Lei Municipal nº 1620, de 23 de dezembro de 1997 - Cidade de Niterói. Define disposições relativas à aprovação de edificações residenciais unifamiliares e institui a taxa de impermeabilização máxima de 90% para as edificações localizadas na Zona Urbana. Determina ainda que fiquem dispensadas da exigência de taxa de impermeabilização as edificações que apresentarem soluções de acumulação e/ou aproveitamento de águas pluviais (NITERÓI, 1997).

Lei Municipal nº 5617, de 09 de novembro de 2000 - Cidade de Guarulhos. Aprovada em 2000, prevê que todos os conjuntos habitacionais, áreas comerciais e industriais, loteamentos ou parcelamentos em áreas urbanas, com área superior a um hectare a serem aprovados pela Municipalidade, deverão apresentar estudo de viabilidade técnica e financeira para a construção de reservatório de detenção, ou retenção, para prevenir inundações (GUARULHOS, 2000).

Lei Municipal nº 7073, de 14 de setembro de 2007 - Cidade de Vitória. Essa Lei determina que caberá ao proprietário do imóvel promover medidas que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos. Fazem parte do sistema hidrossanitário de uma edificação, os equipamentos e dispositivos que economizam água, entre eles a captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas (VITÓRIA, 2007).

Lei Municipal nº 17081, de 12 de janeiro de 2005 - Cidade de Recife. Aprovada e sancionada, institui o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Este programa possui como objetivo desenvolver medidas que induzam à conservação, ao uso racional e à utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como à conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água (RECIFE, 2005).

Lei Municipal nº 2349, de 18 de junho de 2004 - Cidade de Pato Branco. Essa Lei criou o programa de conservação e uso racional da água nas edificações. O programa possui como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, ao uso racional e à utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações. Determina ainda que a água deve ser captada nas coberturas das edificações e deve ser encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser

utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento (PATO BRANCO, 2004).

Lei Municipal nº 7216, de 25 de janeiro 2008 - Cidade de Blumenau. Instituído, por intermédio dessa Lei, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações no município. A Lei cita as ações de utilização de fontes alternativas que compreendem a captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas. A instalação dos sistemas de que trata esta Lei é obrigatória em residências, prédios públicos municipais estaduais e federais, postos de revenda de combustíveis, lavações e edificações em geral com mais de 101m<sup>2</sup> de área construída (BLUMENAU, 2008).

Projeto de Lei Municipal nº 14/2009 e nº 68/2009 – Cidade de Belo Horizonte. Na Câmara Municipal da cidade de Belo Horizonte-MG existem, ao que se refere a esse tema, dois Projetos de Lei em trâmite. O primeiro estabelece normas específicas para a captação, a conservação e o uso da água nas edificações no Município. Justifica-se pela crescente urbanização da cidade de Belo Horizonte, como a de outras cidades que enfrentam o mesmo crescimento, a qual tem sofrido grandes problemas de ordem social e econômica durante os períodos de chuvas, pois as obras de infraestrutura na maioria das vezes são incapazes de acompanhar este crescimento, o que provoca a saturação da rede de drenagem e assim contribuindo para sucessivos alagamentos nos logradouros e conseqüente transtorno para a população, indústria e comércio. Já o segundo Projeto de Lei dispõe sobre a obrigatoriedade de implantação de sistema de captação e retenção de águas pluviais (CMBH, 2009).

Dentre as ações de gestão ambiental recomendadas pelas legislações apresentadas, a utilização da água pluvial, para fins não potáveis, tem sido ainda impulsionada em todo o mundo em razão da crescente dificuldade de atendimento a uma demanda cada vez maior de água para o abastecimento público e da escassez, também crescente de mananciais próximos ou de qualidade adequada para o abastecimento, após o tratamento convencional da água. Sales *et al.* (2009) reconhecem que o sistema de drenagem urbana pluvial está intimamente ligado ao modo como o homem usa e ocupa o solo, sendo que apenas ações do Governo não são suficientes para corrigir esses efeitos. Assim, para que se possa reduzir esses efeitos, torna-se fundamental as ações relativas ao uso da água pluvial antes mesmo que essa possa ser lançada nas redes de drenagem urbanas.

Outras cidades possuem, ou estão em fase de aprovação, leis que regulamentam o uso de água pluvial. Essas leis determinam que a água

deve ser captada nas coberturas das edificações e encaminhada a uma cisterna, ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento, tais como rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos, lavagem de vidros e calçadas e pisos e descargas de bacias sanitárias.

Apesar dos sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais serem utilizados há anos em algumas regiões do Brasil, somente em setembro de 2007, entrou em vigor a NBR 15.527/2007 que trata sobre o aproveitamento de água pluvial de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis. Esta Norma tem como objetivo fornecer diretrizes para o aproveitamento de águas pluviais no uso não-potável em edificações. Ela aborda as condições gerais sobre: concepção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, calhas e condutores, reservatórios de descarte (reservatório utilizado para coletar a água de escoamento inicial) e reservatório de águas pluviais (reservatório utilizado para a acumulação das águas pluviais), instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção do sistema.

### **2.3.6 Aproveitamento da água pluvial em edificações**

Hoje, o aproveitamento de água pluvial surge como uma alternativa para se diminuir os problemas com a escassez e se contribuir com o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos. Exemplos de utilização da água pluvial no meio urbano, no exterior e no Brasil, podem ser citados.

Chilton *et al.* (2000) desenvolveram um sistema de coleta de água das chuvas para aplicação em supermercado no Reino Unido. A estrutura desenvolvida teve como aplicação a coleta e usos finais domésticos de água fria. O sistema, equipado com dispositivos de monitoramento, acompanhou e registrou o consumo de água potável, com o objetivo de estimar o volume de água pluvial recolhido durante um período de, aproximadamente, oito meses. Os resultados encontrados serviram para calcular a eficiência de coleta do sistema, em comparação com os ganhos potenciais, determinados a partir dos dados de precipitação local. Os resultados serviram para calcular as reduções de custos de água potável, tendo sido realizada uma análise econômica para o tempo de retorno de investimento, em 12 anos, com um percentual de substituição de 57,4%. Finalmente, o estudo considera os efeitos da alteração de tamanhos de tanques sobre a economia do sistema. Demonstrou-se que o tamanho do reservatório é crítico e que as

variações podem ser realizadas nos seus volumes e no tempo de retorno de investimentos, até conseguir se aproximar de quatro anos.

Na Suécia, 20% do consumo doméstico de água potável são utilizados para dar descarga em bacias sanitárias, 15% para a lavanderia, e 10% para a lavagem de carro. Tratada, a água pluvial coletada pode fornecer benefícios econômicos e ambientais para usos não potáveis (VILLARREAL; DIXON, 2005). Na renovação do Ringdansen, uma área residencial em Norrköping, Suécia, desenvolveu-se um projeto de uso da água pluvial para bacias sanitárias, lavanderia, irrigação e lavagem de veículos. Em uma simulação de diversos cenários, por meio de um modelo de computador, o desempenho do sistema de água pluvial é descrito pela sua eficiência e economia de água potável.

No Japão, existem vários exemplos de sistemas de coleta de águas pluviais em grandes telhados. Em três estádios multiuso, para grande capacidade de expectadores, localizados em Tóquio, Nagoya, e Fukoka, a água pluvial é usada para descarga de bacias sanitárias e irrigação das plantas. Durante um acompanhamento de 19 meses, realizado no Dome Fukoka, o autor do estudo, mostrou-se que cerca de 75% do total de chuva que caiu sobre o telhado foi utilizado, representando uma economia significativa (ZAIZEN, 1999).

Segundo ANPB (2006), na Alemanha, país que sediou a 18ª Copa do Mundo, a Federação Internacional de Futebol (FIFA) e o governo alemão decidiram promover o evento esportivo apresentado, fundamentando-se no programa ambiental intitulado *Green Goal* ou “Gols Verdes”. Estabeleceram-se, entre diversas outras ações, gastos mínimos de água. Sete estádios contaram com sistemas de tanques de armazenamento de água pluvial. A água que cai nos estádios escoava para esses tanques e, por meio de motobombas, é utilizada para a irrigação dos gramados principais e de treinos e para as bacias sanitárias. O estádio da FIFA em Munique tem capacidade para armazenar 98% da água pluvial que cai em seus 51 hectares. O Olympiastadion (Berlim), o Franken Stadium (Nuremberg) e o Gottlieb-Daimler Stadium (Stuttgart), foram capazes de reverter mais de 3 mil metros cúbicos de água pluvial.

Na Copa do Mundo de Futebol de 2010, na África, o estádio Soccer City em Johannesburgo passou por uma ampla reconstrução para sediar os jogos do mundial onde se adotaram padrões verdes de sustentabilidade. Entretanto, a África do Sul está num estágio intermediário de adoção dos padrões verdes. A expectativa é de que o Brasil seja o primeiro país a aplicar mudanças em larga escala, para a Copa de 2014. A transformação começará pelos estádios, algumas

arenas reciclarão o lixo e captarão água pluvial para uso em aplicações que não necessitarão de sua potabilidade (ANPB, 2010).

Na Irlanda, especialmente em áreas urbanas, a escassez é um grave problema. Lá, o consumo de água per capita por dia é de 180 litros e a demanda por água continua a aumentar devido ao crescimento populacional e ao maior padrão de vida. A utilização de sistemas de captação de águas pluviais e de sistemas de tratamento de águas cinzas tem o potencial de fornecimento de quase 94% da água doméstica nos lares irlandeses (LI; BOYLE; REYNOLDS, 2010).

Segundo Abulla e Al-shereef (2009), o maior desafio ambiental que a Jordânia enfrenta hoje é a escassez de água, pois seu consumo atual já supera a oferta de fontes renováveis. Muitos métodos têm sido propostos para aumentar as fontes de abastecimento de água, entre eles a captação de água pluvial. Os resultados de seus estudos, realizados em 12 províncias, mostram que um pode-se recolher até 15,5 Mm<sup>3</sup>/ano de água pluvial de telhados de edifícios residenciais, desde que todas as superfícies sejam usadas e toda a chuva, caindo sobre as superfícies, seja recolhida. Isso é equivalente a 5,6% do total nacional de abastecimento de água no ano de 2005 (ABULLA; AL-SHAREEF, 2010).

Para Zhou *et al.* (2010), o sistema de captação de águas pluviais domésticas é uma fonte de água doce importantes para Zhoushan, na China, para atender às demandas de água. Em seu estudo, um modelo de computador foi gerado para analisar o desempenho desses sistemas, para diferentes proporções de demanda de água/vazão média anual recolhida e a capacidade de armazenagem/escoamento anual médio coletado. Usando os dados colhidos, um conjunto de gráficos adimensionais foram desenvolvidos, mostrando que para uma demanda de água conhecida, pode-se facilmente determinar a capacidade de armazenamento e a área de captação necessária para atingir um nível de desempenho desejado.

Handia *et al.* (2003), investigaram a aplicabilidade do uso de água pluvial em duas áreas da periferia de Lusaka-Zâmbia identificadas como regiões de deficiência hídrica. O sistema de coleta de água pluvial em telhados foi baseado na análise da curva de massa para o dimensionamento de reservatórios e o *Rational Method* para os cálculos de sarjetas de coleta. A água coletada na região mostrou-se adequada para uso potável e a maioria dos moradores manifestou interesse em sistemas de coleta de água pluvial, mesmos preocupados com seu gosto e com detritos coletados água.

Anneccchini (2005) estudou a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma

residência unifamiliar e em um prédio localizado na Universidade Federal do Espírito Santo. Verificou-se que o período de retorno do investimento do sistema de aproveitamento para o prédio dessa universidade é superior a 10 anos. Esse tempo está condicionado à reduzida área para captação da água pluvial, uma vez que sistemas que dispõem de grandes áreas de captação apresentam um período de retorno do investimento geralmente menor. Em relação ao tempo de retorno do investimento, considerando uma residência unifamiliar, esse valor diminuiu para oito anos e nove meses.

Segundo CONPET (2010), nos projetos para os 12 estádios brasileiros da Copa do Brasil de 2014, há reformas e novas construções e que as iniciativas para o uso de tecnologias verdes devem vir das cidades-sede e dos arquitetos e engenheiros que construirão os estádios. A meta é atingir o padrão de construção recomendado pela FIFA em seus *Green Goals*. O Comitê Organizador Local da Copa recomenda regras mais rígidas, estabelecidas na certificação Liderança em Energia e Design Ambiental (*Lead*, na sigla em inglês). Os estádios que receberão esta distinção podem ter um custo de construção ou reforma, elevado em até 7%, mas devem chegar a economizar 30% em energia, 50% no consumo de água e 35% nas emissões de gás carbônico. Cinco das 12 arenas estão registradas para receber a certificação *Lead*: o Estádio Nacional de Brasília, o Mineirão, o Maracanã, o Vivaldo Lima e a Arena Cuiabá.

### **2.3.7 Uso da água pluvial para lavagem de veículos**

Inicialmente, apresentou-se o uso de água pluvial como uma solução para reduzir a crescente demanda de consumo de água potável para fins que não requerem sua potabilidade, mais especificamente, seu uso por meio de sistemas de coleta em edificações. Pretende-se mostrar aqui reflexões sobre o uso de água pluvial, em substituição à água potável, para a lavagem de veículos.

A lavagem de veículos é uma atividade que demanda grandes consumos de água (MORELLI, 2005). No Kuwait onde a produção de água potável depende quase que totalmente da indústria de dessalinização, os postos de lavagem de veículos estão entre as atividades que consomem grande quantidade da água, estimada em média entre 20 e 40 litros de água para a lavagem de um único carro (AL-ODWANI; AHMED; BOU-HAMAD, 2007). O uso de água das chuvas, em substituição à água potável, para a lavagem de veículos, é



uma atividade ainda pouco difundida no Brasil (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Para Morelli (2005), a indústria de lavagem de veículos inclui diferentes tipos e operações, cada uma com necessidades e características próprias. Estas variam quanto ao volume de água utilizado, carga de contaminantes e substâncias químicas nos processos de lavagem, os quais são divididos em três tipos, explicados a seguir. No sistema conhecido como Túnel, o veículo segue pelo interior do equipamento em formato de túnel, passando por áreas de lavagem, enxágue, enceramento e secagem, respectivamente, o que é mais comum, onde parte dos estabelecimentos recicla a água de lavagem e enxágue. No sistema *Rollover*, o automóvel fica parado, enquanto a máquina de lavagem passa por ele. O equipamento é dotado de escovas cilíndricas que giram em torno de seu próprio eixo e o efluente gerado é coletado numa vala situada abaixo do sistema. Na lavagem a jato manual, muito comum no Brasil, utiliza-se uma mangueira com jatos de alta pressão de ar e água sendo que em alguns casos a água é coletada numa vala (MORELLI, 2005).

Em São Paulo, na garagem da Viação Santa Brígida, que abriga mais de 500 ônibus, na Vila Jaguará, toda água pluvial que cai sobre os nove mil metros quadrados de área coberta é captada por canaletas e direcionada para uma rede de piscinões subterrâneos, com capacidade para 150 m<sup>3</sup> cada um. Depois, é aproveitada para lavagem de pisos, peças e veículos - sem receber nenhum tratamento. O consumo diário de água é de 280 m<sup>3</sup>/dia só para a limpeza da frota. Durante a estação das chuvas, a demanda é suprida quase completamente pela natureza. Além disso, toda a água usada no processo industrial que escorre para o chão é capturada por uma rede de ralos, que termina em uma pequena estação de tratamento. A água chega cheia de óleo e graxa e volta transparente, pronta para novo uso (CARLON, 2005).

Em um estudo feito em postos de gasolina, localizados em Brasília, foi realizada a análise para se determinar o potencial de economia de água potável com a utilização de sistemas de captação de água pluvial destinada à lavagem de veículos. Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica local, diferentes áreas de coleta de águas pluviais, diversas capacidades de reservatórios e uma diversidade de número de veículos lavados com suas respectivas demandas de águas potáveis. Neste estudo, foi realizada a análise de viabilidade econômica para este sistema, levando em conta o potencial de economia de água potável para este fim e tendo sido observado que o potencial médio de economia de água potável por meio da utilização de águas pluviais foi

de 32,7%, podendo variar de 9,2% a 57,2%. Foi apresentado como a principal conclusão que o uso da água pluvial, para a lavagem de veículos em postos de gasolina em Brasília, é um investimento viável para a maioria dos casos, com um valor presente líquido positivo para a taxa de juros de 1% ao mês (GHISI; TAVARES; ROCHA, 2009).

Segundo Almeida *et al.* (2010), na cidade de São Paulo, 15.064 ônibus circulam diariamente utilizando 2,2 milhões de m<sup>3</sup>/ano para a lavagem diária dos coletivos de transporte públicos. Em seu estudo, comparam-se os sistemas de lavagem de ônibus de três empresas, sendo que duas delas utilizam o sistema de lavagem convencional, utilizando água de poços artesianos e descarte do efluente na rede pública, ou em corpos d'água, e a terceira empresa utiliza um sistema de captação de água, juntamente com uma unidade de tratamento para reutilização da água. O estudo conclui a melhor posição da empresa que utiliza a coleta de água pluvial e reúso das águas residuárias, indicando um alto rendimento ambiental combinado com uma baixa carga ambiental.

Sanches e Lima (2007) mostraram, por intermédio de um estudo de captação de água pluvial para lavagem de veículos, realizado nas instalações de uma empresa de transporte por ônibus, onde 250 veículos são lavados diariamente – alguns mais de uma vez –, que neste local era gerado um consumo de, aproximadamente, 50 m<sup>3</sup>/dia. No estudo, eles ainda apresentaram que, somente com o uso da água pluvial coletada no telhado e no pátio, a empresa obtém uma economia de 70% de água potável fornecida pela concessionária local, nos períodos chuvosos, para a limpeza de seus ônibus. Durante todo o ano, este sistema coleta água pluvial, pela cobertura de dois prédios e armazena em reservatórios com capacidade de 160 m<sup>3</sup>, representando uma redução de 39% do consumo de água potável.

## **2.4 Dimensionamento de reservatórios**

Os métodos de dimensionamento de reservatórios partem do pressuposto de que nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda e que nem sempre será possível armazenar toda a água pluvial precipitada, seja por questões físicas ou econômicas. Os métodos de dimensionamento de reservatórios devem compatibilizar produção com demanda e identificar o percentual de demanda possível de ser atendida em cada sistema tornando-o mais eficiente e com menor gasto possível (PROSAB, 2006).

De acordo com Soares *et al.* (1999), os métodos utilizados para o dimensionamento do reservatório podem ser divididos em quatro grupos principais, segundo a forma de uso dos dados e a apresentação dos resultados: (a) métodos determinísticos: os dados referentes à precipitação pluviométrica e à demanda são analisados pela curva de massa; (b) métodos aproximados: baseados em relações empíricas conhecidas; (c) métodos de modelação: são também conhecidos como métodos de transição probabilística da matriz; e (d) métodos de análises de sistemas: sendo linear, não linear ou programação dinâmica.

De acordo com May (2004), a viabilidade do sistema de coleta de águas pluviais depende basicamente de três fatores: precipitação pluviométrica, área de coleta e demanda de consumo. O reservatório de água pluvial, por ser o componente mais dispendioso desse sistema, devendo ser dimensionado de acordo com as necessidades do usuário. Portanto deve-se dimensioná-lo corretamente para não inviabilizar economicamente o sistema de coleta. Desse modo, o reservatório não pode permanecer por um longo período ocioso bem como não pode provocar o desperdício de água pluvial em detrimento do atendimento da demanda necessária. Os dados referentes à pluviometria local podem ser obtidos por meio dos postos pluviométricos da região.

Com o volume obtido no dimensionamento a tecnologia pode ser utilizada para atender à demanda local por alguns dias, alguns meses ou por todo o ano. Geralmente o cálculo é realizado na tentativa de se atender a toda a demanda, pelo maior período possível, e com o menor custo de implantação. Para facilitar o dimensionamento dos reservatórios foram desenvolvidos modelos matemáticos que facilitam a sua determinação (PETTERS, 2006).

#### **2.4.1 Modelos comportamentais**

Segundo Anecchini (2005), estes modelos simulam a operação do reservatório em um período de tempo, simulando fluxos de massa com algoritmos que descrevem a operação de um reservatório. Os dados de entrada utilizados para simular o fluxo de massa são baseados em intervalos de tempo (minutos, horas, dias ou meses).

Rocha (2009) mostra que a maioria dos modelos comportamentais adota o princípio de transferência de massa para prever a operação do reservatório de armazenamento de água pluvial. Utilizando este princípio, e o balanço hídrico do sistema, equações são

desenvolvidas para simular o funcionamento do reservatório, frente a um conjunto de variáveis.

### **2.4.2 Método de Monte Carlo**

O método de Monte Carlo é um método estatístico utilizado em simulações estocásticas com diversas aplicações em áreas como a física, a matemática, a engenharia, a biologia entre outras. O método de Monte Carlo tem sido utilizado há bastante tempo como forma de se obter aproximações numéricas de funções complexas. Este método, tipicamente envolve a geração de observações de alguma distribuição de probabilidades e o uso da amostra obtida para aproximar a função de interesse. Segundo Rocha (2009), este método deve ser utilizado em conjunto com outros modelos para que se possam obter os resultados desejados.

De acordo com Lopes e Santos (2002), é um método baseado na simulação de variáveis aleatórias, sendo considerado simples e flexível e podendo ser aplicado em problemas de qualquer nível de complexidade. Ele consiste em gerar séries sintéticas de chuva, a partir de séries históricas, resultando em diferentes volumes de reservação para diferentes probabilidades de atendimento de demanda.

### **2.4.3 Métodos Práticos**

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório da água pluvial, a NBR 15.527 (ABNT, 2007) recomenda utilizar usar um dos seguintes métodos:

- método prático brasileiro;
- método prático alemão;
- método prático inglês;
- método prático australiano.

No entanto, na maioria das vezes, estes métodos são inadequados devido à generalização de uma série de grandezas de elevada variabilidade como a precipitação pluviométrica, a demanda de água potável e pluvial, ocasionando um superdimensionamento de reservatórios, os quais são responsáveis por cerca de 80% do custo

inicial total de um sistema de aproveitamento de água pluvial (ROCHA, 2009).

#### 2.4.4 Método de Rippl

Esse método também é conhecido como diagrama de massas, estando entre os recomendados pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) para o dimensionamento de reservatórios. Tomaz (2003) afirma que esse método pode ser utilizado para precipitações diárias e mensais. Em seguida, será apresentado o roteiro de cálculo para a aplicação do método de Rippl. Inicialmente, calcula-se o volume de água que escoou pela superfície de captação, para um tempo  $t$ , pela a Equação 1.

$$Q(t) = C \times P(t) \times A \quad (1)$$

Onde:

$Q(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$  (litros);

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

$A$  é a área de captação ( $m^2$ ).

Na sequência, calcula-se a diferença entre a demanda de água pluvial e o volume de água de água pluvial aproveitada, para os intervalos de tempo  $t$ , pela a Equação 2.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (2)$$

Onde:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$  (litros);

$Q(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$  (litros);

$D(t)$  é a demanda de água pluvial no tempo  $t$  (litros).

O volume do reservatório será dado pela máxima diferença positiva acumulada, e válida para  $S(t) > 0$ , calculada pela Equação 3.

$$V = \sum_{i=1}^t S(t) \quad (3)$$

Sendo que :  $D(T) < \sum Q(t)$

Onde:

V é o volume do reservatório (litros);

D(t) é o tempo em análise (dias, meses) ;

S (t) é o volume de água no reservatório no tempo t (litros).

#### **2.4.5 Programas computacionais para dimensionamento do volume de reservatório**

Amorim e Pereira (2008) apresentam em seus estudos que a utilização dos métodos práticos para o dimensionamento de reservatórios, por serem menos complexos e de fácil aplicação, são mais indicados em residências unifamiliares, ou em pequenos estabelecimentos, enquanto os métodos mais complexos, como o Método de Rippl, ou o Método de Análise de Simulação são mais indicados para projetos maiores, como indústrias, por exemplo. Destacam ainda que não existe nenhuma restrição na aplicação de qualquer método em diferentes tipologias de edificações. Em regiões com altos índices pluviométricos, devem-se escolher métodos mais conservadores, enquanto em regiões com baixos índices, o ideal é utilizar métodos que superdimensionem o reservatório, para que a água coletada nos períodos de chuva possa suprir a demanda nos períodos secos .

A eficiência dos sistemas de aproveitamento de água pluvial é afetada sobretudo pelo dimensionamento do reservatório de armazenamento. O dimensionamento adequado é essencial para evitar a operação do reservatório de forma ociosa quando superdimensionado ou insuficiente, quando subdimensionado. Por isso, a utilização de programas de computador para essa finalidade é uma importante ferramenta (ALVES *et al*, 2008). Procurando por programas de computador que viabilizem esta atividade, podem-se encontrar algumas opções como se observa abaixo.

Segundo Nascimento e Moruzzi (2010), o REZZ é um programa computacional que utiliza o Método de Rippl e o Método da Análise da Simulação, desenvolvido para auxiliar no cálculo do volume do reservatório para sistemas de aproveitamento de água pluvial. Ressalta-se ainda que, para se utilizar o programa, são necessários conhecimentos básicos sobre métodos de cálculo e sobre sistemas de captação. A função do programa é auxiliar na decisão, e não decidir pelo usuário. Sendo assim, a aplicação do REZZ no dimensionamento do volume de

reservatório de sistemas de aproveitamento de água pluvial constituiu uma ferramenta importante de auxílio na tomada de decisão, pois com o REZZ é possível obter rapidamente os diferentes valores correspondentes ao volume de reservatório para os diferentes métodos preconizados pela NBR15527 (ABNT, 2007).

Segundo Khastagir e Jayasuriya (2010), a decisão a ser tomada para a determinação do tamanho do reservatório de água pluvial é basicamente um compromisso entre a maximização do uso da água pluvial, a confiabilidade do atendimento da demanda ao longo do ano, a precipitação anual do local, o tamanho da área de captação, o investimento necessário e o espaço disponível dentro da propriedade para instalar o tanque. Em seu estudo, os autores desenvolveram uma metodologia para melhorar o dimensionamento de tanques de águas pluviais, considerando os fatores já mencionados e representados por meio de uma curva com característica adimensional. O estudo abre o caminho para o desenvolvimento de uma ferramenta computacional, baseada na *web* e interativa, para selecionar o tamanho do tanque ideal de águas pluviais.

Com o objetivo de avaliar o desempenho de sistemas de captação de águas pluviais, o armazenamento para posterior consumo, assim como simular um melhor equilíbrio entre a área de contribuição do telhado, o tamanho do tanque e a demanda de água pluvial para atender o uso final desejado, foi desenvolvido *pela North Carolina State University* o programa *Stormwater*. Jones e Hunt (2010), apresentaram um estudo, realizado em cidades do sudeste americano, para determinar o equilíbrio ideal entre a área de telhado, tamanho do reservatório e consumo de água. O algoritmo utilizado pelo programa utiliza uma série de tomadas de decisões para avaliar o equilíbrio da água (fluxo de entrada de água pluvial subtraindo-se a água consumida). Os cálculos são realizados a cada hora ou dia, dependendo do intervalo dos dados de precipitação introduzidos no programa. Assim, utilizando os dados de precipitação pluviométrica, determina-se o período de simulação. Segundo Jones e Hunt (2010), pode-se prever o uso da água pluvial de várias maneiras com essa ferramenta de simulação.

No LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) da Universidade Federal de Santa Catarina, com o objetivo de determinar o volume do reservatório, assim como o potencial de economia de água potável por intermédio do aproveitamento de água pluvial, foi desenvolvido o programa Netuno. Embora não seja um método de dimensionamento propriamente dito, teve seu desenvolvimento iniciado no ano de 2004.

O algoritmo do programa Netuno realiza os cálculos em base diária, considerando a demanda e a disponibilidade de água pluvial. Diariamente, a água pluvial que escoar pela superfície de captação, descontadas as perdas, é conduzida ao reservatório de armazenamento. Se a capacidade do reservatório é excedida, a demanda de água pluvial é atendida e o excesso de água é extravasado. Caso contrário, a demanda diária de água potável é atendida parcial, ou totalmente, pela concessionária (GHISI; CORDOVA; ROCHA, 2010).

Apresentam-se também, como resultado da simulação, os percentuais de números de dias do ano em que a água pluvial coletada: a) atende completamente às necessidades diárias de água pluvial; b) atende parcialmente a essas necessidades; e c) não atende às necessidades diárias, ou seja, quando o reservatório de água pluvial encontra-se completamente vazio. Para efeitos comparativos, apresenta-se também o volume de água pluvial extravasado (não aproveitado) ao longo do ano (GHISI; CORDOVA; ROCHA, 2010).

O dimensionamento do volume de reservação de água pluvial deve ser elaborado por método que leve em conta a oferta e a demanda de água pluvial. A oferta é descrita pelas séries históricas de precipitação pluvial da localidade, ao longo do tempo, e a demanda deve ser calculada a partir dos volumes aplicáveis aos usos não-potáveis previstos. Esses fatores combinados estão contemplados no algoritmo do programa Netuno.

#### **2.4.6 Utilização e validação do programa Netuno**

O programa Netuno permite determinar o percentual de economia de água tratada, relativo ao consumo de água estimado para o aproveitamento de água pluvial referente a um dado volume do reservatório. Assim, é possível testar a economia oferecida para diversos volumes de reservatório, até se obter aquele que apresenta o maior percentual de economia com menor custo, conforme pode ser apresentado nos estudos que se seguem.

Ghisi e Oliveira (2007) apresentaram estudo com objetivo de verificar a viabilidade econômica em sistemas complementares de abastecimento de água em duas residências unifamiliares, localizadas no município de Palhoça, Grande Florianópolis. Utilizou-se do programa Netuno para simular situações de substituição de água potável por meio de fontes alternativas tais como o aproveitamento da água pluvial, o



reúso e o uso da água pluvial e o reúso, ao mesmo tempo, em atividades como descargas de bacias sanitárias e lavação de roupas.

Utilizado por Marinoski (2007), em seu estudo sobre o potencial de economia de água potável obtido pela implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não-potáveis, no SENAI/Florianópolis, o programa Netuno determinou os volumes dos reservatórios de água pluvial de forma objetiva e ágil.

Ghisi e Ferreira (2007), estimaram o potencial de economia de água tratada passível de ser obtido pelo aproveitamento de água pluvial, do reúso de águas cinzas e da utilização dos dois sistemas, simultaneamente, em um condomínio residencial de Florianópolis-SC. Segundo Ghisi e Ferreira (2007), para o dimensionamento de reservatórios, os cálculos dos volumes dos reservatórios inferiores de água pluvial foi realizado com o auxílio do programa Netuno, que se mostrou bastante confiável e prático, pois o mesmo possui um algoritmo de fácil entendimento e uma base de dados adequada.

Segundo Rocha (2009), em seu estudo de validação do algoritmo do programa computacional Netuno, foram apresentados resultados das simulações utilizadas para avaliar o dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial em edificações para fins não-potáveis. A principal conclusão do seu estudo é que o algoritmo do programa Netuno prediz adequadamente o potencial de economia de água potável obtido pelo aproveitamento de água pluvial em edificações.

## **2.5 Algoritmo empregado no programa Netuno**

O programa Netuno foi desenvolvido para estimar o potencial de economia de água potável, para um ou mais volumes de reservatórios, quando se deseja aproveitar água pluvial em edificações. Para sua utilização, devem-se empregar os dados de precipitação pluviométrica fornecidos por estações meteorológicas, próximas da edificação em análise

O algoritmo utilizado no programa Netuno considera os dados de entrada diários. A chuva que cai diariamente na superfície de captação é conduzida para o reservatório de coleta. Inicialmente, o coeficiente de perdas é aplicado e uma porcentagem da água é descartada. Para os casos em que a água pluvial excede o volume do reservatório, ela é descartada, caso contrário, a água pluvial é utilizada para suprir a demanda, parcialmente ou totalmente (GHISI, 2010). O volume de água

pluvial que escoo pela superfície de captação no tempo  $t$  é apresentado na Equação 4.

$$V_t = P_t \times A \times C_{ap} \quad (4)$$

Onde:

$V_t$  é o volume de água pluvial que escoo diariamente pela superfície de captação no tempo  $t$  (l/dia por residência);

$P_t$  é a precipitação pluviométrica diária local no tempo  $t$  (mm/dia = l/m<sup>2</sup> por dia);

$A$  é a área de captação (m<sup>2</sup>);

$C_{ap}$  é o coeficiente de aproveitamento (número adimensional).

O volume de água pluvial consumido no tempo  $t$  é estimado pela Equação 5.

$$C_t = \min \begin{cases} D_p \times D \times n \\ V_{t-1} + H_t \end{cases} \quad (5)$$

Onde:

$C_t$  é o volume de água pluvial consumido diariamente no tempo  $t$  (l);

$D_p$  é a demanda diária de água pluvial (número adimensional percentual da demanda de água potável);

$D$  é a demanda diária de água potável (litros per capita/dia);

$n$  é o número de usuários (adimensional);

$V_{t-1}$  é o volume de água pluvial no tempo anterior ( $t-1$ ) disponível no reservatório (l);

$H_t$  é o volume de água pluvial que escoo no tempo  $t$  pela superfície de captação (l).

O volume de água pluvial disponível no reservatório após suprir totalmente ou parcialmente a demanda é estimado pela Equação 6.

$$V_t = \max \begin{cases} 0 \\ \min \begin{cases} V_{t-1} + H_t - C_t \\ V - C_t \end{cases} \end{cases} \quad (6)$$

Onde:

$V_t$  é o volume de água pluvial do reservatório no tempo  $t$  (l);

$V_{t-1}$  é o volume de água pluvial no tempo  $t-1$  (l);

$H_t$  é o volume de água pluvial que escoa no tempo  $t$  pela superfície de captação (l);

$V$  é o volume útil do reservatório (l);

$C_t$  é o volume de água pluvial consumido no tempo  $t$  (l per capita/dia).

O potencial de economia de água potável é estimado por meio da relação entre o volume total de água pluvial, consumido durante todo o período analisado, e a demanda total de água para o mesmo período, conforme representa a Equação 7.

$$E = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^d C_t}{D \times n \times d} \quad (7)$$

Onde:

$E$  é o potencial de economia de água potável estimado (%);

$C_t$  é o volume de água pluvial consumido no tempo  $t$  (l/per capita/dia);

$D$  é a demanda diária de água potável (litros per capita/dia);

$n$  é o número de usuários (adimensional);

$d$  é o número de dias no período analisado (dias).

O algoritmo pode ser utilizado para descrever a operação de sistema direto de distribuição (por gravidade ou circulação forçada); ou sistema indireto de distribuição (reservatório inferior e superior).

Para que o programa Netuno possa prever o percentual de economia de água tratada, relativo ao consumo de água estimado para o aproveitamento de água pluvial relacionado a um dado volume do reservatório é necessário supri-lo de informações tais como as que seguem.

### **2.5.1 Precipitação pluviométrica**

A precipitação pluviométrica é um dos fatores que atua diretamente no sucesso do sistema de aproveitamento de água pluvial (PETTERS, 2006). Percebe-se que a cidade de Belo Horizonte possui uma homogeneidade nos dados pluviométricos na estação normal, enquanto que, em um verão anômalo, causa desequilíbrio na distribuição das chuvas (COELHO; ANDRADE, 2007). A região da Serra do Curral contribui na distribuição e intensificação das chuvas sobre Belo Horizonte. Há importante variabilidade espacial das chuvas para distâncias relativamente pequenas (1,6 Km). A correlação aumenta com as distâncias e com o tipo de sistema atuante. Para chuvas convectivas, há maior variabilidade espacial, pois o grau de variação muda de mês para mês, de ano para ano e de região para região (COELHO; ANDRADE, 2007).

A precipitação é estabelecida em função de dados diários publicados pelos órgãos competentes, em nível nacional, regional ou local e, também, em função da série histórica de chuvas na região de implantação do sistema. No Brasil, o INMET coleta os índices de precipitação por intermédio de sua rede de observação superficial de estações meteorológicas.

### **2.5.2 Área de captação**

Segundo May (2004), a água pluvial é coletada em áreas impermeáveis, como telhados. Para Tomaz (2003), geralmente a captação é feita nos telhados das casas ou indústrias, podendo ser os mesmos edificadados de telhas de cerâmica, telhas de zinco, telhas de ferro galvanizado, entre outros, podendo estar inclinados, pouco inclinados ou planos.

Ressalta-se que as calhas e os condutores verticais devem ser dimensionados corretamente, pois estruturas mal dimensionadas podem causar um aproveitamento de água inferior ao pretendido NBR 10844 (ABNT, 1989).

### **2.5.3 Percentagem de água potável a ser substituída por pluvial**

Este dado deve ser definido a partir de estudos do uso final para um consumo específico. Ele representa a percentagem de água potável

que pode ser substituída por água pluvial para o consumo da água em análise, além de também representar valor máximo de economia de água potável que se pode alcançar com o uso da água pluvial.

#### 2.5.4 Coeficiente de aproveitamento

O coeficiente de aproveitamento é utilizado para representar o volume aproveitável de água pluvial após o desvio de escoamento inicial para descarte de folhas e detritos e, também, as perdas por absorção e evaporação da água pluvial ao atingir a superfície de captação NBR 15527 (ABNT, 2007), conforme indica a Equação 8.

$$C_{ap} = C \times \eta_{fc} \quad (8)$$

Onde:

$C_{ap}$  é o coeficiente de aproveitamento de água pluvial (adimensional);

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

$\eta_{fc}$  é a eficiência do sistema de captação, levando-se em conta o descarte inicial de água (adimensional).

Segundo Tomaz (2003), o coeficiente de *runoff*, ou coeficiente de escoamento superficial, é o quociente entre o volume de água que esco superficialmente e o volume total de água precipitada. A diferença é referente às perdas, devido à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras. Entretanto, diversos autores sugerem valores em função do tipo de material da superfície de cobertura, como mostra a Tabela 2.

Constatou-se que, independentemente do método utilizado para o dimensionamento do reservatório para fins de aproveitamento de água pluvial, são utilizados coeficientes que variam de 0,80 a 0,90, como pode ser visto em Ghisi e Ferreira (2007), Cardoso (2009), entre outros.

**Tabela 2. Coeficiente de escoamento superficial para diferentes materiais de captação**

Material	Coeficiente		Fonte
	Mínimo	Máximo	
Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro	0,90	0,95	Wilken (1978)
Telhado inclinado com telha cerâmica	0,75	0,90	Van den Bossche apud Vaes e Berlamont (1999)
Telhado inclinado com telha esmaltada	0,90	0,95	
Telhas cerâmicas	0,80	0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975)
Telhas corrugadas de metal	0,70	0,90	

Fonte: Adaptado May (2004).

### 2.5.5 Armazenamento da água

Todas as orientações da NBR 12217 (ABNT, 1994) devem ser observadas para a caracterização do reservatório. No entanto, para o dimensionamento, a NBR 15527 (ABNT, 2007) é que traz as recomendações quando se trata de água pluvial, inclusive no que diz respeito à conexão cruzada. Segundo Alves *et al.*(2008), existem três formas básicas para o agrupamento dos reservatórios a saber: somente elevado; somente inferior; e superior e inferior. O reservatório, por ser o componente que representa o maior custo na implantação do projeto, deve ser dimensionado de forma que traga confiabilidade no armazenamento, mas não devendo ser grande de tal forma que torne inviável a sua construção (MAY, 2004). Segundo Gonçalves (2006), algumas precauções devem ser tomadas em relação ao reservatório visando à manutenção da qualidade da água e a vida útil do sistema. Estas precauções são:

- as paredes e a cobertura do reservatório devem ser impermeáveis;
- deve-se evitar a entrada de luz solar para evitar a proliferação de algas;
- a entrada de água no reservatório e o extravasor devem ser protegidos com telas que impeçam a entradas de insetos;
- o reservatório deve ser dotado de uma abertura para visita e inspeção;

- a água deve entrar no reservatório sem provocar turbulência, evitando a ressuspensão de sólidos;
- o reservatório deve ser limpo uma vez por ano para a retirada de todo o lodo depositado no fundo.

Ainda segundo Gonçalves (2006), o próprio reservatório funciona como decantador pois, após alguns dias de armazenamento, a qualidade da água melhora significativamente.

O programa Netuno realiza simulações para três condições específicas. A primeira o volume do reservatório superior igual à demanda diária de água pluvial. Nesta opção, o volume do reservatório que é utilizado na simulação é igual à demanda diária de água pluvial, conforme apresentado na Equação 9. Entretanto, esta opção não está disponível para os casos em que a demanda de água potável é variável.

$$VR_{sup} = P_{sub} \times D \times n \quad (9)$$

Onde:

$VR_{sup}$  é o volume do reservatório superior (l);

$P_{sub}$  é a percentagem de água potável que pode ser substituída por pluvial (%);

$D$  é a demanda diária de água potável (l);

$n$  é o número de usuários da edificação.

Uma segunda opção está em não utilizar reservatório superior. Neste caso, permite-se fazer uma simulação na qual a água pluvial é direcionada diretamente do reservatório inferior para o consumo. Finalmente, existe ainda a simulação para o volume de reservatório superior fixo. Essa terceira opção permite que o usuário escolha um único volume de reservatório superior de armazenamento de água pluvial.

Para o cálculo, voltado para um reservatório inferior deve-se informar o valor de volume de um reservatório, com o objetivo de se verificar o potencial de economia de água potável, o volume extravasado por ano e os percentuais de atendimento completo, parcial ou nulo da demanda de água pluvial. Esse cálculo pode ser realizado para diversos reservatórios inferiores em que se estima um intervalo de

análise de volumes de reservatório inferiores. Inserido o volume máximo que se deseja analisar, assim como o intervalo entre cada volume a ser simulado, o programa Netuno calcula o potencial de economia de água potável para cada volume desse intervalo, apresentando os resultados em forma gráfica. Para esta opção são geradas planilhas que contêm, para cada volume de reservatório analisado, o potencial de economia, o volume de água pluvial total consumido, o volume anual extravasado e o percentual de dias que a demanda da diária de água pluvial é atendida totalmente, parcialmente ou não é atendida.



---

### 3. MÉTODO

---

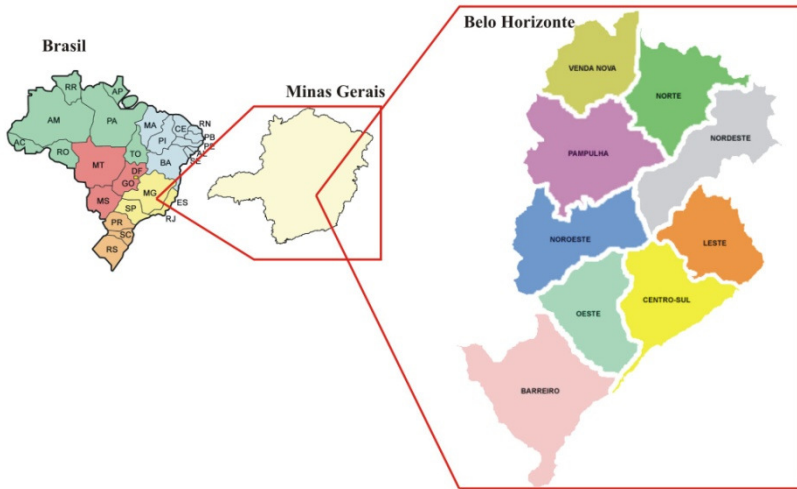
Quando se fala de utilização de água das chuvas em substituição da água potável para usos não-potáveis, vários métodos podem ser empregados visando validar um determinado modelo. Neste trabalho, o foco está em analisar a viabilidade econômica na implantação de sistemas de coleta de águas pluviais, em substituição a águas potáveis, na lavagem de veículos novos, seminovos e revisados em concessionárias de veículos, na região metropolitana de Belo Horizonte.

Para atingir os objetivos almejados, desenvolveu-se uma pesquisa por meio do método estudo de caso, pelos seguintes pontos-chave:

- identificação da precipitação pluviométrica do local de estudo;
- caracterização dos objetos de estudo, área de captação de água pluvial, levantamento do consumo total de água potável, número de veículos lavados;
- em uma primeira etapa, a realização do cálculo dos volumes de reservatórios inferiores e do potencial de economia de água potável para cada concessionária;
- determinação do custo médio de implantação de sistemas de coleta e armazenamento de água pluvial;
- análise de correlações entre o consumo de água potável, o número de veículos lavados, o número de funcionários, os índices pluviométricos e as áreas de coberturas das concessionárias em estudo;
- em uma primeira etapa, análise de viabilidade econômica na implantação dos projetos de coleta de água pluvial por meio de cálculos realizados em planilhas eletrônicas e pelo programa Netuno, bem como, a comparação entre os resultados encontrados;
- em uma segunda etapa, reavaliação da viabilidade econômica do sistema de uso de água pluvial, pela utilização de uma nova escolha de reservatório inferior e de seu respectivo potencial de economia de água potável;
- em uma terceira etapa, reavaliação da viabilidade econômica do sistema de uso de água pluvial, pela não utilização do reservatório superior, e de seu respectivo potencial de economia de água potável.

### 3.1 Objeto de estudo

Este estudo foi realizado na região metropolitana da Cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. Localizada na região Sudeste do Brasil, possui área de 331 km<sup>2</sup>, latitude de 19°55'S e longitude de 43°56'W, conforme apresenta a Figura 6.



**Figura 6. Localização geográfica da Cidade de Belo Horizonte**

A primeira etapa deste trabalho foi pesquisar o universo de concessionárias de veículos na região metropolitana de Belo Horizonte. Com o objetivo de restringir o universo de estudo, foi realizada uma pesquisa para determinar o número de concessionárias de veículos novos. No Brasil existem 3.267 concessionárias de veículos novos. A Tabela 3 detalha a sua distribuição por fabricantes (ANFAVEA, 2009).

A Spress Informática SA, empresa sediada em Belo Horizonte - MG, possui banco de dados atualizado permanentemente, contendo informações cadastrais de concessionárias de veículos novos de todo o Brasil. Desse modo, depois de consulta a tal empresa, foi feita a seleção de todas as empresas na região metropolitana de Belo Horizonte.

Na região metropolitana de Belo Horizonte existem 109 concessionárias de veículos novos (SPRESS, 2009). Realizada a locação física das concessionárias observaram-se três áreas principais onde se concentram as concessionárias.

Dispondo dos nomes e endereços, realizou-se um mapeamento de todas as concessionárias em um mapa digital. Assim foi possível identificar as regiões onde se concentram as empresas deste segmento.

**Tabela 3. Mercado brasileiro de concessionárias de veículos novos**

Fabricante	Fábricas	Concessionárias
Agrale	4	87
Fiat	3	479
Ford	4	447
General Motors	4	375
Honda	1	107
Hyundai	1	136
Iveco	2	57
Mercedes-Benz	2	192
Mitsubishi	1	136
Nissan	1	65
Peugeot Citroën	2	238
Renault	3	142
Scania	1	85
Toyota	2	123
Volkswagen	4	416
Volkswagen e Caminhões e Ônibus	1	110
Volvo	2	72
Totais	40	3267

Fonte: (ANFAVEA, 2009)

Uma vez mapeadas, as concessionárias foram identificadas por áreas de concentração geográfica.

A seleção das concessionárias, de cada região, foi fundamentada nos seguintes critérios:

- empresas que possuem grandes áreas de telhado já edificadas. Este critério foi aplicado com o objetivo de captar o volume de água pluvial para atender à demanda de consumo de água para fins não-potáveis;
- estar localizada em regiões densamente povoadas, visando reduzir o lançamento de águas de chuva em redes públicas de coleta de águas pluviais e, conseqüentemente, reduzir o impacto que estas águas provocam nestas redes e rios;
- as empresas deveriam possuir oficina de manutenção, revisão e funilaria de veículos visto que estas atividades demandam um grande consumo de água;

- possuírem área disponível para construção de reservatórios inferiores e superiores para a coleta de água pluvial;
- comercializarem grandes quantidades de veículos novos e seminovos e representarem fabricantes distintos de veículos.

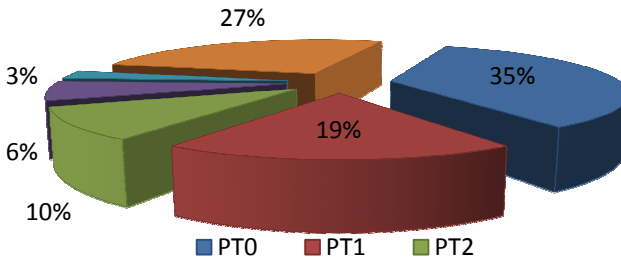
Segundo a SPRESS (2009), as concessionárias de veículos são classificadas não em função de seu faturamento, ou número de veículos comercializados ou revisados, mas sim em função do número de usuários do sistema de informação que as empresas utilizam em seus processos gerenciais, operacionais e administrativos. Para tanto, foi desenvolvido um *ranking* nacional que classifica as concessionárias pelo porte conforme mostra a Tabela 4.

**Tabela 4. Porte das concessionárias de veículos**

Porte	Número de usuários
PT0	Abaixo de 10
PT1	de 10 a 20
PT2	de 21 a 40
PT3	de 41 a 60
PT4	de 61 a 80
PT5	Acima de 81

Fonte: Spress Informática Ltda. (2009)

Seguindo esta classificação, as concessionárias da região metropolitana de Belo Horizonte podem ser distribuídas conforme a Figura 7. Dentro desta classificação foram escolhidas seis concessionárias para o desenvolvimento deste trabalho. Escolheram-se três concessionárias de porte PT0, duas concessionárias de porte PT5 e uma de porte PT1.



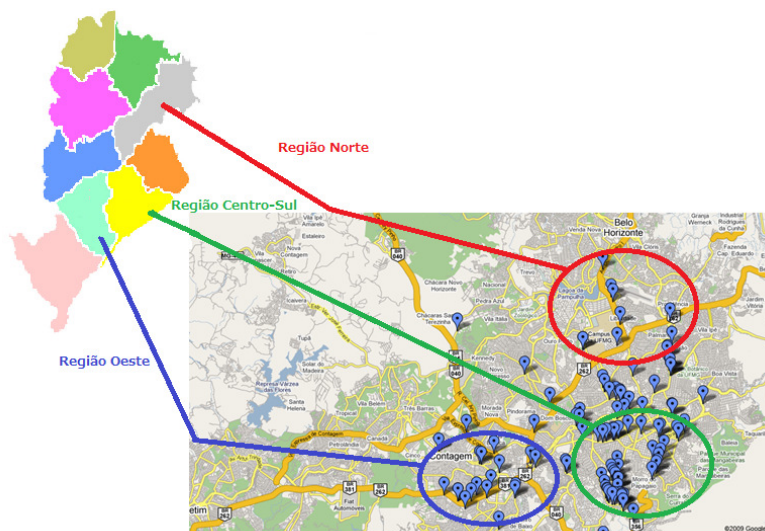
**Figura 7. Porte das concessionárias de veículos em Belo Horizonte**

Fonte: Spress Informática Ltda. (2009)

### 3.1.1 Regiões de Belo Horizonte

De acordo com a prefeitura de Belo Horizonte, a cidade foi dividida em nove grandes regiões administrativas. O objetivo desta divisão política é descentralizar vários serviços prestados por este órgão e facilitar assim, a vida dos moradores de cada região.

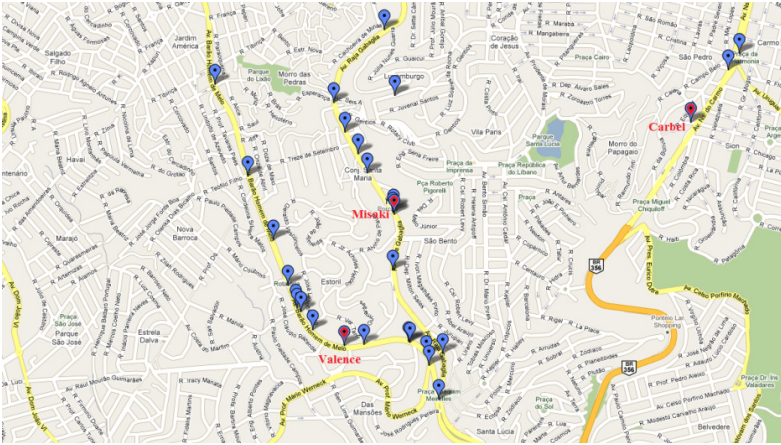
Locadas todas as concessionárias pesquisadas no mapa de Belo Horizonte, por meio de marcas azuis, conforme apresentado na Figura 8, pode-se observar que elas estão agrupadas em três regiões. A primeira região, denominada Centro-Sul, está compreendida pelas avenidas Raja Gabaglia, Barão Homem de Melo e Nossa Senhora do Carmo. A segunda região, denominada como região Oeste, engloba a Avenida Amazonas e o centro do município de Contagem, dentro da área metropolitana de Belo Horizonte. A terceira região denominada Norte, compreendida pelo entorno da lagoa da Pampulha e Avenida Cristiano Machado.



**Figura 8. Delimitação das concessionárias por região**

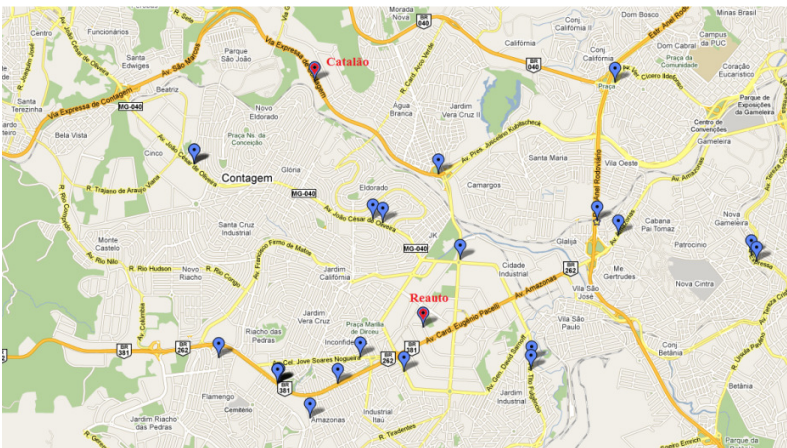
Na região Centro-Sul, área delimitada em verde na Figura 8, foram selecionadas as concessionárias Carbel (Volkswagen), Misaki (Nis-

san) e Valence (Renault). Suas localizações podem ser observadas nas sinalizações feitas pelos marcadores em vermelho na Figura 9.



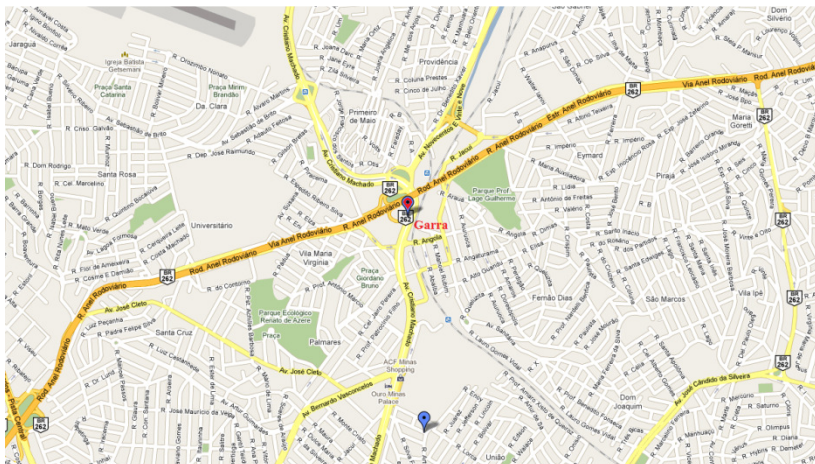
**Figura 9. Concessionárias da região Centro-Sul de Belo Horizonte**

Na região Oeste, delimitada na Figura 8 em cor azul, foram selecionadas as concessionárias Catalão (Volkswagen) e Reauto (Volkswagen). Suas localizações podem ser observadas na Figura 10, sinalizadas pelos marcadores em vermelho.



**Figura 10. Concessionárias da região Oeste de Belo Horizonte**

A Figura 11 mostra a concessionária Garra, sinalizada pelo marcador em vermelho, de bandeira Volkswagen, localizada na região Norte de Belo Horizonte, delimitada na Figura 8 também pela cor vermelha.



**Figura 11. Concessionárias da região Norte de Belo Horizonte**

### 3.1.2 Concessionária Carbel

A Carbel, fundada em 09/01/1963, situada na região Centro-Sul de Belo Horizonte, está em uma região densamente habitada, dentro de uma micro-região de solo altamente impermeável à absorção das águas das chuvas. Classificada como porte PT5, possui uma oficina de alta rotatividade de veículos e um consumo de água potável elevado. Construída e coberta por galpões, tem sua vista aérea representada na Figura 12 estando delimitada pela linha de cor vermelha.

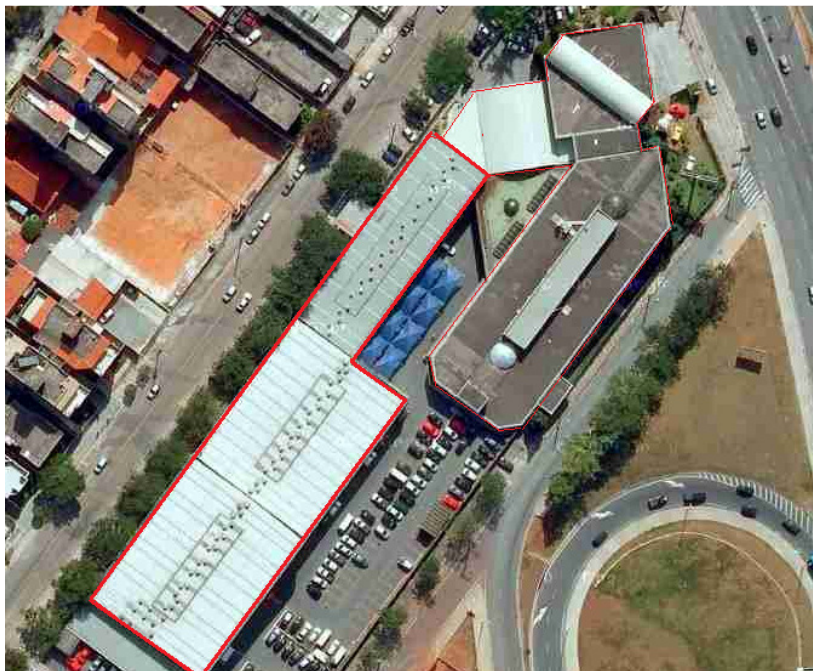


**Figura 12. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Carbel**

### **3.1.3 Concessionária Garra**

A concessionária Garra é uma das mais recentes empresas deste segmento na cidade. Classificada como porte PT5 está localizada às margens da Linha Verde, Região Norte de Belo Horizonte, tem sua área de telhado delimitada pela cor vermelha na Figura 13.





**Figura 13. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Garra**

### **3.1.4 Concessionária Catalão**

Fundada em Janeiro de 2009, localizada na Via Expressa de Contagem, região Oeste, esta empresa comercializa automóveis, peças, acessórios Volkswagen e presta serviços mecânicos e de manutenção. A concessionária, classificada como porte PT0 atua principalmente nos mercados de Belo Horizonte, Contagem e Betim. A concessionária Catalão tem sua vista aérea representada pela Figura 14, a qual apresenta sua área de telhado, delimitada pela linha de cor vermelha, tendo sido uma das concessionárias selecionadas para o presente estudo.



**Figura 14. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Catalão**

### **3.1.5 Concessionária Misaki**

A Misaki Veículos, revenda Nissan, tem sua área de telhado detalhada pela da Figura 15. A concessionária classificada como porte PT0, iniciou sua operação em Belo Horizonte, em 2003, e teve sua inclusão no presente trabalho por apresentar uma linha de veículos comerciais leves e fora de estrada, que necessitam de grande volume de água para sua limpeza e manutenção.



**Figura 15. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Misaki**

### **3.1.6 Concessionária Valence**

O Grupo Renault decidiu investir na construção de uma fábrica no Brasil e, em março de 1996, inaugurou sua primeira unidade. A padronização de processos industriais realizados na empresa, assim como a arquitetura bastante similar entre todas as empresas, que representam esta marca, faz a Concessionária Valence Veículos. Classificada como porte PT1 está situada na região Centro-Sul, uma das empresas selecionadas para este trabalho, conforme mostrado pela linha de cor vermelha presente na Figura 16.



Figura 16. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Valence

### 3.1.7 Concessionária Reauto

A concessionária Reauto, mostrada na Figura 17, apresenta sua área de telhado delimitada na cor vermelha. Classificada como porte PT0 opera no mercado de comercialização de veículos Volkswagen novos, seminovos e na prestação de serviços. Encontra-se na região industrial da cidade de Belo Horizonte. Esta é uma região de grandes áreas impermeabilizadas, como galpões, armazéns e depósitos, entre outros.



**Figura 17. Vista aérea da área de cobertura da concessionária Reauto**

## **3.2 Coleta e tratamento preliminar de dados**

Para ser realizada a estimativa do consumo de água potável utilizada para a lavagem de veículos, como também a análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para as concessionárias em análise, foi necessário realizar levantamentos de dados. Por meio de entrevistas com funcionários e administradores, coleta de contas de consumo de água, verificação de áreas de captação, entre outros.

### **3.2.1 Avaliação do potencial de economia de água potável**

O potencial de economia de água potável, juntamente com o volume dos reservatórios, são as informações que se desejam obter ao se especificar um sistema de captação de água pluvial. Para se chegar a este resultado, necessita-se do conhecimento de vários outros parâmetros, que serão apresentados a seguir.

### 3.2.1.1 Precipitação pluviométrica

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) do Comando da Aeronáutica e a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Comando da Marinha, ambos do Ministério da Defesa, além do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Ministério da Ciência e Tecnologia (INPE) são os principais órgãos operacionais de meteorologia do Brasil. O INMET mantém uma rede de observação em todo o território brasileiro, sendo que existem duas estações meteorológicas na região metropolitana de Belo Horizonte - MG.

As simulações realizadas pelo programa NETUNO necessitam dos índices pluviométricos das estações meteorológicas de Belo Horizonte mais próximas das concessionárias selecionadas para este estudo os quais foram fornecidos pelo INMET.

Para utilizar as informações colhidas em sua rede de estações meteorológicas solicitou-se, pelo intermédio de uma correspondência formal enviada às instituições pelos responsáveis do presente estudo, os índices das estações Centro de Belo Horizonte e da Pampulha conforme as descrições que se seguem:

- estação meteorológica Centro de Belo Horizonte, situada à latitude:- 19,93°, longitude: -43,93° e altitude: 915 metros. Tem sua origem datada em 03 de março de 1910;
- estação meteorológica da Pampulha está situada à latitude:- 19,88°, longitude: -43,96° e altitude: 869 metros. Teve sua entrada em operação iniciada em 10 de outubro de 2006.

### 3.2.1.2 Área de captação

O levantamento das áreas de captação (áreas de cobertura) de todas as concessionárias fez-se necessário para estimar o volume do reservatório de água pluvial. O cálculo destas áreas foi feito baseado nas áreas de telhado verificadas na planta de cobertura da edificação e material construtivo. No presente estudo não se optou por coletar águas pluviais de pátios por entender que estas águas carregam impurezas e resíduos sendo assim necessário dimensionar sistemas de tratamentos mais complexos e caros.

Os dados relativos às áreas de captação de água pluvial são muito importantes, pois a área de telhado é uma das variáveis de entrada do programa Netuno, sendo que tais dados afetam o rendimento do sistema de captação. Com base na análise da planta baixa das empresas e na visita às instalações das concessionárias, foram selecionadas as áreas a serem utilizadas para coleta de água pluvial.

Não foram selecionadas todas as áreas de coberturas existentes nas concessionárias para a coleta de água pluvial. Foram excluídas coberturas localizadas embaixo de árvores, ou ainda, que necessitassem de conduzir a água coletada por grandes distâncias.

### **3.2.1.3 Número de veículos lavados**

Para ser realizada a estimativa do consumo de água para a lavagem de veículos, foi necessário levantar-se o número de veículos lavados ao longo de um período de tempo. Desta forma, foi realizado um levantamento do número de veículos, comercializados como novos, usados e revisados, durante os últimos dois anos.

Pelos sistemas gerenciais de informática das empresas em estudo, levantaram-se os números de veículos novos e usados comercializados, assim como o número de veículos revisados por mês e por ano, durante o período de análise das contas de água. Por meio deste estudo, foi possível realizar o cálculo da média diária de veículos e os consumos diários de água necessários para sua lavagem.

### **3.2.1.4 Consumo de água potável**

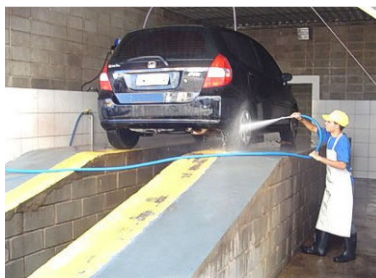
Após a visita a cada uma das empresas, objetos deste estudo, foram coletadas para análise as contas de água potável relativas ao período de dois anos. Os dados foram apresentados em planilhas, pelas quais se determinou a média diária de consumo de cada empresa, em função de cada mês do ano, excluindo-se os sábados e os domingos. Dessa forma, foram calculadas as médias diárias para as seis concessionárias em estudo.

### 3.2.1.5 Percentagem de água potável a ser substituída por água pluvial

Para ser determinada a demanda de água potável utilizada na lavagem de veículos, foi realizado um levantamento dos locais, com o objetivo de se apurar o consumo médio utilizado para lavagem de um veículo. A Figura 18 apresenta os locais de consumo de água potável, em lavagem de veículos, das concessionárias em análise.



(a) Lavagem de veículo com jato direto



(b) Lavagem de veículo novo



(c) Lavagem de veículo revisado



(d) Lavagem de veículo usados

**Figura 18. Lavagem de veículos em concessionárias**

A lavagem de veículos nas empresas visitadas é feita com um de jato de água pressurizado, que contempla várias mangueiras de lavajato conforme apresentado na Figura 19.





**Figura 19. Equipamentos utilizados na lavagem de veículos**

Com o objetivo de se determinar o volume de água necessário para lavar um veículo, utilizou-se de um tambor de capacidade de 200 litros. Completou-se o volume do tambor e utilizou-se desse reservatório para alimentar a mangueira de água utilizada no lavajato. Assim, realizou-se a lavagem de um veículo e mediu-se o consumo de água para sua lavagem. Na concessionária Reauto, repetiu-se este processo por dez vezes e calculou-se a média do volume de água utilizado. Este mesmo processo foi realizado na concessionária Misaki, com o intuito de se medir o volume de água utilizado para a lavagem de camionetes. A medição média apurada nestas coletas foi utilizada como o volume necessário para a lavagem de veículos em todas as concessionárias deste estudo.

Como o objetivo de determinar o histórico de veículos lavados, ao longo dos últimos dois anos, assim como os consumos totais de água potável de cada empresa em estudo, desenvolveu-se um questionário de levantamento de informações. Este documento encontra-se no Apêndice 1.

Analisadas e tabuladas as informações contidas nestes questionários, tornou-se possível a determinação do percentual do

volume diário de água potável que poderá ser substituído por pluvial. Este percentual foi utilizado como parâmetro nas simulações do programa Netuno. Inicialmente, determina-se o número total de veículos lavados pela Equação 10.

$$NV_t = NV_n + NV_u + NV_r \quad (10)$$

Onde:

$NV_t$  é o número total de veículos lavados por mês (veículos);

$NV_n$  é o número de veículos novos lavados por mês (veículos);

$NV_u$  é o número de veículos usados lavados por mês (veículos);

$NV_r$  é o número de veículos revisados lavados por mês (veículos).

Utiliza-se a Equação 11 para determinar a demanda de água diária com lavagem de veículos:

$$D_{LV} = \frac{NV_T \times C_{apv}}{D_{util}} \quad (11)$$

Onde :

$D_{LV}$  é a demanda diária de água potável para lavagem de veículos ( $m^3$ );

$NV_T$  é o número total de veículos lavados por mês (veículos);

$C_{apv}$  é o consumo de água necessário para lavagem de um veículo ( $m^3$ );

$D_{util}$  é o número de dias úteis do mês (dias).

O consumo médio diário de água potável que poderá ser substituído por pluvial para a lavagem de veículo será dado pela Equação 12.

$$C_{sub} = \frac{\sum_{t=1}^{N_m} \frac{D_{lv}(t)}{C_{pot}(t)}}{N_m} \quad (12)$$

Onde:

$C_{sub}$  é consumo médio de água potável que poderá ser substituído por água pluvial (%);

$N_m$  é o número de meses pesquisados (mês);

$D_{lv}(t)$  é a demanda diária de água potável para lavagem de veículos no mês  $t$  ( $m^3$ );

$C_{pot}(t)$  é o consumo de água potável no mês  $t$  ( $m^3$ ).

A percentagem de água potável a ser substituída por pluvial é o valor máximo de economia de água potável que se pode alcançar. Deve ser estimada em função do quociente percentual entre a demanda média de água potável, utilizada para a lavagem de veículos, e o consumo potável diário, representados pela Equação 13.

$$D_{apds} = \frac{C_{dlv}}{C_{pd}} \quad (13)$$

Onde:

$D_{apds}$  é a demanda de água potável diária a ser substituída (adimensional; % do consumo potável diário);

$C_{dlv}$  é o consumo água diário com lavagem de veículos ( $m^3$ );

$C_{pd}$  é o consumo potável diário ( $m^3$ ).

### 3.2.1.6 Coeficiente de aproveitamento de água pluvial

O coeficiente de aproveitamento é utilizado para representar o volume aproveitável de água pluvial, após o desvio de escoamento inicial para descarte de folhas e detritos e, também, após as perdas por absorção e evaporação da água pluvial ao atingir a superfície de captação. Para este estudo, é utilizado o valor especificado para telhas metálicas e fibrocimento, materiais estes utilizados nas concessionárias estudadas.

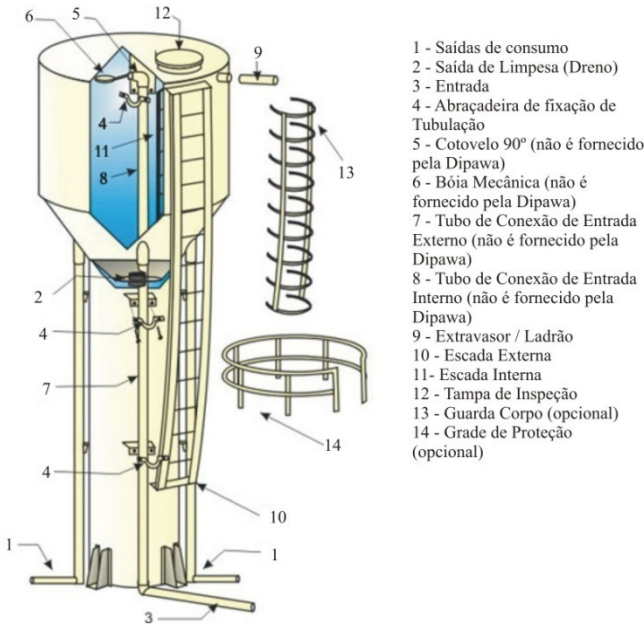
### 3.2.1.7 Volume do reservatório superior

O volume de reservatório superior é um dado de entrada do programa que precisa ser introduzido para realizarem-se as simulações. A determinação do volume do reservatório superior levou em conta o volume diário correspondente à utilização de água para fins não potáveis, ou seja, para a lavagem de veículos. Desta forma, o volume do reservatório superior deve ser maior ou igual à quantidade de água consumida pela atividade de lavagem de veículos. O valor adotado deve ser maior que a demanda diária de água pluvial, para que supra esse consumo diário e possa manter uma reserva para épocas de baixa

precipitação pluviométrica e, ainda, apresentar volume compatível com os padronizados pela indústria.

Quanto ao tipo construtivo de reservatório superior utilizado neste estudo, há uma representação na Figura 20. O reservatório tipo taça armazena todo o volume em nível elevado. Apresenta, como vantagem, o fato de ocupar pouco espaço físico para sua instalação e armazenar grandes volumes. Ressalta-se ainda que o modelo de reservatório escolhido deve-se ao fato das concessionárias utilizarem galpões e estes não dispõem de estrutura física para suportar reservatórios, conforme se pode observar na planta da Concessionária Valence apresentada no Anexo 3. Essas informações subsidiam a análise de viabilidade econômica para a implantação do sistema.

São encontrados diversos volumes padronizados para este modelo de reservatório. O fabricante consultado para este trabalho apresenta as capacidades de  $5 \text{ m}^3$  a  $25 \text{ m}^3$



**Figura 20. Reservatório metálico modelo taça com coluna seca**

### **3.2.1.8 Volume do reservatório inferior e potencial de economia de água potável**

Para a escolha do volume de reservatório inferior adequado, optou-se para que o programa Netuno realizasse cálculos para diversos reservatórios. Nesta opção, define-se o volume máximo de cálculo, o intervalo entre os volumes a serem calculados e a diferença percentual entre os potenciais de economia de água potável. O critério usado para tal cálculo consiste em comparar o potencial de economia obtido para volumes de reservatórios adjacentes. O volume ideal do reservatório inferior é o resultado dos cálculos realizados pelo programa Netuno, juntamente com o respectivo potencial de economia de água potável.

O potencial de economia de água potável resulta da relação entre o volume total de água pluvial consumida e a demanda de água potável no período, a qual foi determinada por meio do algoritmo do programa Netuno, empregando-se a Equação 6.

O algoritmo do programa computacional Netuno realiza simulações para uma faixa de volumes de reservatórios definidos pelo usuário. Desse modo, a partir dos potenciais de economia obtidos, é possível calcular o volume ideal para o reservatório.

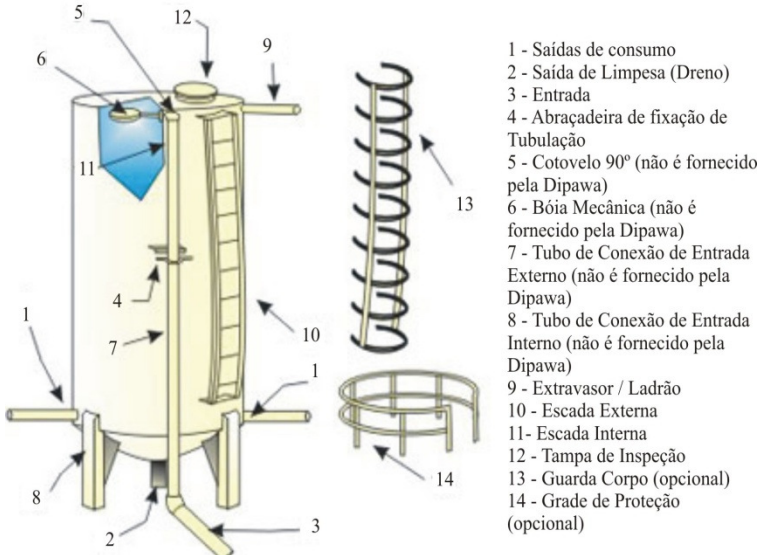
Considera-se, então, como volume ideal, aquele cujo acréscimo no potencial de economia do volume subsequente é igual, ou inferior, ao intervalo entre potenciais de economia de água potável adotado. O intervalo entre os potenciais de economia, definido para este estudo, foi de 5%. Assim sendo, pode-se usar, como critério para determinar o volume do reservatório inferior, o maior valor obtido para um dado volume de reservatório inferior, variando-se as percentagens de água potável a serem substituídas. O valor da percentagem inicial é fixado em função da demanda necessária para a atividade em estudo. O valor da percentagem final é fixado pelo maior valor do volume ideal encontrado e o seu correspondente potencial de economia de água potável.

O número de interações realizadas com o programa Netuno é variável em cada concessionária e depende do valor máximo que se pode aumentar no percentual de substituição de água potável para um mesmo volume de reservatório inferior obtido.

Quanto ao tipo construtivo do reservatório inferior utilizado neste estudo, há uma representação na Figura 21. Para a implantação de sistemas de coleta de água pluvial em empresas, durante sua operação regular, uma opção a ser considerada é a utilização de reservatórios de fácil instalação e montagem. A opção por reservatório metálico, em

formato cilíndrico, fundamentou-se na capacidade de armazenamento de grandes volumes, de poder ser movimentado caso haja necessidade, de não depender da estrutura física para suportá-lo e ainda na sua resistência física a choques mecânicos, na facilidade de inspeção e manutenção.

São encontrados diversos volumes padronizados para este modelo de reservatório. O fabricante consultado para este trabalho apresenta as capacidades de  $10 \text{ m}^3$  a  $50 \text{ m}^3$ .



**Figura 21. Reservatório metálico modelo fundo cônico**

Fonte: <http://www.dipawa.com.br>. Acesso 02 jun. 2010

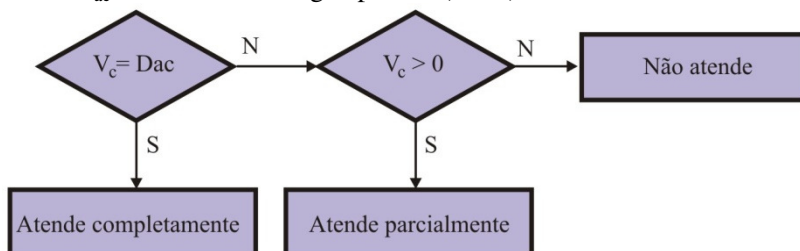
### 3.2.1.9 Percentual de atendimento

Uma vez determinado o volume do reservatório inferior, o programa Netuno apresenta, em planilhas, e em gráficos, o volume de reservatório analisado, o potencial de economia, o volume de água pluvial total consumido, o volume anual extravasado e o percentual de dias que a demanda da diária de água pluvial é atendida de forma total, parcial, ou não é atendida.

O algoritmo do programa Netuno, para cada dia analisado, durante a simulação, realiza as comparações entre o volume de água

pluvial disponível e a demanda de água pluvial, como mostra a Figura 22. As siglas identificadas no fluxograma equivalem a:

$V_C$  é o volume de água pluvial disponível (litros);  
 $D_{ac}$  é a demanda de água pluvial (litros).



**Figura 22. Fluxograma para determinar o percentual de atendimento**

Analisando-se a Figura 22 é possível verificar se o volume disponível é igual à demanda diária de água pluvial. Para o caso afirmativo, considera-se que naquele dia houve atendimento completo à demanda de água pluvial. Caso contrário, verifica-se se o volume consumido foi maior que zero. Em caso afirmativo, naquele dia houve atendimento parcial à demanda de água pluvial; caso contrário, a demanda de água pluvial não foi atendida.

### 3.3 Avaliação das correlações existentes entre o consumo de água, estrutura física e disponibilidade pluviométrica

Na tentativa de se obter resultados de forma consolidada entre as concessionárias analisadas, buscou-se agrupar os dados, índices e resultados em uma única tabela, para que se pudesse analisá-los globalmente. Estruturou-se uma tabela, com dados mensais, para todas as concessionárias, contendo as seguintes informações:

- número de veículos lavados;
- volume total de água potável consumido;
- dias úteis do mês para a atividade de lavagem de veículos;
- consumo diário de água potável para lavagem de veículos;
- consumo diário de água pluvial;
- economia de água potável com uso de água pluvial;
- precipitação pluviométrica diária.

Relacionando-se o número de veículos lavados por concessionária, averiguam-se as correlações com o consumo de água potável utilizada para a lavagem de veículos e o consumo de água potável utilizada para a lavagem de veículos.

Comparações entre a estrutura física das concessionárias foram realizadas, de forma a se identificar relações entre aspectos físicos e consumo de água potável. Para tanto, realizaram-se correlações entre as áreas de coberturas, o número de funcionários e o consumo médio diário de água potável. A razão entre o consumo de água potável e o tamanho da área de coleta de água pluvial das concessionárias foi obtida a partir de um valor que, se comparado com o número de veículos vendidos diariamente, pode-se obter outra correlação a ser investigada. Ainda, pôde-se investigar o número médio de veículos lavados diariamente, correlacionando-o com o percentual de economia de água potável encontrado, após os cálculos dos reservatórios inferiores das concessionárias.

Assim, em outra correlação, pretendeu-se identificar se, durante os meses de altos índices pluviométricos, existe um respectivo consumo elevado de água potável. Portanto, entende-se que se existir um consumo de água potável mais elevado, durante estes meses em questão, pode-se obter maiores economias de água potável com o uso de água pluvial.

### **3.4 Análise econômica**

Os investimentos podem ser classificados em duas naturezas distintas: investimento financeiro, o qual refere-se a compras de títulos financeiros e valores mobiliários; e investimento de capital, que representa inversões em ativos que estarão vinculados a um processo produtivo. A etapa que se segue refere-se à análise das perspectivas de investimento de capital, o qual costuma ser chamado de projeto de investimento.

Depois do cálculo do potencial de economia de água potável, foram verificados os custos para a implantação e a operação do sistema de aproveitamento de água pluvial, e também foi analisada sua viabilidade econômica.

Os custos de implantação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial resumem-se, basicamente, em custos com materiais e equipamentos, custos de energia elétrica – devido ao bombeamento de água para o reservatório superior –, e custos com mão-



de-obra de implantação do sistema. Deste modo, fez-se uma estimativa dos valores de materiais e equipamentos necessários, por intermédio de uma pesquisa de preço nas maiores lojas de materiais de construção em Belo Horizonte, de acordo com a qual se verificaram os menores preços e obteve-se o orçamento. Os materiais orçados foram reservatórios metálicos (inferior e superior), tubulações, conexões, filtros e motobombas.

A avaliação de projetos de investimentos, comumente, envolve um conjunto de técnicas que buscam determinar sua viabilidade econômica, considerando uma determinada Taxa Mínima de Atratividade. Desta forma, normalmente esses parâmetros são medidos pelo *Payback* descontado (prazo de retorno do investimento inicial), pela TIR (Taxa Interna de Retorno) e/ou pelo VPL (Valor Presente Líquido) (CASAROTTO; KOPPITKE, 2000). Assim, para que se pudesse realizar este estudo, tornou-se necessário definir alguns índices, como se pode observar a seguir.

### **3.4.1 Período de análise dos investimentos**

Essa etapa da análise de viabilidade econômica, para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, consistiu na determinação do tempo de análise dos investimentos. Para se determinar este período levou-se em consideração alguns fatores, a saber.

Segundo Copeland e Antinarov (2001), depreciação é o fenômeno contábil que expressa a perda de valor que os valores imobilizados de utilização sofrem com o decorrer do tempo, por força de seu emprego na gestão. Conceitua-se depreciação como sendo a diminuição do valor dos bens corpóreos que integram o ativo permanente, em decorrência de desgaste, ou perda de utilidade pelo uso, ação da natureza ou obsolescência.

O encargo da depreciação poderá ser computado como custo ou despesa operacional, conforme o caso. A depreciação dos bens utilizados na produção será tratada como custo, enquanto a depreciação dos demais bens deverá ser registrada como despesa operacional (DAMODARAN, 2002). Entretanto, para simplificar este estudo econômico, não se levou em conta os créditos tributários provenientes dos investimentos dos sistemas de captação de água pluvial, assim como a taxa mínima de atratividade foi determinada baseando-se nos investimentos feitos com recursos próprios, não se recorrendo a financiamentos bancários. Para fundamentar a decisão da escolha do

tempo de vida dos investimentos, a Tabela 5 apresenta as taxas de depreciação aplicáveis aos bens mais usuais no Brasil. Devido ao fato de não existir uma classificação contábil específica para este tipo de investimento, neste estudo, foi estimado o tempo de vida útil como sendo o tempo médio entre a vida útil de instalações (20 anos) e máquinas e equipamentos (10 anos).

**Tabela 5. Taxas de depreciação**

Bens	Taxa anual	Anos de vida útil
Edifícios	4%	25
Máquinas e Equipamentos	10%	10
Instalações	5%	20
Móveis e Utensílios	10%	10
Veículos	20%	5
Computadores e periféricos	20%	5

Fonte: Adaptado da base legal instruções normativas SRF nº 162/98 e nº 130/98

### 3.4.2 Taxa mínima de atratividade

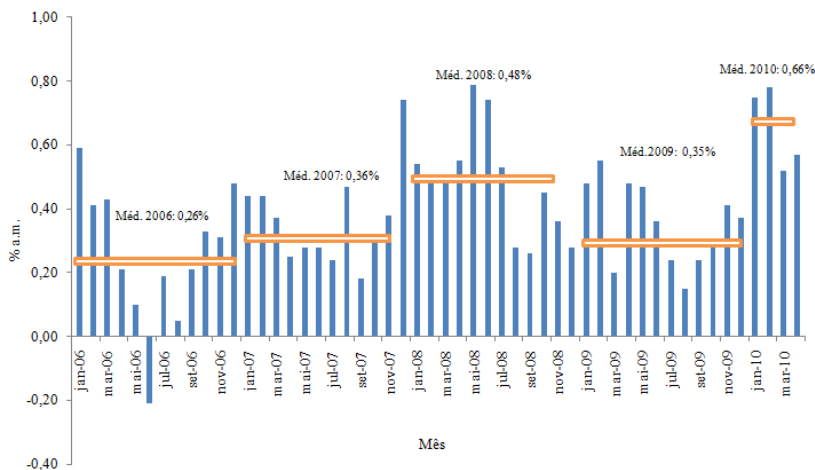
A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é uma taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar, quando faz um investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar, quando faz um financiamento.

Esta taxa é formada a partir de três componentes básicos. O Custo de Oportunidade, que é a remuneração obtida em alternativas que não as analisadas (caderneta de poupança, fundo de investimento, entre outros); o Risco do Negócio, que representa o ganho que se deve ter para remunerar uma nova ação – quanto maior o risco, maior a remuneração esperada; e a Liquidez, que representa a capacidade, ou a velocidade em que se pode sair de uma posição no mercado, para se assumir outra posição (LAPPONI, 2000).

A TMA é considerada pessoal e intransferível. A propensão ao risco varia de pessoa para pessoa, ou ainda, a TMA pode variar durante o tempo. Assim, não existe algoritmo ou fórmula matemática para calcular a TMA.

Para que se possam projetar os valores de investimento, é necessário que se escolha um índice, que deve ser levado em consideração nos cálculos para corrigir os valores dos investimentos. O

Índice Nacional de Preços ao Consumidor, IPCA, medido mensalmente pelo IBGE, foi criado com o objetivo de oferecer a variação dos preços no comércio para o público final. O IPCA é utilizado pelo Banco Central como medidor oficial da inflação do país. O governo usa o IPCA como referência para verificar se a meta estabelecida para a inflação está sendo cumprida. A Figura 23 apresenta os índices dos últimos quatro anos. Para este trabalho, foi estimada uma TMA calculada a partir da média aritmética dos últimos quatro anos dos índices do IPCA.



**Figura 23. IPCA mensal no período de janeiro 2006 a março 2010**

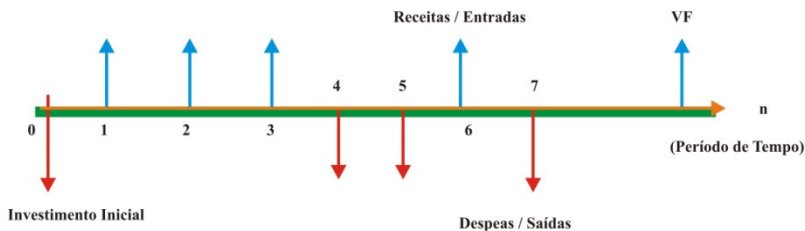
Fonte: <http://www.bc.gov.br/>. Acesso 7 abr. 2010

### 3.4.3 Fluxo de caixa

A análise de estimativas de fluxo de caixa subdivide-se em dois passos: o primeiro passo consiste na definição do horizonte de análise a ser utilizado, e o segundo, em projetar os fluxos de caixa futuros. Para tanto, é necessário conhecer três elementos principais: investimento inicial (todos os gastos necessários ao empreendimento), fluxos de caixa incrementais ao longo da vida do projeto e o valor residual.

O fluxo de caixa de um projeto consiste em uma escala horizontal, em que são marcados os períodos de tempo e na qual são

representadas com setas para cima as entradas e, com setas para baixo, as saídas de caixa, conforme mostrado na Figura 24.



**Figura 24. Diagrama de fluxo de caixa**

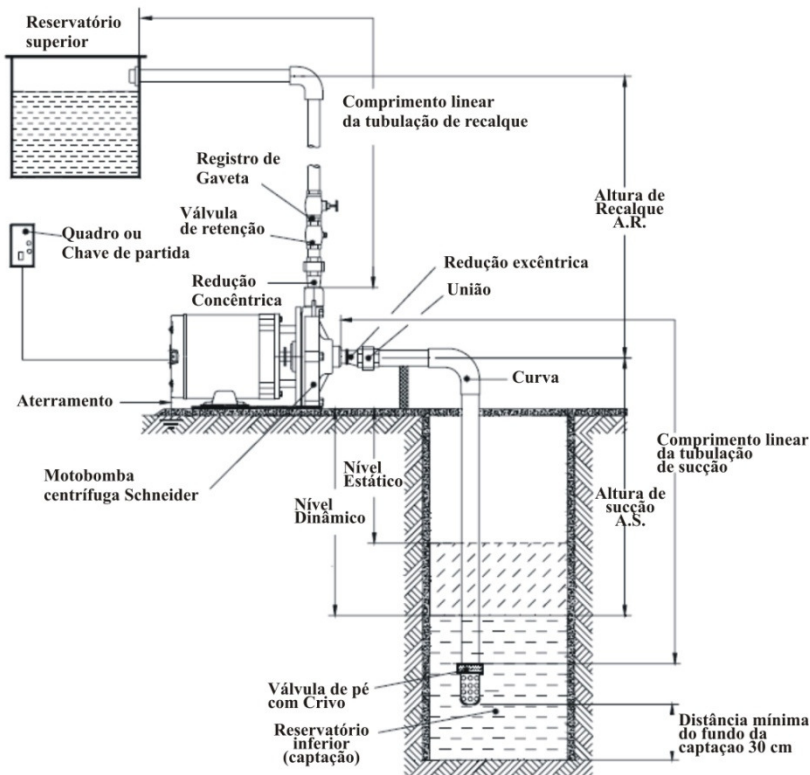
Para o presente estudo, o fluxo de caixa está detalhado na Tabela 6.

**Tabela 6. Detalhamento do fluxo de caixa**

Item	Classificação
Reservatórios	Investimento inicial
Tubulações e acessórios	Investimento inicial
Motobomba	Investimento inicial
Mão-de-obra de instalação	Investimento inicial
Consumo de energia elétrica	Saída de fluxo
Tratamento químico da água pluvial	Saída de fluxo
Economia na tarifa de água	Entrada de fluxo

### 3.4.3.1 Motobomba de recalque

Uma motobomba destina-se a elevar um volume de fluido a uma determinada altura, em certo intervalo de tempo, consumindo energia para desenvolver este trabalho e para seu próprio movimento, implicando um rendimento característico. A Figura 25 apresenta um esquema típico de instalação de uma motobomba centrífuga em recalque de água.



**Figura 25. Diagrama de instalação de uma motobomba centrífuga**

Fonte: Adaptado do Manual de Instalação de uma motobomba centrífuga Schneider

Para se decidir, com segurança, sobre qual é a motobomba centrífuga mais adequada a um determinado sistema de abastecimento de água, são necessários alguns dados técnicos fundamentais a respeito do local da instalação e das necessidades do projeto, conforme são apresentados na Tabela 7.

Em instalações de ocupação coletivas é conveniente que sejam instalados pelo menos dois conjuntos elevatórios, de modo que um deles sempre fique de reserva. O diâmetro da tubulação é especificado em função da vazão necessária para recalcar a demanda de água pluvial diária. Em função da vazão necessária, na Tabela A.4.2 do Anexo 4, determina-se o diâmetro da tubulação de sucção e recalque.

**Tabela 7. Parâmetros necessários para especificação de uma motobomba centrífuga**

Parâmetro	Unidade
Altura de sucção	metro
Altura de recalque	metro
Distância entre a captação, ou reservatório inferior e o reservatório superior	metro
Diâmetro e material (PVC ou metal) das tubulações	mm
Tipo de fonte de captação e vazão disponível	m <sup>3</sup> /h
Capacidade máxima de energia disponível para o motor	cv
Altitude do local em relação ao mar	metro
Temperatura máxima e tipo de água	°C
Vazão desejada	m <sup>3</sup> /h
Conexões e acessórios na sucção	unidade
Conexões e acessórios no recalque	unidade
Tubulação utilizada	PVC
Temperatura máxima da água	40°C

A altura manométrica, ou a carga total de elevação, com que a motobomba deve trabalhar, está representada através Equação 14.

$$H_m = h_s + h_{fs} + h_r + h_{fr} + (v_r^2/2g) \quad (14)$$

Onde:

$H_m$  é a altura manométrica total (mca);

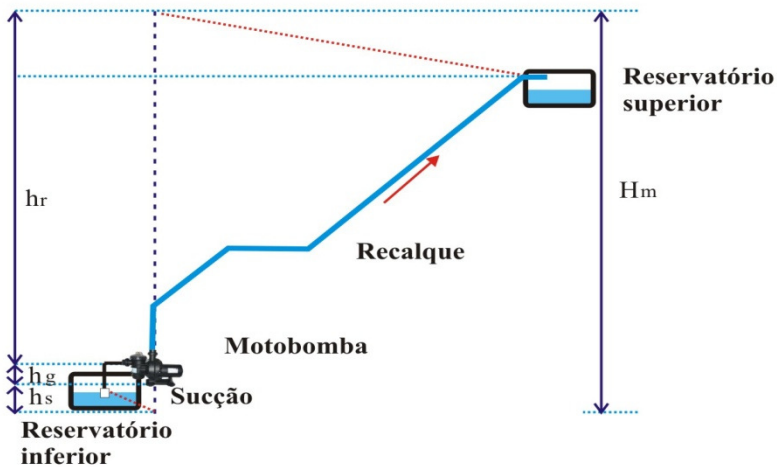
$h_s$  é a altura estática de sucção (mca);

$h_{fs}$  é a perda de carga na sucção (inclusive NPSH<sub>r</sub>);

$h_r$  é a altura estática de recalque (mca);

$h_{fr}$  é a perda de carga na linha do recalque (mca);

$v_r^2/2g$  = parcela de energia cinética no recalque, normalmente desprezível, em virtude das aproximações feitas no cálculo da potência dos conjuntos elevatórios representados pela Figura 26.



**Figura 26. Elementos de altura manométrica**

Fonte: Adaptado de <http://www.dec.ufmg.edu.br>. Acesso Jan. 2010

O cálculo da perda de carga foi realizado para o recalque por meio dos comprimentos equivalentes para as conexões em PVC, apresentados na Tabela A.4.1 do Anexo 4. O comprimento linear da tubulação e o comprimento equivalente multiplicado pelo fator de perda de carga em tubulações de PVC, os quais estão apresentados na Tabela A.4.3 do Anexo 4. Normalmente, para a tubulação de sucção, adota-se um diâmetro comercial imediatamente superior ao recalque.

A potência fornecida pelo motor para que a motobomba eleve uma vazão  $Q$ , a uma altura  $H_m$ , foi calculada pela Equação 15.

$$P_b = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_b \cdot \eta_m} \quad (15)$$

Onde:

$P_b$  é a potência da motobomba em cavalos-vapor (cv);

$\gamma$  é o peso específico da água ( $1000 \text{ kgf/m}^3$ );

$Q$  é a vazão indicada pelo fabricante da motobomba (l/s);

$H_m$  é a altura manométrica total (mca);

$\eta_b$  é o rendimento da motobomba obtido com dados da Tabela A.4.4 do Anexo 4;

$\eta_m$  é o rendimento do motor obtido com dados da Tabela A.4.5.

Desse modo, determinou-se o rendimento do motor elétrico ( $\eta_m$ ), com base na Tabela A.4.5 do Anexo 4 e calculou-se a potência da motobomba ( $P_{MB}=P_b/\eta_m$ ). O valor de  $P_{MB}$  foi obtido em cv (cavalo-vapor). Com o valor obtido para  $P_{MB}$ , especificou-se a potência comercial do motor, baseando-se na Tabela A.4.7 do Anexo 4.

Na prática, pode-se determinar o modelo do motobomba apurando-se os valores de altura manométrica total e da vazão, e consultando-se os manuais de fabricantes de motobombas centrífugas de recalque.

### **3.4.3.2 Materiais hidráulicos, elétricos, de alvenaria e de mão-de-obra**

Um fator que deve ser considerado na implantação do sistema de coleta e armazenagem de águas pluviais refere-se ao levantamento dos custos de projetos construtivos, de fundações, de materiais hidráulicos e de mão-de-obra para a implantação dos sistemas de captação de água pluvial. Porém, não é objeto desse estudo o detalhamento dos custos diretos e indiretos, encargos sociais e tributos necessários à realização desses sistemas.

Para esse estudo, especificaram-se os tipos construtivos do reservatório inferior, superior e a potência da motobomba. Não faz parte desse estudo as demais especificações e quantificações dos materiais necessários, tais como: instalações hidráulicas (tubos, conexões, adaptadores, filtros, etc.), instalações elétricas para a operação da motobomba (condutores, chaves, relés, proteções, etc.), fundações de suporte aos reservatórios (ferragens, formas, concreto, etc.).

Para se avaliar os valores necessários para a análise econômica dos sistemas de captação de água pluvial em estudo, optou-se por estabelecer as atividades necessárias para a construção dos sistemas de captação de água pluvial, como se apresentam abaixo:

- construção da fundação para sustentação dos reservatórios inferior e superior;
- especificação e montagem dos tubos de coleta de água pluvial em e conexões de PVC;
- instalação de filtros de descarte da primeira água e eliminação de detritos;



- instalação de dosadores de cloro;
- instalação da motobomba, quadro de comando elétrico e chaves bóias;
- instalação da tubulação de saída de água pluvial coletada do reservatório superior e sua interligação no sistema de lavagem de veículos;
- reservatório inferior, em formato cilíndrico de fundo cônico, para as capacidades de 10 m<sup>3</sup>, 20m<sup>3</sup>, 30m<sup>3</sup>, 40 m<sup>3</sup> e 50 m<sup>3</sup>;
- reservatório superior, em formato taça, coluna seca, para os volumes 10 m<sup>3</sup> e 15 m<sup>3</sup>;
- motobomba de recalque para potência calculada.

De posse desta lista de atividades e equipamentos, levantaram-se orçamentos para a sua instalação nas concessionárias em estudo.

### **3.4.3.3 Consumo mensal de energia elétrica**

As chuvas não se distribuem de forma regular no decorrer dos meses e do ano. Consequentemente, a energia elétrica consumida pela motobomba é variável ao longo dos meses. Para se calcular o consumo mensal de energia elétrica necessária para recalcar a água pluvial, necessita-se saber o volume mensal de água pluvial a ser elevada ao reservatório superior, além da vazão da motobomba e, assim, calcular-se o tempo que a motobomba ficará ligada.

O volume mensal de água recalcado é obtido por simulações realizadas pelo programa Netuno, observando-se todo o período em que os índices pluviométricos são fornecidos. A simulação é realizada conforme o fluxo do programa que se segue:

- os dados pluviométricos em um número inteiro de anos, divididos em 12 meses de 30 dias cada, descartando-se cinco dias de cada ano, com o objetivo de simplificar-se o algoritmo de cálculo;
- obtém-se o volume total de água pluvial recalcado para cada um dos meses e calcula-se a média para cada um destes meses;
- especificada a motobomba, por meio de sua vazão e do volume recalcado, calcula-se o tempo que esta ficará ligada a cada mês;
- por intermédio da tarifa de energia elétrica, obtida pela concessionária pública, estima-se o custo mensal. Para efeito de projeção deste custo, aplica-se o índice de reajuste mensal da infla-

ção sobre o período a ser determinado de tempo de investimento no projeto.

#### **3.4.3.4 Tratamento químico mensal da água pluvial**

O cloro é utilizado como desinfetante pois age sobre os microorganismos patogênicos presentes na água. Não é nocivo ao homem na dosagem requerida para desinfecção e é econômico. Não altera outras qualidades da água e, depois de aplicado, deixa um residual ativo na água. Para este estudo utilizou-se de dosadores de cloro em pastilhas. Esses dosadores apresentam como característica a garantia de cloração em função de sua vazão. Os ajustes dos níveis de hipoclorito de cálcio são feitos nos registros de controle de fluxo de água.

Determinou-se, por meio do programa Netuno, o volume mensal de água pluvial utilizada, em substituição à água potável. A especificação do modelo de dosador, a ser utilizado, foi feita pelo do cálculo da vazão por hora do dispositivo. Essa vazão é determinada dividindo-se a média mensal de água pluvial utilizada, pelo número de horas do mês. Para se determinar o consumo mensal de hipoclorito de cálcio, necessário para a desinfecção da água pluvial, basta dividir o volume mensal de água pluvial consumido, pelo volume de água que uma pastilha consegue desinfetar. Consta no manual do fabricante a fórmula de diluição do produto. Um quilo de hipoclorito de cálcio clora 80 m<sup>3</sup> de água, dentro das condições estabelecidas pela portaria MS nº 518/2004.

#### **3.4.3.5 Avaliação dos benefícios**

O principal benefício econômico observado neste estudo foi a redução da tarifa de água e esgoto, que será gerada a partir da redução do consumo mensal de água potável, fornecida pela concessionária local de água e esgoto.

A concessionária de abastecimento de água que atende a região metropolitana de Belo Horizonte divulga em seu site a Resolução Normativa nº 001/2010 de 27 de janeiro de 2010. Esta resolução trata da política tarifária para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas localidades atendidas pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. A Resolução encontra-se

integralmente transcrita no Anexo 3 e os itens que referem à classe de consumidores, objeto deste estudo, estão transcritos na Tabela 8.

**Tabela 8. Tarifas de água e esgoto para consumidores comerciais**

Classe de Consumo	Intervalo de Consumo (m <sup>3</sup> )	Tarifa (R\$/m <sup>3</sup> )	
		Água	Esgoto
Comercial	0-6	29,23*	17,54*
	6-10	0,63	0,38
	10-40	6,07	3,64
	40-100	6,12	3,67
	> 100	6,15	3,69

(\*) Valor fixo mensal

Fonte: COPASA . Tarifas vigência janeiro 2010

A Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais – ARSAE-MG, por meio da Resolução Normativa nº 001/2010 - ARSAE-MG de 27 de janeiro de 2010, estabelece em seu Artigo 3º que a tarifa pela prestação de serviço de esgotamento sanitário, pelo sistema dinâmico, não poderá ser inferior a 40% da tarifa relativa à prestação do serviço de abastecimento de água. A companhia de saneamento de Minas Gerais, COPASA, no seu *site* na Internet (<http://www.copasa.com.br>), permite realizar simulações dos valores de consumos de água em função do volume, em m<sup>3</sup>, fornecido. O cálculo da conta final de água é composta de três componentes a saber: a água consumida, o esgotamento sanitário e o patamar de consumo.

Neste estudo, para efeito de comparação de resultados entre os benefícios obtidos com a redução dos valores da conta de água e esgotos, foram empregados dois métodos de apuração a saber:

- no primeiro, simulou-se, utilizando-se as as próprias matrículas que identificam as concessionárias em análise, junto ao site da COPASA, as diferenças entre os valores dos consumos de água potável, com e sem, a utilização de água pluvial para a atividade de lavagem de veículos. Calculando-se a diferença entre estes valores, obteve-se a economia financeira mensal, para cada concessionária, com a substituição de água potável pela água pluvial para esta atividade.
- no segundo método, o programa Netuno utiliza como saída os valores que serão gerados como benefício

financeiro, provenientes da redução da conta de água e esgoto.

Dessa forma, os valores apurados pelos dois métodos empregados foram dispostos em tabelas mensais, para cada concessionária em análise, sendo calculadas ainda as diferenças percentuais entre eles.

### 3.4.4 *Payback* descontado

Este método mede o prazo de recuperação do investimento remunerado. O *payback* descontado, no fluxo de caixa, é o período de tempo necessário ao retorno financeiro do investimento, podendo ser calculado pela Equação 16.

$$FCC(t) = -INV + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; \quad 1 \leq t \leq n \quad (16)$$

Onde:

FCC (t) é o valor presente do capital para o fluxo de caixa descontado para o valor presente cumulativo até o instante t (R\$);

INV é o investimento inicial (R\$);

$R_j$  é a receita proveniente do ano j (R\$);

$C_j$  é o custo proveniente do ano j (R\$);

$i$  é a taxa de juro empregado (%);

$j$  é índice genérico que representa os períodos, onde  $1 \leq j \leq t$  (meses).

Quando ocorrer  $FCC(t) = 0$ , terá o  $t$  de *payback* descontado, com  $t$  inteiro. Caso ocorra  $FCC(t) < 0$  em  $j-1$ , interpola-se para determinar o  $t$  fracionário.

### 3.4.5 Taxa interna de retorno

A TIR (Taxa Interna de Retorno) é aquela taxa de desconto que iguala os fluxos de entradas como os fluxos de saídas de um investimento. Com ela, procura-se determinar uma única taxa de retorno, dependente, exclusivamente, dos fluxos de caixa do investimento, que sintetize os méritos de um projeto (COPELAND; ANTIKAROV, 2001). Como critério único de decisão, aceita-se o

projeto, quando a TIR for maior ou igual a TMA. A decisão é tomada em função do valor obtido, aplicando-se a Equação 17.

$$FC_0 - \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+TIR)^j} = 0 \quad (17)$$

Onde:

$FC_0$  é o fluxo de caixa inicial (R\$);

$FC_j$  é Fluxo de caixa de saída ao longo do tempo  $j$  (R\$);

TIR a taxa interna de retorno (%).

### 3.4.6 Valor presente líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é a ferramenta mais utilizada pelas grandes empresas na análise de investimentos (COPELAND; ANTIKAROV, 2001) e consiste em calcular o valor presente dos demais termos do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial, utilizando-se para descontar o fluxo, uma taxa mínima de atratividade (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2000).

Para cálculo do valor presente das entradas e saídas de caixa é utilizada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como taxa de desconto. Se a TMA for igual à taxa de retorno esperada, e o VPL, maior que zero, significa que a expectativa de retorno foi superada e que haverá um lucro adicional a qualquer investimento que tenha valor presente igual ao VPL.

O VPL, de uma forma geral, é determinado pela Equação 18.

$$VPL = -FC_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (18)$$

Onde:

$t$  é a quantidade de tempo, em anos, que o dinheiro foi investido no projeto começando no ano 1 que é quando há efetivamente o primeiro influxo de dinheiro;

$n$  é a duração total do projeto (meses);

$i$  é o custo do capital (%);

$FC$  é o fluxo de caixa no período (R\$);

$FC_0$  é o fluxo de caixa inicial, valor negativo (R\$).

O valor presente líquido para fluxos de caixa uniformes pode ser calculado através da Equação 19.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (19)$$

Onde:

t é a quantidade de tempo, em meses, que o dinheiro foi investido no projeto começando no mês onde há efetivamente o primeiro fluxo de dinheiro;

n é a duração total do projeto (meses);

i é o custo do capital (%);

FC é o fluxo de caixa no período (R\$).

Pode-se analisar o VPL de três formas distintas. O VPL maior que zero significa que o investimento é economicamente atrativo, pois o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa. No VPL igual a zero, o investimento é indiferente, pois o valor presente das entradas de caixa é igual ao valor presente das saídas de caixa. E, VPL menor que zero indica que o investimento não é economicamente atrativo, porque o valor presente das entradas de caixa é menor do que o valor presente das saídas de caixa. Entre vários projetos de investimento, o mais atrativo é aquele que tem maior Valor Presente Líquido.

### **3.5 Comparação entre análise econômica utilizando o programa Netuno e o método tradicional**

Tradicionalmente, os cálculos dos indicadores financeiros apresentados no item anterior são realizados pela calculadora financeira compatível com HP 12c, ou com a planilha eletrônica do programa Excel. Introduzem-se nestas ferramentas informações tais como: a taxa mínima de atratividade; índice de inflação; fluxos de caixa das receitas oriundas das reduções de conta de água; despesas fixas relativas ao investimento inicial no projeto de captação de água pluvial; despesas variáveis provenientes do consumo de energia elétrica, manutenção do sistema e tratamento químico da água.

Para a realização deste trabalho, optou-se por desenvolver a análise econômica de forma tradicional e, posteriormente, compará-la

com os resultados encontrados por meio dos cálculos realizados pelo programa Netuno.

Para o cálculo tradicional, realizaram-se os cálculos pelo Excel. Montou-se uma tabela contendo cinco colunas e com um número de linhas correspondente ao número de meses do período de investimento. As colunas foram distribuídas em receitas, despesas, fluxo de caixa, valor presente e valor presente líquido. As receitas e despesas foram corrigidas anualmente pelo índice de inflação adotado no projeto.

Para cada mês, durante o primeiro ano, calculou-se o fluxo de caixa de acordo com a diferença entre receitas e despesas. O valor presente mensal, para o tempo de vida do investimento foi calculado pela Equação 20.

$$Vp(t) = \frac{Receita(t) - Despesa(t)}{(1 + TMA)^t} \quad (20)$$

Onde:

Vp(t) é o valor presente do investimento para o tempo t (R\$);

t é o tempo em que será realizado o cálculo (mês);

Receita(t) é o valor da economia no tempo t gerada pela água de chuva na conta de água (R\$);

Despesa(t) é o valor dos custos (R\$) no tempo t (mês);

TMA é a taxa mínima de atratividade (%).

Para o cálculo do valor presente líquido mensal (VPL) descontou-se do valor presente mensal o investimento inicial. O mês em que o VPL inverte seu sinal (sai do negativo e vai para o positivo) será o tempo de retorno do investimento e a última célula da coluna do VPL será o valor presente líquido para o investimento deste projeto.

A taxa interna de retorno (TIR) foi calculada por meio da função do Excel “atingir meta”. Essa função se aplica, pois é sabido o resultado que se deseja obter de uma fórmula (VPL=0 para o tempo final de análise do investimento), mas desconhece-se o valor da taxa a ser aplicada para se obter esse resultado.

O cálculo da análise de investimento foi realizada também pelo programa Netuno. Atualmente, na versão 3.0, teve desenvolvida, em seu algoritmo, a opção de o usuário realizar a análise econômica do sistema de captação de água em simulação (CORDOVA, 2009). O programa necessita de que sejam informados os mesmos dados do cálculo tradicional. A Figura 27 detalha a tela de entrada da análise econômica na qual são solicitados: o índice de inflação; o período de reajuste de

energia elétrica; o tempo de análise do projeto; a taxa mínima de atratividade; a tarifa de água; a modificação do volume do reservatório inferior (para as situações em que se necessita modificá-lo); os custos operacionais e os custos iniciais.

Análise Econômica

Volume do reservatório inferior: 40000 litros

Inflação (% ao mês)  
0,36

Tarifas de água e energia elétrica aumentam a cada 12 meses

Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)  
15 0,36

∨ Custos iniciais  
Reservatórios / Tubulações / Mão-de-obra  
Motobomba

∨ Custos operacionais  
Manutenção / Tratamento de água / Outros

**Valor presente líquido: R\$ 42557,14**  
**Tempo de retorno do investimento: 82 meses**  
**Taxa interna de retorno: 1,41% ao mês**

**Figura 27. Tela da análise econômica do programa Netuno**

A Figura 28(a) mostra a tabela de consumo e tarifas de água que deve ser preenchida conforme a política da concessionária local de água e de esgoto, com destaque para a inclusão do percentual relativo à tarifa de esgoto. Informações sobre a motobomba tais como a quantidade de motobombas, a vazão, a potência, o custo unitário e a tarifa de energia elétrica deverão ser informados como mostra a Figura 28(b). A tabela onde deverão ser preenchidos os custos variáveis estão apresentados na Figura 28(c). A mudança da capacidade do reservatório inferior, caso opte-se por esta função, deve ser preenchida no quadro da Figura 28(d). Os custos fixos iniciais tais como: o reservatório inferior; o reservatório superior; a mão-de-obra e as tubulações e acessórios deverão ser informados, conforme são apresentados na Figura 28(e).



**Tarifas de água**

Volume (m<sup>3</sup>)  
Acima de  e

Custo (R\$)

Abaixo de 6 m<sup>3</sup>: R\$ 29,23 (fixo).  
Entre 6 e 10 m<sup>3</sup>: R\$ 0,63 (por m<sup>3</sup>).  
Entre 10 e 40 m<sup>3</sup>: R\$ 6,07 (por m<sup>3</sup>).  
Entre 40 e 100 m<sup>3</sup>: R\$ 6,12 (por m<sup>3</sup>).  
Acima de 100 m<sup>3</sup>: R\$ 6,15 (por m<sup>3</sup>).

Tarifa de esgoto  
 % da tarifa de água

(a) Tarifas de água

**Motobomba**

Quantidade

Potência unitária  
  W  HP

Vazão (litros/hora)

Custo Unitário (R\$)

Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh)

(b) Informações da motobomba

**Manutenção**

Tipo de manutenção

Custo (R\$)

Ocorre a cada  meses

Nome	Custo	Período de rep.
cloro	30	1

(c) Custos variáveis

**Reservatório inferior**

Digite o volume para o reservatório inferior que será utilizado na análise econômica

litros

(d) Volume do reservatório inferior

**Custos iniciais**

Reservatório inferior  
Custo (R\$)

Reservatório superior  
Custo (R\$)

Mão-de-obra  
Custo (R\$)

Tubulações  
Custo (R\$)

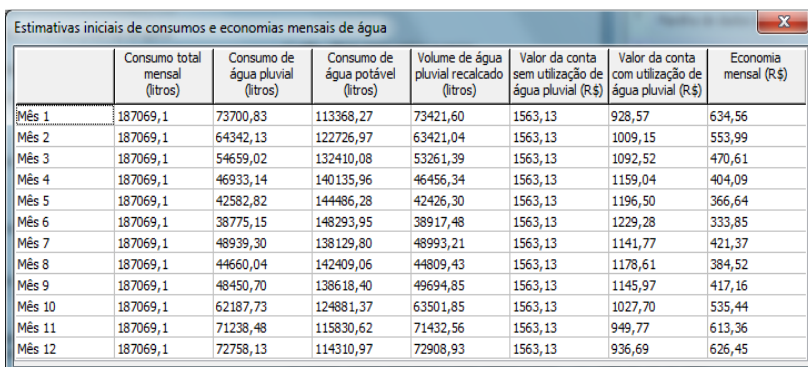
Acessórios  
Custo (R\$)

(e) Custos fixos iniciais

**Figura 28. Telas de entrada de dados do programa Netuno**

Obtém-se o valor presente líquido, tempo de retorno de investimento e a taxa interna de retorno do presente sistema de captação de água pluvial através da tela do programa Netuno representada na Figura 27.

Introduzidos os dados necessários à simulação econômica, o programa gera uma tabela mensal para o primeiro ano do projeto contendo as informações relativas aos consumos de água mensal total, pluvial, potável e recalcado. Apresenta ainda os valores, em reais (R\$), da conta de água com e sem o uso da água pluvial, assim como a economia mensal encontrada com a água pluvial, conforme apresentado na Figura 29.



	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Mês 1	187069,1	73700,83	113368,27	73421,60	1563,13	928,57	634,56
Mês 2	187069,1	64342,13	122726,97	63421,04	1563,13	1009,15	553,99
Mês 3	187069,1	54659,02	132410,08	53261,39	1563,13	1092,52	470,61
Mês 4	187069,1	46933,14	140135,96	46456,34	1563,13	1159,04	404,09
Mês 5	187069,1	42582,82	144486,28	42426,30	1563,13	1196,50	366,64
Mês 6	187069,1	38775,15	148293,95	38917,48	1563,13	1229,28	333,85
Mês 7	187069,1	48939,30	138129,80	48993,21	1563,13	1141,77	421,37
Mês 8	187069,1	44660,04	142409,06	44809,43	1563,13	1178,61	384,52
Mês 9	187069,1	48450,70	138618,40	49694,85	1563,13	1145,97	417,16
Mês 10	187069,1	62187,73	124881,37	63501,85	1563,13	1027,70	535,44
Mês 11	187069,1	71238,48	115830,62	71432,56	1563,13	949,77	613,36
Mês 12	187069,1	72758,13	114310,97	72908,93	1563,13	936,69	626,45

**Figura 29. Estimativas de economia de água do programa Netuno**

A Figura 30 apresenta as informações de custos e economias gerados pelo uso de água pluvial, em substituição à água potável. Os volumes de água pluvial recalcados serviram para calcular o consumo de energia elétrica mensal a ser utilizada pela motobomba em função de sua vazão.

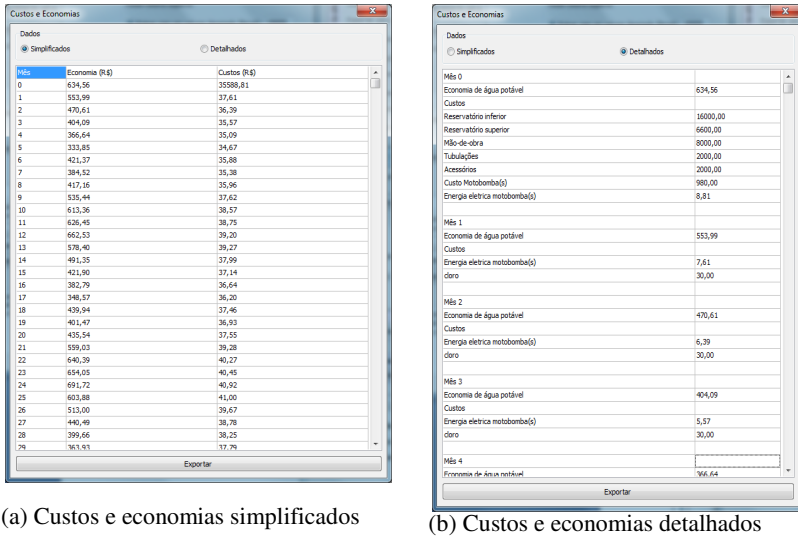


Figura 30. Custos e economias apresentados do programa Netuno

### 3.6 Influência do aumento de volume de reservatório no potencial de economia de água potável e indicadores econômicos

No presente estudo, desenvolveram-se os cálculos de dimensionamento dos reservatórios inferiores por meio de simulações feitas com o programa Netuno. O máximo potencial de economia de água potável, que pode ser alcançado em uma edificação, é numericamente igual à demanda de água pluvial em termos percentuais (ROCHA, 2009).

Nessa segunda etapa de simulação, não foi alterada a capacidade do reservatório superior, por ele já ter sido especificado em função do volume padronizado pela indústria, para o valor superior mais próximo da demanda diária de água consumida, na atividade de lavagem de veículos, para cada concessionária. Com o intuito de verificar-se uma melhor viabilidade econômica dos projetos, variou-se a percentagem de substituição de água potável por água pluvial, para todas as concessionárias, em função de um novo volume de reservatório inferior.

Para a escolha do novo volume do reservatório inferior, utilizou-se da capacidade volumétrica padronizada pela indústria de reservatórios imediatamente superior à especificada anteriormente.

Assim, foram realizadas as simulações, utilizando-se o programa Netuno para cada volume de reservatório, de cada concessionária em estudo. Em todas as simulações, foram informados os novos valores de custos e benefícios. De posse dessa nova análise econômica e dos novos percentuais de substituição de água potável, foi feita uma comparação com os valores encontrados na primeira etapa do trabalho.

### **3.7 Influência da não utilização do reservatório superior no potencial de economia de água potável e indicadores econômicos**

Ao decorrer das simulações realizadas, na primeira e segunda etapa, permanecendo inalterada a área de telhado, o coeficiente de aproveitamento, o volume de reservatório superior e a demanda de água potável, variou-se a percentagem de água potável a ser substituída pela pluvial (2% acima e 2% abaixo), obtendo-se uma faixa de potencial de economia de água potável para um mesmo volume de reservatório inferior. Este procedimento foi executado com o objetivo de confirmar a capacidade do reservatório inferior para pequenas variações do potencial de substituição de água potável em virtude de existir diferenças na determinação destes percentuais.

Nessa terceira etapa de simulação, o reservatório superior foi retirado. O programa Netuno permite que sejam feitas simulações com esta particularidade. Nos sistemas de lavagem de veículos utilizados nas concessionárias estudadas, os equipamentos pressurizam a água e esta é conduzida por mangueiras para a lavagem dos veículos. Assim, as simulações foram refeitas sem o uso do reservatório superior, uma vez que as máquinas de lavajato podem utilizar a água pluvial diretamente do reservatório inferior.

As simulações foram refeitas utilizando-se o programa Netuno, para cada concessionária em estudo. Foram informados os novos valores de custos e benefícios, ressaltando que foram desconsiderados os custos mensais de energia elétrica e investimento na motobomba uma vez que neste sistema não haverá recalque de água por não existir o reservatório superior. De posse dessa nova análise econômica e dos novos percentuais de substituição de água potável, foi feita uma comparação com os valores encontrados na primeira etapa do trabalho.

---

## 4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

---

Finalizada a etapa de coleta de dados nas concessionárias selecionadas, aplicou-se o método, detalhado no terceiro capítulo, para se obter os resultados finais:

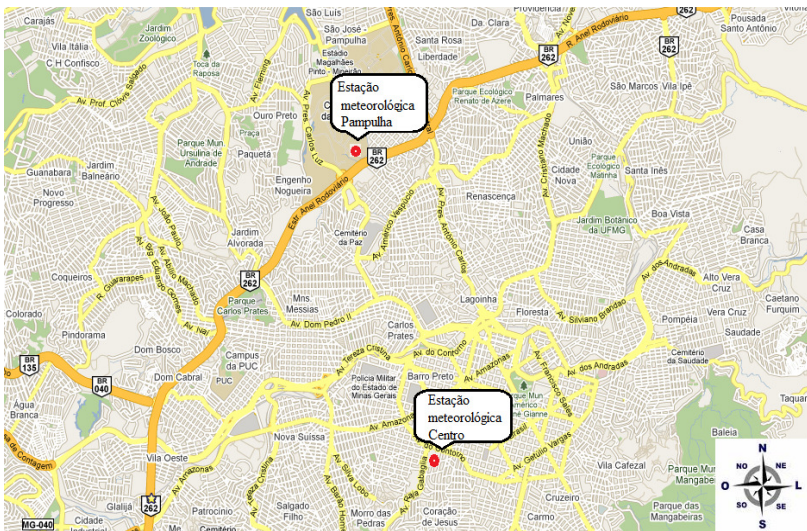
- obtenção e tratamento de índices pluviométricos;
- coleta e tratamento dos dados de consumos em concessionárias de veículos;
- avaliação da quantidade da água pluvial a ser coletada e armazenada, em função do consumo de água potável para a lavagem de veículos e medição das áreas de coleta;
- dimensionamento dos reservatórios de coleta de água pluvial por meio de simulações computacionais;
- determinação dos potenciais de economia de água potável com o uso de águas pluviais;
- especificação, dimensionamento e levantamento dos custos dos equipamentos necessários à coleta de água pluvial;
- determinação da redução da conta de água potável, em função da sua substituição por água pluvial;
- análise financeira dos investimentos a serem realizados;
- comparação entre resultados econômicos apurados de forma tradicional e pelos cálculos do programa Netuno.

### 4.1 Coleta e tratamento preliminar de dados

#### 4.1.1 Precipitação pluviométrica

Segundo o INMET, as precipitações pluviométricas fornecidas correspondem aos prognósticos de chuva acumulados (mm) em períodos de 24 horas. Para facilitar sua análise, todos os dados coletados foram organizados em planilhas, formando uma base de dados única. As precipitações diárias foram utilizadas no cálculo de dimensionamento, sendo também usadas como dados de entrada do programa Netuno.

Na região metropolitana de Belo Horizonte, existem duas estações meteorológicas, sendo uma estação convencional e uma automática, conforme ilustram os círculos em vermelho na Figura 31.



**Figura 31. Estações do INMET em Belo Horizonte**

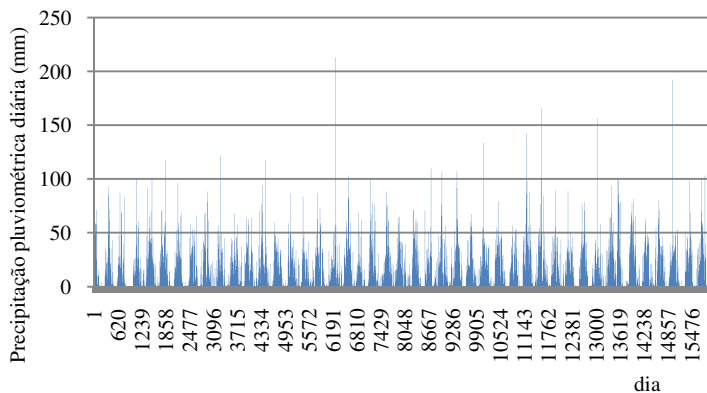
Fonte: INMET(2009)

Localizada na região Central da cidade de Belo Horizonte, a estação meteorológica Centro, está situada na Avenida do Contorno, esquina de Av. Raja Gabáglia, Bairro Gutierrez, a qual tem sua vista aérea mostrada na Figura 32



**Figura 32. Estação meteorológica Centro**

A Figura 33 apresenta o histograma das 16090 precipitações pluviométricas diárias desta estação, perfazendo um período de 42 anos e 10 meses de dados coletados.



**Figura 33. Precipitação pluviométrica diária da Estação Centro**

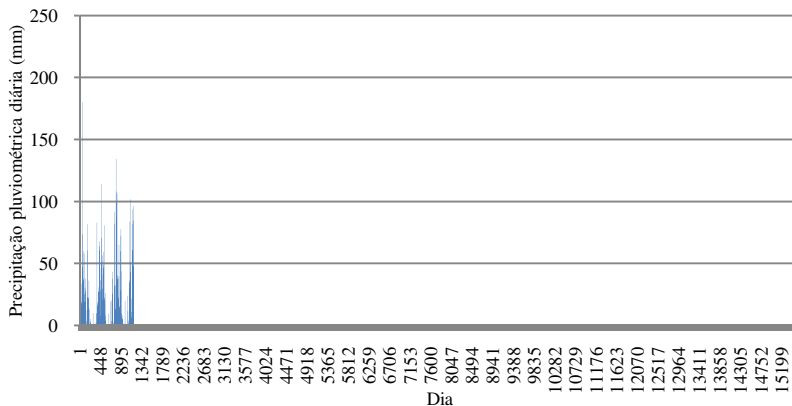
Fonte: INMET(2009)

Na região Norte da cidade, existe a estação meteorológica automática da Pampulha, situada no Campus da UFMG, a qual teve sua operação iniciada no dia 01 de dezembro de 2006, tendo sua vista aérea mostrada na Figura 34.



**Figura 34. Estação meteorológica Pampulha**

A Figura 35 apresenta o histograma das 1167 precipitações pluviométricas diárias desta estação, perfazendo um período de 3 anos e 2 meses de dados coletados.



**Figura 35. Precipitação pluviométrica diária da estação Pampulha**

Fonte: INMET(2009)

Com o objetivo de determinar a estação meteorológica mais próxima das concessionárias em estudo, a Tabela 9, mostra em linha reta, a distância entre elas e as estações meteorológicas.

**Tabela 9. Distâncias entre concessionárias e estações meteorológicas**

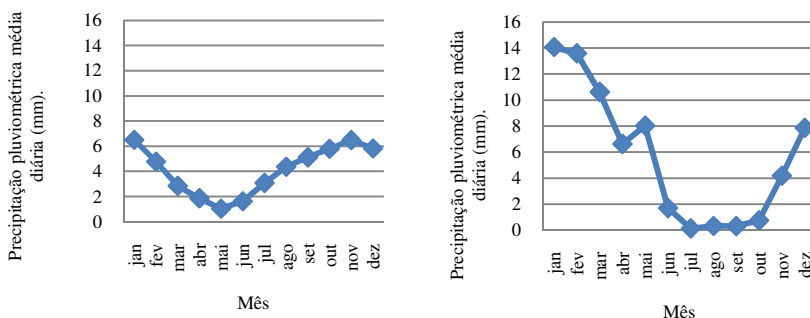
Concessionária	Estação Meteorológica	Distância (m)
Garra	Pampulha	4447
	Belo Horizonte	7920
Misaki	Pampulha	8379
	Belo Horizonte	2794
Carbel	Pampulha	7565
	Belo Horizonte	2139
Valence	Pampulha	9060
	Belo Horizonte	3536
Reauto	Pampulha	9783
	Belo Horizonte	8081
Catalão	Pampulha	8956
	Belo Horizonte	9642



O programa Netuno realiza as simulações fundamentando-se na precipitação pluviométrica. Desse modo, deve-se, sempre que possível, utilizar os dados fornecidos pela estação meteorológica mais próxima da concessionária em análise. Como critério de proximidade física, as concessionárias Garra e Catalão deveriam ter suas simulações realizadas, utilizando-se os valores da estação Pampulha.

Observando-se os gráficos mostrados na Figura 33 e na Figura 35, verifica-se que a estação Centro apresenta a precipitação pluviométrica de 42 anos, enquanto a estação Pampulha apresenta os valores por um período de três anos.

Um fator determinante na escolha da estação meteorológica está no fato da estação escolhida apresentar o maior histórico de precipitação pluviométrica. Estes valores, quando introduzidos no programa Netuno, permitem simulações mais precisas. A Figura 36(a) apresenta a precipitação pluviométrica média diária coletada da estação meteorológica do Centro e a Figura 36(b) da estação Pampulha de Belo Horizonte.



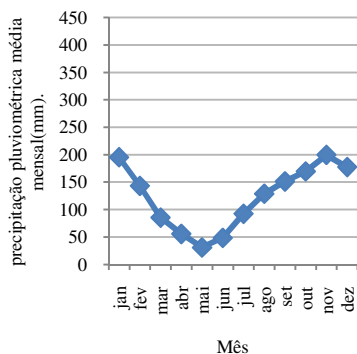
a) Estação Centro

(b) Estação Pampulha

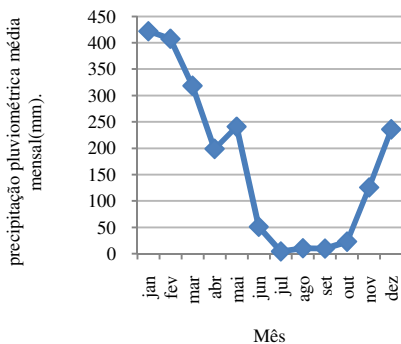
### Figura 36. Precipitação pluviométrica média diária das estações de Belo Horizonte

Fonte: 5<sup>o</sup> distrito de meteorologia do INMET (2009)

A Figura 37(a) apresenta a precipitação pluviométrica média mensal coletada da estação meteorológica do Centro e a Figura 37(b) os valores médios mensais da estação Pampulha de Belo Horizonte.



(a) Estação Centro

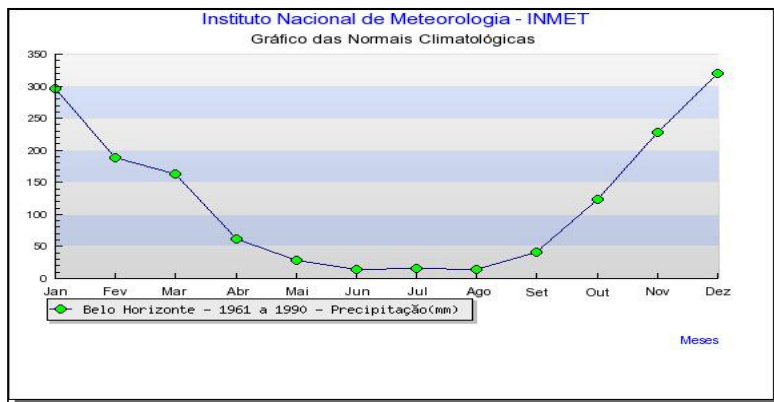


(b) Estação Pampulha

### Figura 37. Precipitação pluviométrica média mensal das estações de Belo Horizonte

Fonte: 5º distrito de meteorologia do INMET (2009)

O INMET divulga, em seu *site*, as normais climatológicas de Belo Horizonte, no período compreendido entre 1961–1990, conforme apresentado na Figura 38.



### Figura 38. Normal climatológica de Belo Horizonte [1961-1990] – Precipitação mensal (mm)

Fonte: INMET (2009)

Utilizou-se para este trabalho, em todas as simulações, os índices diários da estação meteorológica Centro de Belo Horizonte.

#### 4.1.2 Área de captação

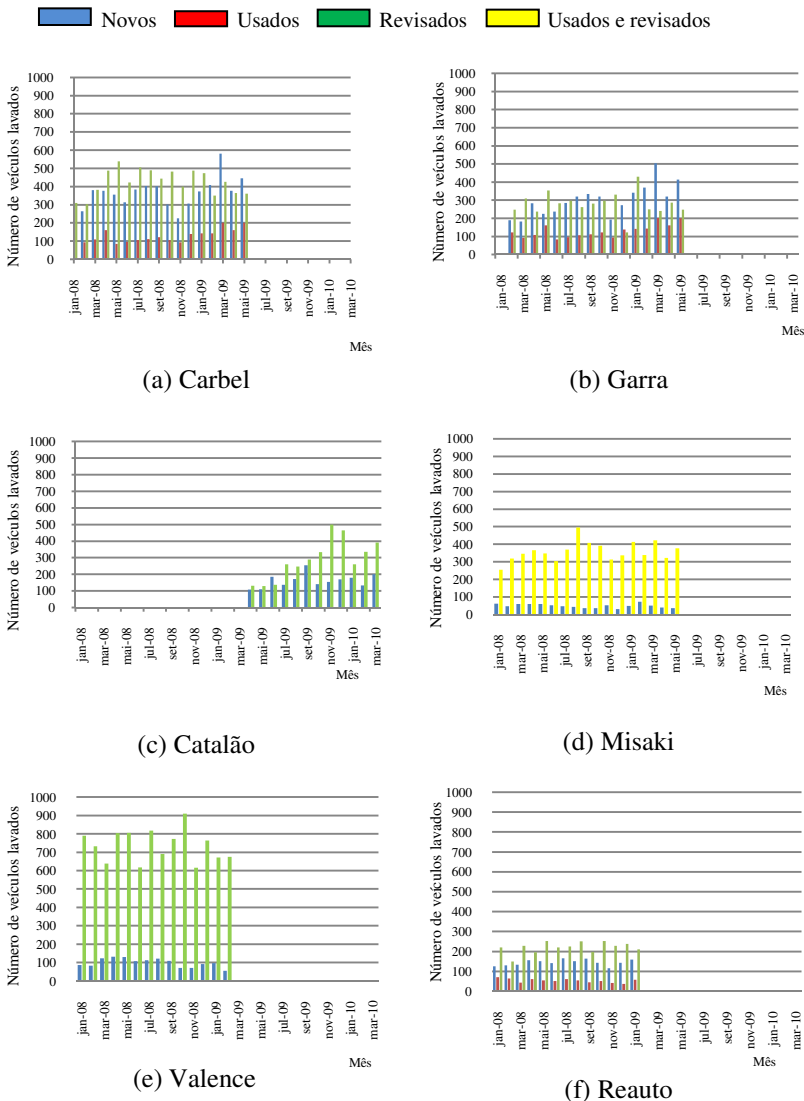
A Tabela 10 apresenta as medidas das projeções horizontais das áreas selecionadas para a captação de água pluvial em cada concessionária utilizada no presente estudo.

**Tabela 10. Área de captação de água pluvial**

Concessionária	Localização	Área (m <sup>2</sup> )	
		Parcial	Total
Carbel	Seminovos	1560	2833
	Oficina	1273	
Valence	Mecânica	1200	4800
	Lanternagem	1800	
	Loja	1800	
Misaki	Loja	2200	4000
	Oficina	1800	
Reauto	Oficina	2742	3792
	Salão de veículos	324	
	Recepção de Veículos	726	
Catalão	Oficina	2083	3372
	Galpão	1289	
Garra	Oficina	2381	4368
	Loja	1237	
	Lanternagem/peças	750	

#### 4.1.3 Número de veículos lavados

Apurado o número de veículos lavados, mensalmente, para cada concessionária, abaixo segue sua representação Figura 39. Os gráficos representam os períodos em que os dados de consumo de água potável e número de veículos lavados forma analisados neste trabalho.



**Figura 39. Número de veículos lavados mensalmente**

Os períodos de coleta dessas informações coincidiram com os períodos obtidos nas contas de consumo de água potável,

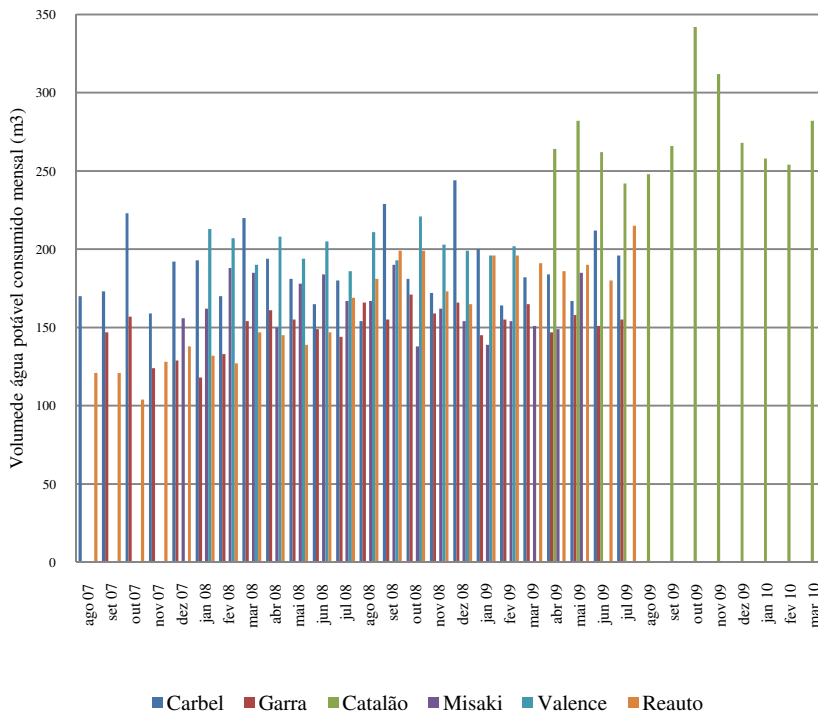
proporcionando assim, obter-se uma relação entre o número de veículos e a atividade de lavagem, sincronizadas no tempo. Analisando-se os gráficos da Figura 39, pode-se observar que as concessionárias Carbel, Garra e Reauto apresentam as atividades de lavagem de veículos novos, usados e revisados. Já as concessionárias Catalão e Valence não comercializam veículos usados nas unidades em análise e, na Misaki, o número de veículos usados e revisados está somado na coluna de veículos usados. A Tabela 11 apresenta a média mensal e diária de veículos lavados nas concessionárias. Os dias úteis utilizados nos cálculos das médias de veículos lavados diariamente encontram-se no Apêndice 2. As tabelas contendo os dados que geraram os gráficos apresentados da Figura 39 encontram-se no Apêndice 2.

**Tabela 11. Número médio de veículos lavados nas concessionárias**

Concessionária / Porte	Número de veículos lavados mensalmente				Média de veículos lavados diariamente
	Novos	Usados	Revisados	Total	
Carbel PT5	367	129	425	920	42,9
Garra PT5	299	130	280	710	32,9
Catalão PT0	162	0	290	452	21,4
Misaki PT0	50	363	0	413	19,2
Valence PT1	99	0	736	835	38,3
Reauto PT0	146	54	205	406	18,5

#### 4.1.4 Consumo de água potável

Realizando-se a análise das contas de água, fornecidas pela concessionária de água e saneamento das empresas selecionadas, verificou-se o consumo de água potável mensal, cujos resultados obtidos estão apresentados Figura 40, em seus respectivos intervalos de tempo.



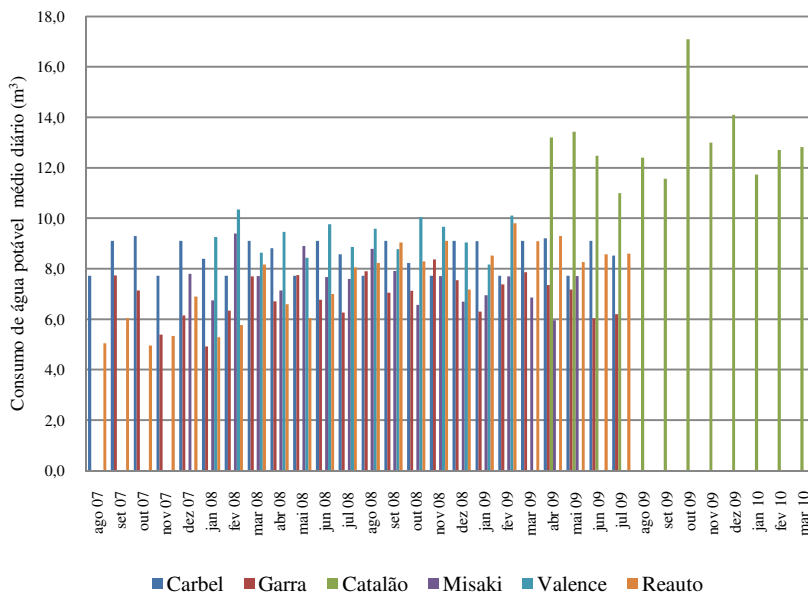
**Figura 40. Consumo mensal de água potável**

Os valores indicados na Tabela 12 representam as médias de consumo mensal de água potável das concessionárias, durante o período em que foi realizado o levantamento dos dados de consumo de água potável.

**Tabela 12. Consumo de água potável médio mensal**

Concessionária	Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )
Carbel	188
Garra	151
Catalão	273
Misaki	164
Valence	202
Reauto	162

O consumo médio diário de água potável, excluindo-se os dias em que não se desenvolvem as atividades de lavagem de veículos, estão representados na Figura 41.



**Figura 41. Consumo de água potável médio diário**

Estão apresentados na Tabela 13 os consumos médios diários de água potável. Foram calculados em referência aos meses analisados para cada concessionária sendo que as tabelas completas encontram-se no Apêndice 4.

**Tabela 13. Consumo de água potável médio diário**

Concessionária	Consumo médio diário (m <sup>3</sup> )
Carbel	8,73
Garra	6,93
Catalão	12,96
Misaki	7,55
Valence	9,30
Reauto	6,97

#### 4.1.5 Coeficiente de aproveitamento de água pluvial

Conforme apresentado no item 2.5.4, utilizou-se para este estudo referente ao aproveitamento de água pluvial, os coeficientes de aproveitamento igual a 0,90, para todas as simulações realizadas.

#### 4.1.6 Consumo de água potável para lavagem de veículos

As concessionárias Carbel, Reauto, Garra, Catalão e Valence trabalham com veículos de mesmo porte. São veículos de tamanho compacto e médio. A Concessionária Misaki trabalha com veículos de médio porte, modelos sedans e comerciais leve (pick-up's). Os valores apresentados na Tabela 14 representam as medições realizadas nas concessionárias Reauto e Misaki com o objetivo de se determinar o volume médio de água para a lavagem de um veículo. No presente trabalho utilizaram-se estes valores médios para avaliar o consumo de água potável para a lavagem de veículos.

**Tabela 14. Medição de volume de água para lavagem de um veículo**

Medição	Consumo de água para lavagem de um veículo (l)	
	Reauto	Misaki
1	73	92
2	80	90
3	65	97
4	59	102
5	63	105
6	66	78
7	72	90
8	77	98
9	79	102
10	71	103
Média	70	95



## 4.2 Avaliação do potencial e da economia de água potável

### 4.2.1 Percentagem de água potável a ser substituída por água pluvial

A Tabela 15 apresenta a relação entre o consumo total de água potável e o consumo total para a lavagem de veículos para cada concessionária, sendo este o valor inicial para se calcular o percentual de economia de água potável para o volume do reservatório.

**Tabela 15. Percentagem de água potável a ser substituída por água pluvial**

Concessionária	Demanda média diária de água pluvial (m <sup>3</sup> )	Demanda média diária de água potável (m <sup>3</sup> )	Percentagem inicial de água potável a ser substituída por água pluvial (%)
Carbel	3,02	8,73	34,59
Garra	2,31	6,93	33,33
Catalão	1,49	12,96	11,50
Misaki	1,83	7,55	24,24
Valence	2,68	9,30	28,82
Reauto	1,30	6,97	18,65

### 4.2.2 Volume do reservatório superior

Obtido o número de veículos lavados nas concessionárias e o volume de água que esta atividade representa no consumo potável total, pôde-se estimar a percentagem de água potável a ser substituída por pluvial. A primeira etapa para determinação dos volumes dos reservatórios é a determinação dos volumes dos reservatórios superiores das concessionárias.

O volume do reservatório superior deve ser especificado em função do volume de água pluvial necessário à lavagem de veículos. Comercialmente, os volumes de reservatórios tipo taça, utilizados neste estudo, iniciam seu volumes em 5 m<sup>3</sup>. A diferença econômica entre os reservatórios de 5m<sup>3</sup> e 10m<sup>3</sup> são pequenas se compararmos com o

volume dos mesmos (11%). Adotou-se, como o volume do reservatório superior, o valor, em metros cúbicos, do consumo médio diário da concessionária. Devido aos volumes de reservatórios serem padronizados pela indústria, arredondou-se para o volume imediatamente superior ao calculado, conforme apresentado na Tabela 16.

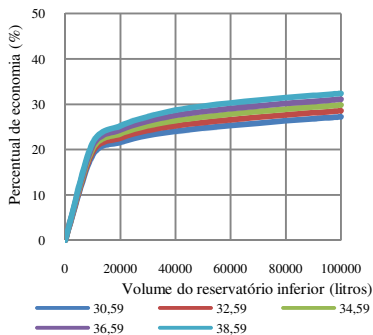
**Tabela 16. Volume de reservatório de água pluvial superior**

Concessionária	Demanda média diária de água pluvial (m <sup>3</sup> )	Demanda média diária de água potável (m <sup>3</sup> )	Volume de Reservatório Superior (m <sup>3</sup> )
Carbel	3,02	8,73	10
Garra	2,31	6,93	10
Catalão	1,49	12,96	15
Misaki	1,83	7,55	10
Valence	2,68	9,30	10
Reauto	1,30	6,97	10

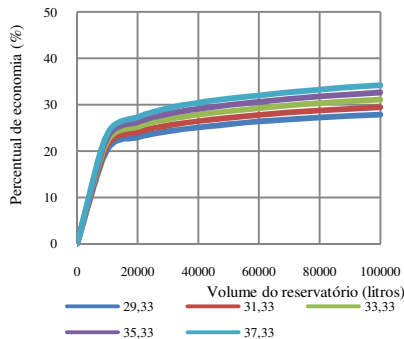
#### 4.2.3 Volume do reservatório inferior

Analisando-se o algoritmo do programa Netuno, verifica-se que, algumas vezes, para um mesmo volume de reservatório inferior, pode-se variar a demanda potável média diária e se obter valores que representam maiores percentuais de economia de água potável.

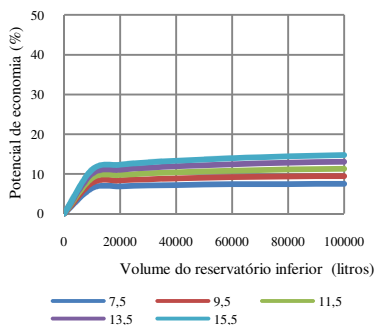
Variando-se o percentual de água potável a ser substituída por pluvial, e mantendo constantes os demais parâmetros, encontrou-se, por meio das simulações realizadas pelo programa Netuno, o potencial de economia de água potável para cada volume de reservatório inferior. Utilizando os volumes de reservatórios inferiores constantes na Tabela 16, as curvas que representam o potencial de economia de água potável para os respectivos volumes de reservatórios inferiores, estão apresentadas desde a Figura 42(a) até a Figura 42(f), para cada uma das concessionárias de veículos em estudo.



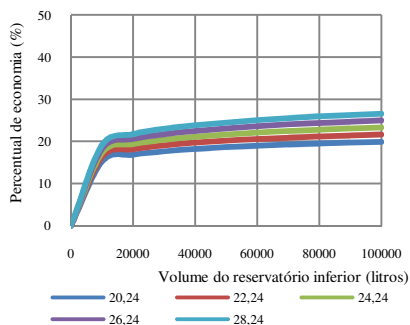
(a) Carbel



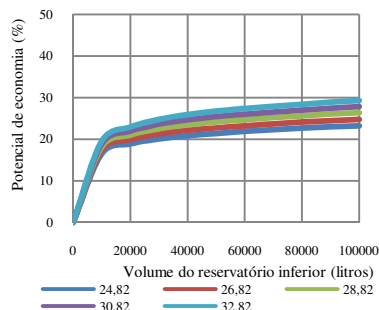
(b) Garra



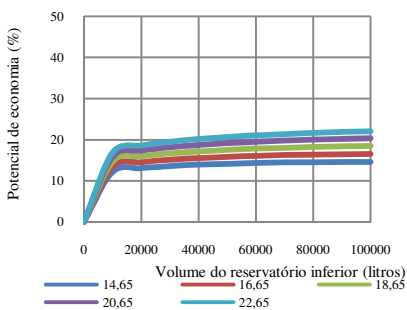
(c) Catalão



(d) Misaki



(e) Valence



(f) Reauto

**Figura 42. Variação do potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior**

Foram realizadas simulações, variando-se os valores dos percentuais da demanda de água necessária para a atividade de lavagem de veículos, em 2% para cima e 2% para baixo do valor calculado. Estas simulações são necessárias para se verificar se o volume do reservatório inferior está dimensionado adequadamente, pois existe incerteza na obtenção destes percentuais.

**Tabela 17. Percentual de economia de água potável e volume do reservatório inferior obtido com a variação do percentual de água potável substituída**

Concessionária	Percentagem de água potável a ser substituída (%)	Percentual de economia simulado (%)	Volume do reservatório inferior (m <sup>3</sup> )
Carbel	30,59	21,58	30
	32,59	24,22	30
	34,59	25,27	30
	36,59	26,27	30
	38,59	28,67	40
Garra	29,33	24,24	30
	31,33	25,54	30
	33,33	26,80	30
	35,33	28,04	30
	37,33	29,24	30
Catalão	7,50	6,88	20
	9,50	8,36	20
	11,50	9,74	20
	13,50	11,04	20
	15,50	12,29	20
Misaki	20,24	16,82	20
	22,24	19,02	30
	24,24	20,39	30
	26,24	21,71	30
	28,24	23,01	30
Valence	24,82	20,05	30
	26,82	21,29	30
	28,82	22,50	30
	30,82	23,65	30
	32,82	24,76	30
Reauto	14,65	13,10	20
	16,65	14,57	20
	18,65	15,97	20
	20,65	17,33	20
	22,65	18,65	20

A percentagem de água potável a ser substituída e o percentual de economia simulado, para cada concessionária, são apresentados na Tabela 17.

Os volumes ideais dos reservatórios inferiores foram escolhidos, conforme metodologia apresentada no item 3.2.1.8, e em função do potencial de economia de água potável obtido na simulação para a capacidade de reservatório inferior. Os resultados obtidos para as concessionárias estão apresentadas Tabela 18.

**Tabela 18. Percentual final de economia de água potável e volume ideal do reservatório inferior**

Concessionária	Percentual final de água potável a ser substituído (%)	Economia máxima de água potável (%)	Volume ideal de reservatório Inferior (litros)	Volume do reservatório superior (litros)
Carbel	34,59	25,27	30000	10000
Garra	33,33	26,80	30000	10000
Catalão	11,50	9,74	20000	15000
Misaki	24,24	20,39	30000	10000
Valence	28,82	22,50	30000	10000
Reauto	18,65	15,97	20000	10000

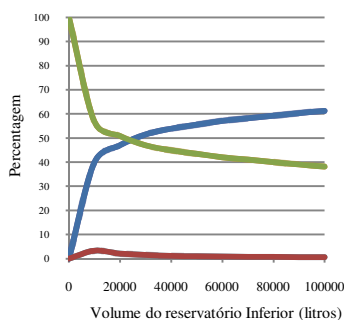
#### 4.2.4 Avaliação do percentual de atendimento da demanda de água pluvial

O programa Netuno gera uma planilha que contém, para cada volume de reservatório analisado, o potencial de economia, o volume de água pluvial total consumido, o volume anual extravasado e o percentual de dias, nos quais a demanda da diária de água pluvial é atendida totalmente, parcialmente, ou não é atendida.

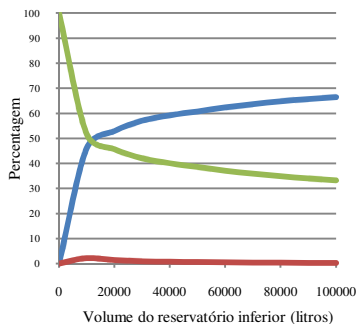
As curvas ilustradas desde a Figura 43(a) até a Figura 43(f) apresentam os resultados das simulações, para cada concessionária, do volume do reservatório inferior *versus* o percentual de atendimento encontrado para o reservatório inferior escolhido.

Os gráficos foram gerados para volumes dos reservatórios inferiores compreendidos ente 0 e 100 m<sup>3</sup>. Os valores dos percentuais de atendimento relativo aos volumes ideais adotados neste trabalho estão apresentados na Tabela 18.

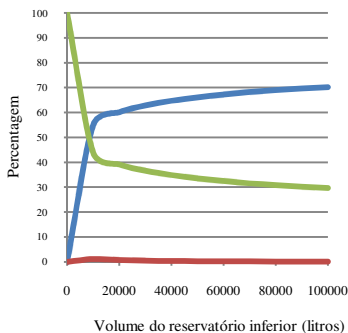
- Dias em que a demanda de água pluvial não é atendida (%)
- Dias em que a demanda de água pluvial é atendida totalmente (%)
- Dias em que a demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)



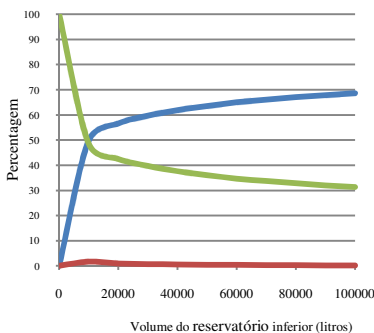
(a) Carbel



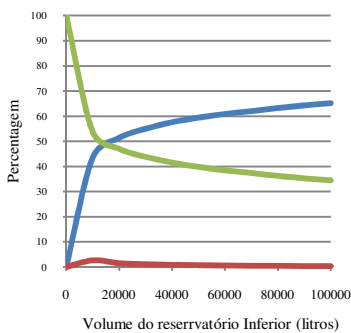
(b) Garra



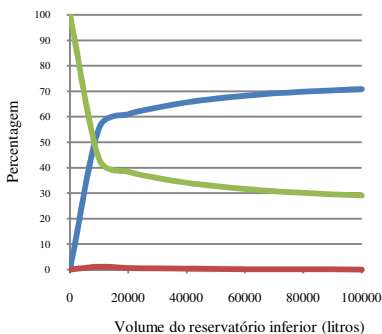
(c) Catalão



(d) Misaki



(e) Valence



(f) Reauto

**Figura 43. Percentual de atendimento da demanda de água pluvial**

Observando-se os percentuais de atendimento de água pluvial, pode-se afirmar que todas as concessionárias têm sua demanda de água potável substituída por pluvial, integralmente, acima de 51,51 % dos dias do ano.

A Tabela 19 mostra os percentuais de atendimento da demanda de água pluvial das concessionárias analisadas, para os volumes de reservatórios inferiores, encontrados nas simulações.

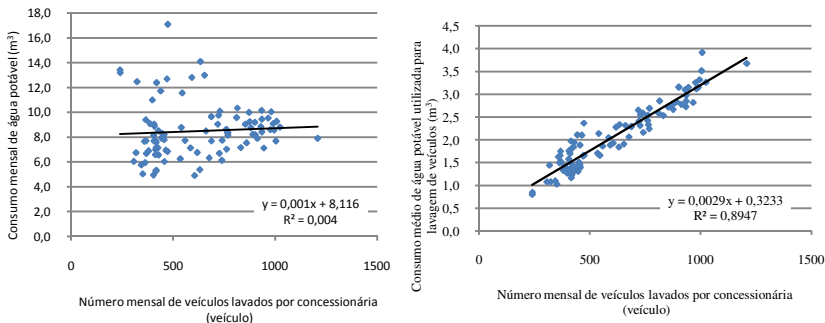
**Tabela 19. Percentuais de atendimento da demanda de água pluvial**

Concessionária	Volume de reservatório Superior (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório inferior (m <sup>3</sup> )	Dias em que a demanda de água pluvial é atendida totalmente (%)	Dias em que a demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Dias em que a demanda de água pluvial não é atendida (%)
Carbel	10	30	51,51	1,58	46,91
Garra	10	30	57,03	0,93	42,44
Catalão	15	20	60,16	0,69	39,15
Misaki	10	30	59,66	0,68	39,66
Valence	10	30	54,97	1,16	43,87
Reauto	10	20	60,97	0,62	38,41

### 4.3 Avaliação das correlações

As análises a seguir são baseadas em dados fornecidos pelas concessionárias e pelos resultados das simulações realizadas. Os dados que originaram as correlações que se seguem estão apresentados nas tabelas contidas no Apêndice 4.

A Figura 44(a) apresenta a correlação entre o consumo mensal de água potável e o número de veículos lavados por concessionária, já a Figura 44(b) apresenta a correlação encontrada para o consumo médio de água potável utilizada para a lavagem de veículos e o número de veículos lavados por concessionária.



(a) Consumo de água potável e número de veículos lavados por concessionária mensalmente

(b) Consumo médio mensal de água potável utilizada para a lavagem de veículos e o número de veículos lavados por concessionária

### Figura 44. Correlações entre consumo de água e o número de veículos lavados

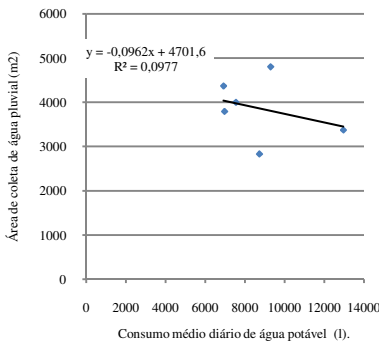
É possível perceber que não existe correlação entre o consumo médio mensal de água potável e o número de veículos lavados mensalmente ( $R^2=0,004$ ) quando se agrupam os dados de todas as concessionárias estudadas. Esta inexistência de correlação comprova que grande parte do consumo de água potável não é utilizada para a lavagem de veículos. Ela pode comprovar também que existem concessionárias que apresentam altos consumos de água potável e um pequeno número de veículos lavados, e outras, que apresentam um consumo menor de água potável para um maior número de veículos lavados.

Agrupando-se os percentuais de água potável a serem utilizados para a lavagem de veículos, pode-se observar uma forte correlação ( $R^2=0,894$ ) com o número de veículos lavados, mensalmente, em todas as concessionárias. É possível perceber que as correlações entre estas duas variáveis são fortes, mas não forte o bastante para criar uma relação única para todas as concessionárias. Não é possível afirmar que, em Belo Horizonte, se gasta um volume fixo médio, definido, de água para lavar um carro novo ou usado.

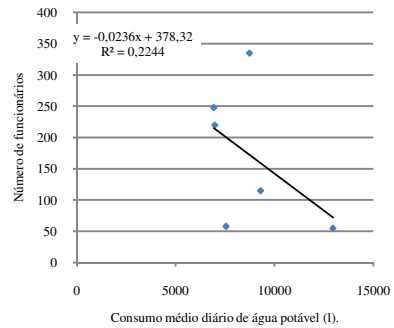
A seguir, desde a Figura 45(a) até a Figura 45(d), são apresentados gráficos de correlações entre aspectos físicos das concessionárias, tais como: área de telhado, número de funcionários, número diário de veículos lavados e consumo médio diário de água, originados dos dados colhidos junto às concessionárias em estudo e de



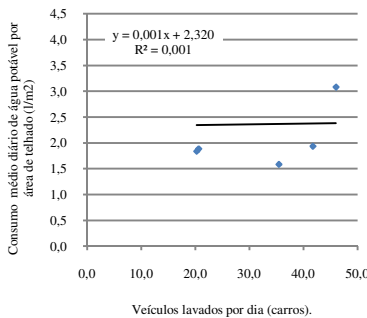
resultados de cálculos já detalhados, anteriormente, que estão consolidados na Tabela A.6.1 do Apêndice 6.



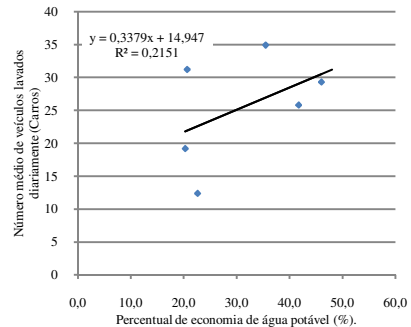
(a) Correlação entre área de cobertura e consumo médio diário de água potável



(b) Correlação entre número de funcionários e o consumo médio diário de água potável



(c) Correlação entre consumo médio diário de água potável por área de cobertura e número de veículos lavados diariamente



(d) Correlação entre número médio de veículos lavados diariamente e percentual de economia de água potável

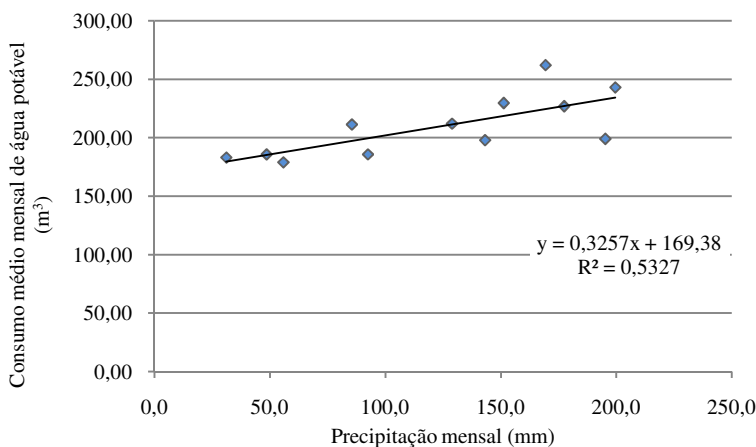
### Figura 45. Correlações entre a estrutura física e os consumos de água potável

Desse modo, poderia intuir-se que existe uma relação direta entre o tamanho físico da área de cobertura das concessionárias e seus respectivos consumos de água potáveis, o que não se concretiza. Observa-se, pela Figura 45a, que não existe nenhuma correlação entre essas variáveis ( $R^2=0,097$ ). A Figura 45b comprova outra fraca correlação ( $R^2=0,224$ ) entre o número de funcionários que trabalham nas concessionárias e o respectivo consumo médio diário de água

potável, ou seja, não se pode afirmar que um maior número de funcionários seja responsável por um maior consumo de água. Existem outros usos finais significativos, tais como lavagem de pátio interno, oficina e salão de veículos, irrigação não considerados neste trabalho.

Outra correlação pesquisada foi entre consumo médio diário de água potável por área de cobertura e número de veículos lavados diariamente, apresentada pela Figura 45c. Pode-se perceber que estas variáveis são independentes, isto é, não apresentam nenhuma correlação entre si ( $R^2=0,001$ ). Assim sendo, infere-se que o consumo de água por metro quadrado, em concessionárias, não possui nenhuma correlação direta com o número de veículos lavados nelas. A Figura 45d, por sua vez, mostra outra fraca correlação entre o número médio de veículos lavados diariamente e o percentual de economia de água potável. Essa correlação mostra que diferentes concessionárias apresentam diferentes consumos de água potável para a mesma atividade de lavagem de veículos, apresentando ainda grande dispersão entre os consumos mensais de água potável para pequenas variações dos veículos lavados.

A Figura 46 apresenta a correlação entre as precipitações mensais médias obtidas da estação meteorológica, utilizadas nas simulações, e o consumo médio mensal de água potável, realizado pelas concessionárias, ao longo do mesmo período de tempo.



**Figura 46. Correlação entre a precipitação mensal média e o consumo médio de água potável**

Em entrevista com o gerente de oficina da concessionária Carbel, foi relatado que, durante o período de chuvas, a concessionária apresenta um maior consumo de água, comprovado pelos consumos apurados nas contas de água e de esgotos. As atividades de lavagem de veículos são mais intensas, além do consumo de água para lavagem de cada veículo ser maior. Foram descritos pelo entrevistado aumentos em outros usos finais, que não foram objeto desse estudo, estando entre eles a lavagem de pátios e pisos. Nesta análise, encontrou-se uma correlação moderada ( $R^2=0,532$ ) entre essas variáveis. Pode-se avaliar que quanto mais forte esta correlação se apresenta, menor o volume necessário dos reservatórios inferior e superior, uma vez que a grande disponibilidade de chuva, em períodos de grandes consumos, reduz os investimentos e aumenta a rentabilidade dos mesmos.

#### **4.4 Análise econômica**

##### **4.4.1 Taxa mínima de atratividade**

A incorporação dos valores da sustentabilidade na gestão das empresas depende de um olhar diferenciado e de uma contínua avaliação dos métodos e processos existentes, que esteja sob as lentes econômica, ambiental e social. A partir deste exercício, identificam-se projetos de uso de água pluvial, em substituição a águas potáveis, como uma oportunidade para que as concessionárias de veículos possam contribuir de forma efetiva na diminuição do impacto ambiental relacionada a partes de suas atividades.

Neste trabalho, utilizou-se uma única TMA, fixada ao longo de todo o período de investimento, com valor igual ao IPCA, fixado em 0,36% a.m., por entender-se que este projeto não tem como objetivo apresentar rentabilidade financeira e, sim, cobrir os custos de investimentos corrigidos pela inflação.

##### **4.4.2 Tempo de vida útil dos equipamentos**

A definição do tempo de análise de projetos, geralmente, ocorre junto com a definição do ciclo de vida útil dos equipamentos, infraestrutura, etc., o qual é normalmente expresso em intervalos de período anuais. Fundamentada nos aspectos de depreciação dos ativos utilizados em projetos dessa natureza, conforme apresentados na

metodologia, a vida útil dos equipamentos e de instalações é superior a 15 anos. Para este estudo, o tempo de investimento foi fixado como se as concessionárias fossem operar apenas 15 anos, embora, na prática, elas devam operar por muito mais tempo.

### 4.4.3 Fluxo de caixa

#### 4.4.3.1 Avaliação dos custos iniciais de infraestrutura

Os componentes do sistema de captação de água pluvial foram padronizados para todas as concessionárias, conforme apresentados na metodologia. A Tabela 20 apresenta os parâmetros adotados e os resultados encontrados pelos cálculos de dimensionamento da motobomba.

**Tabela 20. Especificação da motobomba**

Parâmetros	Carbel	Garra	Catalão	Misaki	Valence	Reauto
Altura de sucção (mca)	2	2	2	2	2	2
Altura de recalque (mca)	15	15	15	15	15	15
Diâmetro da tubulação utilizada (mm)	32	32	32	32	32	32
Volume diário máximo recalcado (m <sup>3</sup> )	3,02	2,31	1,49	1,83	2,68	1,30
Vazão desejada, para encher a caixa (m <sup>3</sup> /h)	2,91	2,91	2,91	2,91	2,91	2,91
Temperatura máxima (°C)	40	40	40	40	40	40
Conexões e acessórios na sucção e recalque.	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Comprimento equivalente (m)						
Comprimento equivalente (m)	3,3	2,4	6,69	2,4	4,32	2,4
Altura manométrica total, (mca)	23,10	22,16	26,66	22,16	24,17	22,16
Potência da motobomba (HP)	2	2	2	2	2	2

Os valores referentes à mão-de-obra, às tubulações, às válvulas, às conexões, aos acessórios, aos filtros, às obras civis e à motobomba são os mesmos para todas as concessionárias, uma vez que os orçamentos realizados somente apresentaram variações, em função dos volumes de reservatórios superiores e inferiores. Estes valores entram nos cálculos de investimento como valores de aporte de recursos, tendo, portanto, seus valores negativos nos lançamentos de fluxo de caixa.

Os investimentos propostos para estes sistemas foram separados por itens. Assim, valores para reservatório superior, reservatório inferior, acessórios, motobomba, obras civis de fundação e mão-de-obra foram estimados para cada concessionária, em reais (R\$), conforme Tabela 21.

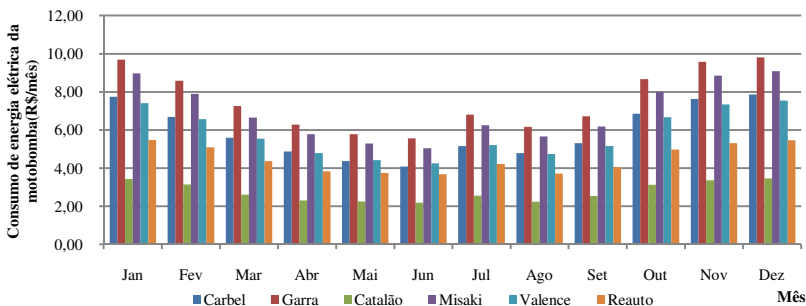
**Tabela 21. Investimentos na montagem dos sistema de coleta de água pluvial**

Itens de investimento	Carbel	Garra	Catalão	Misaki	Valence	Reauto
	Valor (R\$)					
Reservatório inferior	12.400,00	12.400,00	8.800,00	12.400,00	12.400,00	8.800,00
Reservatório superior	6.600,00	6.600,00	8.900,00	6.600,00	6.600,00	6.600,00
Mão-de-obra	8.000,00	8.000,00	8.000,00	8.000,00	8.000,00	8.000,00
Tubulações, válvulas, conexões	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00
Acessórios, filtros, obras civis	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00
Uma motobomba de recalque	980,00	980,00	980,00	980,00	980,00	980,00
<b>Total</b>	<b>31.980,00</b>	<b>31.980,00</b>	<b>30.680,00</b>	<b>31.980,00</b>	<b>31.980,00</b>	<b>28.380,00</b>

#### 4.4.3.2 Consumo mensal de energia elétrica

A Figura 47 apresenta a energia elétrica mensal consumida pelas motobombas das concessionárias de veículos, utilizada para recalcar a água pluvial recolhida no reservatório inferior. Para a determinação destes consumos mensais, são necessárias pelo menos três variáveis: o volume de água recalcado mensalmente, cujos valores são retirados das simulações; a vazão da motobomba especificada para cada concessionária e a tarifa de energia elétrica.

Os custos de energia elétrica acompanham os índices de precipitação da estação meteorológica utilizados nas simulações. Verifica-se que nos meses em que são registrados maiores índices pluviométricos, também são aqueles que apresentam maiores consumos de energia, visto que as chuvas conseguem fornecer a maior parte da demanda de água para a lavagem de veículos. A tabela que contém os dados obtidos e que resultaram na Figura 47 encontram-se na Tabela A.7.1 do Apêndice 7.



**Figura 47. Consumo de energia elétrica mensal das motobombas das concessionárias**

Para este trabalho, os custos variáveis, referentes à operação e manutenção foram estabelecidos com base nos valores observados nos últimos 12 meses de operação do sistema atual, ou seja, as empresas já possuem, em suas planilhas de custos, despesas de manutenção e limpeza dos atuais reservatórios.

#### 4.4.3.3 Tratamento químico mensal da água pluvial

Para o tratamento da água pluvial foi utilizado apenas o cloro. Como orienta a portaria MS nº 518/2004 e a NBR 15527, recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto de um sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/l. Neste estudo foram utilizados dosadores de cloro em pastilhas, que cloram até 7 m<sup>3</sup>/hora, o que atendeu aos volumes de águas pluviais calculados pelo programa Netuno, para cada concessionária, conforme apresenta a Tabela 22.

Realizou-se coleta de preços do produto, junto a lojas que comercializam o hipoclorito de cálcio, em pastilhas, na cidade de Belo Horizonte, chegando-se ao valor médio de R\$30,00 por quilo. O volume mensal de água pluvial recalcada, para cada concessionária, e que necessita ser tratada, varia entre 23,79 m<sup>3</sup> e 47,02 m<sup>3</sup>, sendo que os ajustes da vazão do dosador são feitos por meio de uma operação manual de abertura e fechamento de registros. Os ajustes nos registros são realizados em função dos valores lidos em um kit de dosagem de cloro residual encontrado na água.

**Tabela 22. Consumo mensal de água pluvial fornecido pelo Netuno**

Mês	Consumo mensal de água pluvial (litros)					
	Carbel	Garra	Catalão	Misaki	Valence	Reauto
Mês 1	61.732,25	48.809,81	31.941,98	39.222,80	56.076,57	27.859,33
Mês 2	53.974,62	46.060,41	31.231,62	38.060,31	51.446,17	27.309,72
Mês 3	46.309,07	40.360,15	28.537,54	34.358,65	44.901,78	24.880,99
Mês 4	39.671,76	34.541,05	24.249,40	29.422,63	38.217,30	21.549,27
Mês 5	35.688,25	32.985,01	23.316,78	28.269,03	35.977,91	20.521,22
Mês 6	32.757,88	31.547,67	23.262,13	27.859,56	34.173,84	20.499,64
Mês 7	41.585,76	37.913,02	25.811,70	31.639,98	41.810,92	23.231,07
Mês 8	37.958,78	32.127,70	22.590,10	27.720,94	36.129,62	20.309,03
Mês 9	40.764,98	33.966,32	23.172,52	28.353,68	38.461,57	20.703,01
Mês 10	52.666,24	42.061,93	27.655,44	33.924,00	48.386,20	24.679,14
Mês 11	59.905,88	47.119,04	30.434,57	37.364,03	54.508,53	26.591,58
Mês 12	61.343,95	48.276,04	31.382,53	38.468,14	55.635,40	27.359,41
Média mensal	47.029,95	39.647,35	26.965,53	32.888,65	44.643,82	23.791,12
Vazão(litros/hora)	65,3	55,1	37,5	45,7	62,0	33,0

Adotou-se, como custo variável mensal, o valor mensal referente a um quilo de hipoclorito de cálcio para cada concessionária. O modelo de dosador adotado foi o HD 204 que suporta uma vazão de até 7 m<sup>3</sup>/h, especificado acima da vazão necessária para os sistemas de captação em estudo.

#### 4.4.3.4 Avaliação dos benefícios

Encontra-se no Apêndice 5, a Tabelas A.5.1 à Tabela A.5.6, contendo as estimativas de consumo e economia mensal de água potável através da sua substituição por água pluvial, para todas as concessionárias em estudo.

A consolidação das reduções financeiras geradas pelo uso de água pluvial, em substituição à água potável, calculadas pelo programa Netuno, durante o período de 12 meses, estão transcritas na Tabela 23.

As reduções financeiras geradas por intermédio da redução da conta de água e de esgotos com o uso de água das chuvas, em substituição à água potável, apuradas no site da COPASA estão apresentadas na Tabela 24

**Tabela 23. Economia mensal apurada pelo programa Netuno**

Economia mensal na conta de água potável (R\$)						
Mês	Carbel	Garra	Catalão	Misaki	Valence	Reauto
Mês 1	607,45	480,27	314,31	385,95	551,79	274,14
Mês 2	531,11	453,23	307,32	374,51	506,23	268,73
Mês 3	455,68	397,14	280,81	338,09	441,83	244,83
Mês 4	390,37	339,88	238,61	289,52	376,06	212,04
Mês 5	351,17	324,57	229,44	278,17	354,02	201,93
Mês 6	322,34	310,43	228,90	274,14	336,27	201,72
Mês 7	409,2	373,06	253,99	311,34	411,42	228,59
Mês 8	373,51	316,14	222,29	272,77	355,52	199,84
Mês 9	401,13	334,23	228,02	279,00	378,46	203,72
Mês 10	518,24	413,89	272,13	333,81	476,12	242,84
Mês 11	589,47	463,65	299,48	367,66	536,36	261,66
Mês 12	603,62	475,04	308,80	378,53	547,45	269,22
média	462,77	390,13	265,34	323,62	439,29	234,11

Esses valores foram apurados por meio de simulações, utilizando-se as suas próprias matrículas, as quais identificam as concessionárias em análise junto a COPASA.

**Tabela 24. Economia mensal apurada no site da COPASA**

Economia mensal na conta de água potável (R\$)						
Mês	Carbel	Garra	Catalão	Misaki	Valence	Reauto
Mês 1	599,70	479,93	313,29	387,88	557,68	272,49
Mês 2	523,29	460,94	311,20	368,20	498,91	265,09
Mês 3	447,69	399,16	282,06	342,64	443,65	241,99
Mês 4	394,09	340,73	239,29	287,77	380,47	214,07
Mês 5	347,28	321,94	225,43	274,31	351,79	201,11
Mês 6	318,61	311,84	230,59	270,64	332,97	204,11
Mês 7	405,94	372,71	253,29	315,02	413,69	232,00
Mês 8	373,74	315,19	220,01	273,95	352,37	200,09
Mês 9	398,08	334,27	229,40	278,77	379,78	201,98
Mês 10	514,09	413,19	273,29	330,77	475,87	241,58
Mês 11	592,16	456,93	304,06	364,77	536,47	262,09
Mês 12	601,61	479,93	311,29	377,76	552,07	271,06
média	459,69	390,56	266,10	322,71	439,64	233,97

Fonte: <http://www2.copasa.com.br/servicos/calculofatura/valorfatura.asp>. Acesso em 23 ago. 2010.



Com o objetivo de confrontarem-se os resultados dos cálculos realizados pelo programa Netuno com os valores obtidos no *site* da COPASA, elaborou-se a Tabela 25 para apresentarem-se as diferenças percentuais entre eles.

**Tabela 25. Diferenças entre valores apurados pelo *site* da COPASA e pelo programa Netuno**

Diferenças entre economias na conta de água e esgotos (%)						
Mês	Carbel	Garra	Catalão	Misaki	Valence	Reauto
Mês 1	1,28	0,07	0,32	-0,50	-1,07	0,60
Mês 2	1,47	-1,70	-1,26	1,68	1,45	1,35
Mês 3	1,75	-0,51	-0,45	-1,35	-0,41	1,16
Mês 4	-0,95	-0,25	-0,28	0,60	-1,17	-0,96
Mês 5	1,11	0,81	1,75	1,39	0,63	0,40
Mês 6	1,16	-0,45	-0,74	1,28	0,98	-1,18
Mês 7	0,80	0,09	0,28	-1,18	-0,55	-1,49
Mês 8	-0,06	0,30	1,03	-0,43	0,89	-0,13
Mês 9	0,76	-0,01	-0,61	0,08	-0,35	0,85
Mês 10	0,80	0,17	-0,43	0,91	0,05	0,52
Mês 11	-0,46	1,45	-1,53	0,79	-0,02	-0,16
Mês 12	0,33	-1,03	-0,81	0,20	-0,84	-0,68
média	0,67	-0,09	-0,23	0,29	-0,04	0,02

Analisando-se as diferenças percentuais encontradas entre os valores das contas mensais de energia elétrica, apurados no *site* da COPASA, e, os valores calculados pelo programa Netuno foram muito pequenos, apresentando diferenças menores que um Real. Estes resultados mostram que o algoritmo utilizado por esse programa está funcionando, adequadamente, apresentando resultados precisos.

#### **4.4.4 Payback descontado, valor presente líquido e taxa interna de retorno**

Na visão do gestor de uma concessionária de veículos, para que um empreendimento, ou projeto, tenha sucesso é necessário que ele seja rentável, ou que possua margem econômica confortável. Existem diversas formas de se analisar a viabilidade econômica de um novo projeto, sendo que a análise de viabilidade deste projeto não está fora deste contexto. Para tais análises, seguem-se os resultados dos cálculos detalhados na metodologia do capítulo 3.

Os fluxos de caixa, para cada empresa, foram montados, usando-se as entradas de capital (item 4.4.3.1), as saídas referentes às despesas com o custo de energia elétrica para bombear a água coletada para o reservatório superior (item 4.4.3.2) e o tratamento da água pluvial (item 4.4.3.3). As entradas foram os valores economizados nas contas de água e de esgotos devido ao uso da água pluvial (item 0).

A Tabela 26 apresenta o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno para cada concessionária, em função dos parâmetros calculados de forma tradicional.

**Tabela 26. Cálculos econômicos realizados de forma tradicional**

Indicador econômico	Carbel	Garra	Catalão	Misaki	Valence	Reauto
Valor presente líquido (R\$)	43.268,33	30.455,85	10.487,27	19.022,71	39.258,75	7.194,02
Tempo de retorno de investimento (meses)	75	92	133	112	81	143
Taxa interna de retorno (% a.m.)	1,52	1,23	0,71	0,94	1,43	0,63

Com o objetivo de comparar os resultados encontrados pelo cálculo tradicional, foram realizados os cálculos econômicos, utilizando-se o Programa Netuno, obtendo-se, assim, os resultados indicados na Tabela 27.

**Tabela 27. Cálculos econômicos realizados pelo Netuno**

Indicador econômico	Carbel	Garra	Catalão	Misaki	Valence	Reauto
Valor presente líquido (R\$)	43.268,40	30.455,91	10.487,31	19.022,73	39.258,81	7.193,99
Tempo de retorno de investimento (meses)	75	92	133	112	81	143
Taxa interna de retorno (% a.m.)	1,52	1,23	0,71	0,94	1,43	0,63

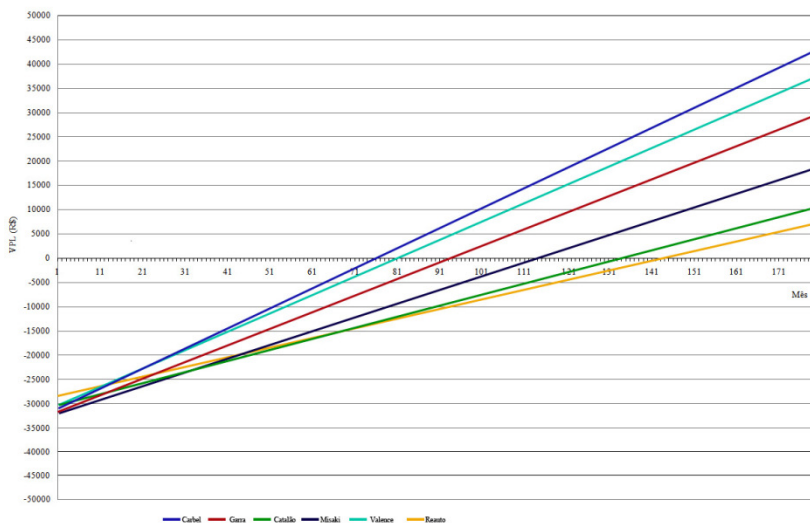
Analisando-se os resultados calculados de forma tradicional e comparando-os com os valores obtidos pelo programa Netuno, pode-se concluir que este último calcula com exatidão o valor presente líquido, o tempo de retorno de investimento e a taxa interna de retorno. As diferenças encontradas são inferiores a 0,001% e podem ser atribuídas à ordem de grandeza da precisão numérica com que os programas trabalham.

Os tempos de retorno de investimento obtidos para as concessionárias Carbel, Garra, Valence são próximos, variando em 17

meses do menor para o maior período entre estas concessionárias. A Catalão e a Reauto apresentam um tempo de retorno de investimento de 133 e 143 meses respectivamente, maior que as demais concessionárias, em função do pequeno valor percentual de 11,50 % e 18,65% respectivamente, que a atividade de lavagem de veículos representa nos seus consumos totais de água potável.

O *payback* descontado não poderá ultrapassar a vida útil dos investimentos, sejam eles uma máquina, um equipamento, um edifício, etc. Evidentemente, se isto ocorrer, não será possível obter o retorno sobre o que foi gasto inicialmente. Estimou-se a vida útil destes equipamentos em 15 anos e, portanto, em todos os casos, o tempo de retorno dos investimentos foram inferiores à vida útil dos mesmos.

Outra forma de visualizar-se o cenário dos investimentos é dispondo-se os VPLs das seis concessionárias em um gráfico. A Figura 48 apresenta os VPLs para todas as concessionárias. Entre elas, a Reauto apresenta o menor VPL e a Carbel o maior VPL. Os percentuais de economia de água potável, obtidos por intermédio dos sistemas, geram o retorno financeiro suficiente para o equilíbrio calculado entre os VPLs.



**Figura 48.** VPLs dos sistemas de uso de água pluvial nas concessionárias

A Taxa Interna de Retorno apresentou-se superior à TMA para todas as concessionárias estudadas sendo que as concessionárias Carbel

e Valence apresentaram os maiores percentuais superando a TMA em 1,16% e 1,07%, respectivamente. Este estudo financeiro mostra que os investimentos em sistemas de captação de água pluvial, para os casos estudados são investimentos atrativos.

#### **4.5 Influência do aumento de volume de reservatório inferior e da ausência do reservatório superior no potencial de economia de água potável**

Uma segunda etapa de simulação foi realizada na tentativa de obter valores de reservatórios que apresentem maiores percentuais de economia de água potável, e conseqüentemente, maior atratividade de investimento, foram feitas simulações para um maior volume de reservatório inferior. Para tanto, se adotou os seguintes critérios:

- não foi mudada a capacidade do reservatório superior, por ele já ter sido especificado em função da demanda diária de água consumida para cada concessionária;
- entende-se por primeira etapa, os cálculos econômicos realizados com os valores obtidos na primeira simulação para os valores ideais de reservatório inferior;
- entende-se por segunda etapa, os cálculos econômicos realizados com os valores de reservatório inferior, aumentado para a capacidade padronizada pela indústria imediatamente superior à especificada na primeira etapa.

Para a segunda etapa aumentou-se os volumes dos reservatórios inferiores, mantendo-se os valores dos percentuais de substituição de água potável calculados na primeira etapa do presente trabalho. Para a realização da atividade de lavagem de veículos, calculou-se o valor do percentual de substituição de água potável por pluvial. Foram informados os novos custos iniciais, mensais e apurados os novos benefícios. Realizadas as simulações, utilizando o programa Netuno para cada concessionária.

A terceira etapa de simulação foi realizada com o objetivo de obter maior atratividade dos investimentos, utilizando o sistema de coleta de água pluvial sem o reservatório superior. Foram feitas simulações para determinar o novo potencial de economia de água potável e indicadores econômicos. Para tanto, se adotou os seguintes critérios:

- não foi mudado os parâmetros de consumo e percentual de substituição de água potável por pluvial, por ele já ter sido especificado em função da demanda diária de água consumida para cada concessionária;
- retirou-se os valores financeiros da motobomba e consumo mensal de energia elétrica ao apurar dos custos e benefícios na realização das simulações econômicas.

Os valores dos novos volumes de reservatórios inferiores, superiores e potencial de economia de água potável, para as três etapas de simulação, estão representados na Tabela 28

**Tabela 28. Potencial de economia de água potável por etapa de simulação**

Concessionária	Etapa de simulação	Volume do reservatório Superior (litros)	Volume do reservatório Inferior (litros)	Percentual de substituição de água potável por pluvial (%)	Potencial de economia de água potável (%)
Carbel	1ª	10.000	30.000	34,59	25,27
	2ª	10.000	40.000	34,59	26,40
	3ª	0	40000	34,59	25,70
Garra	1ª	10.000	30.000	33,33	26,80
	2ª	10.000	40.000	33,33	27,82
	3ª	0	40.000	33,33	27,11
Catalão	1ª	15.000	20.000	11,50	9,74
	2ª	15.000	30.000	11,50	10,15
	3ª	0	30.000	11,50	9,64
Misaki	1ª	10.000	30.000	24,24	20,39
	2ª	10.000	40.000	24,24	21,07
	3ª	0	30.000	24,24	19,68
Valence	1ª	10.000	30.000	28,82	22,50
	2ª	10.000	40.000	28,82	23,44
	3ª	0	40.000	28,82	22,83
Reauto	1ª	10.000	20.000	18,65	15,97
	2ª	10.000	30.000	18,65	16,68
	3ª	0	30.000	18,65	16,11

Na segunda etapa de simulação os reservatórios tiveram suas capacidades ampliadas em média 38%, correspondendo a um aumento no potencial de economia de água potável médio de 4%.

Na terceira etapa, apenas na concessionária Misaki foi preservada a capacidade do reservatório inferior, calculado na primeira etapa. Comparando-se os volumes dos reservatórios inferiores encontrados na primeira com os da terceira etapa, todas as demais concessionárias tiveram aumento de sua capacidade devido à retirada do reservatório superior.

Após o fornecimento de informações econômicas, tais como os custos e as economias, para os novos reservatórios e mantendo inalterados os demais parâmetros, o programa Netuno calculou os indicadores econômicos, tais como o valor presente líquido, o tempo de retorno de investimento e de taxa interna de retorno para as três etapas de simulação, conforme apresentado na Tabela 29.

**Tabela 29. Indicadores econômicos por etapa de simulação**

Concessionária	Etapa de simulação	Valor presente líquido (R\$)	Tempo de retorno de investimento (meses)	Taxa interna de retorno (% a.m.)
Carbel	1 <sup>a</sup>	43268,40	75	1,52
	2 <sup>a</sup>	43373,58	81	1,43
	3 <sup>a</sup>	43081,75	80	1,44
Garra	1 <sup>a</sup>	30455,91	92	1,23
	2 <sup>a</sup>	29500,55	97	1,13
	3 <sup>a</sup>	29701,43	96	1,15
Catalão	1 <sup>a</sup>	10487,31	133	0,71
	2 <sup>a</sup>	8894,36	142	0,63
	3 <sup>a</sup>	7808,20	145	0,61
Misaki	1 <sup>a</sup>	19022,73	112	0,94
	2 <sup>a</sup>	15435,65	125	0,80
	3 <sup>a</sup>	18777,50	111	0,95
Valence	1 <sup>a</sup>	39258,81	81	1,43
	2 <sup>a</sup>	38910,06	85	1,33
	3 <sup>a</sup>	39697,72	84	1,35
Reauto	1 <sup>a</sup>	7193,99	143	0,63
	2 <sup>a</sup>	5456,83	153	0,54
	3 <sup>a</sup>	5430,73	153	0,55

Na segunda etapa pode-se observar que para todas as concessionárias, com o aumento da capacidade dos reservatórios inferiores, houve ganhos nos percentuais de economia de água potável.

Estes aumentos não refletem diretamente nos valores mensais economizados com as contas de água e de esgotos, e conseqüentemente, torna os investimentos menos atrativos, o que pode ser exemplificado por meio da concessionária Catalão. Esta empresa é a que apresentou a menor percentagem de substituição de água potável por pluvial para a lavagem de veículos, ou seja, 11,50%, e obteve um percentual de economia de água potável de 9,74% para um reservatório de 20.000 litros. Com o aumento de 50% na capacidade do reservatório, obteve-se um aumento de 4% no percentual de economia de água potável. Por meio destes aumentos, fez-se com que a TIR reduzisse de 0,71% para 0,63%, tornando o investimento menos atrativo. Para esta mesma concessionária, o tempo de retorno do investimento foi ampliado de 133 para 142 meses, com a ampliação da capacidade do reservatório inferior.

Na terceira etapa observa-se que apenas a concessionária Misaki apresentou indicadores econômicos mais atrativos que os valores obtidos na simulação de primeira etapa. Todas as demais concessionárias tiveram um aumento no tempo de retorno de investimentos e conseqüente redução da TIR, se comparados aos valores da primeira etapa. Os indicadores econômicos encontrados na terceira etapa de simulação apresentaram-se muito próximos dos valores encontrados na segunda etapa e ambos são inferiores aos valores obtidos na primeira etapa.





---

## 5. CONCLUSÕES

---

### 5.1 Conclusões gerais

A gestão ambiental é um tema que tem feito parte da pauta de discussões em diversos setores da sociedade. Ser uma empresa responsável, social e ambientalmente, já faz parte do planejamento estratégico das organizações, e tornando-se relevante que, cada vez mais, empresas desenvolvam e implantem projetos em favor do meio ambiente.

Na revisão bibliográfica foram apresentados os aspectos relevantes para a definição dos parâmetros utilizados na metodologia. Pode-se citar o consumo de água no mundo e no Brasil, sua escassez e a apresentação do uso da água pluvial como uma alternativa sustentável para suprir à demanda crescente atual. Aspectos relativos ao uso da água pluvial para fins não-potáveis e à legislação brasileira em vigor sobre a utilização de águas de chuvas em edificações e para lavagem de veículos foram expostos. Apresentaram-se métodos de dimensionamento de reservatório para captação e armazenamento de água pluvial, assim como programas de computador que simulam os cálculos necessários para que possa se encontrar a viabilidade de implantar sistemas de coleta de água pluvial em substituição à potável, para fins não-potáveis. Entre os programas apresentados, optou-se por utilizar o Netuno, neste estudo.

Ainda nos métodos, foram selecionadas seis concessionárias de veículos na região metropolitana de Belo Horizonte como objeto de estudo. Após a pesquisa de campo, na qual os dados referentes aos consumos de água potável e o número de veículos lavados foram identificados, avaliou-se o consumo e determinou-se o percentual de aproveitamento de água pluvial necessário para esse fim. Com estes percentuais obtidos e os demais dados, alimentou-se o programa Netuno, encontrando-se os volumes de reservatórios necessários e os percentuais de economia de água potável.

Em uma primeira etapa de simulação, utilizando-se o Programa Netuno, devidamente alimentado com as informações de volumes de água necessários para atividade de lavagem de veículos, o percentual de substituição de água potável por pluvial calculado esteve entre 11,5% para a concessionária Catalão e 34,59 para a Carbel. Com esses valores foram encontrados os percentuais de economia de água potável entre 9,74% e 25,27% para as respectivas concessionárias.

Comparações realizadas entre o consumo médio diário de água potável – em função do número de funcionários, área de coleta de água pluvial – em função do consumo médio diário de água potável, consumo médio diário de água potável por área de cobertura utilizada para coleta de água pluvial e o número de veículos lavados, apresentaram correlações fracas ou inexistentes. Tais resultados indicam que grande parte do consumo de água potável não está relacionada à lavagem de veículos e que, dificilmente, podem-se estabelecer regras e índices de comparações entre concessionárias nos aspectos correlacionados.

Entre as correlações estudadas, encontrou-se um fator que viabiliza economicamente o desenvolvimento desses sistemas: a correlação moderada ( $R^2=0,532$ ) existente entre a precipitação média mensal e o consumo de água potável para a atividade de lavagem de veículos. Assim, quanto mais forte esta correlação se apresentar, menores capacidades de reservatórios serão necessários e, conseqüentemente, mais atrativos serão os investimentos.

Pelo estudo, percebe-se que o retorno do investimento é atrativo financeiramente. No entanto, o ganho maior se dá junto ao meio ambiente, pois a utilização de água pluvial em substituição à potável para usos não-potáveis pode auxiliar na preservação do meio ambiente, bem como, minimizar os impactos de sobrecarga em sistemas de coletas de águas pluviais públicos. Para desenvolver a análise de investimentos, estipulou-se, baseado na vida útil dos equipamentos, um horizonte de 15 anos.

Realizaram-se os estudos de viabilidade econômica para a implantação de sistemas de captação de água pluvial para substituição à água potável na lavagem de veículos. Os índices econômicos foram apurados de forma tradicional e utilizando-se o programa Netuno. Para todas as concessionárias estudadas, obtiveram-se resultados econômicos favoráveis. Obteve-se uma taxa interna de retorno (TIR) compreendida entre 0,63% para a Reauto e 1,52% para a Carbel, utilizando-se, para todos os casos, uma TMA de 0,36%. O tempo de retorno dos investimentos obtidos foi de 75 meses para a Carbel e 143 meses para a concessionária Reauto.

Os resultados apresentados pelo programa Netuno não apresentam diferenças significativas entre os valores obtidos por meio de cálculos tradicionais, utilizando-se planilhas eletrônicas, validando, assim, o algoritmo implementado pelo programa. Conforme as comparações realizadas, pode-se concluir que o algoritmo implementado no programa Netuno, para análise econômica, viabiliza a realização de simulações econômicas com grande acuidade e rapidez.

Parâmetros como: volumes de reservatórios; custos operacionais fixos e variáveis; tarifas de água e energia elétrica; vazão, potência e número de motobombas; tempo de análise de investimentos; indicadores de inflação e taxa de atratividade podem ser modificados rapidamente, obtendo-se dados necessários para se qualificar a viabilidade financeira e econômica dos projetos.

Em uma segunda etapa de simulação, preservaram-se todos os parâmetros utilizados na primeira, exceto os volumes dos reservatórios inferiores, os quais tiveram suas capacidades aumentadas em média de 38%. Manteve-se o percentual de substituição de água potável por água pluvial e encontrou-se o novo valor percentual do potencial de economia de água potável. Mantendo-se o volume do reservatório inferior dentro da capacidade selecionada, obteve-se um aumento do percentual de economia de água potável de 4%.

Nessa segunda etapa, foram refeitas as análises econômicas para as concessionárias e os resultados obtidos foram menos favoráveis. Entretanto, obtiveram-se-se taxas internas de retorno superiores à taxa média de atratividade para todos os casos estudados. O tempo de retorno dos investimentos encontrados nesta etapa foram superiores aos encontrados na primeira etapa, porém menores que o tempo de vida útil dos equipamentos. Pode-se assim concluir que aumentar os reservatórios de armazenamento de água, para os valores estipulados no estudo, podem ser considerados investimentos atrativos porém de menor rentabilidade.

Na terceira etapa de simulação, foram retirados os reservatórios superiores, uma vez que os sistemas de lavajato podem operar somente com reservatórios inferiores. Apenas a concessionária Misaki apresentou indicadores econômicos mais favoráveis que os valores encontrados na primeira etapa de simulação. Este resultado comprovou que o uso de um reservatório superior, assim como o investimento na motobomba e o consumo mensal de energia elétrica, não provocam ganhos econômicos no sistema de coleta de água pluvial nas concessionárias estudadas e ainda limitam a sua aplicação para outros usos que necessitem de altura manométrica de água pluvial para outros fins não potáveis.

Diante do exposto, a principal conclusão que se obtém relacionada ao trabalho é que o investimento de recursos financeiros na implantação sistemas de coleta de água pluvial para uso não-potável é extremamente atrativo, visto que, em todas as concessionárias analisadas, o valor presente líquido é significativo, a taxa interna de retorno supera a taxa mínima de atratividade utilizada nesse estudo e os tempos de

retorno do investimento são menores que os tempos de vida dos equipamentos.

## 5.2 Limitações do trabalho

As principais limitações deste trabalho foram as seguintes:

- A inexistência de uma setorização na medição da demanda de água potável utilizada, especificamente, para a lavagem de veículos nas concessionárias estudadas.
- A invariabilidade da quantidade de água necessária para se lavar os veículos em cada concessionária.
- A falta de elaboração de projetos executivos dos sistemas de coleta de água pluvial, de forma adequada a se obter, precisamente, para cada concessionária, os quantitativos e qualitativos dos materiais e mão-de-obra.
- Falha na obtenção do número de veículos vendidos e revisados diariamente, impossibilitando uma precisão dos cálculos de consumo diário de água potável para lavagem de veículos.

## 5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Concluído o trabalho, observa-se que podem ser mencionadas algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Analisar a possibilidade de utilizarem-se as águas pluviais coletadas em concessionárias para outros fins, que não somente para a lavagem de veículos, visando aumentar o percentual de substituição de água potável.
- Utilizar o programa Netuno, por meio de estudos de casos, para simular modelos que possam encontrar a melhor relação entre volumes de reservatórios e valor presente líquido dos investimentos.
- Realizar novas análises com a metodologia apresentada para outros tipos de edificações tais como supermercado, *shopping center* e demais locais que possuem grandes áreas de telhado já edificadas.
- Investigar, experimentalmente, a eficiência dos dispositivos de cloração e descarte das primeiras águas.

- Desenvolver rotinas para serem incorporadas ao programa Netuno, com o objetivo de disponibilizar-se funções tais como o armazenamento de índices pluviométricos, informações técnicas e econômicas de materiais e equipamentos utilizados nos sistemas de captação de água pluvial, armazenagem e manipulações de arquivos de simulações em banco de dados.



---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações Prediais de Águas Pluviais. **NBR 10.844**. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público **NBR 12217**. Rio de Janeiro, 1994

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

ABULLA F.A.; AL-SHAREEF A.W. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan, **Desalination**, v. 243, n.1-3, p.195-207, Jul. 2009.

ACBMAC, Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br>>. Acesso em: 28 jun. 2009.

ALVES, W.; ZANELLA, L.; SANTOS, M. F. Sistema de aproveitamento de águas pluviais para uso não potáveis. **Revista Técnica**, p.99-104, abr. 2008.

ALMEIDA, C.M.V.B. Identifying improvements in water management of bus-washing stations in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**. v.54, p. 821-831, Sep. 2010.

AL-ODWANI, A.; AHMED, M.; BOU-HAMAD, S. Carwash water reclamation in Kuwait. **Desalination**, v. 206, n.5, p. 17-28, n. 1-3, Feb. 2007.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

ANA, Agência nacional de Águas. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2007. (Cadernos de Recursos Hídricos, 2). 123p. 1 CD-ROM.

ANDRADE NETO, C. O. A. Proteção sanitária das cisternas rurais In: XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2004. **Anais...** Rio de Janeiro. ABES, 2004. 1 CD-ROM.

ANFAVEA, **Anuário da Distribuição de Veículos Automotores do Brasil 2006**. SP, Brasil, 2006.

ANFAVEA, **Anuário da Distribuição de Veículos Automotores do Brasil 2009**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario2009/indice.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2009.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água de chuva para fins não-potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, ES. 2005.

BARRETO, C. J. V. C. **Avaliação das condições para a adoção do marketing de relacionamento em uma concessionária de veículos**. 2003.112f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Marketing, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2003.

BARBOSA, C. M. S. Análise dos parâmetros para reúso no Brasil e no mundo. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** João Pessoa, 2005.

BARCELLOS, B. R.; FELIZZATO, M. R. Aproveitamento das águas atmosféricas. In: 23<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005. Campo Grande, PB. **Anais ... Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. p. 112 – 115. 1 CD-ROM. 2005.

BELO HORIZONTE. Projeto de Lei Municipal nº 69, de 10 de março de 2009. Disponível em: <<http://www.cmbh.mg.gov.br>>. Acesso em: 21 abr. 2009.



---

BIO: Revista Brasileira de Saneamento e Meio ambiente. **Centronetwork**. Rio de Janeiro, RJ, nº 21. Ano XI. 2002. p.50.

BLUMENAU. Lei nº 7216, de 25 de janeiro 2008. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2010.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Saneamento para todos**: Gestão de águas pluviais urbanas. v.4. Brasília, 2006. 197 p.

BROWN, L. R.; FLAVIN, C. A new economy for a new century. In: L. Starke (Org.), State of the World. A Worldwatch Institute. 2005. **Report on Progress Toward a Sustainable Society**. Nova York: W. W. Norton, 2005.

CARDOSO, P. C. **Viabilidade do aproveitamento de águas de chuvas em zonas urbanas**: Estudo de caso no município de Belo Horizonte – MG. 2009. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CARLON, M. **Percepção dos Atores Sociais Quanto às Alternativas de Implantação de Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva em Joinville-SC**. 2005. Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/lte/bdc/visualizarMaterial.php?idMaterial=758>>. Acesso em: 20 jul. 2009.

CASAROTTO Filho, N; KOPITTKKE, B. H. **Análise de Investimentos**. 9. ed. São Paulo: ATLAS, 2000.

CHILTON J. C.; MAIDMENT G. G.; MARRIOTT D.; FRANCIS A.; TOBIAS G. Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with a large roof. **Urban Water**, V. 1, n. 4. 2000.

CROSSGROVE, W. J.; RIJSBRMAN, F. R. World water vision: Making everybody's business. **Earthscan**. Londres, 2000.

CMBH. Portarias e Projetos de Leis. Disponível em: <<http://www.cmbh.mg.gov.br>>. Acesso em: 14 de jul. 2009.

COELHO, M. L. A.; ANDRADE, C. W. G. Variabilidade espacial das precipitações em Belo Horizonte. In: I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, 07-09 nov. 2007. Taubaté, Brasil. **Anais ... IPABHi**, p. 183-190, 2007.

CONPET. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <[http://www.conpet.gov.br/noticias/kids\\_int.php?id\\_noticia=802](http://www.conpet.gov.br/noticias/kids_int.php?id_noticia=802)>. Acesso em: 15 jun 2010.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais**: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos. Tradução de Maria José Cyhlar. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

CORDOVA, M. M. **Aperfeiçoamento do programa computacional Netuno**: Análise Econômica. Relatório de Iniciação Científica. Departamento de Construção Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009. 78p.

CURITIBA. Decreto Lei nº 791, de 12 de agosto de 2003. Diário Oficial do Município, Curitiba, PR. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2010.

DAMODARAN, A. **Finanças Corporativas Aplicadas**: Manual do Usuário. Tradução de Jorge Ritter. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse system using greywater and rainwater in combination. **Water Science Technology**, v.39, n.5, p. 25-32, 1999.

FENABRAVE, **Anuário da Distribuição de Veículos Automotores do Brasil 2008**, São Paulo. 2009.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais (100 maneiras práticas)**. Curitiba: Livraria do Chain, 2002. 167p.

FRASIER, G. W. Proceedings of water harvesting symposium. Berkeley: USDA. United States Agriculture Research Service. **Proceedings...** 1975.

---

FUNDESPA. Avaliação de implementação de práticas de reúso de água e aproveitamento de águas pluviais nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório Final**. São Paulo, 2008.

GARDNER, G. The challenge for Johannesburg: Creating a more secure world: In L. Starke (Org.), State of the World. A Worldwatch Institute. **Report on Progress Toward a Sustainable Society**. Nova York, 2002.

GHANAYEN, M. Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. In: Rainwater International Systems, 10, Manheim. **Proceedings...** Germany, 2001.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M.; ROCHA, V. L. **Netuno 3.0**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: < <http://www.labee.ufsc.br/>>. Acesso em: 10 Abr. 2010.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006a.

GHISI, E. **Influência da precipitação pluviométrica, área de captação, número de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares**. 2006. 63p. Monografia. Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006b.

GHISI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment**, v.42, n.4, p.1654-1666, 2007.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and graywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, v.42, n.7, p.2512-2522, 2007.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S.M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v.42, n.4, p.1731-1742, 2007

GHISI, E.; TAVARES, D.; ROCHA, V. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasilia: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54 n.2 pg:79, p.0921-3449, 2009.

GHISI, E. Parameters Influencing the Sizing of Rainwater Tanks for Use in Houses. **Water Resources Management**, v. 24, p. 2381-2403, 2010.

GONÇALVES, R. F. **Uso racional da água em edificações**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2006.

GUARULHOS. Lei nº 5617, de 09 de novembro de 2000. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br>>. Acesso em: 9 mai. 2010.

HANDIA, L.; TEMBO, J.M.; MWIINDWA, C. Potential of rainwater harvesting in urban Zambia. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 28, n. 20-27 p. 893-896, 2003.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico: Uma visão realista. In: **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo, SP: Escrituras, 1999. p. 249-304, cap.8, 1999.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS, v. 7, n.4, p. 75-95, 2002.

HOFKES, F. H. Rainwater harvesting for drinking water supply and sanitation. Londres: International Reference Center for Communing. **Water Supply**, Londres, v.24, n.4,1981.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 17 de jul. 2009.

JONES, M.; HUNT, W. Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States. **Resources, Conservation and Recycling** v.54, n 10, p. 623-629, 2010.

---

KHASTAGIR A.; JAYASURIYA N. Optimal sizing of rain water tanks for domestic water conservation. **Journal of hydrology**. v.381 n.3-4 p.181-188, 2010.

LAPPONI, J. C. **Projetos de investimento, Construção e Avaliação do Fluxo de Caixa**: modelos em Excel. São Paulo, SP: Laponni Treinamento e Editora, 2000.

LARICA, N. J. Design de automóveis: Arte em função da mobilidade. 2AB / Pontifícia da Universidade Católica , PUC, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, v.260, n.1-3, p.1-83, Sep. 2010

LOPES, J. E.; SANTOS, R. C. P. **Capacidade de reservatórios**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária PHD-5706. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, SP, 2002.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. USP, SP: Manole Ltda., 2003. 580p.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não-potáveis em instituição de ensino**: Estudo de caso em Florianópolis-SC. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não-potável em edificações**. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP, 2004.

MEDEIROS, M. A. **Material Didático de Química Sanitária e Laboratório de Saneamento**. Disponível em:  
<<http://www.ceset.unicamp.br/webdidat/professor.php?nome=Maria%20Ap.%20Carvalho%20de%20Medeiros>>. Acesso em: 18 jul. 2009.

MIDDLESTADT, S.; GRIESER, M.; HERNANDEZ, O.; TUBAISHTAT, K.; SANCHACK, J.; SOUTHWELL, B.; SCHWARTZ, R. (2001). Turning minds on and faucets off: Water conservation education in Jordanian schools. **Journal of Environmental Education**, v. 32, p. 37-45, 2001.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: Uso racional e reúso**. SP: Oficina de Textos. São Paulo, SP, 2005.

MORELLI, E. B. **Reúso da Água na Lavagem de Veículos**. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, SP, 2005.

MORUZZI, R.B; OLIVEIRA, S.C. Aplicação do programa computacional no dimensionamento de volume de reservatório para sistema de aproveitamento de água pluvial da cidade de Ponta Grossa, PR. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 36-48, abril 2010. ISSN 2176-7270.

NASCIMENTO, P.H.R.; MORUZZI, R.B. Programa computacional de suporte à decisão para cálculo de reservatório de armazenamento em sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas. In: 25<sup>o</sup> Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Recife, 2009.

NITERÓI. Lei nº1620 de 23 de dezembro de 1997, Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2010.

OLIVEIRA, R. **Aproveitamento de águas pluviais para uso não-potável**. Monografia (MBA em Sistema de Gestão Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUC, Curitiba, PR, 2002.

OLIVEIRA, L. G. **Estudo simplificado de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para o uso não-potável em edificações da Universidade Federal de Sergipe**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, SE, 2009.

---

PATO BRANCO. Lei Municipal nº 2.349, 18 de junho de 2004. Disponível em: <<http://www.camarapatobranco.com.br>>. Acesso em: 25 jan. 2009.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não-potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006.

PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Tecnologias de segregação e Tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas. PROSAB: UFES, UFSC, UNICAMP, IPT, 2006.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.ou-brasil.org.br/agencias\\_pnuma.php](http://www.ou-brasil.org.br/agencias_pnuma.php)>. Acesso em: 12 jun. 2008.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre**. IPH 2000. v. 3. Bacia do Arroio do Areia. Porto Alegre, RS, 2000.

**PURA-USP**: Programa de uso racional da água. Programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em:<[www.cidades.gov.br/pncda/Exemplos/Arqs/PURAUSP\\_110406.pdf](http://www.cidades.gov.br/pncda/Exemplos/Arqs/PURAUSP_110406.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2007.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 23.940, de 30 de Janeiro de 2004. Disponível em: <<http://www.alerj.rj.gov.br>>. Acesso em: 25 jan. 2009.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 4.393, 16 de setembro de 2004. Disponível em: <<http://www.alerj.rj.gov.br>>. Acesso em: 25 jan. 2009.

REBELLO, G. A. O. **Conservação de água em edificações**: Estudo das Características de Qualidade da Água Pluvial Aproveitada em Instalações Prediais Residenciais. 97f. 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2003.

RECIFE. Lei nº 17081, de 12 de janeiro de 2005. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2010.

ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. 166f. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009.

SÃO PAULO. Lei Municipal nº 13.276, 04 de janeiro de 2002. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em: 25 jan. 2009.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 25 jan. 2009.

SETTI, A. A.; LIMA, J.E..W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C.; **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001. 225 p. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/cd2/livro.doc>>. Acesso em: 09 jun. 2010.

SILVA, A. R. V.; TASSI, R. Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva: resultados preliminares. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais ...** João Pessoa, PB, 2005.

SILVA, C. V. **Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisternas de placa**: Estudo de caso Araçuaí, MG. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2006.

SOECO/MG ,Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva., Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>>. Acesso em: 11 jul. 2009.

SOMERVILLE, C.; BRICOE, J. (2001). Genetic engineering and water. **Science**, 292, 2217, 2001.



---

SOARES, D.A.F.; SOARES, P. F.; PORTO, M.F.A.; GONÇALVES, O.M. Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento da águas pluviais em edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., Vitória, 1999. **Anais...** Vitória: ABRH, 1999. P7.1 CD-ROM.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva:** para áreas urbanas e fins não-potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis.** 2004. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, SC, 2004.

UNESCO. **World Water Assessment Programm.** 2008. Disponível em:  
<[http://www.unesco.org/water/iyfw2/water\\_use.shtml](http://www.unesco.org/water/iyfw2/water_use.shtml)>. Acesso em: 8 de junho de 2009.

VILAS, L. H. Licenciamento ambiental em concessionárias de veículos. In: Conferência Latino Americana sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Anais...** Belo Horizonte, MG, 2006a.

VILAS, L. H.; RIBEIRO-RODRIGUES, L.C.; FELÍCIO JUNIOR, J.; LUCATO, D. Perfil das concessionárias de veículos certificadas pela ISO 14001. In: III SEGET Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Anais...** Resende, RJ, 2006b.

VILLARREAL, E. L.; DIXON, A. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden. **Building and Environment**, v. 40, n. 9, pp. 1174-1184, 2005.

VITÓRIA. Lei nº 7073, de 14 de setembro de 2007. Disponível em:  
<<http://www.leismunicipais.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2010.

ZAIZEN, M., *et al.*. The Collection of Rainwater from Dome Stadiums in Japan, **Urban Water**, v. 4, n. 1, pp. 335–359, 1999.

ZHOU, Y.C.; SHAO W-Y., ZHANG, T-Q. Analysis of a rainwater harvesting system for domestic water supply in Zhoushan, China. **Journal of Zhejiang University: Science A**,v.11, n. 5, pp. 342-348, 2010.

## APÊNDICES

### Apêndice 1. Ficha de informações de consumo de água potável na lavagem de veículos

Ficha de informações de consumo de água potável na lavagem de veículos										
Concessionária										
Endereço										
Bandeira										
Data		Responsável pela Informação:								
Veículos novos comercializados										
ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	abr/08	mai/08	jun/08
jul/08	ago/08	set/08	out/08	nov/08	dez/08	jan/09	fev/09	mar/09	abr/09	mai/09
Veículos seminovos comercializados										
ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	abr/08	mai/08	jun/08
jul/08	ago/08	set/08	out/08	nov/08	dez/08	jan/09	fev/09	mar/09	abr/09	mai/09
Veículos revisados lavados										
ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	abr/08	mai/08	jun/08
jul/08	ago/08	set/08	out/08	nov/08	dez/08	jan/09	fev/09	mar/09	abr/09	mai/09
Dados de Infraestrutura										
Descrição			Quantidade		Observação					
Número de funcionários										
Consumo de água potável para lavagem										
Tipo de automóvel		Consumo de água potável (l)			Unidade	Quantidade	Frequência		Obs	
Seleção de local para a coleta de água pluvial										
Localidade (oficina, peças, loja etc.)				Área (m <sup>2</sup> )		Material construtivo			Árvores próximas	

## Apêndice 2. Demanda de água potável média diária nas concessionárias

**Tabela A2.1. Demanda de água potável média diária durante o período de análise dos veículos lavados na concessionária Catalão**

Mês/ano	Volume (m <sup>3</sup> )	Dias medidos	Sábados e domingos	Demanda potável média diária (m <sup>3</sup> )
abr-09	264	28	8	13,20
mai-09	282	31	10	13,43
jun-09	262	29	8	12,48
jul-09	242	30	8	11,00
ago-09	248	30	10	12,40
set-09	266	31	8	11,57
out-09	342	29	9	17,10
nov-09	312	33	9	13,00
dez-09	268	28	9	14,11
jan-10	258	32	10	11,73
fev-10	254	28	8	12,70
mar-10	282	30	8	12,82

**Tabela A2.2. Demanda de água potável média diária durante o período de análise dos veículos lavados na concessionária Carbel**

Mês/ano	Volume 1 (m3)	Volume 2 (m3)	Volume total (m3)	Dias medidos	Sábados e domingos	Demanda potável média diária (m3)
ago-07	104	66	170	30	8	7,73
set-07	77	96	173	29	10	9,11
out-07	144	79	223	32	8	9,29
nov-07	97	62	159	22	8	11,36
dez-07	119	73	192	33	10	8,35
jan-08	122	71	193	31	8	8,39
fev-08	102	68	170	28	8	8,50
mar-08	150	70	220	32	10	10,00
abr-08	126	68	194	30	8	8,82
mai-08	122	59	181	30	9	8,62
jun-08	113	52	165	32	9	7,17
jul-08	122	58	180	29	8	8,57
ago-08	117	37	154	30	10	7,70
set-08	116	113	229	32	8	9,54
out-08	115	66	181	30	8	8,23
nov-08	111	61	172	29	10	9,05
dez-08	153	91	244	32	8	10,17
jan-09	126	74	200	31	9	9,09
fev-09	123	41	164	28	8	8,20
mar-09	133	49	182	32	9	7,91
abr-09	123	61	184	28	8	9,20
mai-09	111	56	167	28	10	9,28
jun-09	147	65	212	32	8	8,83
jul-09	138	58	196	31	8	8,52

**Tabela A2.3. Demanda de água potável média diária durante o período de análise dos veículos lavados na concessionária Garra**

Mês/ano	Volume (m <sup>3</sup> )	Dias medidos	Sábados e domingos	Demanda potável média diário (m <sup>3</sup> )
set-07	147	29	10	7,74
out-07	157	30	8	7,14
nov-07	124	31	8	5,39
dez-07	129	31	10	6,14
jan-08	118	32	8	4,92
fev-08	133	29	8	6,33
mar-08	154	30	10	7,70
abr-08	161	32	8	6,71
mai-08	155	29	9	7,75
jun-08	149	31	9	6,77
jul-08	144	31	8	6,26
ago-08	166	31	10	7,90
set-08	155	30	8	7,05
out-08	171	32	8	7,13
nov-08	159	29	10	8,37
dez-08	166	30	8	7,55
jan-09	145	32	9	6,30
fev-09	155	29	8	7,38
mar-09	165	30	9	7,86
abr-09	147	28	8	7,35
mai-09	158	32	10	7,18
jun-09	151	33	8	6,04
jul-09	155	33	8	6,20

**Tabela A2.4. Demanda de água potável média diária durante o período de análise dos veículos lavados na concessionária Misaki**

Mês/ano	Volume (m <sup>3</sup> )	Dias medidos	Sábados e domingos	Demanda potável média diário (m <sup>3</sup> )
dez-07	156	30	10	7,80
jan-08	162	32	8	6,75
fev-08	188	29	9	9,40
mar-08	185	33	9	7,71
abr-08	150	29	8	7,14
mai-08	178	30	10	8,90
jun-08	184	32	8	7,67
jul-08	167	30	8	7,59
ago-08	167	29	10	8,79
set-08	190	32	8	7,92
out-08	138	30	9	6,57
nov-08	162	29	8	7,71
dez-08	154	32	9	6,70
jan-09	139	28	8	6,95
fev-09	154	30	10	7,70
mar-09	151	30	8	6,86
abr-09	149	33	8	5,96
mai-09	185	33	9	7,71

**Tabela A2.5. Demanda de água potável médio diária durante o período de análise dos veículos lavados na concessionária Reauto**

Mês/ano	Volume (m <sup>3</sup> )	Dias medidos	Sábados e domingos	Demanda potável média diário (m <sup>3</sup> )
ago-07	121	32	8	5,04
set-07	121	30	10	6,05
out-07	104	29	8	4,95
nov-07	128	32	8	5,33
dez-07	138	30	10	6,90
jan-08	132	33	8	5,28
fev-08	127	30	8	5,77
mar-08	147	28	10	8,17
abr-08	145	30	8	6,59
mai-08	139	32	9	6,04
jun-08	147	30	9	7,00
jul-08	169	29	8	8,05
ago-08	181	32	10	8,23
set-08	199	30	8	9,05
out-08	199	32	8	8,29
nov-08	173	29	10	9,11
dez-08	165	31	8	7,17
jan-09	196	32	9	8,52
fev-09	196	28	8	9,80
mar-09	191	30	9	9,10
abr-09	186	28	8	9,30
mai-09	190	33	10	8,26
jun-09	180	29	8	8,57
jul-09	215	33	8	8,60

**Tabela A2.6. Demanda de água potável médio diária durante o período de análise dos veículos lavados na concessionária Valence**

Mês/ano	Volume (m <sup>3</sup> )	Dias medidos	Sábados e domingos	Demanda potável média diário (m <sup>3</sup> )
jan-08	213	31	8	9,26
fev-08	207	28	8	10,35
mar-08	190	32	10	8,64
abr-08	208	30	8	9,45
mai-08	194	32	9	8,43
jun-08	205	30	9	9,76
jul-08	186	29	8	8,86
ago-08	211	32	10	9,59
set-08	193	30	8	8,77
out-08	221	30	8	10,05
nov-08	203	31	10	9,67
dez-08	199	30	8	9,05
jan-09	196	33	9	8,17
fev-09	202	28	8	10,10

### Apêndice 3. Número médio de veículos lavados mensalmente nas concessionárias

**Tabela A.3.1. Veículos lavados mensalmente na concessionária Carbel**

mês/ano	Veículos lavados			
	Novos	Usados	Revisados	Total
jan-08	333	122	310	765
fev-08	265	93	303	661
mar-08	381	109	382	872
abr-08	376	161	487	1024
mai-08	355	84	538	977
jun-08	314	95	423	832
jul-08	384	106	505	995
ago-08	404	111	489	1004
set-08	401	122	443	966
out-08	302	106	483	891
nov-08	226	94	399	719
dez-08	307	139	488	934
jan-09	374	142	474	990
fev-09	409	143	350	902
mar-09	581	201	426	1208
abr-09	376	161	364	901
mai-09	446	200	361	1007
Média	369	129	432	930

**Tabela A.3.2. Veículos lavados mensalmente na concessionária Garra**

mês/ano	Veículos lavados			
	Novos	Usados	Revisados	Total
fev-08	189	122	247	558
mar-08	182	93	310	585
abr-08	284	109	238	631
mai-08	224	161	354	739
jun-08	238	84	283	605
jul-08	285	95	297	677
ago-08	320	106	262	688
set-08	334	111	282	727
out-08	321	122	298	741
nov-08	193	94	331	618
dez-08	273	139	123	535
jan-09	341	142	430	913
fev-09	369	143	250	762
mar-09	504	201	240	945
abr-09	321	161	287	769
mai-09	413	200	247	860
Média	299	130	280	710

**Tabela A.3.3. Veículos lavados mensalmente na concessionária Catalão**

mês/ano	Veículos lavados		Total
	Novos	Revisados	
abr-09	109	132	241
mai-09	110	130	240
jun-09	185	138	323
jul-09	138	260	398
ago-09	172	247	419
set-09	255	290	545
out-09	140	334	474
nov-09	155	499	654
dez-09	170	464	634
jan-10	179	260	439
fev-10	134	336	470
mar-10	201	391	592
Média	162	290	452

**Tabela A.3.4. Veículos lavados mensalmente na concessionária Misaki**

mês/ano	Veículos lavados		Total
	Novos	Usados e Revisados	
dez-07	58	398	456
jan-08	62	256	318
fev-08	48	318	366
mar-08	60	346	406
abr-08	60	366	426
mai-08	60	348	408
jun-08	54	305	359
jul-08	48	370	418
ago-08	44	496	540
set-08	36	408	444
out-08	37	392	429
nov-08	54	314	368
dez-08	32	337	369
jan-09	50	414	464
fev-09	73	338	411
mar-09	51	422	473
abr-09	41	322	363
mai-09	37	378	415
Média	50	363	413

**Tabela A.3.5. Veículos lavados mensalmente na concessionária Valence**

mês/ano	Veículos lavados		Total
	Novos	Revisados	
jan-08	86	790	876
fev-08	82	733	815
mar-08	122	639	761
abr-08	131	804	935
mai-08	130	805	935
jun-08	106	617	723
jul-08	112	818	930
ago-08	120	691	811
set-08	109	772	881
out-08	71	910	981
nov-08	71	616	687
dez-08	91	763	854
jan-09	96	672	768
fev-09	54	675	729
Média	99	736	835



**Tabela A.3.6. Veículos lavados mensalmente na concessionária Reauto**

mês/ano	Veículos lavados			Total
	Novos	Usados	Revisados	
ago-07	135	52	164	351
set-07	120	42	145	307
out-07	180	67	157	404
nov-07	166	73	179	418
dez-07	154	46	180	380
jan-08	125	71	220	416
fev-08	130	64	150	344
mar-08	134	43	228	405
abr-08	156	61	196	413
mai-08	151	54	252	457
jun-08	142	52	220	414
jul-08	165	61	225	451
ago-08	151	54	251	456
set-08	164	45	198	407
out-08	143	51	253	447
nov-08	115	42	229	386
dez-08	143	37	238	418
jan-09	159	58	211	428
Média	146	54	205	406

## Apêndice 4. Tabelas de consumo de água potável e percentual de substituição de água potável por água pluvial

**Tabela A.4.1. Consumo e percentual de economia de água potável na atividade de lavagem de veículos da concessionária Carbel**

mês/ano	Consumo diário de água potável com lavagem de veículos (m <sup>3</sup> )	Consumo diário total de água potável (m <sup>3</sup> )	Razão entre consumo total de água potável e consumo de água potável para lavagem de veículos (%)	Percentual de economia de água potável com uso de água pluvial (%)	Consumo diário de água potável com uso água pluvial (m <sup>3</sup> )
jan-08	2,33	8,39	27,75	2,46	5,93
fev-08	2,31	8,50	27,22	2,49	6,01
mar-08	2,77	10,00	27,75	2,93	7,07
abr-08	3,26	8,82	36,95	2,58	6,23
mai-08	3,26	8,62	37,78	2,53	6,09
jun-08	2,53	7,17	35,30	2,10	5,07
jul-08	3,32	8,57	38,69	2,51	6,06
ago-08	3,51	7,70	45,64	2,26	5,44
set-08	2,82	9,54	29,53	2,80	6,75
out-08	2,84	8,23	34,46	2,41	5,82
nov-08	2,65	9,05	29,26	2,65	6,40
dez-08	2,72	10,17	26,80	2,98	7,19
jan-09	3,15	9,09	34,65	2,66	6,43
fev-09	3,16	8,20	38,50	2,40	5,80
mar-09	3,68	7,91	46,46	2,32	5,59
abr-09	3,15	9,20	34,28	2,70	6,50
mai-09	3,92	9,28	42,21	2,72	6,56
Média	3,02	8,73	34,59	2,56	6,17

**Tabela A.4.2. Consumo e percentual de economia de água potável na atividade de lavagem de veículos da concessionária Garra**

mês/ano	Consumo diário de água potável com lavagem de veículos (m <sup>3</sup> )	Consumo diário total de água potável (m <sup>3</sup> )	Razão entre consumo total de água potável e consumo de água potável para lavagem de veículos (%)	Percentual de economia de água potável com uso de água pluvial (%)	Consumo diário de água potável com uso água pluvial (m <sup>3</sup> )
fev-08	1,86	7,74	24,04	2,70	5,04
mar-08	2,05	7,14	28,69	2,49	4,65
abr-08	1,84	5,39	34,14	1,88	3,51
mai-08	2,59	6,14	42,11	2,14	4,00
jun-08	1,93	4,92	39,15	1,72	3,20
jul-08	2,06	6,33	32,53	2,21	4,12
ago-08	2,29	7,70	29,78	2,69	5,01
set-08	2,31	6,71	34,48	2,34	4,37
out-08	2,16	7,75	27,89	2,70	5,05
nov-08	2,28	6,77	33,62	2,36	4,41
dez-08	1,70	6,26	27,19	2,19	4,08
jan-09	2,78	7,90	35,15	2,76	5,15
fev-09	2,54	7,05	36,05	2,46	4,59
mar-09	3,15	7,13	44,21	2,49	4,64
abr-09	2,69	8,37	32,16	2,92	5,45
mai-09	2,74	7,55	36,27	2,63	4,91
Média	2,31	6,93	33,33	2,42	4,51

**Tabela A.4.3. Consumo e percentual de economia de água potável na atividade de lavagem de veículos da concessionária Catalão**

mês/ano	Consumo diário de água potável com lavagem de veículos (m <sup>3</sup> )	Consumo diário total de água potável (m <sup>3</sup> )	Razão entre consumo total de água potável e consumo de água potável para lavagem de veículos (%)	Percentual de economia de água potável com uso de água pluvial (%)	Consumo diário de água potável com uso água pluvial (m <sup>3</sup> )
abr-09	0,84	13,20	6,39	0,79	12,41
mai-09	0,80	13,43	5,96	0,74	12,69
jun-09	1,08	12,48	8,63	1,07	11,41
jul-09	1,27	11,00	11,51	1,42	9,58
ago-09	1,47	12,40	11,83	1,46	10,94
set-09	1,66	11,57	14,34	1,77	9,79
out-09	1,66	17,10	9,70	1,20	15,90
nov-09	1,91	13,00	14,67	1,81	11,19
dez-09	2,34	14,11	16,56	2,05	12,06
jan-10	1,40	11,73	11,91	1,47	10,26
fev-10	1,65	12,70	12,95	1,60	11,10
mar-10	1,88	12,82	14,70	1,81	11,00
Média	1,49	12,96	11,50	1,43	11,53

**Tabela A.4.4. Consumo e percentual de economia de água potável na atividade de lavagem de veículos da concessionária Misaki**

mês/ano	Consumo diário de água potável com lavagem de veículos (m <sup>3</sup> )	Consumo diário total de água potável (m <sup>3</sup> )	Razão entre consumo total de água potável e consumo de água potável para lavagem de veículos (%)	Percentual de economia de água potável com uso de água pluvial (%)	Consumo diário de água potável com uso água pluvial (m <sup>3</sup> )
jan-08	1,44	6,75	21,31	2,11	4,64
fev-08	1,66	9,40	17,61	2,94	6,46
mar-08	1,75	7,71	22,74	2,41	5,30
abr-08	1,84	7,14	25,75	2,23	4,91
mai-08	1,76	8,90	19,80	2,78	6,12
jun-08	1,62	7,67	21,18	2,39	5,27
jul-08	1,81	7,59	23,78	2,37	5,22
ago-08	2,14	8,79	24,32	2,74	6,04
set-08	2,11	7,92	26,64	2,47	5,44
out-08	1,94	6,57	29,53	2,05	4,52
nov-08	1,75	7,71	22,66	2,41	5,31
dez-08	1,52	6,70	22,76	2,09	4,60
jan-09	2,10	6,95	30,20	2,17	4,78
fev-09	1,70	7,70	22,05	2,40	5,30
mar-09	2,37	6,86	34,46	2,14	4,72
abr-09	1,50	5,96	25,16	1,86	4,10
mai-09	1,97	7,71	25,57	2,41	5,30
Média	1,83	7,55	24,24	2,36	5,19

**Tabela A.4.5. Consumo e percentual de economia de água potável na atividade de lavagem de veículos da concessionária Valence**

mês/ano	Consumo diário de água potável com lavagem de veículos (m <sup>3</sup> )	Consumo diário total de água potável (m <sup>3</sup> )	Razão entre consumo total de água potável e consumo de água potável para lavagem de veículos (%)	Percentual de economia de água potável com uso de água pluvial (%)	Consumo diário de água potável com uso água pluvial (m <sup>3</sup> )
jan-08	2,67	9,26	28,79	2,40	6,86
fev-08	2,85	10,35	27,56	2,68	7,67
mar-08	2,42	8,64	28,04	2,24	6,40
abr-08	2,98	9,45	31,47	2,45	7,01
mai-08	2,85	8,43	33,74	2,18	6,25
jun-08	2,41	9,76	24,69	2,53	7,24
jul-08	3,10	8,86	35,00	2,29	6,56
ago-08	2,58	9,59	26,91	2,48	7,11
set-08	2,80	8,77	31,95	2,27	6,50
out-08	3,12	10,05	31,07	2,60	7,45
nov-08	2,29	9,67	23,69	2,50	7,16
dez-08	2,72	9,05	30,04	2,34	6,70
jan-09	2,24	8,17	27,43	2,11	6,05
fev-09	2,55	10,10	25,26	2,61	7,49
Média	2,68	9,30	28,82	2,41	6,89

**Tabela A.4.6. Consumo e percentual de economia de água potável na atividade de lavagem de veículos da concessionária Reauto**

mês/ano	Consumo diário de água potável com lavagem de veículos (m <sup>3</sup> )	Consumo diário total de água potável (m <sup>3</sup> )	Razão entre consumo total de água potável e consumo de água potável para lavagem de veículos (%)	Percentual de economia de água potável com uso de água pluvial (%)	Consumo diário de água potável com uso água pluvial (m <sup>3</sup> )
out-07	1,35	4,95	27,19	0,95	4,00
nov-07	1,22	5,33	22,86	1,02	4,31
dez-07	1,33	6,90	19,28	1,32	5,58
jan-08	1,16	5,28	22,06	1,01	4,27
fev-08	1,09	5,77	18,96	1,11	4,67
mar-08	1,58	8,17	19,29	1,56	6,60
abr-08	1,31	6,59	19,94	1,26	5,33
mai-08	1,39	6,04	23,01	1,16	4,89
jun-08	1,38	7,00	19,71	1,34	5,66
jul-08	1,50	8,05	18,68	1,54	6,51
ago-08	1,45	8,23	17,64	1,58	6,65
set-08	1,30	9,05	14,32	1,73	7,31
out-08	1,30	8,29	15,72	1,59	6,70
nov-08	1,42	9,11	15,62	1,74	7,36
dez-08	1,27	7,17	17,73	1,37	5,80
jan-09	1,30	8,52	15,29	1,63	6,89
Média	1,30	6,97	18,65	1,34	5,64

## Apêndice 5. Estimativa mensal de consumo e economia mensal de água potável

### Tabela A.5.1. Estimativa mensal de consumo e economia de água potável da concessionária Carbel

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da Conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com a utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Mês 1	187069,1	61732,25	125336,85	61387,96	1786,44	1178,99	607,45
Mês 2	187069,1	53974,62	133094,48	53304,66	1786,44	1255,33	531,11
Mês 3	187069,1	46309,07	140760,03	44682,79	1786,44	1330,76	455,68
Mês 4	187069,1	39671,76	147397,34	39152,51	1786,44	1396,07	390,37
Mês 5	187069,1	35688,25	151380,85	35429,37	1786,44	1435,27	351,17
Mês 6	187069,1	32757,88	154311,22	33079,67	1786,44	1464,10	322,34
Mês 7	187069,1	41585,76	145483,34	41566,27	1786,44	1377,24	409,20
Mês 8	187069,1	37958,78	149110,32	38139,92	1786,44	1412,93	373,51
Mês 9	187069,1	40764,98	146304,12	42006,39	1786,44	1385,31	401,13
Mês 10	187069,1	52666,24	134402,86	54034,83	1786,44	1268,20	518,24
Mês 11	187069,1	59905,88	127163,22	60131,52	1786,44	1196,97	589,47
Mês 12	187069,1	61343,95	125725,15	61621,93	1786,44	1182,82	603,62

### Tabela A.5.2. Estimativa mensal de consumo e economia de água potável da concessionária Garra

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da Conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com a utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Mês 1	148498,15	48809,81	99688,34	48880,59	1406,90	926,63	480,27
Mês 2	148498,15	46060,41	102437,74	45255,32	1406,90	953,67	453,23
Mês 3	148498,15	40360,15	108138,00	39173,92	1406,90	1009,76	397,14
Mês 4	148498,15	34541,05	113957,10	33646,63	1406,90	1067,02	339,88
Mês 5	148498,15	32985,01	115513,14	32806,32	1406,90	1082,33	324,57
Mês 6	148498,15	31547,67	116950,48	32023,32	1406,90	1096,47	310,43
Mês 7	148498,15	37913,02	110585,13	37330,08	1406,90	1033,84	373,06
Mês 8	148498,15	32127,70	116370,45	32419,85	1406,90	1090,77	316,14
Mês 9	148498,15	33966,32	114531,83	35045,23	1406,90	1072,67	334,23
Mês 10	148498,15	42061,93	106436,22	43480,82	1406,90	993,01	413,89
Mês 11	148498,15	47119,04	101379,11	47377,53	1406,90	943,25	463,65
Mês 12	148498,15	48276,04	100222,11	48626,21	1406,90	931,87	475,04

**Tabela A.5.3. Estimativa mensal de consumo e economia de água potável da concessionária Catalão**

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da Conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com a utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Mês 1	277710,83	31941,98	245768,85	32027,34	2678,35	2364,05	314,31
Mês 2	277710,83	31231,62	246479,21	30086,52	2678,35	2371,04	307,32
Mês 3	277710,83	28537,54	249173,29	26346,24	2678,35	2397,55	280,81
Mês 4	277710,83	24249,40	253461,43	22859,62	2678,35	2439,74	238,61
Mês 5	277710,83	23316,78	254394,05	23460,66	2678,35	2448,92	229,44
Mês 6	277710,83	23262,13	254448,70	23519,18	2678,35	2449,46	228,90
Mês 7	277710,83	25811,70	251899,13	25413,48	2678,35	2424,37	253,99
Mês 8	277710,83	22590,10	255120,73	22279,79	2678,35	2456,07	222,29
Mês 9	277710,83	23172,52	254538,31	25024,56	2678,35	2450,34	228,02
Mês 10	277710,83	27655,44	250055,39	29927,02	2678,35	2406,23	272,13
Mês 11	277710,83	30434,57	247276,26	30972,16	2678,35	2378,88	299,48
Mês 12	277710,83	31382,53	246328,30	31996,60	2678,35	2369,55	308,80

**Tabela A.5.4. Estimativa mensal de consumo e economia de água potável da concessionária Misaki**

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da Conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com a utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Mês 1	161783,7	39222,80	122560,90	39241,34	1537,63	1151,68	385,95
Mês 2	161783,7	38060,31	123723,39	37370,30	1537,63	1163,12	374,51
Mês 3	161783,7	34358,65	127425,05	33167,44	1537,63	1199,54	338,09
Mês 4	161783,7	29422,63	132361,07	28589,20	1537,63	1248,11	289,52
Mês 5	161783,7	28269,03	133514,67	28339,43	1537,63	1259,46	278,17
Mês 6	161783,7	27859,56	133924,14	28185,11	1537,63	1263,49	274,14
Mês 7	161783,7	31639,98	130143,72	31532,51	1537,63	1226,29	311,34
Mês 8	161783,7	27720,94	134062,76	27517,74	1537,63	1264,86	272,77
Mês 9	161783,7	28353,68	133430,02	28988,35	1537,63	1258,63	279,00
Mês 10	161783,7	33924,00	127859,70	35390,84	1537,63	1203,82	333,81
Mês 11	161783,7	37364,03	124419,67	37646,07	1537,63	1169,97	367,66
Mês 12	161783,7	38468,14	123315,56	38839,50	1537,63	1159,11	378,53

**Tabela A.5.5. Estimativa mensal de consumo e economia de água potável da concessionária Valence**

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da Conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com a utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Mês 1	199197,52	56076,57	143120,95	55914,03	1905,78	1353,99	551,79
Mês 2	199197,52	51446,17	147751,35	50862,82	1905,78	1399,55	506,23
Mês 3	199197,52	44901,78	154295,74	43485,54	1905,78	1463,95	441,83
Mês 4	199197,52	38217,30	160980,22	37591,28	1905,78	1529,73	376,06
Mês 5	199197,52	35977,91	163219,61	35707,93	1905,78	1551,76	354,02
Mês 6	199197,52	34173,84	165023,68	34704,71	1905,78	1569,51	336,27
Mês 7	199197,52	41810,92	157386,60	41266,10	1905,78	1494,36	411,42
Mês 8	199197,52	36129,62	163067,90	36484,37	1905,78	1550,27	355,52
Mês 9	199197,52	38461,57	160735,95	39608,52	1905,78	1527,32	378,46
Mês 10	199197,52	48386,20	150811,32	49733,72	1905,78	1429,66	476,12
Mês 11	199197,52	54508,53	144688,99	54621,66	1905,78	1369,42	536,36
Mês 12	199197,52	55635,40	143562,12	55999,20	1905,78	1358,33	547,45

**Tabela A.5.6. Estimativa mensal de consumo e economia de água potável da concessionária Reauto**

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da Conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com a utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Mês 1	149355,29	27859,33	121495,96	27954,73	1415,34	1141,20	274,14
Mês 2	149355,29	27309,72	122045,57	26578,08	1415,34	1146,61	268,73
Mês 3	149355,29	24880,99	124474,30	23696,38	1415,34	1170,51	244,83
Mês 4	149355,29	21549,27	127806,02	20656,56	1415,34	1203,29	212,04
Mês 5	149355,29	20521,22	128834,07	20605,70	1415,34	1213,41	201,93
Mês 6	149355,29	20499,64	128855,65	20819,93	1415,34	1213,62	201,72
Mês 7	149355,29	23231,07	126124,22	23035,20	1415,34	1186,74	228,59
Mês 8	149355,29	20309,03	129046,26	20220,57	1415,34	1215,50	199,84
Mês 9	149355,29	20703,01	128652,28	21518,08	1415,34	1211,62	203,72
Mês 10	149355,29	24679,14	124676,15	25929,02	1415,34	1172,49	242,84
Mês 11	149355,29	26591,58	122763,71	26892,49	1415,34	1153,67	261,66
Mês 12	149355,29	27359,41	121995,88	27754,87	1415,34	1146,12	269,22



## Apêndice 6. Consolidação de informações sobre as concessionárias objeto de estudo

**Tabela A.6.1 . Consolidação de informações sobre as concessionárias objeto de estudo**

Concessionária	Área telhado (m <sup>2</sup> )	Consumo médio água potável diário (litros)	Número de funcionários por concessionária (funcionários)	Número médio de veículos lavados diário (veículos)	Consumo médio de água pluvial diário (litros)	Consumo médio diário de água potável por área de telhado (litros/m <sup>2</sup> )	Percentual de economia de água potável com uso de água pluvial (%)
Carbel	2833	8732	335	46,0	2559,3	3,1	25,27
Garra	4368	6927	248	35,5	2417,7	1,6	26,80
Catalão	3372	12962	55	22,6	1432,1	3,8	9,79
Misaki	4000	7546	58	20,6	2356,6	1,9	20,39
Valence	4800	9296	115	41,7	2405,8	1,9	22,50
Reauto	3792	6975	220	20,3	2009,2	1,8	15,97

## Apêndice 7. Consumo de energia elétrica da motobomba

**Tabela A.7.1. Consumo de energia elétrica da motobomba apresentada no item 4.4.3.2.**

Mês	Carbel			Garra			Catalão			Misaki			Valence			Reauto		
	Volume pluvial recalcado (mil litros)	Tempo de recalque (h/mês)	Custo de energia elétrica mensal (R\$)	Volume pluvial recalcado (mil litros)	Tempo de recalque (h/mês)	Custo de energia elétrica mensal (R\$)	Volume pluvial recalcado (mil litros)	Tempo de recalque (h/mês)	Custo de energia elétrica mensal (R\$)	Volume pluvial recalcado (mil litros)	Tempo de recalque (h/mês)	Custo de energia elétrica mensal (R\$)	Volume pluvial recalcado (mil litros)	Tempo de recalque (h/mês)	Custo de energia elétrica mensal (R\$)	Volume pluvial recalcado (mil litros)	Tempo de recalque (h/mês)	Custo de energia elétrica mensal (R\$)
1	64,55	22,18	7,74	64,08	22,02	9,69	42,44	14,58	3,12	64,67	22,23	8,96	65,51	22,51	7,40	34,92	15,98	5,48
2	55,78	19,17	6,69	56,73	19,50	8,57	38,80	13,33	2,79	56,93	19,57	7,89	58,05	19,95	6,56	32,45	14,82	5,08
3	46,64	16,03	5,60	47,95	16,48	7,25	32,15	11,05	2,24	48,00	16,50	6,65	49,08	16,87	5,55	27,92	12,75	4,37
4	40,63	13,96	4,87	41,55	14,28	6,28	28,52	9,80	1,98	41,67	14,32	5,77	42,42	14,58	4,80	24,43	11,16	3,83
5	36,37	12,50	4,36	38,26	13,15	5,78	27,81	9,56	1,72	38,14	13,11	5,29	39,15	13,46	4,43	23,94	10,93	3,75
6	34,00	11,69	4,08	36,81	12,65	5,56	27,00	9,28	1,79	36,37	12,50	5,04	37,67	12,95	4,26	23,45	10,71	3,67
7	43,02	14,78	5,16	45,04	15,48	6,81	31,53	10,84	2,21	45,06	15,49	6,24	46,05	15,83	5,21	26,95	12,31	4,22
8	39,92	13,72	4,79	40,73	14,00	6,16	27,66	9,51	1,99	40,86	14,04	5,66	41,87	14,39	4,73	23,68	10,81	3,71
9	44,27	15,21	5,31	44,42	15,27	6,71	31,41	10,80	2,28	44,66	15,35	6,19	45,59	15,67	5,15	25,88	11,82	4,05
10	57,12	19,63	6,85	57,30	19,69	8,66	38,75	13,32	3,04	57,74	19,84	8,00	58,94	20,26	6,66	31,76	14,50	4,98
11	63,57	21,85	7,63	63,32	21,76	9,57	41,54	14,28	3,28	63,91	21,97	8,86	64,96	22,32	7,34	33,84	15,45	5,30
12	65,47	22,50	7,86	64,93	22,31	9,81	42,81	14,71	3,31	65,60	22,55	9,09	66,67	22,91	7,54	34,83	15,91	5,46

---

## ANEXOS

---

### Anexo 1. Carta de Recife – 1995

O desenvolvimento urbano das cidades brasileiras tem sido realizado sem considerar o impacto potencial das inundações. As consequências desta omissão têm sido o aumento do prejuízo médio anual devido às enchentes urbanas.

Com o objetivo de reduzir esses impactos e permitir um melhor planejamento da ocupação do solo urbano, em harmonia com os processos naturais do ciclo hidrológico, são apresentadas a seguir as seguintes recomendações de ações:

- As cidades brasileiras devem priorizar a definição do plano de drenagem urbano em consonância com o planejamento urbano. Esse plano diretor deve conter o controle de enchentes na várzea ribeirinha e o aumento da inundação devido à urbanização;
- Priorizar as medidas não estruturais no controle da inundação das várzeas ribeirinhas.

As principais medidas não-estruturais recomendadas são:

- Zoneamento de área de risco, previsão em tempo real e o seguro contra enchentes;
- O controle da enchente devido à urbanização deve basear-se nos seguintes princípios básicos:
- O plano de uma cidade deve contemplar as bacias hidrográficas sobre a quais a urbanização se desenvolve. As medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos. Caso isso ocorra deve-se prever uma medida mitigadora;
- Os meios de implantação do controle de enchente são o plano diretor urbano, a legislação municipal/estadual e o manual de drenagem. O primeiro estabelece as linhas principais, a legislação controla e o manual orienta;
- Depois que a bacia, ou parte da mesma estiver ocupada, dificilmente o poder público terá condições de responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia. Portanto, se a ação pública não for realizada preventivamente pelo gerenciamento, as consequências econômico-sociais futuras serão muito maiores para o município. O plano diretor urbano deve contemplar o

planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente lotadas;

- A cheia natural não deve ser ampliada pelos que ocupam a bacia, seja num simples loteamento, como nas obras e macrodrenagem existentes no ambiente urbano. Isso se aplica a um simples aterro urbano, à construção de pontes, rodovias e, fundamentalmente, à impermeabilização dos loteamentos. O princípio é de que nenhum usuário urbano deve ampliar a cheia natural;
- O controle de enchentes é um processo permanente, não bastando estabelecer regulamentos e construir obras de proteção, é necessário estar atento às potenciais violações da legislação na expansão da ocupação do solo das áreas de risco. Recomenda-se que:
  - Nenhum espaço de risco deve ser desapropriado se não houver uma imediata ocupação pública que evite sua invasão;
  - A comunidade deve ter uma participação nos anseios, nos planos, em sua execução e em sua contínua obediência às medidas de controle de enchentes;
  - A educação de engenheiros, arquitetos, agrônomos, geólogos, entre outras profissões, da população e de administradores públicos, é essencial para que as decisões públicas sejam tomadas conscientemente por todos. Também é necessário modificar no ensino de graduação e de pós-graduação, a filosofia, hoje existente, de drenar toda a água, sem se responsabilizar sobre os impactos a montante ou a jusante;
  - A administração da manutenção e controle das enchentes é um processo local, dependendo dos municípios, que por meio da aprovação de projetos de loteamentos, obras públicas e drenagens atua sobre a drenagem urbana. Os aspectos ambientais também devem ser verificados na implantação da rede de drenagem;
  - O controle da produção de sedimentos urbanos deve ser introduzido dentro das normas de desenvolvimento urbano, como medida preventiva de proteção dos reservatórios, condutos e canais artificiais e naturais e do meio ambiente urbano;
  - O controle da poluição, devido à drenagem urbana, está diretamente associado ao lixo, à limpeza das ruas e às ligações locais nas redes pluviais. Para minimizar-se o impacto, deve-se prever

um plano de melhoria da limpeza urbana e a redução das ligações entre os sistemas de coleta;

- Os dados sobre bacias urbanas no Brasil são extremamente reduzidos. Recomenda-se o aumento da aquisição de dados hidrossedimentométricos e de qualidade dessas bacias. Esses dados são essenciais para o desenvolvimento de metodologias de projeto e planejamento para a realidade das bacias brasileiras;
- A necessidade de reformulação dos programas das disciplinas de graduação e pós-graduação com as recomendações desta carta;
- A necessidade de atualização das normas brasileiras de drenagem urbana.

## Anexo 2. Resolução Normativa COPASA

Classe de Consumo	Intervalo de Consumo(m³)	Tarifa ( R\$/ m³)	
Residencial normal Até 6 m³	m³	Água	Esgoto
	0-6	18,32 *	10,99 *
Residencial com consumo menor que 6 m³	0-6	18,95	11,37
	6-10	0,58	0,35
	10-15	4,14	2,48
	15-20	4,15	2,48
	20-40	4,17	2,51
	> 40	7,65	4,59
Comercial	0-6	29,23 *	17,54*
	6-10	0,63	0,38
	10-40	6,07	3,64
	40-100	6,12	3,67
	> 100	6,15	3,69
Industrial	0-6	32,63*	19,57*
	6-10	0,62	0,37
	10-20	6,15	3,69
	20-40	6,17	3,7
	40 -100	6,23	3,73
	100-600	6,53	3,92
	> 600	6,6	3,96
Pública	0-6	29,25*	17,55*
	6-10	0,69	0,42
	10-20	5,52	3,32
	20-40	6,95	4,17
	40 -100	7,04	4,22
	100-300	7,06	4,23
	> 300	7,12	4,27

### CATEGORIA RESIDENCIAL - Desconto Aplicado A SER

Usuário de serviço de água	Usuário de Serviços de Água e Esgoto		
	Tarifa de Esgoto com Redução de 50%	Tarifa de Esgoto com Redução de 60%	Tarifa de Esgoto com Redução de 70%
15,79%	17,95%	10,40%	2,82%

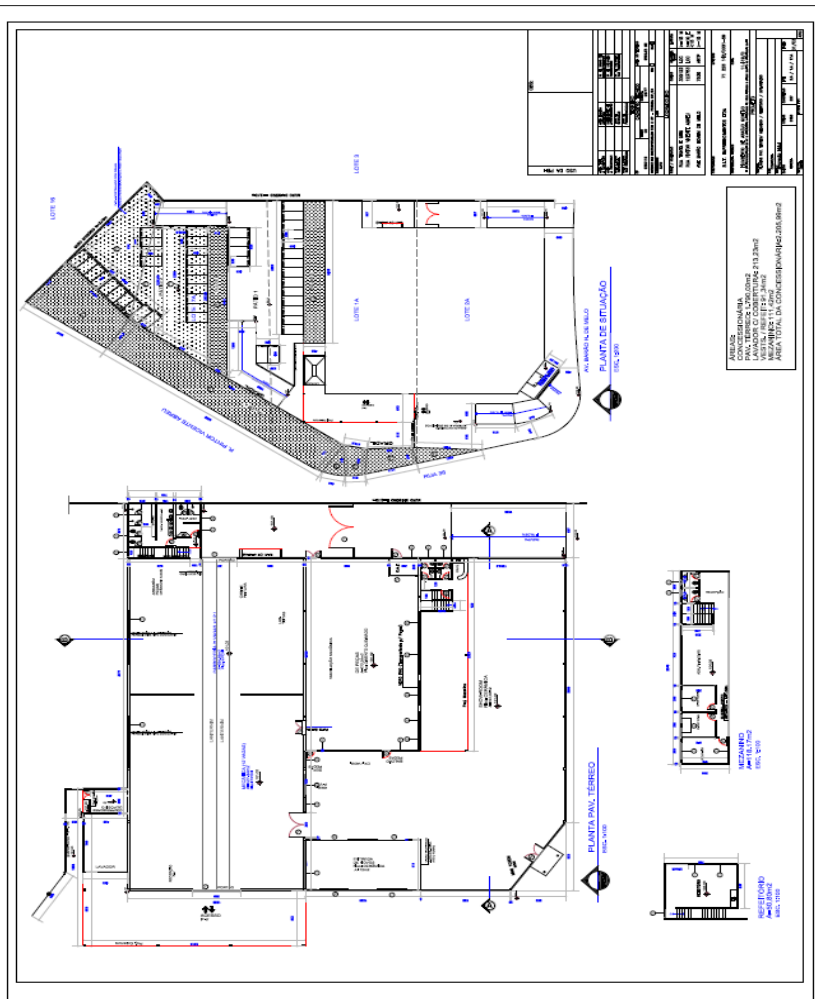
### DEMAIS CATEGORIAS - Desconto Aplicado A SER

Usuário de serviço de Água	Usuário de Serviços de Água e Esgoto		
	Tarifa de Esgoto Com Redução de 50%	Tarifa de Esgoto Com Redução de 60%	Tarifa de Esgoto Com Redução de 70%
15,79%	15,79%	10,00%	2,00%

(\*) Valor fixo

Fonte: COPASA Resolução N º 001/2010 de 27 de janeiro de 2010

### Anexo 3. Planta baixa da concessionária Valence



**Figura 49. Planta de corte vertical da concessionária Valence**

Fonte: Projeto Arquitetônico Valence

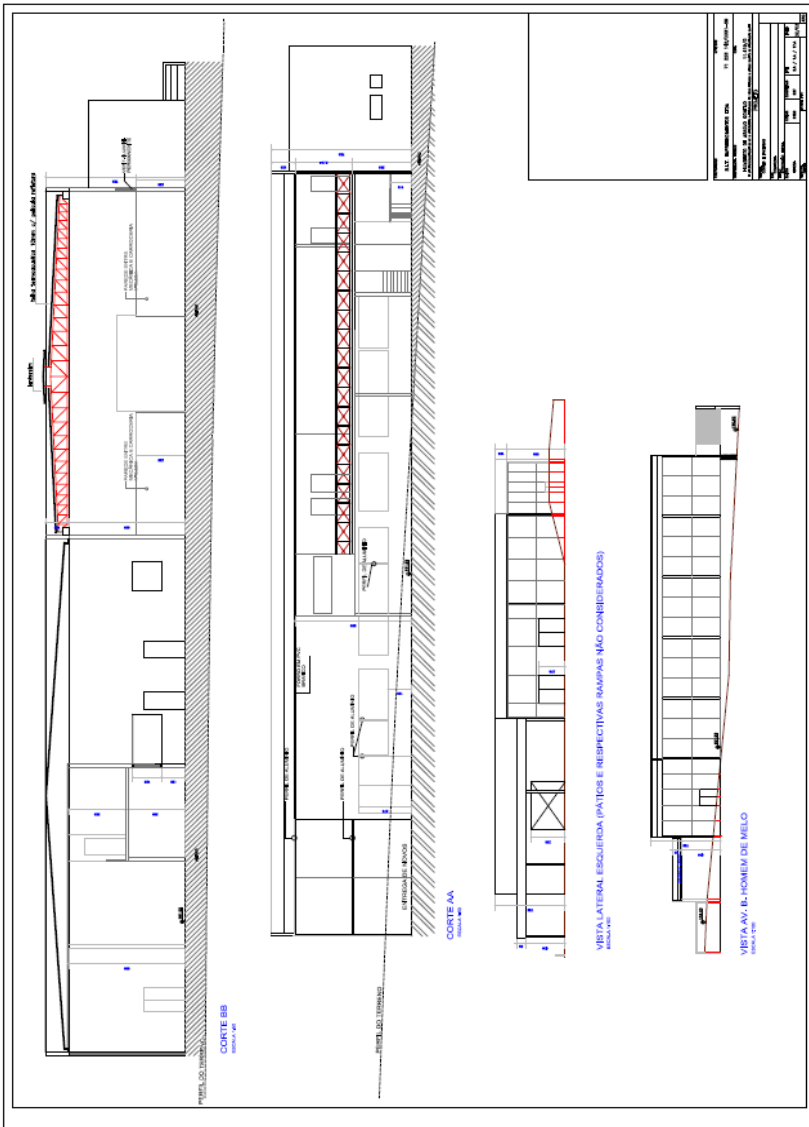


Figura 50. Planta baixa de situação da concessionária Valence

Fonte: Projeto Arquitetônico Valence



## Anexo 4. Tabelas para o dimensionamento de tubulações e moto-bomba

### Tabela A.4.1. Comprimentos equivalentes em conexões

Conexão	Material	Diâmetro Nominal 1"
Curva 90°	PVC	0,6
Curva 45°	PVC	0,4
Joelho 90°	PVC	1,5
Joelho 45°	PVC	0,7
Tê de passagem direta	PVC	0,9
Tê de saída lateral	PVC	3,1
Tê de saída bilateral	PVC	3,1
União	PVC	0,1
Saída de canalização	PVC	1,3
Luva de redução	PVC	0,2
Registro de gaveta ou esfera aberto	PVC	0,3
Registro de globo aberto	Metal	8,2
Registro de angulo aberto	Metal	4,6
Válvula de pé com crivo	PVC	13,3
Válvula de retenção horizontal	Metal	2,1
Válvula de retenção vertical	Metal	3,2

Fonte: Adaptado do Manual Técnico Schneider, Jan. 2010

### A.4. 2. Sugestão de diâmetro de tubulação por vazão

Sucção										
Vazão (m³/h)	0 à 1,5	1,5 à 3,0	3,0 à 6,5	6,5 à 8,5	8,5 à 16	16 à 25	25 à 35	35 à 65	65 à 120	
Polegadas	¾	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	
Diâmetro Milímetros	25	32	10	50	60	75	85	110	1140	
Recalque										
Vazão (m³/h)	0 à 1,5	1,5 à 3,0	3,0 à 6,5	6,5 à 8,5	8,5 à 18	18 à 35	35 à 60	60 à 120	120 à 250	
Polegadas	¾	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	
Diâmetro Milímetros	25	32	10	50	60	75	85	110	4140	

Fonte: Adaptado do Manual Técnico Schneider, Jan. 2010

**Tabela A.4.3. Perda de carga em tubulações**

Vazão (m³/h)	PVC 1"
0,5	0,5
1,0	1,6
1,5	3,3
2,0	5,4
2,5	8,0
3,0	11,0
3,5	14,4
4,0	18,2
4,5	22,3
5,0	26,8
5,5	31,7
6,0	36,9
6,5	42,5

Fonte: Adaptado do Catálogo Tigre IF

**Tabela A.4.4. Rendimento de motobombas centrífugas em função da vazão de recalque**

Q (l/s)	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	100	200
$\eta_B$	0,52	0,61	0,66	0,68	0,71	0,75	0,80	0,84	0,85	0,87	0,88

Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br>. Acesso: 10 Jan. 2010

**Tabela A.4.5. Rendimento de motores elétricos em função da potência**

HP	0,5	0,75	1	1,5	2	3	5	10	20	30	50	> 100
$\eta_M$	0,64	0,67	0,72	0,73	0,75	0,77	0,81	0,84	0,86	0,87	0,88	0,90

Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br>. Acesso: 10 Jan. 2010

**Tabela A.4.6. Acréscimos recomendáveis para os motores em função da potência das motobombas**

Motobomba	Até 2 HP	2 a 5 HP	6 a 10 HP	11 a 20 HP	> 21 HP
Acréscimo	50%	30%	20%	15%	10%

Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br>. Acesso: 10 Jan. 2010

**Tabela A.4. 7. Potências usuais de motores elétricos fabricados no Brasil (HP)**

$\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{3}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{3}{4}$ , 1, $1\frac{1}{2}$ , 2, 3, 5, 6, $7\frac{1}{2}$ , 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 125, 150, 200 e 250
---

Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br>. Acesso: 10 Jan. 2010