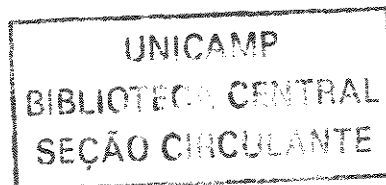




UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FUNCIONAL DE BACIAS
SANITÁRIAS DE VOLUME DE DESCARGA REDUZIDO COM
RELAÇÃO À REMOÇÃO E TRANSPORTE DE SÓLIDOS**

Osvaldo Barbosa de Oliveira Júnior



Campinas

2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FUNCIONAL DE BACIAS
SANITÁRIAS DE VOLUME DE DESCARGA REDUZIDO COM
RELAÇÃO À REMOÇÃO E TRANSPORTE DE SÓLIDOS**

Osvaldo Barbosa de Oliveira Júnior

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marina Sangoi de Oliveira Ilha

Dissertação de Mestrado apresentada à
Comissão de Pós-graduação da Faculdade
de Engenharia Civil da Universidade
Estadual de Campinas, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Civil, na área de
concentração de Edificações.

Atesto que esta é a versão definitiva
da dissertação/tese.

21/02/03

Prof. Dr. Maria Ilha
Matrícula: 25222-1

Campinas

2002

IDADE 8e
CHAMADA UNICAMP
OL 4a
EX
IMBO SCI 53895
IOC 124103
DX
REÇO R\$ 11,00
ATA 20105103
CPD

CM00182837-1

10 289994

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

OL4a Oliveira Júnior, Osvaldo Barbosa de
Avaliação do desempenho funcional de bacias
sanitárias de volume de descarga reduzida com relação à
remoção e transporte de sólidos / Osvaldo Barbosa de
Oliveira Júnior.--Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Marina Sangoi de Oliveira Ilha.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

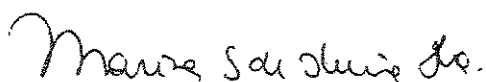
1. Instalações hidráulicas e sanitárias. 2. Vasos
sanitários. 3. Água - Conservação. 4. Banheiros. I. Ilha,
Marina Sangoi de Oliveira. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

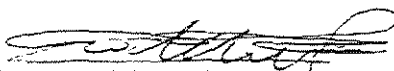
**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FUNCIONAL DE BACIAS
SANITÁRIAS DE VOLUME DE DESCARGA REDUZIDO COM
RELAÇÃO À REMOÇÃO E TRANSPORTE DE SÓLIDOS**

Osvaldo Barbosa de Oliveira Júnior

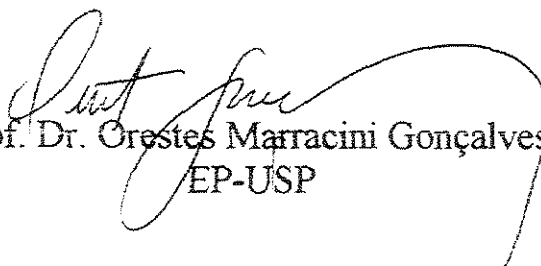
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha
Presidente e Orientadora/FEC-UNICAMP



Prof. Dr. Evaldo Miranda Coiado
FEC-UNICAMP



Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves
EP-USP

Campinas

2002

Dedicatória

Aos meus pais, Osvaldo e Maria Júlia,
e aos meus irmãos Eduardo e Ricardo,
pelo apoio, estímulo e amor irrestritos.

Aos meus avós maternos (*in memorian*), Mário e Idalina,
pelo afeto e zelo incomensuráveis.

Aos meus avós paternos (*in memorian*), Gumercindo e Olga,
pela estima e consideração.

À Luciana Pedroso,
pela grata convivência e profundo carinho.

Agradecimentos

À Profª Drª Marina Sangoi de Oliveira Ilha, pelo profissionalismo, dedicação e competência na condução das atividades por nós desenvolvidas, pela incansável orientação e pela sincera amizade cultivada.

Ao Prof. Dr. Orestes M. Gonçalves, pela coordenação geral do estudo, pelo auxílio na compreensão das variáveis envolvidas, sempre seguro e competente, e pela agradável convivência durante o período de desenvolvimento do estudo.

Ao Prof. Dr. Evaldo Coiado, pelo pronto suporte dado à pesquisa e pela grande estima.

Às indústrias cerâmicas Deca, Celite, Hervy, Icasa, Ideal Standard, Laufen-Incepa e Logasa, pelo fornecimento das bacias sanitárias estudadas e pelo constante apoio técnico à pesquisa.

À Tecnologia de Sistemas em Engenharia – Tesis, em especial à Inalda L. P. Gonçalves, Jairo Cukierman e Leonardo Oliveira Gomes, pela colaboração durante a realização do estudo.

Ao Centro de Técnicas da Construção Civil, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – CTCC, pela alocação do espaço para o desenvolvimento e utilização do aparato experimental.

À Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo – CDHU, que possibilitou a implantação do estudo de campo em um conjunto habitacional compatível com o perfil a ser estudado.

À Prefeitura Municipal de Pindamonhangaba, pelo fornecimento de mão-de-obra para a instalação do sistema de telemedicação (hidrômetros eletrônicos e rede de cabos telefônicos) no conjunto habitacional das residências estudadas.

Ao Eng. Amílcar Mizher, pela presteza constante no auxílio para o correto funcionamento do sistema de telemedicação, desde a concepção até a implantação e manutenção do sistema.

Ao Eng. Marcelo Cotrim Menezes, amigo de todas as horas, pelo apoio, incentivo e convivência fraterna.

Às “tias” Maria Mota e Sidnéia Moreira, pelo carinho e apoio.

À todos os meus familiares, pela confiança e incentivo constantes.

Aos amigos de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas: Aparecida (“Cida”), Ítalo, Leticia e Solange, pela amizade e cooperação.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudo concedida durante o mestrado.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste estudo.

*“Quando a água é pura,
o coração do povo é forte.
Quando a água é suficiente,
O coração do povo é tranquilo.”*

Filósofo chinês, século IV a.C.

Sumário

	Página
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xx
Lista de Abreviaturas.....	xxiii
Resumo.....	xxv
1 Introdução.....	01
2 Objetivos.....	06
3 Revisão Bibliográfica.....	07
3.1 Tecnologias de Coleta e Disposição dos Dejetos Humanos.....	08
3.1.1 Deposição/Decomposição Local.....	08
3.1.1.1 Infiltração.....	08
3.1.1.1.1 Fossa.....	09
3.1.1.1.2 Fossa com Água.....	10
3.1.1.1.3 Bacia Sanitária com Tanque Séptico.....	11
3.1.1.2 Compostagem.....	13
3.1.1.2.1 Compostagem Convencional.....	13
3.1.1.2.2 Compostagem auxiliada por Energia Solar.....	14
3.1.1.3 Destruição.....	16
3.1.1.3.1 Bacias Sanitárias com Incinerador Elétrico.....	16

3.1.1.3.2 Bacias Sanitárias com Incinerador a Gás Combustível.....	19
3.1.2 Coleta e Remoção dos Dejetos.....	21
3.1.2.1 Remoção Manual.....	21
3.1.2.1.1 Reservatório.....	21
3.1.2.1.2 Bacia Sanitária Química.....	22
3.1.2.1.3 Bacia Sanitária com Congelador.....	23
3.1.2.1.4 Bacia Sanitária Empacotadora.....	24
3.1.2.1.5 Bacia Sanitária Química com Recirculação.....	25
3.1.2.2 Remoção Mecânica.....	27
3.1.2.2.1 Sistema Predial de Esgoto a Vácuo.....	27
3.1.2.2.2 Sistema Predial de Esgoto por Gravidade.....	29
3.2 Evolução Histórica das Bacias Sanitárias.....	29
3.3 Utilização de Bacias Sanitárias de Volume de Descarga Reduzido.....	50
3.4 Avaliação do Desempenho das Bacias Sanitárias.....	57
3.4.1 Ensaios Contemplados em Normas.....	71
3.4.1.1 Norma Americana.....	73
3.4.1.2 Norma Canadense.....	74
3.4.1.3 Norma Brasileira.....	75
3.4.1.4 Comentários.....	77
3.5 Considerações Finais.....	78
4 Avaliação do Desempenho Funcional de Bacias Sanitárias de Volume de Descarga Reduzido (VDR).com Relação à Remoção e Transporte de Sólidos.....	80
4.1 Investigação Laboratorial.....	80
4.1.1 Montagem do Aparato Experimental.....	81

4.1.2 Ensaaios Realizados.....	83
4.1.2.1 Caracterização Geométrica.....	85
4.1.2.2 Desempenho Funcional.....	86
4.1.2.2.1 Remoção de Sólidos – Mídia Composta.....	87
4.1.2.2.2 Remoção de sólidos – Esferas de Polipropileno.....	90
4.1.2.2.3 Transporte de sólidos – Esponjas de Poliuretano e Esferas de Polipropileno.....	90
4.2 Investigação de Campo.....	92
4.2.1 Seleção e Caracterização do Conjunto Habitacional.....	92
4.2.2 Sistema Predial de Água Fria.....	95
4.2.3 Sistema de Telemedição e Armazenamento de Dados.....	100
4.2.4 Bacias Sanitárias Instaladas em Campo.....	103
4.2.5 Questionário.....	108
5 Resultados e Análise.....	110
5.1 Investigação Laboratorial.....	110
5.1.1 Caracterização Geométrica.....	110
5.1.1.1 Bacias Independentes – Características Geométricas Específicas.....	110
5.1.1.2 Bacias com Caixa Acoplada – Características Geométricas Específicas.....	112
5.1.2 Desempenho Funcional.....	114
5.1.2.1 Ensaio – Remoção de Mídia Composta.....	114
5.1.2.1.1 Bacias Independentes Ensaçadas com Caixa Elevada.....	116
5.1.2.1.2 Bacias Independentes Ensaçadas com Válvula de Descarga.....	124
5.1.2.1.3 Bacias com Caixa Acoplada.....	131
5.1.2.2 Ensaio – Remoção de Esferas de Polipropileno.....	137
5.1.2.2.1 Bacias Independentes Ensaçadas com Caixa Elevada.....	138

5.1.2.2.2 Bacias Independentes Ensaaiadas com Válvula de Descarga.....	140
5.1.2.2.3 Bacias com Caixa Acoplada.....	142
5.1.2.3 Ensaio – Transporte de Sólidos (Esponjas de Poliuretano e Esferas de Polipropileno)..	145
5.1.2.3.1 Bacias Independentes Ensaaiadas com Caixa Elevada.....	146
5.1.2.3.2 Bacias Independentes Ensaaiadas com Válvula de Descarga.....	147
5.1.2.3.3 Bacias com Caixa Acoplada.....	148
5.1.3 Análise Geral – Investigação Laboratorial.....	149
5.2 Investigação de Campo.....	151
5.2.1 Resultados da Medição.....	151
5.2.1.1 Medição – Fase 1.....	152
5.2.1.2 Medição – Fase 2.....	158
5.2.1.3 Medição – Análise Comparativa – Fases 1 e 2.....	164
5.3 Questionários.....	168
5.3.1 Resultados dos Questionários – Fase 1.....	168
5.3.2 Resultados dos Questionários – Fase 2.....	174
5.3.3 Resultados dos Questionários – Análise Comparativa das Fases 1 e 2.....	177
5.4 Análise Geral Comparativa – Medição e Questionários.....	180
5.5 Análise Comparativa Final – Investigação Laboratorial e Investigação de Campo.....	182
6 Conclusões.....	186
Referências Bibliográficas.....	195
ANEXOS.....	204
Anexo A1 – Distribuição do Consumo de Água.....	205
Anexo A2 – Descrição dos Testes da Norma Americana – ASME A112.19.6 - 1995.....	208
Anexo A3 – Descrição dos Testes da Norma Canadense – CSA B45 Series-99 - 1999.....	228

Anexo A4 – Descrição dos Testes da Norma Brasileira – NBR 9060 - 1997.....	239
Anexo A5 – Ensaio de Remoção de Sólidos com a Mídia Composta.....	252
Anexo A6 – Ensaio de Transporte de Sólidos com as Esponjas de Poliuretano.....	261
Anexo A7 – Questionário.....	268
Anexo A8 – Teste de Remoção da Mídia Composta – Metodologia empregada para a Definição do Critério de Desempenho.....	272
Anexo A9 – Proposições de Testes Complementares para a Normalização Brasileira.....	274
Abstract.....	282

Lista de Figuras

	Página
Figura 3.1 Esquema genérico de uma fossa.....	09
Figura 3.2 Fossa com água.....	10
Figura 3.3 Esquema genérico de um sumidouro.....	11
Figura 3.4 Bacia sanitária com tanque séptico e esquema de tanque séptico.....	12
Figura 3.5 Sistema de compostagem dos dejetos humanos.....	14
Figura 3.6 Sistema de compostagem	15
Figura 3.7 Compostagem auxiliada por energia solar utilizando refletores.....	16
Figura 3.8 Compostagem auxiliada por energia solar.....	16
Figura 3.9 Bacia sanitária com incinerador elétrico.....	19
Figura 3.10 Bacia sanitária com incinerador a gás combustível.....	20
Figura 3.11 Possibilidades de instalação da ventilação da bacia sanitária com incinerador a gás combustível.....	20
Figura 3.12 Bacia sanitária química portátil.....	23
Figura 3.13 Bacia sanitária com congelador.....	24
Figura 3.14 Bacia sanitária empacotadora.....	25
Figura 3.15 Bacia sanitária química com recirculação.....	26
Figura 3.16 Sistema predial a vácuo: (a) Bolsas de reforma; (b) Central de vácuo; (c) Bacia sanitária a vácuo.....	29

Figura 3.17 Assento em pedra para latrina – Egito, 1350 A.C.....	34
Figura 3.18 Assentos públicos – Roma, 300 A.C.....	34
Figura 3.19 Dejetos lançados diretamente à rua – Idade Média.....	35
Figura 3.20 Sistema de descarga com terra seca.....	37
Figura 3.21 Gabinete para o sistema de descarga.....	38
Figura 3.22 Bacia sanitária tipo “ <i>valve closet</i> ” – Inventor: Bramah, 1788.....	40
Figura 3.23 Bacia sanitária sem sifão – Inventor: Jennings, 1870.....	42
Figura 3.24 Bacia sanitária com jato.....	42
Figura 3.25 Fundo chato – dejetos vão para o sifão após a descarga.....	43
Figura 3.26 Descarga com vórtice.....	43
Figura 3.27 Descarga com sifonagem.....	43
Figura 3.28 Descarga com jato.....	43
Figura 3.29 Bacia sanitária tipo “pedestal”, com caixa elevada de canto.....	45
Figura 3.30 Bacia sanitária tipo “ <i>siphon jet</i> ”.....	46
Figura 3.31 Bacia sanitária tipo “ <i>reverse trap</i> ”.....	46
Figura 3.32 Bacia sanitária tipo “ <i>washdown</i> ”.....	47
Figura 3.33 Bacia sanitária tipo “ <i>blowout</i> ”.....	47
Figura 3.34 Bacia sanitária <i>TOTO</i>	48
Figura 3.35 Bacia sanitária <i>Roediger</i> : (a) Vista lateral; (b) Ponto de coleta dos dejetos líquidos.....	49
Figura 3.36 Bacia sanitária <i>Roediger</i> sem utilização.....	49
Figura 3.37 Bacia sanitária <i>Roediger</i> em utilização: coleta de dejetos humanos líquidos.....	50
Figura 3.38 Bacia sanitária <i>Roediger</i> em utilização: descarga de água.....	50
Figura 3.39 Esponjas naturais e sintéticas.....	60

Figura 3.40 Esferas de polipropileno – Testes de remoção e transporte de sólidos.....	76
Figura 3.41 Teste de lavagem de parede.....	76
Figura 3.42 Teste dos respingos de água.....	77
Figura 3.43 Ramal para teste de transporte de sólidos.....	77
Figura 4.1 Esquema da bancada de ensaio – CTCC/EP-USP.....	82
Figura 4.2 Bancada de ensaio – CTCC/EP-USP.....	82
Figura 4.3 Ramal em acrílico/PVC – CTCC/EP-USP.....	83
Figura 4.4 Série padronizada de esferas para a determinação do diâmetro mínimo do sifão....	86
Figura 4.5 Ramal de descarga montado no CTCC/EP-USP para os testes de transporte de sólidos.....	92
Figura 4.6 Localização das residências nos lotes.....	94
Figura 4.7 Residências em que foram realizadas as atividades de campo – vista externa.....	94
Figura 4.8 Detalhe de uma das residências estudadas.....	95
Figura 4.9- Bacia com caixa acoplada – Adaptação do projeto hidráulico.....	97
Figura 4.10 Bacia com caixa elevada – Adaptação do projeto hidráulico.....	98
Figura 4.11 Bacia com válvula de descarga – Adaptação do projeto hidráulico.....	99
Figura 4.12 Isolador cerâmico localizado no poste público.....	100
Figura 4.13 Detalhe da fixação do isolador cerâmico localizado na residência.....	101
Figura 4.14 Detalhe da instalação do hidrômetro eletrônico para a medição do consumo geral da residência.....	101
Figura 4.15 Esquema geral do sistema de aquisição de dados.....	103
Figura 5.1 Diâmetro interno do sifão (passagem das esferas) – bacias independentes.....	111
Figura 5.2 Diâmetro do sifão (passagem das esferas) – bacias com caixa acoplada.....	113

Figura 5.3 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias independentes com caixa elevada, 10 E + 6 P - cinco repetições.....	117
Figura 5.4 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias independentes com caixa elevada, 15 E + 10 P - cinco repetições.....	118
Figura 5.5 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias independentes com caixa elevada, 15 E + 15 P- cinco repetições.....	119
Figura 5.6 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias independentes com caixa elevada, 12 E + 10 P- cinco repetições.....	120
Figura 5.7 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com caixa elevada – TESTE 1 - cinco repetições.....	121
Figura 5.8 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com caixa elevada – TESTE 4 - cinco repetições.....	121
Figura 5.9 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com caixa elevada – TESTE 2 - cinco repetições.....	122
Figura 5.10 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com caixa elevada – TESTE 3 - cinco repetições.....	122
Figura 5.11 Teste de remoção de sólidos - mídia composta, bacias independentes com válvula, 10 E + 6 P – cinco repetições.....	125
Figura 5.12 Teste de remoção de sólidos - mídia composta, bacias independentes com válvula de descarga , 15 E + 10 P – cinco repetições.....	126
Figura 5.13 Teste de remoção de sólidos - mídia composta, bacias independentes com válvula de descarga, 15 E + 15 P – cinco repetições.....	127
Figura 5.14 Teste de remoção de sólidos - mídia composta, bacias independentes com válvula de descarga, 12 E + 10 P – cinco repetições.....	128
Figura 5.15 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com válvula de descarga TESTE 4 – cinco repetições.....	129

Figura 5.16 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com válvula de descarga TESTE 2 – cinco repetições.....	129
Figura 5.17 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com válvula de descarga TESTE 3 – cinco repetições.....	130
Figura 5.18 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias com caixa acoplada 10 E + 6 P- cinco repetições.....	132
Figura 5.19 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias com caixa acoplada 15 E + 10 P - cinco repetições.....	133
Figura 5.20 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias com caixa acoplada 15 E + 15 P - cinco repetições.....	134
Figura 5.21 Ocorrência de obstruções. Bacias com caixa acoplada – TESTE 1 – cinco repetições.....	135
Figura 5.22 Ocorrência de obstruções. Bacias com caixa acoplada – TESTE 2 – cinco repetições.....	135
Figura 5.23 Ocorrência de obstruções. Bacias com caixa acoplada – TESTE 3 – cinco repetições.....	136
Figura 5.24 Teste de remoção de sólidos – Esferas de polipropileno, bacias independentes com caixa elevada.....	138
Figura 5.25 Reposição do fecho hídrico – Teste com as esferas de polipropileno, bacias independentes com caixa elevada.....	139
Figura 5.26 Teste de remoção de sólidos – Esferas de polipropileno, bacias independentes com válvula de descarga.....	140
Figura 5.27 Reposição do fecho hídrico – Teste com as esferas de polipropileno, bacias independentes com válvula de descarga.....	141
Figura 5.28 Teste de remoção de sólidos – Esferas de polipropileno, bacias com caixa acoplada.....	143

Figura 5.29 Reposição do fecho hídrico – Teste com as esferas de polipropileno, bacias com caixa acoplada.....	144
Figura 5.30 Consumo total e consumo da bacia sanitária nas casas em que foi efetuada a substituição da bacia convencional pela economizadora – Dias úteis.....	164
Figura 5.31 Consumo total e consumo da bacia nas casas em que foi efetuada a substituição da bacia convencional pela economizadora – Finais de semana e feriados.....	164
Figura 5.32 Número de descargas duplas nas casas em que foi efetuada a substituição da bacia convencional pela economizadora – Dias úteis.....	165
Figura 5.33 Número de descargas duplas nas casas em que foi efetuada a substituição da bacia convencional pela economizadora – Finais de semana e feriados.....	165
Figura 5.34 Fase 1 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) ocorrência de entupimentos ; (b) necessidade de descargas duplas.....	169
Figura 5.35 Fase 1 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Remoção de manchas nas paredes; (b) Percepção de odores no banheiro em períodos de não utilização.....	170
Figura 5.36 Fase 1 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Percepção do abaixamento do nível d'água na bacia sanitária; (b) Satisfação geral com o desempenho funcional.....	171
Figura 5.37 Fase 2 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Ocorrência de entupimentos ; (b) Necessidade de descargas duplas.....	175
Figura 5.38 Fase 2 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Remoção de manchas nas paredes; (b) Percepção de odores no banheiro em períodos de não utilização.....	175
Figura 5.39 Fase 2 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Percepção do abaixamento do nível d'água na bacia sanitária; (b) Satisfação geral com o desempenho funcional da bacia sanitária.....	176

Figura 5.40 Fase 2 – Avaliação do desempenho funcional da bacia economizadora comparativamente à convencional.....	177
Figura A2.1 Esquema geral do aparato experimental.....	209
Figura A2.2 Esquema do sistema de suprimento de água para bacia com caixa acoplada.....	210
Figura A2.3 Esquema do sistema de suprimento de água para bacia com válvula.....	210
Figura A2.6.1 Esquema geral do aparato experimental complementar – Teste para a determinação da altura do fecho hídrico.....	219
Figura A2.8.1 Esquema geral do aparato experimental complementar – Teste de transporte de sólidos.....	222
Figura A2.10.1 Esquema geral do aparato experimental complementar – Teste dos respingos de água.....	226
Figura A3.1 Esquema do sistema de suprimento de água para bacia com caixa acoplada.....	229
Figura A3.2 Esquema do sistema de suprimento de água para bacia com válvula.....	230
Figura A4.1 Esquema geral do aparato experimental.....	240
Figura A5.1 Esponjas submersas em água.....	254
Figura A5.2 Preparação das esponjas de poliuretano para a realização do ensaio com a mídia composta.....	255
Figura A5.3 Verificação da altura do fecho hídrico.....	256
Figura A5.4 Colocação das esponjas no poço da bacia sanitária.....	256
Figura A5.5 Retirado do ar das esponjas.....	257
Figura A5.6 Esponjas no poço da bacia sanitária, sem ar.....	257
Figura A5.7 Preparação do papel <i>kraft</i> para a realização do teste com a mídia composta.....	258
Figura A5.8 Colocação do papel <i>kraft</i> na bacia sanitária.....	259
Figura A5.9 Realização do ensaio com a mídia composta.....	259
Figura A6.1 Esquema básico da bancada para o ensaio de transporte de sólidos.....	262

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 3.1 Classificação das tecnologias de coleta e disposição dos dejetos humanos.....	07
Tabela 3.2 Volumes utilizados nas bacias sanitárias.....	53
Tabela 4.1 Ensaio com a mídia composta – cargas inicialmente propostas.....	88
Tabela 4.2 Bacias sanitárias empregadas no estudo de campo.....	104
Tabela 4.3 Exemplo de classificação das bacias sanitárias economizadoras em campo.....	106
Tabela 5.1 Bacias independentes ensaiadas – características geométricas específicas.....	110
Tabela 5.2 Bacias com caixa acoplada ensaiadas – características geométricas específicas.....	112
Tabela 5.3 Critérios adotados para a avaliação do desempenho das bacias sanitárias - remoção de mídia composta.....	114
Tabela 5.4 Média dos volumes totais de descarga empregados nas bacias com caixa elevada.	123
Tabela 5.5 Média dos volumes de descarga empregados nas bacias independentes com válvula de descarga.....	130
Tabela 5.6 Média dos volumes de descarga empregados nas bacias com caixa acoplada.....	136
Tabela 5.7 Média dos volumes totais de descarga usados nas bacias com válvula de descarga.....	142
Tabela 5.8 Teste de transporte de sólidos - bacias com caixa elevada.....	146
Tabela 5.9 Teste de transporte de sólidos - bacias com válvula de descarga.....	147
Tabela 5.10 Teste de transporte de sólidos - bacias com caixa acoplada.....	148

Tabela 5.11 Bacias independentes – Síntese dos resultados dos ensaios realizados.....	150
Tabela 5.12 Bacias com caixa acoplada – Síntese dos resultados dos ensaios realizados.....	151
Tabela 5.13 Resultados gerais obtidos na Fase 1.....	153
Tabela 5.14 Fase 1 – Valores médios diários consumidos e número médio diário de descargas – Dias Úteis	154
Tabela 5.15 Fase 1 – Valores médios diários consumidos e número médio diário de descargas – Finais de semana e feriados.....	155
Tabela 5.16 Síntese dos dados da medição na Fase 1.....	156
Tabela 5.17 Resultados gerais obtidos na Fase 2.....	159
Tabela 5.18 Fase 2 – Valores médios diários consumidos e número médio diário de descargas – Dias Úteis.....	160
Tabela 5.19 Fase 2 – Valores médios diários consumidos e número médio diário de descargas – Finais de semana e feriados.....	161
Tabela 5.20 Síntese dos dados da medição referentes às bacias economizadoras instaladas nas Fases 1 e 2.....	162
Tabela 5.21 Comparação geral - Fases 1 e 2.....	167
Tabela 5.22 Parâmetros gerais descritivos das residências estudadas na Fase 1.....	168
Tabela 5.23 Comentários e sugestões apresentadas pelos usuários – Fase 1.....	173
Tabela 5.24 Parâmetros gerais descritivos das residências em que ocorreu a substituição da bacia sanitária na Fase 2.....	174
Tabela 5.25 Comentários e sugestões apresentadas pelos usuários – Fase 2.....	177
Tabela 5.26 Avaliação comparativa do desempenho das bacias sanitárias contempladas nas Fases 1 e 2.....	178
Tabela 5.27 Desempenho das bacias sanitárias em campo e em laboratório.....	184
Tabela A1.1 Distribuição do consumo, no setor doméstico, em países selecionados.....	206

Tabela A1.1 Distribuição do consumo, no setor doméstico, em países selecionados.....	206
Tabela A1.2 Distribuição do consumo para a Região Metropolitana de São Paulo.....	207
Tabela A6.1 Determinação do centro de massa.....	266
Tabela A7.1 Caracterização dos Usuários das Residências – Fase 1.....	269
Tabela A7.1 (Complementos).....	270
Tabela A7.1 (Complementos).....	271

Lista de Abreviaturas

ABNT	:	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASFAMAS	:-	Associação Brasileira de Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento
ASME	:	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
CDHU	:	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano
CSA	:	<i>Canadian Standards Association</i>
CTCC	:	Centro de Técnicas da Construção Civil
EP-USP	:	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
IPT	:	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MPO	:	Ministério do Planejamento e Orçamento
NBR	:	Norma Técnica Brasileira
PAAT	:	Programa de Avaliação e Adequação de Tecnologias
PBQP-H	:	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional
PNCDA	:	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PSQ	:	Programa Setorial da Qualidade
PURA	:	Programa de Uso Racional da Água
SABESP	:	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEPURB	:	Secretaria de Política Urbana
USP	:	Universidade de São Paulo
UNICAMP	:	Universidade Estadual de Campinas
VDR	:	Volume de Descarga Reduzido



Resumo

Oliveira Jr., Osvaldo Barbosa. Avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido com relação à remoção e transporte de sólidos. Campinas – SP, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2002. 282 páginas. Dissertação (Mestrado).

Para a efetiva implantação de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, torna-se necessário estabelecer testes laboratoriais que simulem, o mais próximo possível, as condições reais de funcionamento desses aparelhos, avaliando não somente o componente propriamente dito, mas também o seu desempenho no que se refere à capacidade de transporte em ramais longos, considerando-se as características das bacias sanitárias brasileiras. Inserido neste contexto, foi desenvolvido o presente trabalho, que consiste na análise dos testes atualmente realizados e em estudo relativos ao assunto, buscando uma correlação e comparação entre os testes existentes, variando-se as mídias e buscando a melhor combinação destas com o conjunto de ensaios, de forma a possibilitar a avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, com relação à remoção e transporte de sólidos. Foi desenvolvido também um estudo de campo, para a verificação do comportamento das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido frente às condições reais de funcionamento. Como resultados principais, destacam-se o desenvolvimento de uma metodologia de ensaio laboratorial e a comprovação da redução no consumo de água nas residências pesquisadas, sem a constatação de problemas sérios no desempenho das bacias sanitárias em campo, além da definição de uma carga de ensaio com as novas mídias subsidiada por simulações em laboratório e com os resultados do campo.

Palavras Chave:

- bacia sanitária;
- volume de descarga reduzido;
- economia de água.

1 Introdução

A preocupação crescente com a conservação de água, por parte de autoridades e pesquisadores, demonstrada nas pesquisas e trabalhos desenvolvidos, assim como nos programas públicos de planejamento e gestão, mostra-se como um índice da real situação pela qual o mundo passa.

O Brasil, país com dimensões continentais, também enfrenta escassez deste insumo em determinadas regiões há muito tempo. A região Nordeste do país é o exemplo mais claro desta falta e do que ela é capaz de provocar às pessoas atingidas. Em contrapartida, a região Norte, que tem abundância de água, com rios perenes e de grande volume, é a região menos povoada do país.

Regiões desenvolvidas e industrializadas, bastante povoadas, como a Sul e Sudeste, mesmo possuindo bacias hidrográficas com grande capacidade em volume de atender a demanda de água, já estão passando por dificuldades na obtenção deste insumo. O melhor exemplo encontra-se na cidade de São Paulo, e na sua Região Metropolitana, que têm sofrido com inúmeros racionamentos e rodízios, necessários face ao crescente desequilíbrio entre demanda e fornecimento.

Portanto, mesmo possuindo boa quantidade de rios com grande volume de água doce, nos seus arredores, a cidade de São Paulo, hoje, necessita buscar água em outras bacias hidrográficas afastadas de seu entorno, como a de Campinas. Isto é fruto da elevada densidade

demográfica na região metropolitana (demanda) e da poluição elevada dos cursos de água desta região, tanto por esgoto doméstico sem tratamento quanto por despejos industriais.

Sendo assim, como atender à demanda de água nas cidades com uma situação similar a de São Paulo?

Uma solução seria a construção de novas estações de tratamento de água, redes de adução, ou seja, ampliar o sistema de captação e tratamento, priorizando-se e dando enfoque apenas à quantidade gerada de insumo, numa ênfase ao paradigma convencional citado por GONÇALVES (1995), que reflete o pensamento de que a qualidade de vida da população pode ser medida em termos do consumo *per capita* de água.

Uma outra solução é baseada na eficácia dos serviços citados acima, buscando aprimorar e melhorar as condições de operação e utilização dos sistemas públicos e prediais de água potável.

Com esse intuito, em 1995 foi criado o Programa de Uso Racional da Água (PURA), através de um convênio entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP-USP) e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), contando também com a participação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (PURA-USP, 2002). A estrutura do PURA é baseada em 6 macroprojetos:

1. Formação de um banco de dados de tecnologia, com documentação técnica (cadastro de tecnologias e produtos para o uso racional da água, modelos e metodologias de projeto e execução dos sistemas prediais, desenvolvimento de normalização e regulamentação específica) e estudos de caso da aplicação dos programas de uso racional da água em diferentes tipologias de edifícios;

2. Criação de um laboratório institucional do Programa, concebido com a qualificação de rede laboratorial nacional, tendo como referência o IPT, com o objetivo de desenvolver uma gestão moderna com procedimentos comuns, buscando o crescimento e melhoria planejados;
3. Desenvolvimento do Programa de Avaliação e Adequação de Tecnologias (PAAT), com o intuito de pesquisar, adequar (quando necessário), avaliar e divulgar (através do banco de dados já citado) novas tecnologias para o uso racional da água;
4. Caracterização da demanda e impacto das ações de economia de água em edifícios residenciais e habitações unifamiliares, estabelecendo programas de micromedição que permitam a avaliação adequada da viabilidade técnica e econômica de programas de substituição de equipamentos em larga escala (bacias sanitárias, chuveiros, entre outros);
5. Geração de documentação técnica, como códigos de prática, normas técnicas, e de Programas da Qualidade, desenvolvidos por setores da cadeia produtiva dos aparelhos sanitários utilizados nos sistemas prediais, contando com articulação junto à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e à Associação Brasileira de Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento (ASFAMAS);
6. Realização de programas específicos de economia de água, promovendo estudos de caso em edifícios de escritórios, escolas, hospitais, cozinhas industriais, condomínios, dentre outras tipologias, visando à determinação de metodologias de auditoria e procedimentos de intervenção técnica (com a devida avaliação econômica), sendo posteriormente divulgados junto ao banco de dados citado inicialmente.

Com base na experiência desenvolvida pela implementação do PURA, o Ministério do Planejamento e Orçamento (MPO), buscando a eficiência dos sistemas existentes, lançou por intermédio da Secretaria de Política Urbana (SEPURB) o Programa Nacional de Combate ao

Desperdício de Água (PNCDA), que tem por meta “promover o uso racional da água para abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação dos investimentos para expansão dos sistemas” (ROCHA *et alii*, 1998).

Deve-se lembrar, ainda, que a eficiência almejada passa não somente pela necessidade de novos equipamentos e serviços otimizados, mas também pela manutenção das redes públicas e prediais, como de seus aparelhos, buscando cessar as perdas de água que neles ocorrem. As perdas físicas (vazamentos) e as perdas de faturamento (problemas com medições), segundo o Programa de Modernização do setor de Saneamento, atingem valores de até 45% (desde a captação da água até sua utilização).

Também em escala federal, foi lançado um outro programa visando a obtenção de maior qualidade nos sistemas da construção civil, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional (PBQP-H), em relação às características dos produtos desenvolvidos pela indústria de materiais, buscando a conformidade técnica dos materiais de construção em geral (incluindo os componentes dos sistemas hidráulicos prediais).

Para atingir esse objetivo, os produtores de materiais e componentes da construção civil estão implantando Programas Setoriais da Qualidade (PSQ), para definir indicadores de conformidade técnica, realizar projetos de normalização (através da ABNT) e programas de qualidade dos produtos.

O PSQ de louças sanitárias para sistemas prediais possui um objetivo específico relacionado ao uso racional da água, que prevê a qualidade evolutiva das bacias sanitárias (e dispositivos de descarga) de tal forma que até o ano 2000 o volume de descarga seja limitado a 9,0 litros, e até o ano 2002, este volume atinja a meta de volume máximo de descarga, em torno de 6,0 litros, ou em valor que implique no menor consumo de água (MPO/SEPURB-PBQP-H, 1998a, 1998b).

Tendo em vista a significativa redução do volume de descarga, de 9,0 ou 12,0 litros para aproximadamente 6,0 litros, e das características diferenciadas das bacias sanitárias para operação com este volume reduzido, os testes disponíveis atualmente, na normalização, para avaliação do desempenho funcional em laboratório, devem ser adaptados, de modo a contemplar, entre outros, a possibilidade de não remoção dos sólidos do interior da bacia sanitária.

Inserido nesse contexto é que foi desenvolvido o presente trabalho, que consiste num estudo laboratorial para a definição dos tipos de ensaios para avaliação do desempenho funcional das bacias de volume de descarga reduzido quanto à remoção e transporte de sólidos, e num estudo de campo, para avaliação das referidas bacias quando submetidas ao uso real.

2 Objetivos

O desenvolvimento do presente trabalho baseia-se na consideração de que a mudança das características geométricas das bacias sanitárias, para possibilitar o emprego de volume de descarga reduzido, pode afetar consideravelmente o desempenho funcional destas bacias. Esta mudança foi, basicamente, a redução das dimensões deste aparelho, como o diâmetro do sifão e o volume do poço. Logo, ensaios laboratoriais específicos são necessários, buscando identificar a possibilidade de ocorrência de entupimentos, assim como a capacidade na remoção e transporte de sólidos.

Portanto, os objetivos principais, considerando-se a eficiência das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido na remoção e transporte de sólidos, são:

- Analisar os testes atualmente empregados e em estudo para a avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias;
 - Propor métodos de ensaio e critérios de desempenho para a avaliação de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido;
 - Avaliar o desempenho das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido em laboratório e em campo.
-

3 Revisão Bibliográfica

Desde que o Homem deixou de viver de forma nômade e, portanto, fixou-se em uma determinada região, ocorreu a necessidade de se resolver um problema sério: a coleta e o afastamento dos dejetos gerados pelo corpo humano. Sendo assim, algumas tecnologias foram desenvolvidas e/ou aprimoradas com o passar dos tempos. Pode-se dividir estas tecnologias em dois grandes grupos inicialmente, quanto ao destino ou encaminhamento dado aos dejetos em:

- a) Deposição/decomposição local;
- b) Coleta e remoção dos dejetos.

Inseridas nesta primeira classificação estão as principais tecnologias empregadas de forma a possibilitar a ação desejada, segundo RYBCZIYNSKI; ORTEGA (1973), de acordo com a Tabela 3.1:

Tabela 3.1 Classificação das tecnologias de coleta e disposição dos dejetos humanos.

GRUPO	TECNOLOGIA
Deposição/decomposição local	Infiltração
	Compostagem
	Destruição
Coleta e remoção dos dejetos	Remoção manual
	Remoção mecânica

Fonte: RYBCZIYNSKI; ORTEGA (1973).

Sendo assim, deve-se conhecer as necessidades e possibilidades locais, de forma a direcionar a implantação daquela tecnologia mais adequada. Neste capítulo são, inicialmente,

descritas as diferentes tecnologias de coleta e disposição dos dejetos humanos existentes na atualidade, bem como uma evolução das bacias sanitárias desde os primórdios de sua utilização.

3.1 Tecnologias de Coleta e Disposição dos Dejetos Humanos

Em conjunto com as características locais, como tipo de ocupação local (rural ou urbana), características do solo (porosidade, constituição morfológica), dentre outros aspectos, deve-se analisar as especificidades das tecnologias disponíveis para a determinação da tipologia a ser utilizada.

3.1.1 Deposição/Decomposição Local

Este grupo de tecnologias tem por característica principal a coleta do dejetos humano (líquido e sólido) e a deposição e/ou decomposição deste no próprio local de coleta, sem transportá-lo até algum ponto distante.

3.1.1.1 Infiltração

De acordo com RYBCZYNSKI; ORTEGA (1973), consiste na mais antiga e difundida forma de deposição e tratamento de dejetos humanos em áreas remotas. O funcionamento básico dos sistemas baseia-se na coleta dos dejetos humanos líquidos e sólidos, propiciando a decomposição anaeróbia (sem a presença de oxigênio) desta matéria. Com isso, os líquidos gerados são infiltrados no solo, enquanto o material sólido restante será enterrado depois de um período de utilização do sistema, no próprio local ou em local adequado. Para tanto, processos complementares de tratamento destes sólidos devem ser realizados. A temperatura local é fundamental para a eficiência do sistema, uma vez que em locais com baixa temperatura o processo de digestão decai. Outro ponto importante é a capacidade de absorção do solo.

Para os sistemas englobados por esta tecnologia devem ser apenas encaminhados os dejetos humanos (líquidos e sólidos, a “água negra”), devendo os demais dejetos, advindos das outras atividades realizadas nas residências (“água cinza”) serem direcionados para outro sistema

de disposição próprio. Caso isto não ocorra, o depósito do sistema com tecnologia de infiltração será rapidamente preenchido, inviabilizando sua utilização.

3.1.1.1.1 Fossa

As fossas caracterizam-se pela facilidade de construção (se o solo local não for rochoso), pelo baixo custo de implantação e pela possibilidade de não se utilizar água para descarga. Basicamente, constitui-se de uma vala aberta no solo, onde acima é construída uma plataforma com uma abertura que permite o despejo dos dejetos, podendo ser instalado um assento. Junto à plataforma, uma pequena construção, com fechamentos laterais e telhamento (latrina) confere privacidade para a utilização, como mostra a Figura 3.1.

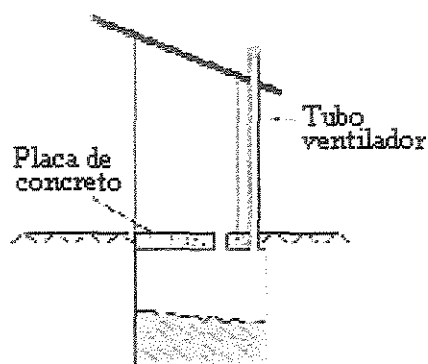


Figura 3.1 Esquema genérico de uma fossa.

Fonte: UNEP (2000).

Este tipo de fossa possibilita o tratamento dos dejetos através da decomposição anaeróbia durante o tempo de contenção dos dejetos, produzindo gases como dióxido de carbono, metano e sulfúrico, que deverão ser drenados por uma ventilação, assim como odores indesejados. Através da decomposição, ocorre também a diminuição do volume da matéria ali contida. Deve ser instalada no ponto mais alto do terreno, evitando a entrada de líquidos que possam escoar em seu entorno.

Ocorre percolação pelas laterais e pelo fundo da vala, sendo que as bactérias encontradas no solo reduzem a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) deste líquido, além de promoverem

o extermínio de outras bactérias nocivas. Vale ressaltar que, nestas condições, as bactérias não são capazes de retirar nutrientes, ocorrendo então poluição do lençol freático.

De qualquer forma, deve-se evitar a construção de fossas quando o lençol freático encontra-se próximo da superfície, pois não haveria quantidade razoável de solo que permitisse o dejetos líquido percolar de forma a degradar as matérias indesejadas, atingindo diretamente o lençol e potencializando a sua contaminação. Sua utilização em áreas de alta densidade demográfica torna-se também inviável.

O tempo de utilização é dependente do tamanho da vala aberta e da frequência de utilização. Quando a vala estiver cheia, deve-se proceder ao esvaziamento, por sucção mecânica por exemplo, ou simplesmente pode-se fechar esta vala e transferir a estrutura prévia para outra vala a ser aberta. (UNEP, 2000).

3.1.1.1.2 Fossa com Água

Segundo RYBCZYNSKI; ORTEGA (1973), este sistema consiste em uma adaptação da fossa séptica convencional, onde um tanque é construído no lugar da simples vala, devendo possuir nível constante de água. Para a manutenção deste nível, utiliza-se água para a descarga (cerca de 1,0 litro).

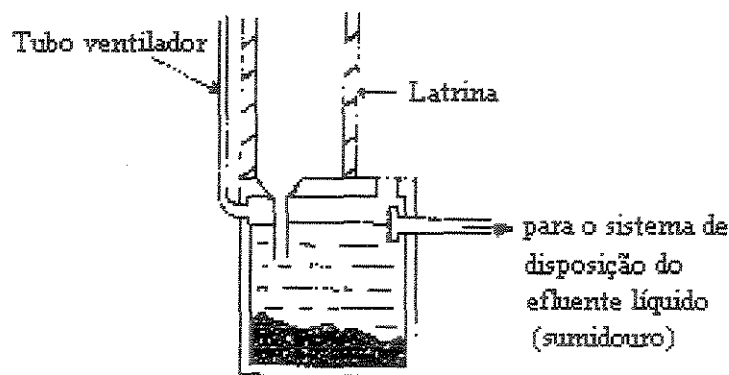


Figura 3.2 Fossa com água.

Fonte: PARRY-JONES; PICKFORD (2001).

Um tubo vertical deve ser instalado, ligando o ponto de despejo dos dejetos até abaixo da superfície da água (cerca de 50 a 75 mm abaixo), promovendo assim um fecho hídrico, responsável por evitar a entrada de odores para o ambiente e vetores para o interior do tanque.

Com a entrada de água a cada descarga, o excesso de líquido é drenado até um sumidouro, para ser absorvido pelo solo. Os dejetos sólidos se depositam no fundo do tanque, ocorrendo decomposição deste material. Quando o nível deste material depositado no fundo ocupar mais que a metade do volume do tanque é necessária a retirada deste material e a limpeza e manutenção do local.

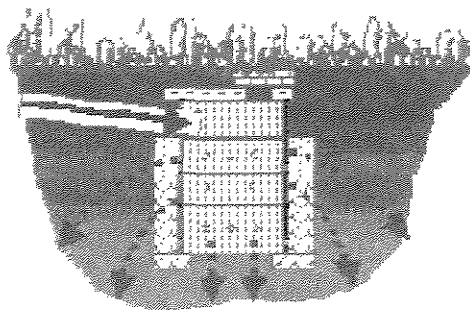


Figura 3.3 Esquema genérico de um sumidouro.

Fonte: UNEP (2000).

Este tipo de sistema deve ser utilizado apenas em locais onde o solo possua uma grande capacidade de absorção.

3.1.1.1.3 Bacia Sanitária com Tanque Séptico

Este tipo de sistema possui uma unidade de depósito e decomposição dos dejetos afastada da unidade coletora (bacia sanitária, geralmente do tipo turca¹), diferentemente das fossas (convencional e com água), cujo depósito encontra-se logo abaixo do ponto de coleta.

¹ Bacia sanitária em que o uso é realizado de cócoras.

Uma característica importante é a presença de fecho hídrico junto à bacia sanitária, evitando a entrada de odores para o ambiente. Entretanto, devido à distância entre os pontos de coleta e depósito (interligados por uma tubulação), quantidade superior de água (em relação à fossa com água) deve ser utilizada para a limpeza (da bacia) e transporte (na tubulação) dos dejetos sólidos, chegando a até 22,0 litros de água, segundo RYBCZYNSKI; ORTEGA (1973).

Um modelo proposto por OLSSON (1987) utiliza apenas 1,5 litros de água por descarga (através do uso de balde ou caixa elevada), sendo capaz de transportar os dejetos por mais de 15 metros, em uma tubulação com diâmetro de 75mm, em PVC, com declividade de 1%. A bacia utilizada era do tipo turca, fabricada em material cerâmico, cimento ou plástico, com fecho hídrico de 20mm.

O tanque séptico pode ser confeccionado em concreto ou alvenaria, devidamente impermeabilizado, devendo ser retirada a matéria sólida depositada no fundo após certo período de utilização.

Como a fossa com água, o excesso de efluente líquido é encaminhado a um sumidouro, para ser absorvido pelo solo. As demais características (aplicabilidade, manutenção) são semelhantes às observadas para as fossas.

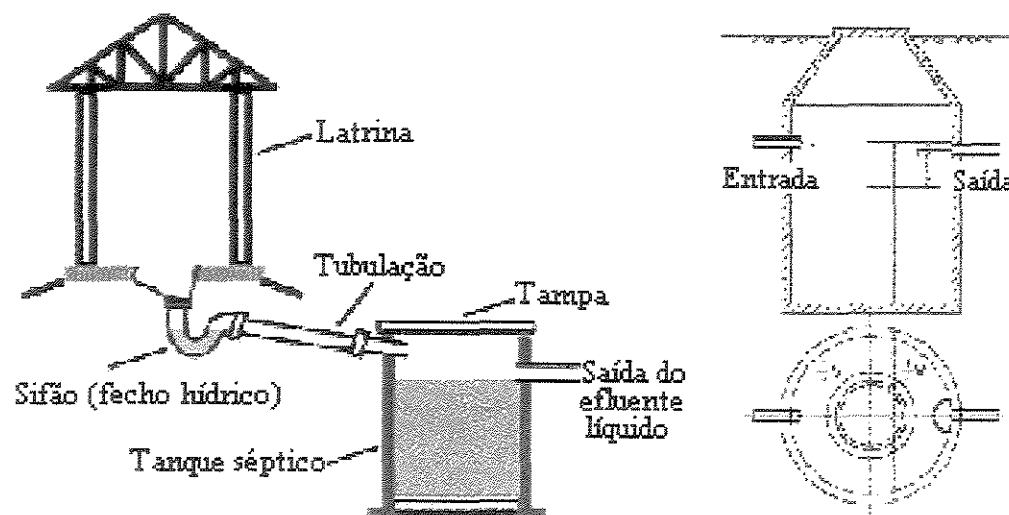


Figura 3.4 Bacia sanitária com tanque séptico e esquema de tanque séptico.

Fonte: UNEP (2000).

3.1.1.2 Compostagem

Assim como ocorre a decomposição anaeróbia no interior das valas ou tanques dos sistemas com tecnologia de infiltração, outro tipo de decomposição, denominada aeróbia (com a presença de oxigênio), ocorre no interior do depósito de dejetos de um sistema com tecnologia de compostagem. Em geral, caracteriza-se por um depósito, geralmente dividido em duas câmaras. A decomposição da matéria orgânica ocorre sem a utilização de compostos químicos, sendo descartada a utilização de água para carrear os dejetos até o depósito.

3.1.1.2.1 Compostagem Convencional

Localizado acima do nível do solo, em oposição aos depósitos da tecnologia de infiltração, este depósito possui uma entrada de ar localizada em sua lateral, além de um tubo ventilador ligando o interior do depósito à atmosfera (em uma altura segura, evitando-se odores), criando assim uma ventilação permanente passando pela matéria em decomposição, propiciando a entrada constante de oxigênio necessário à decomposição dos dejetos sólidos. Os líquidos são drenados ou evaporam.

Utilizam-se duas câmaras adjacentes (uma por vez) para receber os dejetos, de tal forma que, enquanto uma está preenchida por material em processo de decomposição aeróbia, a outra possa ser utilizada. Em temperatura ambiente, em geral, necessita-se de 6 meses para a decomposição, de tal forma que propicie a formação de um composto a ser utilizado diretamente no jardim, como fertilizante. A aplicação de minhocas pode auxiliar na formação de um composto ainda mais adequado (UNEP, 2000).

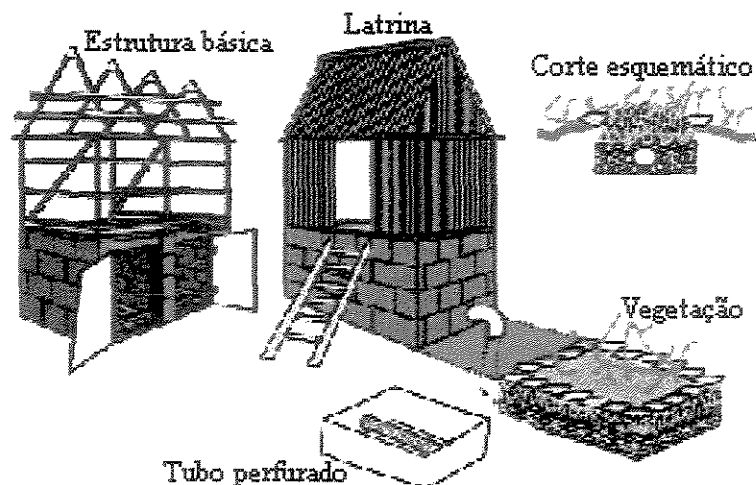


Figura 3.5 Sistema de compostagem dos dejetos humanos.

Fonte: UNEP (2000).

O ponto de coleta dos dejetos humanos é geralmente localizado logo acima das câmaras, de tal forma a depositarem-se diretamente, sem a utilização de água. Papel e lixo orgânico podem ser também decompostos em conjunto, onde o composto gerado chega a ter apenas 10% do volume da matéria inicialmente depositada. Na lateral das câmaras também deve ser previsto um ponto de acesso, para a retirada do composto.

No fundo das câmaras, antes do início de sua utilização, materiais como palha, serragem ou até mesmo folhas secas de árvores devem ser aplicados, propiciando absorção de líquidos e assim auxiliando na decomposição. Vale ressaltar que trata-se de um sistema bastante interessante, pela simplicidade e por não conter partes móveis, além de possibilitar a deposição direta do produto gerado. Aparelhos complementares de ventilação e aquecimento do ar podem acelerar o processo (RYBCZIYNSKI; ORTEGA, 1973).

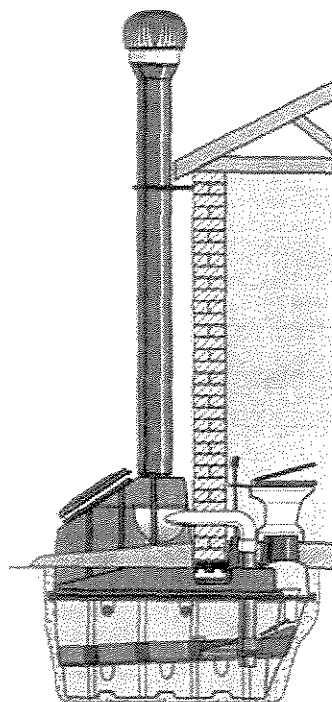


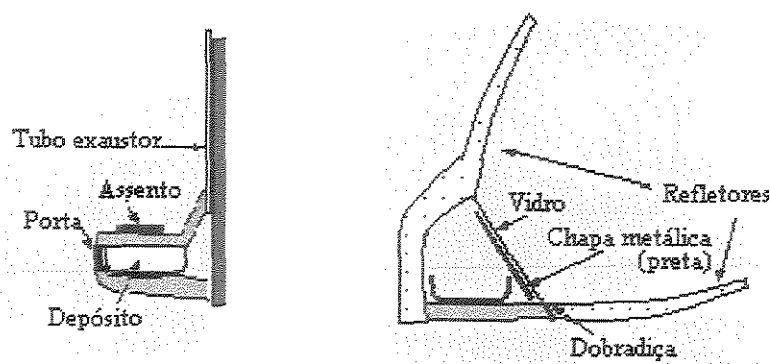
Figura 3.6 Sistema de compostagem.

Fonte: ENVIRO OPTIONS (2001).

3.1.1.2.2 Compostagem auxiliada por Energia Solar

De acordo com PLANETARY RENEWAL (2001), este sistema é basicamente um dispositivo de desidratação. Os dejetos humanos são descarregados em um depósito (dividido em câmaras, como no sistema convencional de compostagem), para serem então aquecidos utilizando-se energia solar. Elevando-se a temperatura dos dejetos a 70°C (nível facilmente atingido com a adequada incidência dos raios solares em placas adjuntas), durante 6 segundos, todos os elementos patogênicos desta matéria podem ser eliminados e os líquidos, evaporados. Quando uma das câmaras estiver cheia, esta continua recebendo o aquecimento para reduzir a matéria a uma cinza seca, completamente desidratada e desinfetada, podendo ser descarregada, por exemplo, no jardim da residência.

O grande diferencial deste sistema em relação ao convencional é a capacidade de desinfecção proporcionada, fazendo com que o produto final possa ser até mesmo disposto em áreas com plantação de gêneros alimentícios.



Vista lateral – bacia sanitária

Vista lateral – refletores

Figura 3.7 Compostagem auxiliada por energia solar utilizando refletores.

Fonte: PLANETARY RENEWAL (2001).

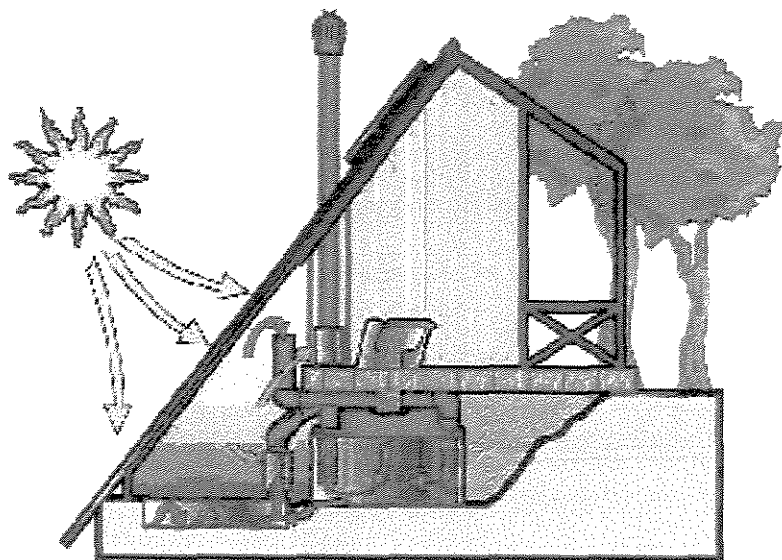


Figura 3.8 Compostagem auxiliada por energia solar.

Fonte: ROTA-LOO (2001).

3.1.1.3 Destruição

A tecnologia para destruição direta e rápida dos dejetos humanos utiliza energia térmica, podendo ser esta energia obtida através do aquecimento de uma resistência elétrica, da queima de um gás combustível ou óleo. A energia térmica liberada, seja qual for o processo utilizado, proporciona a elevação da temperatura de uma pequena câmara da bacia sanitária até que toda a

matéria ali descarregada seja transformada em água, que se evapora, e cinza, que então pode ser depositada diretamente no solo, sem perigo de contaminação por agentes patogênicos (RYBCZYNSKI; ORTEGA, 1973).

Junto à câmara de incineração existe um exaustor, onde é ligada uma tubulação para exaustão do vapor e dos outros produtos do processo para a atmosfera.

Conforme EPA (1999), a aplicabilidade deste tipo de bacia sanitária cresce nas regiões remotas, em situações onde sistemas com a tecnologia de infiltração são inviáveis pelas características ambientais (baixa temperatura ambiente) e do solo local (rochoso ou com pouca permeabilidade, lençol freático alto, entre outros), assim como em regiões onde existe escassez de água (não se utiliza água em nenhum momento do processo) e em assentamentos temporários (por exemplo, um acampamento, um canteiro de obras).

Pode-se citar como principais vantagens o fato desta bacia sanitária não utilizar água, os produtos do processo serem inertes (basicamente vapor de água e cinza), ocorrendo ainda extrema redução em peso e volume dos dejetos. Além disso, esta bacia sanitária é portátil, podendo ser levada para áreas onde não existe nenhum tipo de sistema de tubulações para transportar os dejetos ou algum tipo de sistema de depósito e tratamento local. Outra importante característica é a utilização em regiões gélidas, onde seria inviável um sistema com digestão aeróbia ou anaeróbia (a eficiência do processo decresce com a diminuição da temperatura) ou o transporte em tubulações.

Com relação às desvantagens, o processo de incineração destrói todos os nutrientes contidos nos dejetos, inviabilizando a utilização da cinza resultante como fertilizante. O consumo de energia é alto, resultando em considerável gasto por utilização. Independentemente do tipo de incinerador (elétrico ou a gás combustível) ocorre a geração de compostos poluentes da atmosfera. Ocorre muitas vezes a necessidade de utilização de agentes anti-espumantes, catalisadores e outros aditivos. Alguns modelos não podem ser utilizados durante a realização de um ciclo de incineração.

Quanto aos ciclos de incineração, existem dois tipos básicos: um onde ocorre o processo de destruição dos dejetos a cada uso da bacia sanitária e outro onde reservam-se os dejetos de vários usos consecutivos para então destruir-se uma grande quantidade de matéria de uma só vez (EPA, 1999).

Quanto à manutenção, as cinzas devem ser retiradas regularmente e o anteparo interno que se abre para a câmara de combustão deve ser limpo. A uma dada periodicidade, o motor do exaustor deve ser limpo e procedida a manutenção conveniente.

3.1.1.3.1 Bacias Sanitárias com Incinerador Elétrico

Para a destruição dos dejetos humanos pode ser utilizada uma resistência elétrica junto à câmara de incineração da bacia sanitária. Um exemplo é mostrado em INCINOLET (2000) e descrito em EPA (1999).

Segundo esta última publicação, este modelo de bacia sanitária com incinerador elétrico possui um anteparo móvel onde uma folha de papel em formato específico deve ser colocada a cada utilização para receber os dejetos humanos. Para a retirada dos dejetos, pressiona-se um pedal que promove a abertura deste anteparo, promovendo a deposição na câmara de combustão que se encontra aberta logo abaixo. Quando se solta este pedal, o anteparo volta à posição inicial, a câmara fecha-se e uma nova folha de papel pode ser posicionada.

A incineração inicia-se pressionando um botão, após cada uso da bacia sanitária. O fabricante citado (Incinolet) não recomenda a utilização freqüente da bacia sanitária entre os ciclos de incineração, ainda que o modelo possa até mesmo ser utilizado durante um destes ciclos. Com o início do ciclo, uma resistência elétrica é acionada de modo intermitente durante cerca de 60 minutos, enquanto um exaustor retira os odores, empurrando o ar para o tubo ventilador cuja saída encontra-se em altura que propicie o afastamento destes odores. Utiliza-se o ar interior da dependência onde a bacia sanitária está instalada para a incineração. O exaustor continua funcionando após o ciclo de aquecimento para resfriar então a unidade. Um ciclo completo (aquecimento e resfriamento) ocorre em cerca de 90 a 105 minutos.

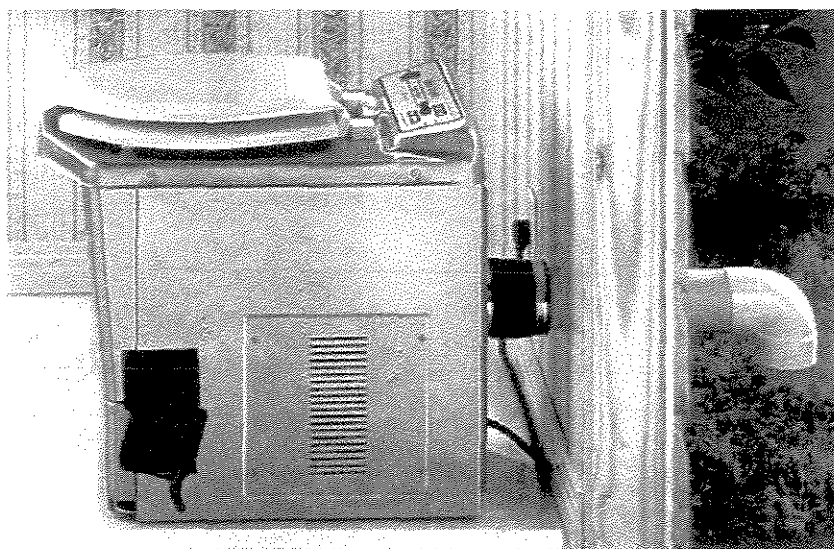


Figura 3.9 Bacia sanitária com incinerador elétrico.

Fonte: INCINOLET (2000).

3.1.1.3.2 Bacias Sanitárias com Incinerador a Gás Combustível

O modelo de bacia sanitária com incinerador a gás combustível citado em EPA (1999) é fabricado pela empresa Storburn International, Inc.. Este modelo é equipado com uma câmara de combustão com capacidade volumétrica de cerca de 11,0 litros, capaz de reservar os dejetos de 40 a 60 utilizações da bacia sanitária. Após o preenchimento desta câmara pode-se iniciar um ciclo de incineração.

Para iniciar um ciclo, deve-se adicionar aos dejetos contidos na câmara um agente anti-espumante, onde então a chama é acesa utilizando-se um acendedor piezo-elétrico incorporado. Este procedimento automaticamente trava a unidade, de tal forma a impossibilitar a sua utilização durante o desenvolvimento do ciclo de incineração. Um ciclo completo, com a câmara de combustão totalmente preenchida, leva aproximadamente 270 minutos.

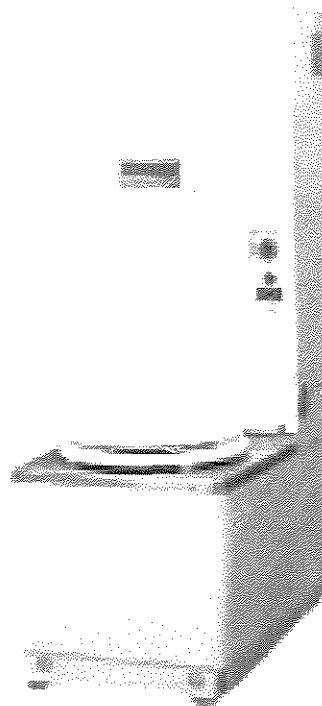


Figura 3.10 Bacia sanitária com incinerador a gás combustível.

Fonte: STORBURN (2000).

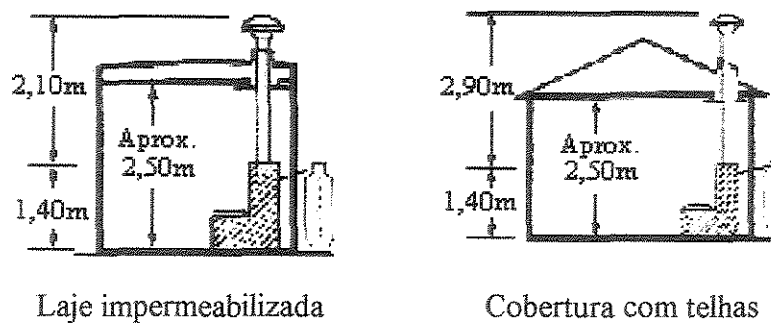


Figura 3.11 Possibilidades de instalação da ventilação da bacia sanitária com incinerador a gás combustível.

Fonte: STORBURN (2000).

3.1.2 Coleta e Remoção dos Dejetos

Este grupo de tecnologias tem por característica principal a coleta do dejetos humano (líquido e sólido) através de uma bacia sanitária, sendo o transporte subsequente dos dejetos feito manualmente ou através de um sistema adequado de tubulações.

3.1.2.1 Remoção Manual

Segundo RYBCZYNSKI; ORTEGA (1973) esta tecnologia pode ser considerada como a mais simples solução para a coleta e transporte dos dejetos humanos utilizada em locais onde outras tecnologias são inviáveis, como a de infiltração (quando a temperatura ambiente é muito baixa, o solo é pouco permeável) e a de destruição (custo alto da matriz energética utilizada, códigos proibitivos de emissão de gases poluentes à atmosfera) e, em locais onde ocorre alta densidade demográfica mas não existem recursos para a implantação de grandes redes de coleta e transporte de efluentes.

A forma mais comum, nestes casos, seria a deposição dos dejetos humanos em unidades coletoras portáteis para depois serem removidas e transportados manualmente até um ponto de despejo, acúmulo e/ou tratamento desta matéria, como fossas ou tanque sépticos. Compostos químicos podem ser utilizados para reduzir odores e o perigo de contaminação até a disposição final dos dejetos. Usualmente, não se utiliza água nestes sistemas.

3.1.2.1.1 Reservatório

Este sistema consiste em um reservatório onde os dejetos são depositados e depois removidos, para que então seu interior seja limpo. São totalmente portáteis e geralmente não utilizam água. Uma desvantagem é a possibilidade de contato com os dejetos durante as atividades de transporte e despejo destes, além do eventual acesso de vetores.

Uma evolução deste tipo de sistema é o modelo *Porta Potti*, fabricado pela Thetford Products Ltd., na Inglaterra, em material plástico, que possui um tanque de água que propicia a

descarga de cerca de 0,5 litro a cada utilização, através da pressurização por uma bomba acionada manualmente, higienizando o interior da bacia. Os dejetos e a água são encaminhados a um reservatório, capaz de acumular os dejetos e a descarga de água de até 50 utilizações. Com o preenchimento deste reservatório, pode-se destacá-lo e então descartar o conteúdo de seu interior em um local adequado. Pode-se utilizar um líquido desinfetante e desodorante em conjunto (RYBCZIYNSKI; ORTEGA, 1973).

Possuem valor de aquisição e manutenção baixos, sendo bastante utilizados em regiões remotas e em ocasiões de curta permanência.

3.1.2.1.2 Bacia Sanitária Química

Este tipo de sistema é essencialmente uma bacia do tipo reservatório onde são adicionados produtos químicos capazes de retardar a decomposição biológica e os odores gerados pelos dejetos. Esta bacia sanitária pode ser instalada em um *container*, que possui uma ventilação para o exterior, em altura adequada (RYBCZIYNSKI; ORTEGA, 1973).

Pode utilizar pouca (cerca de 1,0 litro) ou nenhuma quantidade de água e deve ser esvaziada quando estiver preenchida. Os dejetos no interior desta bacia ficam visíveis e quando chegam à metade da profundidade do reservatório, os usuários podem receber respingos quando de sua utilização. Cuidado especial deve ser tomado com os compostos químicos, que possuem muitas vezes produtos nocivos à saúde, principalmente de crianças. A utilização de compostos biodegradáveis facilita a deposição final de toda a matéria coletada. Como o sistema tipo reservatório, sua aquisição tem valor relativamente baixo, porém a manutenção (compra dos compostos químicos) pode ter valor considerável.

Um exemplo de bacia sanitária química portátil é o modelo *The Throne Toilet System*, a qual utiliza um composto químico que evita a ocorrência de odores. Uma característica interessante deste composto é sua capacidade de absorção, sendo que cada 1 grama deste composto consegue absorver 1 quilograma de dejetos humanos líquidos. Uma

sacola plástica é inserida no corpo da bacia sanitária, onde o composto químico é despejado, podendo então ser utilizada (THE THRONE, 2001).

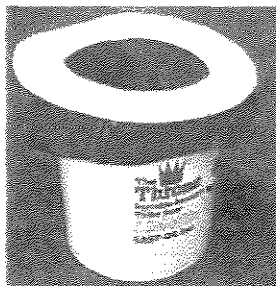


Figura 3.12 Bacia sanitária química portátil.

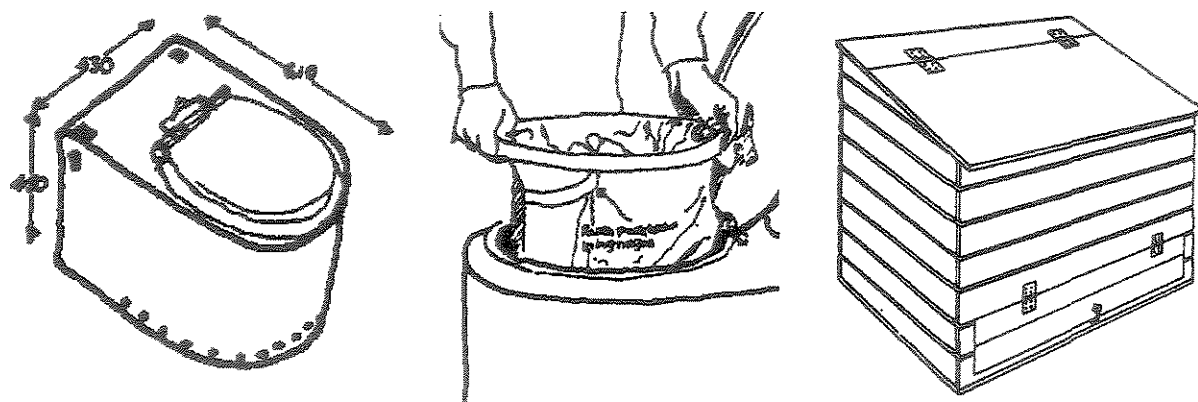
Fonte: THE THRONE (2001).

3.1.2.1.3 Bacia Sanitária com Congelador

Este tipo de bacia sanitária, desenvolvido na Suécia (RYBCZIYNSKI; ORTEGA, 1973), é basicamente uma bacia do tipo reservatório, onde os dejetos são depositados em uma sacola plástica que será congelada. Após o congelamento, o material pode ser levado a um local adequado ao tratamento, como uma unidade de compostagem. Possui custo de implantação alto, porém em países de clima gélido a utilização tem custo relativamente baixo. É necessária a utilização de eletricidade ou gás combustível para a refrigeração, entretanto não necessita de água para seu funcionamento.

Um exemplo é o modelo fabricado por Markt & Co., que possui uma sacola plástica de capacidade volumétrica de 22,5 litros, localizada logo abaixo do assento. Um compressor elétrico mantém a sacola e os dejetos a uma temperatura de 15°C negativos, sendo controlada por termostato. Os dejetos ficam congelados, como um bloco de gelo, proporcionando a paralisação da ação das bactérias (decomposição) e a não ocorrência de odores. Quando a sacola estiver com aproximadamente 70% de seu volume preenchido, deverá ser trocada e encaminhada a uma unidade de compostagem, onde será decomposta (é biodegradável) em conjunto com os dejetos nela contidos.

A estrutura desta bacia é de fibra de vidro e o reservatório/congelador é fabricado em alumínio. Deve-se ressaltar que o ar quente gerado pela atividade do compressor é direcionado ao assento, de forma a mantê-lo aquecido.



Dimensões da bacia sanitária

Remoção do saco plástico

Unidade de compostagem

Figura 3.13 Bacia sanitária com congelador.

Fonte: RYBCZIYNSKI; ORTEGA (1973).

3.1.2.1.4 Bacia Sanitária Empacotadora

Considerada por RYBCZIYNSKI; ORTEGA (1973) como um refinamento sueco do sistema bacia sanitária reservatório convencional, este modelo propicia o armazenamento dos dejetos sólidos em uma pequena sacola plástica, ao final de cada utilização, onde estas sacolas são então depositadas em um reservatório logo abaixo do assento, devendo este ser esvaziado quando preenchido. Pode ser considerado como um sistema com custo inicial de implantação alto, porém não utiliza água ou composto químico potencialmente perigoso.

Pode-se citar o modelo *Pacto 101*, da empresa sueca Pactosan A/B, onde os dejetos são coletados em um tubo de filme plástico e lacrados após cada utilização da bacia sanitária, criando pequenas bolsas de formato cilíndrico. O fechamento de cada uma destas bolsas é realizado por aquecimento e o deslocamento do filme plástico é realizado através do acionamento de um pedal. Um contador lista o número de utilizações e uma luz de aviso previne quanto à necessidade de renovar o depósito de plástico. Esta unidade, confeccionada em poliestireno e metal é portátil.

Devido a seu pobre acabamento é bastante utilizada em locais como canteiros de obra e outros que dispensem refinamentos.

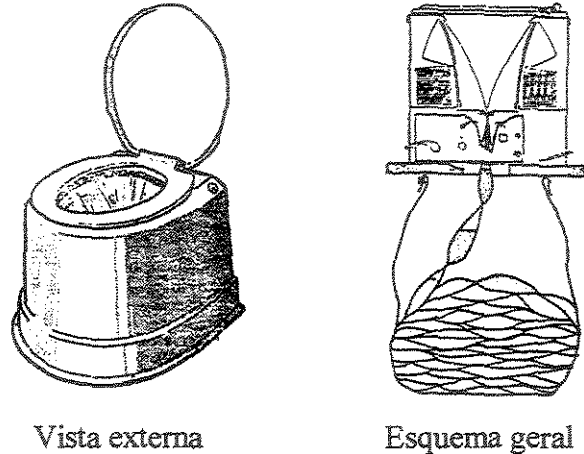


Figura 3.14 Bacia sanitária empacotadora.

Fonte: RYBCZIYNSKI; ORTEGA (1973).

3.1.2.1.5 Bacia Sanitária Química com Recirculação

Este modelo é essencialmente uma bacia sanitária química modificada com a adição de uma bomba, capaz de recircular o líquido contido em seu reservatório de dejetos para a realização de descargas após outras utilizações. Os compostos químicos utilizados liquefazem os dejetos sólidos, retardam a decomposição biológica e coloreem os dejetos líquidos. Na década de 70 e 80, era comum o seu uso em aviões comerciais de passageiros. O sistema usa relativamente pouca quantidade de água, necessita energia elétrica (eventualmente, a bomba pode ser acionada manualmente), mas possui a mesma desvantagem da bacia sanitária química: a disposição do efluente final, composto por dejetos líquidos e sólidos, além de compostos químicos. Sua implantação tem um custo alto.

Um exemplo citado por RYBCZIYNSKI; ORTEGA (1973) é o modelo *Bio-Flo 512*, fabricado por Pure Way Corp., empresa de Illinois, Estados Unidos. Fabricado em fibra de vidro e plástico, possui um grande reservatório para a descarga dos dejetos humanos e de papel higiênico. No fundo deste reservatório são depositadas quantidades de cascalho e carvão ativado, em camadas alternadas. Os dejetos líquidos percolam através destas camadas até uma segunda

câmara, similar ao reservatório inicial, porém de menor tamanho. O excesso de líquido extravasa para uma terceira câmara., de onde este líquido ou é bombeado manualmente quando da necessidade de uma descarga, ou é enviado para fora da bacia.

Uma vez por semana, um pacote contendo bactérias aeróbias e anaeróbias, além de enzimas, deve ser adicionado ao primeiro reservatório, de tal forma a proporcionar elevação das atividades químicas e bacteriológicas. A quantidade de efluente que sai da bacia sanitária é muito pequena (cerca de 0,2 litros por pessoa por dia). O cascalho e o carvão ativado devem ser trocados a cada 2 anos.

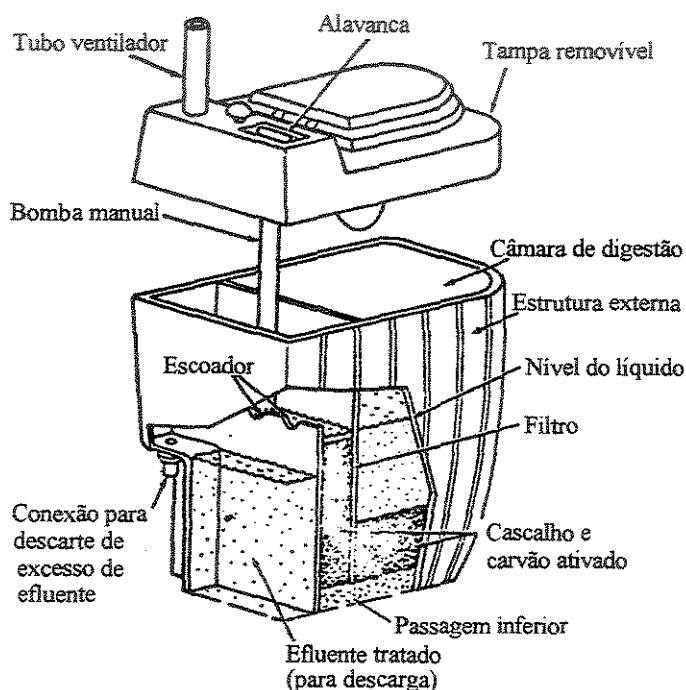


Figura 3.15 Bacia sanitária química com recirculação.

Fonte: RYBCZYNSKI; ORTEGA (1973).

Um outro exemplo, citado por RYBCZYNSKI; ORTEGA (1973), é o modelo *Magic Flush*, da empresa Monogram Industries, Inc., dos Estados Unidos. Basicamente, este sistema utiliza um líquido completamente imiscível com os dejetos humanos, proporcionando a recirculação constante deste líquido para descargas. Os dejetos são coletados em um reservatório, que será esvaziado quando estiver preenchido.

3.1.2.2 Remoção Mecânica

A densidade populacional nas cidades inviabiliza a utilização das tecnologias citadas anteriormente, devido aos perigos de contaminação e às dificuldades de transporte manual e de disposição individual dos dejetos. Sendo assim, ainda que pressupondo um grande investimento inicial, o transporte mecânico dos dejetos é viabilizado, assim como unidades centralizadoras de tratamento. Este transporte baseia-se na construção de grandes sistemas públicos de tubulações, capazes de encaminhar os dejetos coletados nos sistemas prediais de esgoto sanitário até um ponto de acúmulo e tratamento.

3.1.2.2.1 Sistema Predial de Esgoto a Vácuo

Uma interessante tecnologia a ser aplicada é a de coleta de esgoto sanitário utilizando como meio de transporte o ar, através de uma diferença de pressão criada entre o ambiente e o sistema de tubulações.

A aplicação deste sistema em edificações de uso público é o principal foco, pela possibilidade de troca das bacias sanitárias de ação sifônica atualmente utilizadas, que consomem cerca de 12,0 litros, pelas bacias sanitárias a vácuo específicas deste sistema, que consomem uma pequena quantidade de água, em torno de 1,2 litro. Pode-se notar diretamente o grande potencial de economia de água gerado (EVAC, 2002).

A utilização de apenas 1,2 litro de água pelas bacias sanitárias a vácuo deve-se ao emprego de 50 a 60 litros de ar insuflados ao sistema quando do acionamento da descarga. Como já comentado, é o ar o meio de transporte dos dejetos, utilizando-se água apenas para a higienização das paredes e poço da louça sanitária, retirando quaisquer resquícios indesejáveis. Vale ressaltar ainda que como o ar que entra para o sistema é aquele presente no ambiente sanitário, melhora-se ainda mais a higiene local, carreando elementos microscópicos nocivos à saúde e odores.

Para o desenvolvimento do projeto e da execução, pode-se contar com a possibilidade única de elevação do efluente, pois como utiliza-se vácuo, a diferença de pressão criada é suficiente para propiciar elevações de até 6 metros de altura, facilitando-se o traçado das tubulações. Os diâmetros utilizados neste sistema, empregando-se bacias sanitárias a vácuo, chegam a ser a metade daqueles encontrados com a utilização de sistemas de coleta por gravidade (para suportar os esforços advindos do diferencial de pressão criado, utiliza-se como material para a tubulação o PVC soldável classe 15 ou superior, largamente empregado nas instalações hidráulicas de água fria). A declividade empregada nas tubulações horizontais é, em geral, de 0,2%, restituindo-se a altura inicial da tubulação utilizando-se bolsas de reforma (ver Figura 3.16 (a)).

Com relação à utilização, os aspectos mais interessantes são a higiene local, já comentada, e a eficácia no transporte dos dejetos. Para a manutenção, a retirada da bacia sanitária a vácuo é extremamente facilitada, além do fato de que os odores típicos de sistemas de coleta de esgoto sanitário não são encontrados, pela atuação do vácuo.

Segundo EVAC (2002), o sistema a vácuo constitui-se, basicamente, de: uma Central de vácuo (ver Figura 3.16 (b)) (responsável pelo acúmulo do efluente em tanques), pela geração de vácuo no interior do sistema de tubulações (com as bombas de vácuo) e pelo controle do funcionamento do sistema como um todo; de bacias sanitárias a vácuo (ver Figura 3.16 (c)), com mecanismos específicos para seu emprego junto ao sistema; de válvulas de interface, responsáveis pela captação dos efluentes advindos de pias, lavatórios, etc.; e do sistema de tubulações, que interliga os pontos de captação dos dejetos (bacias sanitárias a vácuo e válvulas de interface) à Central de vácuo.

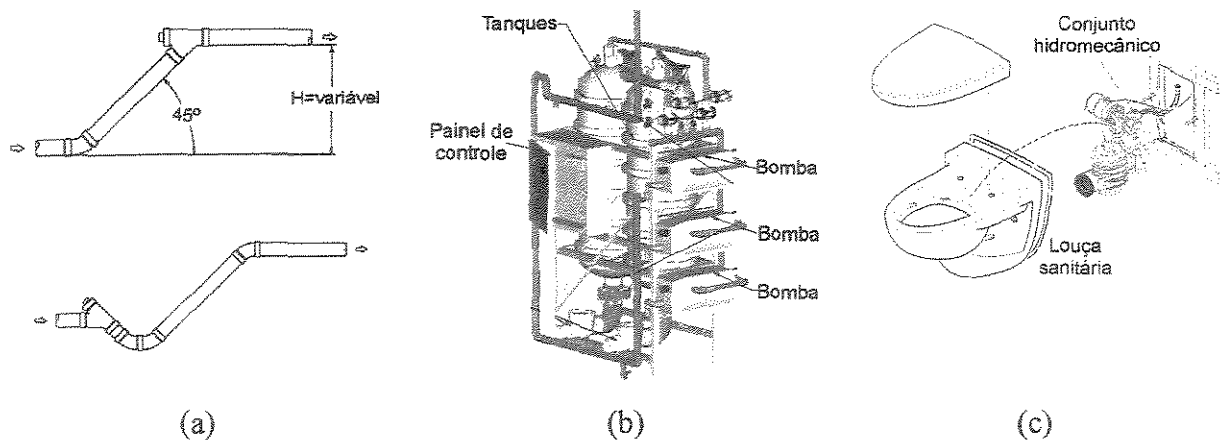


Figura 3.16 Sistema predial a vácuo: (a) Bolsas de reforma; (b) Central de vácuo; (c) Bacia sanitária a vácuo.

Fonte: EVAC (2002).

3.1.2.2.2 Sistema Predial de Esgoto por Gravidade.

Este sistema é amplamente difundido, sendo utilizado largamente nas cidades. As premissas de projeto e execução deste tipo de sistema, no Brasil, constam em ABNT (1999).

Neste tipo de sistema, são acopladas as bacias sanitárias de ação sifônica ou de arraste, a serem comentadas adiante. Como é um sistema amplamente difundido, grandes esforços buscando a diminuição dos volumes empregados nestas bacias sanitárias convencionais estão sendo desenvolvidos. Dentro deste aspecto encontra-se o desenvolvimento deste trabalho, com bacias sanitárias de volume de descarga reduzido. A seguir, é traçada a evolução das bacias sanitárias, buscando apresentar primordialmente aquelas para aplicação no Sistema Predial de Esgoto por Gravidade.

3.2 Evolução Histórica das Bacias Sanitárias

Os sistemas hidráulicos prediais, com os modernos recursos com relação à utilização dos insumos como água fria e quente, à coleta e encaminhamento dos dejetos, sem odores internos ao ambiente, são um conceito relativamente novo e bastante ligado ao aumento geral do poder aquisitivo da sociedade. Entretanto, o cuidado com o corpo e os conceitos de saneamento como

pré-requisitos para a higiene e saúde, associado às idéias de conforto, estão ligados a algumas sociedades muito antigas.

Como tantos outros aspectos da ciência, a higiene das pessoas e das habitações, assim como outras áreas, sofreram uma repressão na Idade Média, para ser retomada nos séculos XVIII e XIX. Basicamente, a história dos sistemas prediais começa apenas na segunda metade do século XIX. Uma descrição das características dos sistemas hidráulicos prediais e da utilização de bacias sanitárias ao longo da história pode ser vislumbrada em LANDI (1993); destaca-se também um trabalho específico relativo à história da evolução da bacia sanitária, do Dr. Bindeswar Pathak, da Índia, o qual pode ser encontrado em PATHAK (1995), cujos aspectos principais serão apresentados neste item.

Segundo LANDI (1993), o conhecimento sobre os sistemas prediais da Antigüidade é obtido quase exclusivamente através da arqueologia. Poucos são os documentos escritos que revelam o conhecimento e o uso que faziam os seres antepassados dos princípios da hidráulica, os quais são normalmente de origem grega ou latina.

Escavações no vale do rio Indus, na Índia, mostraram as ruínas de um sistema de tubulações erigido de 3000 a 6000 anos atrás. Não se deve pensar em algum sistema precário. Pelo contrário, revelava grandes qualidades. No Egito, foram encontrados tubos de cobre para a condução e retirada da água de banheiros no palácio do Faraó. Cada aposento tinha associado o seu banheiro. Nas escavações em Kish, próximo ao rio Eufrates, foram encontrados restos de tubulações de cerâmica e piscinas, com estimativa de terem sido construídas há mais de 4500 anos A.C..

A Babilônia era dotada de uma rede de dutos para escoamento de esgotos, possuindo até mesmo poços de inspeção. Na Ilha de Creta, as escavações do Palácio de Cnossos mostraram a existência de uma rede de água e esgoto já no ano 1000 AC. Foram encontradas evidências de aparelhos sanitários, rede de água fria, de esgoto e até um sistema de aquecimento. Um dos

aparelhos encontrados foi uma banheira em cerâmica, com cerca de 1,5 metros de comprimento, bastante semelhante aos modelos de ferro fundido encontrados ainda hoje. Também restos de uma bacia sanitária foram encontrados, nos quais se identificou também um dispositivo de caixa acoplada. Foram encontrados ainda longos trechos de tubos para esgoto em cerâmica do tipo ponta e bolsa, com conexões do tipo Y e T.

Entretanto, na medida em que estas escavações revelam uma elevada capacidade de projeto e construção, não se pode deixar de assinalar que tais instalações eram destinadas aos reis, aos sacerdotes, à corte, não sendo um benefício geral. Fora desse grupo, a população vivia miseravelmente. Ter banheiro e instalações hidráulicas era um privilégio muito grande. Salvo algumas sociedades ricas, a população vivia em precárias condições de saúde.

Em Atenas, bem como em toda a Grécia, havia um grande cuidado com a qualidade das águas, com nascentes selecionadas. O banho, entretanto, representava apenas um complemento das atividades humanas. Ainda assim, os mais antigos documentos escritos na Grécia sustentam que a água era essencial para a saúde. Diversas nascentes na Grécia tornaram-se famosas e tinham suas qualidades apregoadas. Ao viajante cansado era oferecido um banho quente restaurador.

Um sinal característico do significado da água era o batismo, cultuado por diversas religiões. A água tinha poder de lavar, limpar, purificar o iniciado.

O conhecimento hidráulico existente na antiguidade já era considerável, sendo que diversos princípios fundamentais eram conhecidos, inventando-se máquinas hidráulicas para diversão ou com aplicações limitadas. Desde a Mesopotâmia, passando pelo Egito e Grécia, o homem sabia como recalcar água, utilizando-se da força animal ou de escravos. Utilizavam ainda a energia hidráulica, de modo a acionar uma mó para a produção de farinha. Diversos aparelhos utilizaram o princípio do sistema “pistão-cilindro”. Vale ressaltar Ctesibius, inventor de uma máquina de combate a incêndios com este sistema, de um órgão musical, entre outros inventos.

Este inventor teve o mérito de criar máquinas de uso prático e consolidar ao mesmo tempo um princípio científico.

Se os gregos tinham uma preocupação com a água e os banhos chegavam a se tornar um conforto, os romanos fizeram disso um objetivo social e nacional, em torno do qual girava toda a vida da cidade. Atividades como leitura, discussões e negociações eram realizadas no ambiente dos banhos. Os banhos eram públicos, construídos com os recursos públicos e, por isso aberto a todos. Diversas construções foram realizadas objetivando-se o emprego de água.

Os aquedutos, funcionando por gravidade, eram os responsáveis pelo encaminhamento da água das nascentes até a cidade, e apesar de grande número e extensão, as águas de cada aqueduto nunca se misturavam, não havendo ainda nenhum tipo de reservatório. Possuíam até mesmo um escritório central de água. Preocupações com relação ao esgoto também existiam, antes mesmo de Roma tornar-se uma grande cidade, tendo o povo de então se organizado e construído a chamada Cloaca Máxima, um grande coletor capaz de conduzir esgoto da região para fora da área habitada. Utilizava-se o chumbo como matéria prima de tubulações. Aparelhos como banheiras com água fria e quente já eram utilizadas. Todas as casas possuíam cisternas e tubulações próprias de distribuição de água. O consumo diário de água era de cerca de 1300 litros por habitante.

Segundo PATHAK (1995), a necessidade de se utilizar um artefato que coletasse e dispusesse os dejetos humanos só ocorreu quando o homem deixou de ser nômade. Inicialmente, este artefato, chamado por nós hoje de bacia sanitária, era instalado no quintal da residência, sendo mais tarde trazido para dentro da casa. Com isso, houve o interesse de se desenvolver um aparelho que evitasse os odores dos dejetos, além de coletar e dispô-los para fora de casa instantaneamente, mantendo-a limpa. Os penicos, limpos manualmente pelos servos ou escravos; as bacias instaladas no piso superior da residência ou castelo, que tinham uma saída direta para um rio que corria logo abaixo; as bacias com um orifício na sua parte superior, sendo que logo abaixo de sua localização, corria um córrego ou rio; ou apenas a disposição dos dejetos nos córregos ou rios são algumas das maneiras utilizadas na antiguidade para este fim.

Porém, enquanto os ricos usavam luxuosas “cadeiras-bacias”, os pobres realizavam as suas necessidades nas vias públicas, na mata ou próximo aos rios.

Conforme já mencionado, a literatura sobre o assunto é bastante fragmentada e escassa. Sabe-se que as bacias sanitárias de assento foram desenvolvidas apenas recentemente. Um exemplo de grande desenvolvimento em infra-estrutura sanitária é o da civilização Harappa, que habitava uma região denominada Lothal, no oeste da Índia, no ano de 2500 A.C. Cada casa possuía uma bacia sanitária com descarga de água, as quais eram interligadas por tubulações de esgoto cobertas com tijolos de barro queimado, sendo que esta rede de tubos possuía peças que buscavam facilitar a operação e a manutenção. Porém, com o declínio da civilização do vale Indus, a ciência da engenharia sanitária desapareceu na Índia. À partir daí, restaram apenas bacias rudimentares e o ato de defecar a céu aberto tornou-se crescente na Índia.

Naqueles tempos, era popular se enfatizar os valores medicinais dos dejetos humanos. Supunha-se que a urina possuía grande valor terapêutico, quer fosse para curar um olho enfermo, quer para o trato oral, além de possibilitar a verificação da virgindade de uma mulher. Na Índia, atribuíam aos lutadores que defecavam muito uma relativa fraqueza, pois isto demonstrava que ele não conseguia digerir tudo o que comia. De maneira similar, um santo verdadeiro não necessitaria defecar, pois comeria tanto quanto iria digerir ou simplesmente seria capaz de absorver tudo o que comesse.

A bacia sanitária de assento foi também descoberta no Egito, onde foram encontradas, através de escavações arqueológicas, peças de 2100 A.C. Em escavações no Sri Lanka e na Tailândia, foi encontrado um tipo diferente de bacia, onde a urina era disposta separada das fezes. Em Roma, as bacias sanitárias de instalações públicas também eram bem desenvolvidas. Havia orifícios no piso e logo abaixo passava água corrente. Quando os romanos viajavam, eles montavam as bacias para utilizarem. Estas possuíam um orifício no formato de um “buraco de fechadura”, que permitia sua utilização tanto para defecar como para urinar (PATHAK, 1995).

Durante toda a antiguidade, a bacia sanitária era constituída essencialmente de um assento de pedra, debaixo do qual uma tina ou uma calha com água corrente recolhia os dejetos, conforme mostra a Figura 3.17 (LANDI, 1993).

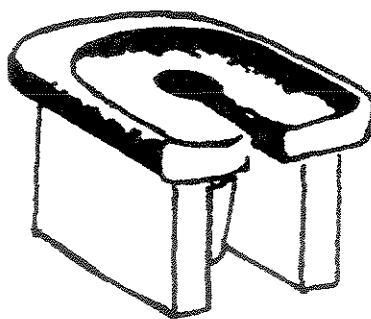


Figura 3.17 Assento em pedra para latrina – Egito, 1350 A.C..
Fonte: LANDI (1993).

O conceito privado não era o mesmo que o moderno, pois haviam locais públicos com baterias destes assentos, nos quais as pessoas exerciam as suas necessidades umas ao lado das outras, sem divisórias, conforme exemplifica a Figura 3.18.

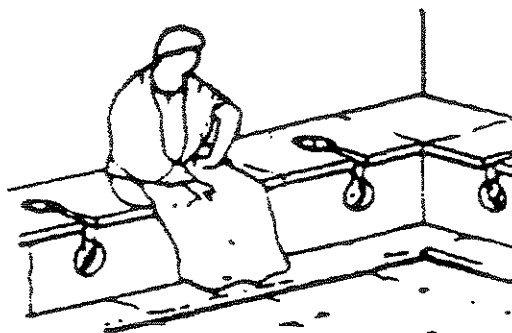


Figura 3.18 Assentos públicos – Roma, 300 A.C..
Fonte: LANDI (1993).

No século V, com a queda do Império Romano, inicia-se a Idade Média, a qual grande parte dos historiadores consideram como uma era de retrocesso geral sob vários aspectos, sociais e culturais. As contribuições para as artes, filosofia, ciências, técnica e cultura eram, em geral, escassas. Nesse panorama geral, os conceitos de higiene e saúde pública foram os aspectos que mais sofreram. Os banhos foram não só desconsiderados, como até repelidos. A dificuldade de obtenção de água foi um fato ainda agravante. Os monastérios representavam os poucos exemplos de preocupação higiênica. Os pés eram lavados semanalmente e, duas ou até quatro vezes por ano se tomava banho. Ao lado do refeitório havia sempre um lavatório para as mãos, abastecido pela água da chuva ou de algum rio.

A solução para o destino dos dejetos era simples: todo o material coletado durante a noite ou dia era simplesmente jogado pela janela. A situação de higiene então era precária. O mau cheiro era reinante nas ruas, com os dejetos esperando a próxima chuva para levá-los, conforme ilustra a Figura 3.19. O consumo diário de água caiu para 1,0 litro por pessoa.



Figura 3.19 Dejetos lançados diretamente à rua – Idade Média.
Fonte: LANDI (1993).

PATHAK (1995) chama este período (entre os anos de 500 e 1500 D.C., aproximadamente) de uma “Era Negra” do ponto de vista da higiene humana. Foi uma “Era” de simples latrinas e dejetos humanos por toda a parte. Na Índia, em fortes e casas nobres, havia patamares onde se defecava e os excrementos caíam no chão ou rio abaixo. Na Europa, utilizavam-se os penicos e latrinas. As pessoas costumavam jogar os dejetos diretamente nas vias públicas.

Apesar da possibilidade de se utilizar a bacia sanitária, as pessoas permaneciam realizando as suas necessidades fisiológicas onde quisessem, quer seja nas vias públicas e espaços abertos, quer seja nos rios. Enquanto as autoridades buscavam ensinar as pessoas onde e como defecar em privacidade e a necessidade de se controlarem quando em público, assim como as crianças a não tocarem os dejetos humanos, não havia hesitação em deixar os animais comerem tais dejetos.

Uma questão que se coloca é a busca da razão pela qual o Homem da Idade Média não reverteu antes este processo de estagnação. Deve-se lembrar que as questões políticas e econômicas eram o centro das atenções do poder, sendo este de caráter absolutista (LANDI, 1993). A grande maioria da população se encontrava em situação miserável, relegada a uma situação de simples servos. Com isso, as preocupações ainda existiam, porém estavam vinculadas às necessidades dos monarcas. Com o Renascimento e o Iluminismo, a busca pelas respostas com a ciência e as pesquisas tomou força e proporcionou, conjuntamente com a queda do Absolutismo e a Revolução Industrial, o desenvolvimento das noções de higiene e a busca pela saúde e bem estar. Vale lembrar que tudo isto ocorre quando a população mundial começa a crescer, o comércio passa a ser uma importante atividade e as possibilidades de ganhos crescem, independentemente do nascimento das pessoas e a que família pertencem.

Para garantir boas condições sanitárias, os governos de vários países, em várias épocas, criaram medidas legais. Em 1519, a província de Normandy, na França, obrigou a utilização de bacias sanitárias em cada residência. Também na França, por um decreto do Parlamento, cada residência foi obrigada a construir uma fossa. Especificamente em Bordeaux, em 1539, o governo

municipal reforçou este decreto. Ainda na França, em 1668, o comandante da Polícia decretou como compulsória a construção/instalação de bacias sanitárias. Na Inglaterra, o primeiro código sanitário foi decretado em 1848. Na Índia, um código com o mesmo intuito foi estabelecido em 1878, sendo somente em 1993 renovado pelo “Sanitation Act”. Apesar desta ação, que considerava, por exemplo, a limpeza manual de latrinas secas uma ofensa, o ato de urinar e defecar a céu aberto continuava a ser comum, mostrando que enquanto uma consciência social adequada não for estabelecida em países em desenvolvimento, onde os instrumentos do Estado são fracos e a renda familiar é baixa, será difícil conseguir progressos significantes nesta área (PATHAK, 1995).

Segundo LANDI (1993), a bacia sanitária é o aparelho mais importante de um banheiro. As soluções mais antigas para esse aparelho se constituíam de um móvel de madeira, na forma de uma poltrona ou trono, por vezes luxuosamente trabalhado. Na parte interna desse móvel, um recipiente recolhia os dejetos, conforme ilustram as Figuras 3.20 e 3.21.

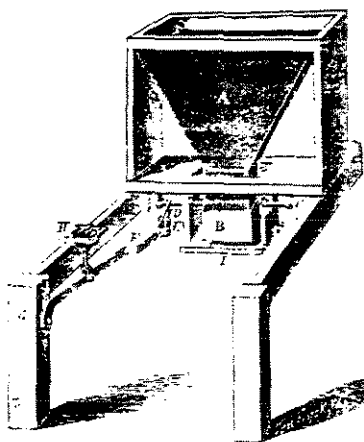


Figura 3.20 Sistema de descarga com terra seca.
Fonte: LANDI (1993).

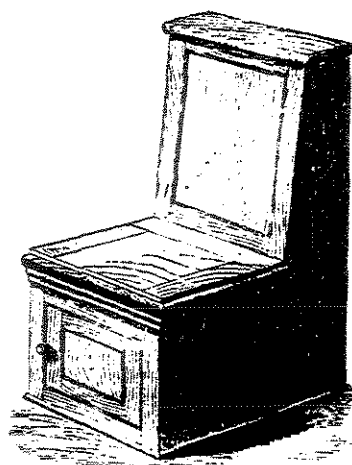


Figura 3.21 Gabinete para o sistema de descarga.
Fonte: LANDI (1993).

A fim de reduzir os odores do ambiente e facilitar a posterior remoção, evitando aderências às paredes, o recipiente era parcialmente cheio com água. Esse princípio de manter uma porção com água manteve-se nos aparelhos automatizados que se seguiram. Não tinham, no começo, um sentido de sifão, mas logo se percebeu essa importância também.

Apesar do conceito errado de que os odores é que geravam as doenças, foi ele bastante positivo, porque a busca de soluções para redução dos odores conduziu a aparelhos e sistemas que diminuíram as chances de contaminação da água. Como prevenção de odores, muitas casas procuravam construir apenas a casa de banhos no interior da edificação, ficando a latrina do lado de fora, na forma de uma edícula.

À medida que o sistema público de distribuição de água se expande e passa a atingir mais casas, novos sanitários passam a ser inventados. O fato de se dispor de água corrente sugere aos inventores que, ao invés de recolherem os vasos camuflados pelos “tronos”, era preferível pensar num tipo de vaso cujo fundo se abrisse para lançar no tubo de esgoto a água com os dejetos e, em seguida, se fechasse novamente, para receber mais um pouco de água e restabelecer as condições de uso.

A primeira bacia sanitária com esse enfoque, na verdade, não tinha fundo móvel mas era dotada de um sifão, onde podiam ser recolhidos os dejetos. Não era a função de sifão que interessava, mas a de recolher os dejetos em meio aquoso. Após o uso, uma descarga de água deveria empurrar todo o resíduo da bacia para fora e repor novamente o fundo de água limpa.

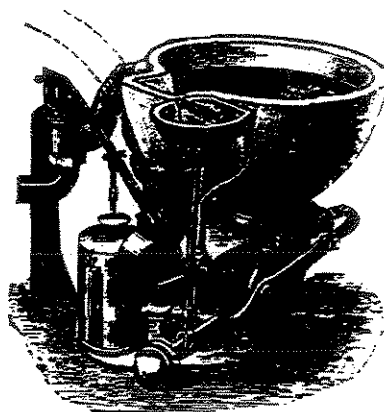
A segunda metade do Século XIX, assiste então a uma sucessão de eventos que conviveram simultaneamente. Uma das primeiras adaptações resultou no modelo *Artisan*, que já passa a ter uma forma melhor desenvolvida para o fim a que se destina uma bacia sanitária. Possui também uma entrada permanente para água de lavagem, além de um sifão construído em separado, independente da bacia, em chumbo, de maneira a ligá-la a um tubo de queda.

De acordo com LANDI (1993), o sifão da bacia sanitária já havia sido inventado em 1575, e, por sua vez, o fenômeno da sifonagem era conhecido desde os gregos, que o empregaram com frequência; mas, apesar de conhecido o dispositivo, faltava ainda uma estrutura econômica consumidora e produtora capaz de estimular a sua disseminação. Passaram-se mais dois séculos antes que fossem realmente empregados. A sua patente, revelando interesses econômicos, é do final do Século XVIII. Em 1775, Cummings concebeu uma bacia sanitária com um fundo de água (sifão) e um sistema de haste que permitia descartar os dejetos.

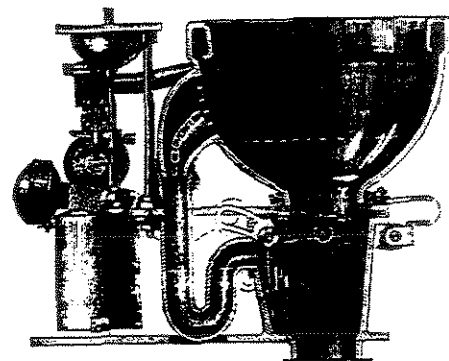
A primeira bacia sanitária, no sentido moderno de que é capaz de prover a própria limpeza, foi inventada por um inglês chamado Joseph Bramah, em 1788 (ver Figura 3.22). O modelo sobreviveu por mais de cem anos e ficou sendo conhecido como *bacia de válvula*. Sofreu diversas modificações ao longo dos anos, mas os seus princípios básicos se mantiveram. Ainda neste século foi bastante empregada em trens e aviões. O seu nome deriva de uma válvula que retém água na bacia e não da válvula de alimentação do aparelho. Ela é o fundo da bacia e pode ser acionada por uma empunhadreira. Um sifão lateral se destinava a recolher a água em excesso e, ao mesmo tempo, manter um fecho hídrico. A água era fornecida por uma caixa de descarga, que podia ser de canto ou de parede, com volume de 14,0 ou 9,0 litros. A água era descarregada à vazão de 4,0 l/s.



Vista 1



Vista 2



Vista em corte

Figura 3.22 Bacia sanitária tipo “*valve closet*” – Inventor: Bramah, 1788.
Fonte: LANDI (1993).

Outro modelo, inventado por Pearson, fazia uso de uma bacia sanitária com dois recipientes, sem sifão. Um recipiente recebia os dejetos e o outro controlava a operação. A água ficava no mesmo nível nas duas bacias, retida por uma válvula. Após o uso, alcançando-se a empunhadura, a válvula era aberta, dando passagem aos dejetos. A água nova preenchia a bacia até que uma bóia estrangulava a entrada. Um tubo lateral garantia escape para a água, quando esta ultrapassasse o nível de referência. Não havia, portanto, uma garantia de limpeza para este tubo e através dele podia haver retorno de odores.

PATHAK (1995) define o século XVIII como o “século das bacias sanitárias”. Apesar da invenção da bacia sanitária que utilizava água para sua limpeza interna, por John Harrington em 1596, esta só foi utilizada em larga escala após cerca de 182 anos. Assim, durante o período que antecedeu a utilização de bacias com água, utilizava-se terra para a limpeza interna. Portanto, permanecia a necessidade da limpeza manual. Ocorria também a utilização de penicos, “assentos fechados”, além de se urinar e defecar a céu aberto. Apesar disto, a bacia criada por Harrington estava começando a ser utilizada na França, com o nome de *Angrez*, não sendo introduzida em larga escala na Inglaterra.

Em 1738, J. F. Brondel apresentou a bacia sanitária com válvula de descarga, sendo que em seguida Alexander Cummings, em 1775, melhorou esta tecnologia, fazendo com que um pouco de água permanecesse no poço da bacia, evitando odores. Com isso, continuaram as pesquisas para se melhorar o trabalho da válvula de descarga e a permanência de água no poço da bacia. Joseph Preiser, em 1777, conseguiu alguns avanços neste sentido. Em 1778, Joseph Bramah aperfeiçoou a válvula de descarga, introduzindo uma espécie de manivela para o acionamento. Até então, o mundo não havia testemunhado tamanho desenvolvimento tecnológico nesta área. Finalmente, em 1870, S. S. Helior desenvolveu a bacia sanitária com canais para descarga de água, uma melhoria do projeto de Blummer. De 1880 até os dias atuais, a ênfase no desenvolvimento das bacias sanitárias passou a ser basicamente a estética, exceto por algumas mudanças na forma e no volume de água utilizado nas descargas.

Para a higiene pessoal, os ricos utilizavam algodão ou cânhamo, enquanto os pobres capim, areia, água ou até mesmo rocha, dependendo da região e condições climáticas, assim como dos costumes sociais. A solução final para tal problema ocorreu em 1857, quando Joseph Cayetty inventou o papel higiênico, nos Estados Unidos.

De acordo com LANDI (1993), um outro modelo, inventado em 1870 por Jennings, ilustrado da Figura 3.23, empregava um conjunto pistão-cilindro para limpeza da bacia. Esse modelo teve muito sucesso por vinte anos, mas exigia muita manutenção.

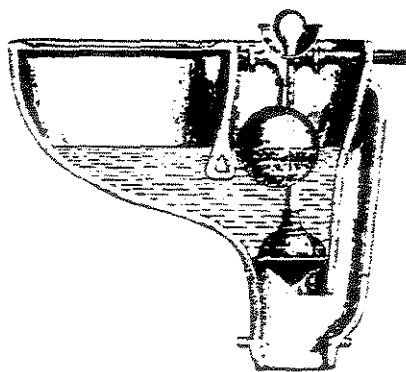


Figura 3.23 Bacia sanitária sem sifão – Inventor: Jennings, 1870.
Fonte: LANDI (1993).

Ao final do século XIX, as bacias sanitárias haviam se consolidado em dois modelos básicos: sifônicas e com jato (ver Figura 3.24). Utilizando-se do princípio da auto-sifonagem, tanto Jennings quanto Waring inventaram uma bacia.

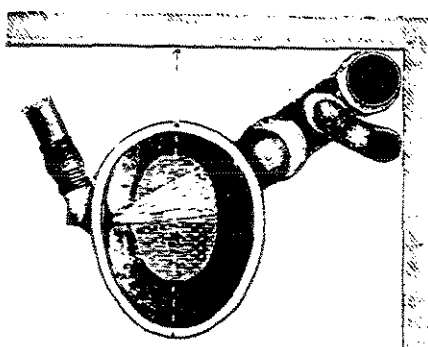


Figura 3.24 Bacia sanitária com jato.
Fonte: LANDI (1993).

Alguns exemplos de tipos de características hidráulicas empregadas em bacias sanitárias são apresentados nas Figuras 3.25 a 3.28.

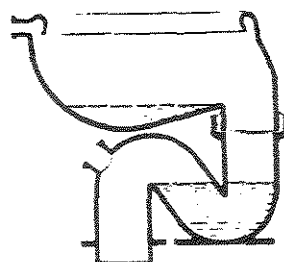


Figura 3.25 Fundo chato – dejetos vão para o sifão após a descarga.
Fonte: LANDI (1993).

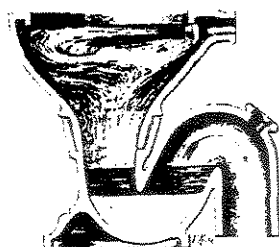


Figura 3.26 Descarga com vórtice.
Fonte: LANDI (1993).

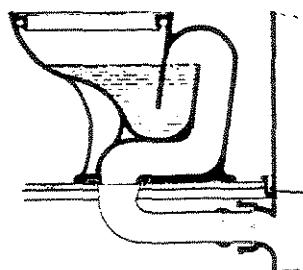


Figura 3.27 Descarga com sifonagem.
Fonte: LANDI (1993).

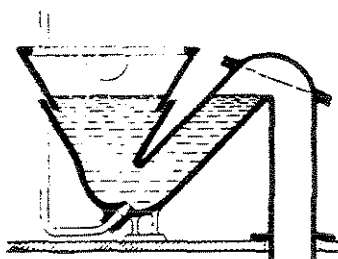


Figura 3.28 Descarga com jato.
Fonte: LANDI (1993).

Segundo PATHAK (1995), a necessidade da construção e utilização de um ambiente da residência destinado à higiene corporal, ou seja, o banheiro, tornou-se evidente por volta de 1900. Na Índia, já em 1556, os reis construíram luxuosos banheiros, para aliviarem-se do calor e da poeira. Entretanto, fica claro que tal ambiente só era então utilizado pelos ricos, enquanto os cidadãos comuns viviam em precárias condições sanitárias.

No século XX os banheiros ganharam um local especial nas residências e grandes dimensões. Entretanto, a utilização dos banheiros e das bacias sanitárias resolveu apenas o problema da limpeza no interior das residências, enquanto nas cidades permanecia o desafio de como dispor os dejetos humanos. Haussmann, em 1858, descreveu os sistemas públicos de tubulações, fazendo uma analogia aos sistemas do corpo humano: “as galerias subterrâneas, que são os órgãos da grande cidade, irão trabalhar de maneira similar aos órgãos do corpo humano, sem serem vistos. A água pura e fresca, o calor e a luz irão circular como os vários fluidos cujo movimento e manutenção são necessários para a garantia da vida. As secreções não serão dispostas misteriosamente, para que se mantenha a saúde pública, sem distúrbios à ordem e sem danificar a beleza da cidade”. À mesma época, o sistema de coleta de esgotos foi introduzido em Calcutá, capital da Índia Colonial, porém mantém-se até hoje com pouca extensão de construção pelo país.

No início do Século XX, todos os modelos antigos de bacias sanitárias são substituídos por bacias de cerâmica, com pedestal e local para a fixação da tampa, tais como os que são conhecidos na atualidade (LANDI, 1993).



Figura 3.29 Bacia sanitária tipo “pedestal”, com caixa elevada de canto.
Fonte: LANDI (1993).

De acordo com PATHAK (1995), a bacia sanitária é um elo crítico entre um ambiente em ordem ou em desordem, um ambiente bom ou mau. Um exemplo interessante é o da Índia. Neste país, a cada dia, 900 milhões de litros de urina e 135 milhões de quilogramas de matéria fecal são lançados ao ambiente, sem um sistema de coleta e disposição adequados, trazendo grandes riscos à saúde pública, como epidemias. A infra-estrutura básica está disponível para cerca de 30% da população urbana, sendo que apenas 3% da população rural tem acesso a algum tipo de bacia sanitária/latrina. Com isso, cerca de 67% da população total defecam a céu aberto.

Fica evidente a importância do estudo da bacia sanitária, devido aos perigos à saúde que os dejetos humanos trazem, podendo-se dizer que a higiene ambiental, se não mais, é tão importante quanto problemas como alfabetização, emprego e pobreza. Vale lembrar que quando somam-se as pessoas atingidas por um destes problemas, o da higiene ambiental mostra-se mais crítico.

Com o relatado pelos dois estudos citados anteriormente, pode-se notar a recente utilização da bacia sanitária em cerâmica, a qual ocorre a partir do início do Século XX. Basicamente, as bacias atuais podem ser divididas em 4 tipos (STEELE, 1999):

1. tipo “*siphon jet*”, que possui um jato que direciona o fluxo de água para a entrada do sifão (identificado com a letra C, na Figura 3.30). Este tipo de bacia tem uma grande área molhada (A) e o fecho hídrico (B) profundo. Geralmente, a furação da argola desta bacia é executada de tal forma a proporcionar, com a descarga de água, um movimento de vórtice ou similar, que em conjunto com o jato direcionado ao sifão, proporciona um bom desempenho, com baixos ruídos;

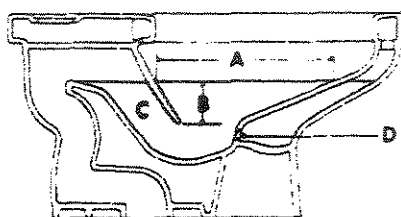


Figura 3.30 Bacia sanitária tipo “*siphon jet*”.
Fonte: STEELE (1999).

2. tipo “*reverse trap*”, muito similar à “*siphon jet*”, exceto pela menor área molhada (identificado pela letra A, na Figura 3.31) e menor diâmetro do sifão (C), além do fecho hídrico (B) também de menor altura. Devido a estas diferenças de dimensões, menor quantidade de água é necessária para um funcionamento eficiente. Esta pode ser considerada o modelo econômico do tipo “*siphon jet*”.

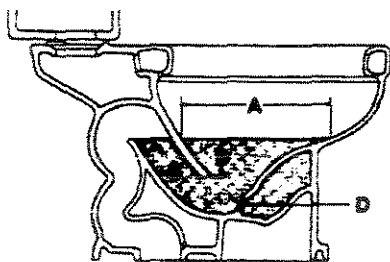


Figura 3.31 Bacia sanitária tipo “*reverse trap*”.
Fonte: STEELE (1999).

3. tipo “*washdown*”, que possui uma construção mais simples que os demais tipos. Seu funcionamento depende primordialmente da ação sifônica, auxiliada pela existência de um jato que impulsiona água para o sifão (ver Figura 3.32).

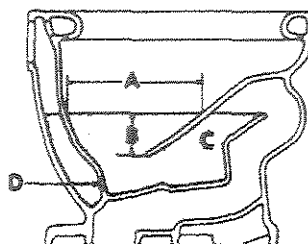


Figura 3.32 Bacia sanitária tipo “*washdown*”.
Fonte: STEELE (1999).

4. tipo “*blowout*”, cujo funcionamento depende basicamente da ação do jato de água direcionado ao sifão, em relação à ação sifônica. Possui grande área molhada (identificado pela letra A, na Figura 3.33), fecho hídrico (B) profundo e grande diâmetro do sifão (C). Uma boa aplicação desta bacia é em ambientes públicos, como escolas, escritórios e edifícios públicos em geral.

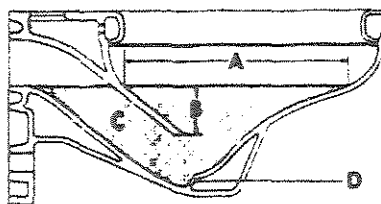


Figura 3.33 Bacia sanitária tipo “*blowout*”.
Fonte: STEELE (1999).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias de sistemas de descarga, de materiais e de formas, o início do Século XXI traz consigo uma série de novas bacias sanitárias buscando, além de bom desempenho, economia de água, pela substituição das bacias que originalmente utilizavam 7,0 e 5,0 galões (respectivamente, cerca de 26,3 e 18,8 litros) pelas de 3,5 e 1,6 galões (respectivamente, cerca de 13,1 e 6,0 litros). Tecnologias como as novas caixas acopladas com sistema de descarga pressurizada, caixas com volumes distintos de descarga para dejetos sólidos

e líquidos (*dual flush*) e materiais e sistemas higiênicos novos estão sendo difundidas e empregadas (LOVE, 1998).

Um exemplo é o da bacia da fabricante japonesa *TOTO* que, além do desenho arrojado, possui uma superfície extremamente lisa, o que minimiza os problemas de limpeza interna, além de incorporar um assento com aquecimento e que traz um dispositivo para substituição da ducha higiênica e do bidê (TOTO, 2001).



Figura 3.34 Bacia sanitária *TOTO*.
Fonte: (TOTO, 2001).

Vale citar também um modelo de bacia sanitária criada por uma empresa denominada Roovac (ROEVAC, 2000). O diferencial desta bacia sanitária, denominada *ROEDIGER NO MIX TOILET*, é o fato de proporcionar a separação dos dejetos humanos líquidos dos sólidos. Esta bacia busca também reduzir o consumo de água utilizado nas descargas e a possibilidade de utilização dos dejetos humanos líquidos na geração de fertilizantes para a agricultura. Para a eficaz aplicação, este líquido não deve ser diluído em água, o que comumente ocorre com as bacias e mictórios convencionais.

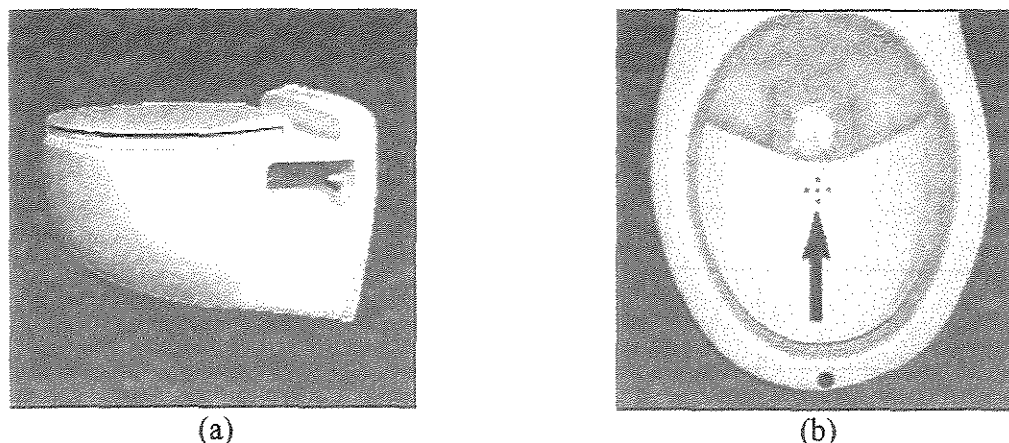


Figura 3.35 Bacia sanitária *Roediger*: (a) Vista lateral; (b) Ponto de coleta dos dejetos líquidos.

Fonte: ROEVAC (2000)

Esta bacia sanitária possui a aparência e a forma de utilização de uma bacia convencional, exceto pelo fato que os usuários masculinos devem sempre utilizá-la sentados. Existem duas saídas distintas, sendo uma para dejetos sólidos e papéis (junto à parte de trás da bacia sanitária) e outra para dejetos líquidos (localizada no centro da bacia sanitária (Figura 3.35 (b)), permanentemente fechada por um tampão móvel (Figura 3.36).

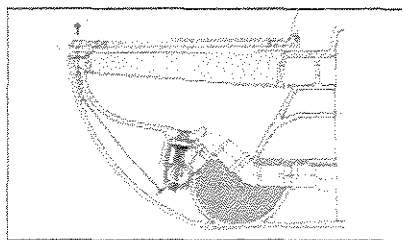


Figura 3.36 Bacia sanitária *Roediger* sem utilização

Fonte: ROEVAC (2000)

Quando o usuário inicia a utilização, ao assentar-se na bacia sanitária, este tampão móvel abre-se automaticamente, propiciando a entrada dos dejetos humanos líquidos para uma tubulação exclusiva. (Figura 3.37).

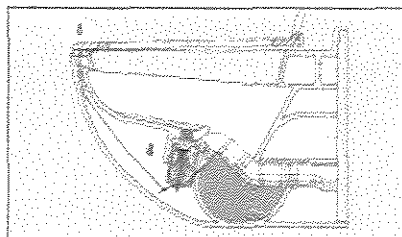


Figura 3.37 Bacia sanitária *Roediger* em utilização: coleta de dejetos humanos líquidos.
Fonte: ROEVAC (2000)

Ao finalizar-se a utilização, o usuário levanta-se, fechando automaticamente o tampão móvel. A água advinda da descarga é direcionada apenas para o transporte dos dejetos sólidos localizados na parte posterior da bacia sanitária (Figura 3.38).

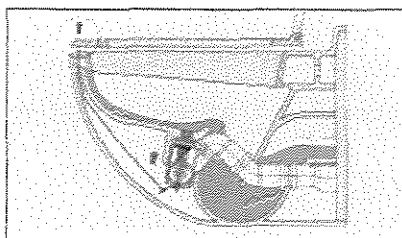


Figura 3.38 Bacia sanitária *Roediger* em utilização: descarga de água.
Fonte: ROEVAC (2000)

3.3 Utilização de Bacias Sanitárias de Volume de Descarga Reduzido

Segundo SHIGEFUJI *et alii* (1999), a utilização de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido no mundo está bastante difundida. Os países europeus possuem uma longa história no desenvolvimento destas bacias. Por volta de 1980, ocorreu na Alemanha a padronização da utilização das bacias com 6,0 litros de descarga. A Austrália também utiliza a mesma limitação de volume de descarga máximo, de 6,0 litros. Em Singapura, este volume máximo é de 4,5 litros. A República Popular da China também anunciou um programa de estímulo à utilização de bacias sanitárias economizadoras, em Junho de 1999. OLSSON (1987) afirma que desde 1970 a Suécia vem desenvolvendo e utilizando bacias sanitárias de 6,0 litros.

Verifica-se assim, que a preocupação com a utilização racional da água é mundial, pois vários países adotaram ações e programas neste sentido. Destaca-se entre estes países os Estados Unidos onde, com o lançamento do Energy Policy Act – EPA, em 1992, foram estipulados os valores máximos de consumo a serem adotados nos equipamentos/aparelhos sanitários nacionais (KONEN, 1997).

Vários programas e pesquisas buscando o uso racional da água, mantendo-se a qualidade dos serviços, foram implantados nos Estados Unidos, dentre os quais valem ser ressaltados aqueles desenvolvidos nas cidades de Tampa e de Nova Iorque.

Em 1993, na cidade de Tampa, o Departamento de Água desenvolveu uma pesquisa em um edifício institucional (escola) e em um multi-familiar (condomínio de prédios), analisando problemas com perdas (vazamentos) e trocando os aparelhos sanitários tradicionais por aparelhos economizadores de água, mostrando que os investimentos nestas ações são realmente compensadores, mesmo do ponto de vista econômico, com reduções de 17% nos apartamentos e 53% no consumo da escola, onde também foi analisado o nível de satisfação dos usuários (alunos, moradores, encanadores) com as medidas adotadas (AYRES ASSOCIATES, 1993).

Em março de 1994, o Departamento de Proteção Ambiental da cidade de Nova Iorque começou um programa de troca de bacias sanitárias convencionais (volume de descarga em torno de 18,8 litros) por componentes com volume de descarga reduzido (6,0 litros), em apartamentos e residências. O programa contou com cerca de 1.100.000 unidades trocadas até novembro de 1996, tendo também a preocupação do atendimento aos requisitos de qualidade de funcionamento (WESTAT, 1996).

CUMMINGS; BONOLLO (1999) mostram que o continente australiano é o segundo mais seco do mundo, com mais de 70% de sua superfície constituída por desertos ou regiões semi-áridas. As maiores cidades sofrem periodicamente com falta de água, levando a restrições ao uso deste insumo, além da área rural, que passa regularmente por períodos de seca severa.

Com isso, os habitantes em geral aceitam aparelhos que buscam a preservação do ambiente, como a bacia sanitária com dois volumes de descarga.

Ainda assim, até a década de 70, os volumes empregados neste tipo de aparelho sanitário não eram, como poderia ser esperado pelos já comentados fatores naturais e sociais, menores do que os utilizados em outros países. Esta preocupação em se reduzir os volumes empregados nas descargas das bacias sanitárias tem sido conduzida pelas autoridades e pelo governo.

Por sua vez, o sistema de descarga com dois volumes (*dual flush*) busca proporcionar a opção ao usuário de se utilizar uma descarga completa, quando for necessária a remoção de sólidos e papéis, além de uma descarga reduzida, para a remoção de líquidos. Esta tecnologia não é recente. Na Austrália, caixas de descarga que possibilitavam a utilização de dois volumes de água para fazer a limpeza da bacia sanitária já podiam ser encontradas no início da década de 80. Entretanto, o sistema de acionamento destas caixas, que utilizava apenas um botão, foi considerado inadequado e restringiu muito a sua utilização. Para acionar a descarga completa, pressionava-se o botão, segurando-o até o término do ciclo de descarga, e para a descarga reduzida era necessário apenas o simples acionamento do botão. Alguns problemas foram observados quando da utilização da descarga completa, pois os usuários não seguravam o botão durante o período de tempo necessário, gerando problemas na limpeza do poço e das paredes da bacia. Para solucionar tal problema, foi desenvolvido um sistema com dois botões, um para cada volume de descarga.

Na metade da década de 80, os estudos realizados pelo *Water Efficient Appliances and Plumbing Group* (WEAP), responsável pela redução do uso de água em ambientes sanitários, especificamente de aparelhos utilizados em banheiros, destacaram que a bacia sanitária era responsável por, em média, 32% do consumo total de uma residência, e que portanto oferecia o maior potencial de redução no uso da água, sendo este fato ratificado pela utilização de bacias com 6,0 litros de descarga em outros países (CUMMINGS; BONOLLO, 1999).

Assim, em 1986, numa iniciativa do WEAP e do Conselho da cidade de Brisbane, ocorreu uma investigação em campo denominada “*Investigation of reduced flushing volumes in sewer systems*”, onde a empresa Caroma, produtora de louças sanitárias, desenvolveu 5 tipos de bacias com sistemas de dois volumes de descarga, as quais foram instaladas em campo. As taxas de redução de consumo, em relação a uma bacia de 11,0 litros de descarga, são apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Volumes utilizados nas bacias sanitárias.

Volumes de descarga (litros)	Redução de consumo (%) ⁽¹⁾
11,0/5,5	26,09
9,0/4,5	39,56
7,5/3,0	53,22
6,0/3,0	59,71
5,0/2,5	66,39

⁽¹⁾ em relação a uma bacia de 11,0 litros de descarga.

Fonte: CUMMINGS; BONOLLO (1999).

Em paralelo, foi verificada a capacidade de transporte dos sólidos em um coletor público de 40 metros de comprimento e 100mm de diâmetro, transparente, disposto com declividades de 2,50 e 1,65%. Através de inspeções periódicas, não foram notados problemas de entupimentos neste coletor.

Notou-se ainda que, quando eram utilizados volumes de 11,0 e 9,0 litros de descarga, estes removiam os sólidos e papéis descarregados a cada descarga para fora do coletor. Quando se utilizavam volumes de 6,0 e 5,0 litros, ocorria a deposição regular de sólidos, porém o coletor ficava completamente limpo após as subseqüentes descargas de 3,0 ou 2,5 litros.

A partir deste estudo de campo, outros foram realizados, pois o Comitê responsável pela possível implementação das bacias de dois volumes de descarga escolheu a bacia com caixa de descarga de 6,0/3,0 litros como a melhor opção a ser implementada nas novas instalações, a partir

de Janeiro de 1993, desde que cada cidade verificasse o que ocorreria em seus sistemas de coleta de esgoto. Para a verificação disto, as áreas envolvidas (223 localidades em 3 cidades do oeste da Austrália), além de outros testes em Melbourne e Brisbane, utilizaram as bacias com caixas de descarga de 6,0/3,0 litros e verificaram o que ocorria nos coletores públicos, utilizando-se circuitos fechados de televisão nas tubulações, confirmando o que havia sido verificado no estudo de Brisbane, já citado. Foi verificado que o volume médio único de descarga correspondente às descargas de 6,0 e 3,0 litros da caixa de descarga estudada correspondia a 3,8 litros (volume observado com as medições em campo), contra os 3,6 litros levantados teoricamente.

Foi ainda buscado o desenvolvimento das bacias de acordo com os resultados do levantamento de campo, chegando-se a alguns critérios de projeto: maximizar a área molhada do poço da bacia, minimizar o volume do poço, maximizar a seção do sifão, otimizar o desempenho da argola e da bacia, maximizar a velocidade do fluxo da caixa de descarga para a bacia, garantir a confiabilidade do mecanismo do sistema de dois volumes de descarga, além do emprego de um custo que possa abranger todos os segmentos do mercado. Um ponto interessante é que, para a verificação do desempenho das bacias, segundo as normas australianas de 1993, a altura do fecho hídrico das bacias não é um dos pontos principais a serem analisados.

Outros estudos abordando a utilização de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido e outros aparelhos economizadores de água podem ser citados: NELSON (1992), LANT (1993), ANDERSON; SIEGRIST (1989) e PERKINS; MUNVES (1993).

Também no Brasil têm sido desenvolvidos estudos similares, envolvendo universidades, institutos de pesquisa e concessionárias de água. A SABESP, em conjunto com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com a implantação dos Programas de Uso Racional da Água (PURA) em diversas tipologias de edificação, como escolas, edifícios de apartamentos, hospital, conseguiu bons resultados, apontando reduções de consumo variando de 6% a 93%, dependendo do tipo de edificação estudada (SABESP, 1998).

Vale ser citado também o Programa de Conservação de Água que está sendo desenvolvido no *campus* da Universidade Estadual de Campinas, onde os primeiros resultados indicaram reduções de 9,3 a 72,6% no consumo médio diário e 10,0 a 26,2% no consumo médio mensal, com o conserto de vazamentos e substituição de componentes tradicionais por economizadores de água (ILHA *et alii*, 2000).

Os resultados apresentados em OLIVEIRA Jr. *et alii* (2001), os quais serão descritos e analisados nos capítulos seguintes, evidenciam um potencial de redução no consumo de água de cerca de 20%, em média, independente do sistema de alimentação da bacia (válvula ou caixa de descarga) utilizado.

Para o estudo dos aparelhos convencionais a serem substituídos por economizadores de água, é de suma importância a caracterização relativa do consumo de cada um, de forma a priorizar as ações a serem implementadas.

No Anexo A1 são apresentadas algumas estimativas da distribuição do consumo de água no setor doméstico, em centros urbanos, onde fica evidente a importância da parcela representada pelas bacias sanitárias frente aos demais aparelhos, sendo por isso um equipamento normalmente priorizado nos estudos visando a redução do volume de água consumido nos sistemas prediais. Isto assume uma importância maior quando dados são relacionados ao disposto pela SABESP *apud* ROCHA *et alii* (1998), mostrando que o consumo residencial responde por cerca de 80% do total consumido nos centros urbanos no Brasil.

Segundo ROCHA (1990), é importante lembrar que a bacia sanitária deve ser entendida como um sistema, devendo ser verificada a adequabilidade do dispositivo de descarga, onde a partir de diferentes combinações (bacia e válvula, bacia e caixa), obter-se-ão sistemas de bacias sanitárias distintos.

A definição das características físicas de uma bacia necessita dos parâmetros vazão/volume de descarga, demonstrando que deve-se sempre analisar o “sistema bacia sanitária”.

Merecem destaque, como exemplos de estudos desenvolvidos no Brasil para a avaliação de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, aqueles desenvolvidos por ROCHA (1990) e SANTOS *et alii* (1998).

ROCHA (1990) estudou o *sistema bacia sanitária*, buscando levantar os problemas que a redução do volume de descarga pode causar no desempenho do sistema predial de esgoto sanitário, prejudicando a sua eficiência. Este autor propôs parâmetros geométricos e hidráulicos a serem considerados quando do desenvolvimento de bacias sanitárias economizadoras de ação sifônica.

SANTOS *et alii* (1998) desenvolveram um trabalho relativo à análise do funcionamento de bacias sanitárias convencionais com diferentes volumes de descarga, comparativamente ao desempenho de bacias economizadoras de água. As bacias convencionais (12,0 litros) foram abastecidas por caixas de descarga com volumes de 12,0, 9,0 e 6,0 litros e, as economizadoras, com 6,0 litros. Os testes foram realizados segundo a NBR 9060 (ABNT, 1997c) e, para os critérios de aprovação, foi empregada a NBR 6452 (ABNT, 1997a).

Os resultados desse trabalho indicaram que as bacias **convencionais**, quando abastecidas por caixas de descarga de 12,0 litros, tiveram um índice de 70% de aprovação em laboratório e, quando abastecidas por caixas de 9,0 litros, o índice de aprovação foi de 50%. Todas as bacias convencionais com caixas de 6,0 litros foram reprovadas. Todas as **bacias com volume de descarga reduzido**, seguindo os mesmos critérios, foram aprovadas.

Conforme SANTOS (1998), o impacto junto ao sistema predial de esgoto sanitário, quando da utilização dos aparelhos, sejam convencionais ou economizadores de água, deve ser avaliado, buscando-se a perfeita integração entre as partes constituintes deste sistema. Este autor também refere-se à preocupação frente ao desempenho global do sistema, objetivando a otimização do desenvolvimento de projetos onde consiga-se economia de materiais sem desconsiderar a qualidade (conforto e higiene) durante o uso.

Nos Estados Unidos, análises como a feita por KONEN (1997), mostram a intensificação dos estudos e a procura na utilização maciça, em cidades como Nova Iorque e Los Angeles, de aparelhos economizadores de água, de bacias sanitárias VDR (Volume de Descarga Reduzido), com volume máximo de descarga fixado em 6 litros, de acordo com a Legislação Federal de 1992.

3.4 Avaliação do Desempenho das Bacias Sanitárias

A preocupação em se avaliar, no laboratório, o desempenho que uma bacia sanitária apresentará em campo, já era demonstrada no Século XIX. Segundo (LANDI, 1993), o Board of Health of England exigia o seguinte desempenho das bacias sanitárias, em 1852:

1. Remoção completa dos dejetos;
2. Sifão que evite retorno de odores;
3. Consumo da menor quantidade de água possível para uma perfeita lavagem e manutenção do sifão;
4. Durabilidade ou garantia contra entupimento, quebra, etc.;
5. Fácil manutenção;
6. Baixo custo quando produzida em larga escala.

Segundo este mesmo autor, Hellyer, ampliando o conceito de desempenho, propôs o seguinte ensaio: “uma boa maneira de verificar se uma bacia sanitária é eficiente, é jogar no interior da mesma, cerca de uma dúzia de pedaços de papel amassados com os dedos e um pouco de negro de fumo: se a bacia ficar inteiramente limpa, por uma só descarga de água do seu aparelho de válvula ou de uma caixa de 14,0 litros e os pedaços de papel atravessarem o sifão e o tubo de queda, a bacia pode ser considerada perfeita”.

Entretanto, a padronização e o desenvolvimento de métodos de ensaio para a avaliação do desempenho das bacias sanitárias ocorre basicamente no final do Século XX.

Segundo ILHA; KONEN (2000), a introdução de testes para avaliar o desempenho funcional de bacias sanitárias nas normas deste produto nos Estados Unidos ocorreu somente em 1982. Nesta época, com a finalidade de diminuir o consumo de água em residências em cerca de 25%, foi desenvolvido um estudo envolvendo o governo, a indústria de louças sanitárias e órgãos de pesquisa (universidades e laboratórios). O *Stevens Institute of Technology* foi designado para proceder a investigação do desempenho funcional de bacias sanitárias que utilizassem no máximo 3,5 galões por descarga (cerca de 13,1 litros por descarga).

Com este estudo, os pesquisadores do referido instituto de pesquisa americano chegaram à conclusão de que três itens seriam os mais importantes e deveriam ser testados em laboratório: remoção de sólidos, lavagem de parede e troca de água.

Segundo (KONEN, 1982), para a avaliação da remoção de sólidos, foram propostas as seguintes mídias²: esferas de polipropileno, grânulos de polietileno e cilindros de borracha. Para avaliação da eficiência na lavagem das paredes, foi proposto um teste em que é traçada uma linha em todo o perímetro interno do poço da bacia, com caneta com tinta solúvel em água, a uma distância fixa da argola da bacia e, para a troca de água, foi proposto um teste em que é adicionado um corante (azul de metileno) na água do poço da bacia, sendo retirada uma amostra

desta solução para ser comparada com outra a ser retirada do poço da bacia imediatamente após a descarga. Estes testes e materiais foram aceitos pelo Comitê de Normalização da *American Society of Mechanical Engineers* (ASME), ainda em 1982 e a norma referente foi publicada .

Em 1992, com a publicação do “*Energy Policy Act*”, foi estabelecido o volume de descarga máximo de 1,6 galões (cerca de 6,0 litros) para bacias de ação sifônica, além das vazões máximas a serem empregadas em mictórios, duchas, torneiras e aeradores. Esta legislação federal entrou em vigor à partir de Janeiro de 1994.

Conforme ressaltado por ILHA; KONEN (2000), no caso das bacias sanitárias, a busca por aparelhos eficientes e que economizassem água provocou grandes mudanças nas características hidráulicas e dimensionais desses aparelhos. Ao se comparar a vazão característica de uma bacia sanitária americana de 4,0 galões por descarga (cerca de 15,0 litros por descarga) com uma bacia de 1,6 galões por descarga, vê-se que a primeira levava cerca de 16 segundos para descarregar todo o volume, com um pico de vazão próximo de 1,5 l/s, enquanto a segunda leva cerca de 4 segundos para descarregar os 6,0 litros, com um pico de vazão de cerca de 2,0 l/s. Com relação às mudanças dimensionais das bacias sanitárias americanas, pode-se citar que de 1990 a 1998 ocorreu redução de cerca de 83% na área molhada mínima e 29% na secção transversal do sifão.

Inserido nesse contexto, tem sido constantemente pesquisada a capacidade de remoção e transporte dos sólidos (principalmente o potencial de entupimento) que as bacias economizadoras apresentam. Para a verificação da ocorrência de entupimentos, foi desenvolvido pelo *Stevens Institute of Technology*, há alguns anos atrás, um teste que utiliza várias mídias diferentes ao mesmo tempo: esponjas artificiais, esponjas naturais, cilindros de borracha e papel, que juntos possuem uma massa representativa. Os testes em bacias convencionais (3,5 galões por descarga) e economizadoras mostraram uma diferença estatisticamente significativa, com relação à ocorrência de entupimentos. Outros problemas foram detectados, como a deposição de materiais

² mídia é entendido, neste trabalho, como todo material a ser utilizado em ensaio

no fundo do poço após a descarga e a questão da troca d'água (STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 1999).

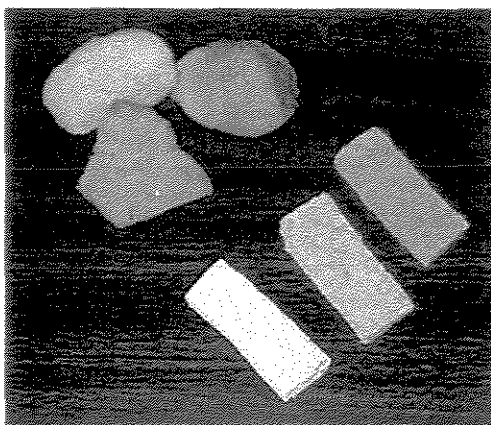


Figura 3.39 Esponjas naturais e sintéticas.

Segundo ILHA; KONEN (2000), em um estudo de campo realizado na Califórnia, verificou-se, com a troca das bacias convencionais por economizadoras, um aumento na frequência de descargas (de 3,2 para 3,7 descargas por dia por pessoa) e no número de descargas duplas. Em um estudo similar, em Tampa, na Flórida, verificou-se também um aumento na frequência de acionamentos (de 3,8 para 4,5 descargas por dia por pessoa). Ainda, foi levantado que 20% dos proprietários achavam que a bacia VDR tinha um desempenho inadequado. De 30 a 60 dias após a utilização da nova bacia, este número caiu para cerca de 8%, demonstrando uma aceitação geral do desempenho dos aparelhos economizadores. Um outro estudo, conduzido no Aeroporto Internacional de Denver, mostrou um aumento na frequência de chamadas do serviço de manutenção para solucionar problemas com as bacias.

No Brasil, resultados preliminares do estudo apresentado nesta dissertação, os quais podem ser encontrados em GONÇALVES *et alii* (2000) e que serão detalhadamente abordados nos capítulos seguintes, indicam a ocorrência de descargas duplas em cerca de 50% das residências nas quais a bacia convencional foi substituída por uma economizadora. ILHA *et alii* (2001) apresentam uma comparação entre o desempenho das bacias empregadas no referido estudo no laboratório (testes de remoção e transporte de sólidos) e em campo (detecção de descargas duplas e resposta a questionários), mostrando a baixa correlação entre os critérios de

aprovação: um modelo de bacia sanitária com caixa acoplada, dois com caixa elevada e um com válvula (14,3%, 28,6% e 50,0% do total, respectivamente), foram considerados aprovados nestes quatro quesitos

Alguns estudos vêm sendo desenvolvidos em outros países no sentido de avaliar se as mídias empregadas atendem às exigências de reprodutibilidade e facilidade de execução dos ensaios para a avaliação do desempenho funcional das bacias economizadoras, dentre os quais destacam-se aqueles realizados por GALOWIN (1996, 1997, 1998) e KONEN; PADMANABAN. (1998a, 1998b, 1998c).

GALOWIN (1997), apresenta uma série de testes com diferentes mídias, na tentativa de buscar uma maior aproximação à realidade, como por exemplo esponjas sintéticas, esponjas naturais e papel. Já no trabalho apresentado por este pesquisador em 1996 (GALOWIN, 1996), verificava-se a preocupação diante do funcionamento das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, com a proposição de testes específicos para este tipo de bacia, procurando avaliar o seu desempenho e desenvolver critérios de aceitação, semelhante ao seu trabalho de 1998 (GALOWIN, 1998).

KONEN; PADMANABAN (1998a, 1998b, 1998c) estudaram as características das mídias (esponjas sintéticas), tais como as dimensões e a quantidade das mesmas, tendo em vista a análise de possíveis problemas com entupimentos. Após a definição da mídia a ser empregada (esponja de poliuretano), estes pesquisadores estudaram a capacidade de remoção de sólidos das bacias sanitárias VDR, tanto isoladamente como em diferentes configurações de instalação, considerando trechos de tubulações (por exemplo, acoplando um tubo vertical à saída da bacia; um trecho vertical, uma conexão e um tubo horizontal, entre outros).

Como citado anteriormente, várias foram as tentativas de pesquisadores em desenvolver um corpo de prova que se aproximasse ao máximo das características dos dejetos humanos.

Nessa linha, além dos estudos já citados, destacam-se os trabalhos desenvolvidos por KNOBLAUCH (1980) e SHIGEFUJI *et alii* (1999).

KNOBLAUCH (1980) desenvolveu uma mistura com 80% de água e 20% de material sólido (basicamente celulose), denominado *Fakazell*. Através de um equipamento específico para molde, este pesquisador simulava, inclusive, a forma dos dejetos humanos. A mídia empregada apresenta densidades variando de 0,97 a 1,05 kg/l. As desvantagens da utilização de um corpo de prova como esse são, basicamente, a necessidade de aparelhos específicos para a determinação dos níveis de remoção da pasta e a impossibilidade de recirculação da água utilizada nas descargas, ambas relacionadas com o fato dessa mídia se decompor.

SHIGEFUJI *et alii* (1999) desenvolveram uma mistura composta de feijão, arroz, sal e vinagre. O material obtido é moldado manualmente, buscando uma forma cilíndrica e possui densidade específica de 1,25 kg/l.

Estes autores relatam que, no Japão, a necessidade de utilização das bacias de volume de descarga reduzido é decorrente da limitação das reservas de água potável. Os estudos da *Japan Environment Association* apontam uma boa aceitação das bacias de 6,0 litros pelos usuários. Porém, existe uma preocupação quanto aos problemas que podem ocorrer, como descargas duplas, entupimentos na bacia e nas tubulações do sistema de esgoto. Com isso, vários estudos foram realizados, buscando o aprimoramento deste aparelho economizador e racionalizar sua instalação ao sistema de esgoto sanitário.

Vale ressaltar que, com relação ao transporte de sólidos, ILHA; KONEN (2000) afirmam que, apesar da possibilidade de ocorrência de entupimentos no sistema predial de esgoto sanitário pela utilização de menores valores de volume de água apontada por alguns pesquisadores, isto não tem sido verificado nas instalações reais, em campo, nos Estados Unidos.

No Japão, autores como TSUKAGOSHI apud SHIGEFUJI *et alii* (1999) já pesquisaram este tema. Este pesquisador utilizou bacias convencionais (que permitiam ajuste no volume de descarga de 7,0 a 13,0 litros) e de volume de descarga reduzido (com volume variando de 4,0 a 9,0 litros) instaladas em uma tubulação com 11 metros de comprimento, diâmetros de 75 e 100 milímetros e declividades de 1 e 2%. Para simulação dos dejetos humanos, foram utilizadas esponjas em formato cilíndrico, de acordo com as normas do *Center for Better Living*, do Japão. Como resultado dessa pesquisa, destaca-se que, com o diâmetro de 100 milímetros e declividade de 1%, ocorreu a menor distância no transporte dos sólidos (3,0 metros a bacia com 4,0 litros e 4,5 metros para a bacia convencional, cujo volume empregado neste ensaio específico não foi apresentado no trabalho).

Devem ser ainda citados os seguintes trabalhos sobre o transporte de sólidos utilizando-se bacias sanitárias de 6,0 litros de descarga, buscando especificações para o teste e critérios de desempenho: GRIGGS *et al* (1999) na Inglaterra e GALOWIN (1999) nos Estados Unidos. Na Dinamarca, Dr. Faldager vem desenvolvendo trabalhos acerca deste aspecto

O trabalho apresentado em SHIGEFUJI *et alii* (1999) consiste num dos mais completos sobre a avaliação da capacidade de transporte de sólidos das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido. Por esse motivo, será apresentado em detalhes na sequência .

Para o teste de transporte de sólidos, foram empregados dois métodos: o da *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) e o do *Center for Better Living*, do Japão. O primeiro método especifica uma tubulação de 100 milímetros de diâmetro, com 18 metros de comprimento e declividade de 2%, utilizando-se como material para a simulação dos dejetos humanos 100 esferas de polipropileno. Após três repetições do ensaio, a distância média percorrida pelas esferas (denominada de “centro de massa”) deverá ser superior a 12 metros. O segundo método especifica uma tubulação de 75 milímetros de diâmetro com declividade de 1% (não foi especificado o comprimento da tubulação no citado trabalho), utilizando-se 2 esponjas cilíndricas e 4 papéis como material para o ensaio. O critério de desempenho exige a retirada de todo o material do interior da tubulação

Entretanto, apesar dos resultados encontrados com estes métodos de ensaio serem significantes, três fatores são apontados como merecedores de uma melhor definição: a utilização de apenas uma tubulação horizontal, não considerando a influência de volumes descarregados de determinadas alturas, como ocorre nos edifícios de múltiplos pavimentos; a utilização de apenas uma bacia sanitária ligada à tubulação; e a variação ou a real situação dos sólidos transportados quando estes não são retirados da tubulação. Assim sendo, foi proposto um método que busca mostrar a influência desses aspectos no transporte de sólidos promovido pela descarga de uma bacia sanitária de volume de descarga reduzido.

Inicialmente, foi adotado um esquema genérico para o sistema de esgoto sanitário de um edifício de 15 pavimentos, com um tubo de queda recebendo os dejetos de um banheiro por pavimento, encaminhando-os à chamada “tubulação primária”, já na horizontal, no térreo ou subsolo. Esta, após uma curva de 45° ligada a uma junção 45° passa a ser denominada de “tubulação secundária”, encaminhando-se para o sistema público de esgoto. Esta “tubulação secundária” irá ainda receber os dejetos de outras tubulações, como por exemplo, o tubo de serviço, com os dejetos das cozinhas.

A instalação foi executada em PVC transparente, com duas variações: **Sistema 1**, com 6 pavimentos (18 metros de altura) e **Sistema 2**, com 15 pavimentos (45 metros de altura), ambos com ramal dos “banheiros” de 75 milímetros, tubo de queda com diâmetro de 100 milímetros e tubulação horizontal de 125 milímetros, com declividade de 1%. Além das alturas, o **Sistema 1** difere do **Sistema 2** pelo comprimento e disposição da tubulação horizontal: o primeiro possui 36 metros de tubulação horizontal, divididos em 16 metros logo após o tubo de queda e mais 20 metros após uma curva de 90° na horizontal; já o segundo possui apenas uma tubulação retilínea de 20 metros após o tubo de queda.

Foram levantadas as curvas de vazão das bacias sanitárias de 6,0 e de 9,0 litros, a serem utilizadas nos ensaios.

Como material para o ensaio, foram empregadas as esferas de polipropileno, as duas esponjas cilíndricas e as quatro folhas de papel. Além disso, foi utilizado um material proposto pelos autores, composto por 200 gramas de pasta de feijão (densidade específica de 1,25) e 7 folhas de papel. A pasta de feijão deveria ser dividida em cinco partes iguais e moldada manualmente.

Com estes materiais, foram realizados dois testes independentes: um com apenas uma tubulação horizontal e uma bacia sanitária a ela ligada e outro com os arranjos propostos nas tubulações, buscando examinar o incremento no transporte de sólidos com a combinação da descarga da bacia sanitária seguida da utilização da banheira do mesmo ambiente sanitário.

A distância percorrida por todos os sólidos que se depositaram foi medida. A variação da integridade dos materiais foi examinada em relação à distância máxima, mínima e média de transporte, ao desvio padrão, entre outros, para a avaliação do transporte de sólidos. Especificamente em relação à pasta de feijão, foi julgado como “pedaço visível” aquele que permanecia com 10% do tamanho original, para a determinação e avaliação do transporte.

As conclusões desse estudo foram:

- as esferas de polipropileno rolam tubulação abaixo, mesmo com um pequeno fluxo de água, pois a tubulação possui inclinação; assim, o teste com as esferas de polipropileno não deveria servir como índice para avaliação do transporte de sólidos;
- especialmente no teste com duas ou mais esponjas, o desempenho no transporte de sólidos deve ser avaliado pela média dos valores encontrados (distância percorrida) para a última esponja (pior situação), devido à variação de distância percorrida encontrada para cada esponja;

- abaixo de 6 pavimentos (18 metros), com o aumento da altura, o transporte de sólidos piora (como exemplo, no teste com esponjas, soltando-as do primeiro pavimento, a 1,0 metro de altura, a distância percorrida foi de 10,1 metros, enquanto que, liberando-as do sexto pavimento, a 18,0 metros de altura, o transporte foi de 4,6 metros). Entretanto, acima de 6 pavimentos a influência do acréscimo da altura torna-se desprezível no transporte de sólidos;
- com os **Sistemas 1 e 2** de tubulações estudados, utilizando-se as esponjas cilíndricas, após a descarga da banheira ocorre um aumento de 2 a 6 vezes no transporte dos sólidos proporcionado pela descarga da bacia sanitária;
- quando se utiliza a pasta de feijão, contando apenas com a descarga da bacia sanitária, o transporte de sólidos melhora com o aumento da altura de que o material é descarregado. A pasta de feijão é pulverizada se descarregada a partir do 3º pavimento;
- como no caso citado anteriormente, quando a pasta de feijão é pulverizada ao ser descarregada acima do 3º pavimento, ela é totalmente retirada da tubulação ao se descarregar a banheira do mesmo ambiente sanitário. Apesar da grande quantidade de pasta de feijão que permanece na tubulação horizontal quando a mesma é descarregada do 1º pavimento no tubo de queda, ela é completamente retirada ao se descarregar a banheira que se encontra no mesmo pavimento.

Este tipo de estudo, afora o desenvolvimento de uma mídia específica, demonstra a preocupação já antiga, por parte dos pesquisadores, com o comportamento da bacia sanitária de volume de descarga reduzido quando instalada em campo, no que se refere ao transporte de sólidos nos ramais de descarga.

Uma maneira interessante de se avaliar a capacidade de transporte de sólidos em ramais de descarga foi desenvolvida por SWAFFIELD; GALOWIN (1993), com a criação de um programa computacional capaz de estimar a altura da lâmina de água no interior de condutos.

SWAFFIELD *et alii* (1998) realizaram simulações e adaptações no referido programa computacional a partir da publicação da “*Water Regulations*”, que especifica que a bacia sanitária deve utilizar um sistema de descarga que possibilite o uso de dois volumes: um para a remoção de sólidos (6 litros) e outro para a remoção de líquidos (no máximo 4 litros). Vale ressaltar que a bacia sanitária é responsável por cerca de 33% do consumo de água em residências e 40% em edifícios comerciais no Reino Unido.

Além disso, a citada legislação proibiu a utilização de bacias que não fossem de ação sifônica, incentivando os projetistas deste aparelho sanitário a utilizarem sistemas de descarga com tecnologia diferenciada, como as bacias com caixa acoplada com sistema pressurizado, assim como os sistemas de descarga à vácuo, utilizados nos Estados Unidos e Europa. Algumas recomendações com relação às vazões a serem utilizadas nos chuveiros e os volumes a serem descarregados por máquinas de lavar roupas e de lavar louças também foram feitas, buscando a conservação de água.

Com esta nova situação, o projeto do sistema predial de esgoto sanitário deveria passar a ser analisado de maneira diferenciada, buscando-se adequar os novos valores de vazão e volumes descarregados ao dimensionamento das tubulações. Através de trabalhos específicos sobre as condições hidráulicas deste sistema predial, fica claro que trata-se de um exemplo de escoamento variável em tubulações parcialmente cheias, o qual pode ser representado pelas equações de Saint Venant (continuidade e momento). Este escoamento pode ser caracterizado através da atenuação que ocorre com a onda gerada pela descarga, conforme esta se desloca ao longo das tubulações (SWAFFIELD *et alii*, 1998).

Conforme destacam estes autores, as características que influenciam diretamente o escoamento pelas tubulações do sistema predial de esgoto sanitário são: declividade, diâmetro e rugosidade. Além disso, os parâmetros de operação do sistema (em relação aos aparelhos conectados ao sistema) e o perfil inicial da descarga (em termos da vazão versus tempo) são também determinantes para a devida caracterização do escoamento a que as tubulações estarão sujeitas.

Portanto, as mudanças inseridas com a nova legislação inglesa (vazões diferenciadas e volumes reduzidos) influenciam diretamente na atenuação desta onda de fluido, acarretando alterações na capacidade de transporte de sólidos nas tubulações. Como o escoamento nas tubulações do sistema predial de esgoto sanitário segue a formulação de Saint Venant, é possível a simulação e análise numérica com a aplicação de técnicas de diferenças finitas, em conjunto com a solução pelo método das características, para as equações citadas. Com o auxílio da computação, a solução destas equações fica facilitada e confiável. A utilização do Método das Características mostrou-se adequada, através do confronto de estudos laboratoriais e investigações de campo.

Assim, foi desenvolvido um programa computacional ("*Drainet*") capaz de realizar simulações de edifícios de vários pavimentos, englobando as mais variadas possibilidades de utilização, como por exemplo a contribuição da vazão de aparelhos diversos conectados às tubulações, em conjunto com as bacias sanitárias, além de serem inseridas as características dos tubos (diâmetro e rugosidade), do projeto (encaminhamentos e soluções) e montagem (declividade real das tubulações), apresentando como resultado a altura da lâmina d'água e a velocidade do fluido em secções da tubulação escolhidas pelo projetista.

Para a devida utilização do programa computacional, as características da descarga das bacias sanitárias devem ser levantadas, basicamente em relação à vazão descarregada pela bacia pelo tempo desta descarga (extremamente diferenciada quando se utiliza um sistema de descarga por gravidade ou pressurizado), ponto pouco divulgado pelos fabricantes. A ocorrência de obstruções e desvios de declividade (dada a possibilidade de má execução de uma tubulação em campo) foram estudados e incorporados ao programa, através de equações limites que simulam tais problemas.

Com todos estes parâmetros devidamente levantados e inseridos no programa, conseguem-se as características necessárias ao devido dimensionamento e projeto das tubulações

do sistema predial de esgoto sanitário, como capacidade de transporte de sólidos, altura da lâmina d'água, velocidade do fluido, perfil de vazão ideal das bacias sanitárias, entre outros.

A utilização do software "*Drainet*" mostrou-se adequada através da comparação de testes em laboratório com vários tipos de cargas de ensaio (cilindro plástico de diâmetro externo de 38 mm preenchido com fluido, empregando várias densidades, e outros sólidos com diâmetros variando de 10 a 45 mm e densidades específicas de 0,6 a 1,6), obstruções e desvios de declividade, com as simulações em computador.

Outro estudo relativo à avaliação das condições de transporte em ramais foi realizado por KONEN; PADMANABAN (1998a). Estes pesquisadores desenvolveram testes com esponjas de poliuretano em ramais com diferentes declividades e considerando diversos tipos de bacias, concluindo que a declividade do ramal tem importância significativa na capacidade de transporte de sólidos quando consideradas as bacias de 6,0 litros.

Conforme ILHA; KONEN (2000), a busca por uma mídia que consiga representar os dejetos humanos é constante. Os pesquisadores da Europa e Ásia desenvolveram corpos de prova utilizando produtos alimentícios ou materiais similares à argila. Entretanto, estes tipos de materiais não possibilitam a recirculação da água em laboratório, premissa de grande importância nos estudos de conservação de água.

Assim sendo, materiais duráveis como esponja de poliuretano e papel *kraft* estão sendo atualmente testados nos Estados Unidos, por permitirem a recirculação de água e simularem razoavelmente os dejetos sólidos encontrados quando da utilização das bacias sanitárias, além de possibilitarem reprodutibilidade dos ensaios, controle de qualidade e custo razoável.

Para o desenvolvimento das mídias³: a serem utilizadas em laboratório, as características destes dejetos representam um importante referencial. Dados médios gerais, como densidade, dimensões e composição servem de base para a criação de mídias representativas para a execução dos testes em laboratório. Entretanto, deve-se considerar que a reprodução fiel dos dejetos humanos é praticamente impossível, diante de sua grande variabilidade, devido a diferentes fatores tais como dieta e atividades físicas. Portanto, uma alternativa é a realização de testes laboratoriais que considerem situações mais extremas de uso do que aquelas prováveis de ocorrerem em campo, utilizando uma mídia padrão mas variando-se o número a ser empregado (obtendo-se diferentes carregamentos de ensaio), visando garantir desempenho satisfatório quando da utilização real das bacias sanitárias.

ILHA; KONEN (2000) consideram que, para a definição de métodos de avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias, devem ser considerados três aspectos básicos: os **dados fisiológicos** dos seres humanos (basicamente o peso dos dejetos), para o desenvolvimento de mídias representativas a serem utilizadas nos **testes de laboratório**, e os estudos em campo que demonstrem a **satisfação dos usuários** com as bacias sanitárias de volume de descarga reduzido.

Os estudos de campo não são simples de serem realizados, pois demandam custos e períodos de tempo elevados e, além disso, a regulação do volume de descarga pode ser alterada pelo usuário, sendo necessário não só entrevistá-los, mas também averiguar os volumes efetivamente consumidos, através de medição. Dentro dessa premissa, assume considerável importância o emprego dos programas de simulação, como o “*Drainet*”, descrito anteriormente.

³ mídia é entendido, neste trabalho, como todo material a ser utilizado em ensaio

3.4.1 Ensaios Contemplados em Normas

Vários países possuem normas especificando os testes necessários à avaliação do desempenho de bacias sanitárias. Merecem destaque as normas americana e canadense, as quais serão comentadas neste item, em conjunto com as brasileiras.

A norma que regulamenta os testes para bacias sanitárias nos Estados Unidos é a A112.19.6 – “*Hydraulic performance requirements for water closets and urinals*” (ASME, 1995), da *American Society of Mechanical Engineers*. Cabe ressaltar que esta norma está em fase de revisão. O “*Energy Policy Act*” estabeleceu, em 1992, que o volume máximo a ser empregado nas bacias sanitárias americanas deve ser de 6,0 litros.

Com a redução brusca imposta para o volume, de 13,5 para no máximo 6,0 litros, sem um período adequado de estudo destes aparelhos para que conseguissem atingir o desempenho adequado com este volume, as bacias colocadas no mercado provocaram várias reclamações dos usuários finais, os consumidores, em diferentes regiões do país. Conforme destacado em VALENTE (2000), até mesmo o comércio ilegal de bacias sanitárias do Canadá (com volume de 12,0 litros de descarga) foi verificado.

Observando os problemas encontrados em campo, os institutos de pesquisa vêm desenvolvendo estudos para a definição dos testes que possam simular situações similares em laboratório e avaliar o comportamento das bacias de volume de descarga reduzido.

Ainda assim, divergências com relação à necessidade de estudos específicos de bacias sanitárias continuavam existindo. HIGGINS (1998) e WOLFSON (1998) constituem-se em exemplo. HIGGINS não achava necessário o desenvolvimento de um grande estudo específico sobre a bacia sanitária de volume de descarga reduzido, mas sim do sistema de esgoto sanitário como um todo. Em resposta imediata, WOLFSON concorda com a necessidade de estudos

globais, mas mostra a necessidade premente de estudos **específicos e individualizados** dos aparelhos sanitários a serem acoplados ao sistema de esgoto, dentre eles a bacia sanitária.

Tendo em vista que é consenso entre grande parte dos técnicos do assunto que os testes contemplados na norma americana (que não é específica para bacias VDR) não são suficientes para a adequada avaliação das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, foi constituída uma comissão de estudo para promover a revisão da norma A112.19.6 (ASME, 1995).

STRATEN (2001) relata que a utilização de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido nos Estados Unidos é irreversível. Entretanto, afirma que são necessários tanto o contínuo aprimoramento do projeto desses aparelhos pelos fabricantes, quanto o desenvolvimento de novos testes e pesquisas com relação à remoção e transporte de sólidos em ramais longos.

A norma da “*Canadian Standards Association*” - CSA - B45 Series-99 (CSA, 1999), mostra-se também muito interessante, tanto por ser uma norma com versão recente, como pela utilização de mídias similares às que estão sendo estudadas pelos Estados Unidos (esponjas de poliuretano e papel *kraft*), ainda que em testes com procedimentos e cargas de ensaio diferenciadas.

Finalmente, as normas brasileiras NBR 9060 (Bacia sanitária – Verificação do funcionamento) e NBR 6452 (Aparelhos sanitários e material cerâmico), ambas de 1997, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), constituem-se no foco principal deste estudo, pois com o desenvolvimento de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido pelas empresas nacionais fica clara a necessidade de revisão, adequação e ampliação dos testes constantes destas normas.

Após a apresentação inicial das referidas normas, nos itens seguintes será efetuada uma apresentação dos testes e critérios de desempenho empregados, os quais servirão de base para o desenvolvimento do presente trabalho.

3.4.1.1 Norma Americana

A norma ASME (1995) especifica dez diferentes testes para a avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias:

1. Remoção de esferas ("*Ball test*");
2. Remoção de grânulos ("*Granule test*");
3. Lavagem de parede ("*Washing of flushing surface test*");
4. Troca de água ("*Dye tests*");
5. Consumo de água ("*Water consumption test*");
6. Determinação da altura do fecho hídrico ("*Trap seal depth determination test*");
7. Reposição do fecho hídrico ("*Trap seal restoration test*");
8. Transporte de sólidos ("*Drainline transport characterization*");
9. Ascensão de água no interior da bacia ("*Water rise test*");
10. Respingos de água ("*Rim top and seat fouling test*").

Todos estes testes estão descritos no Anexo A2. Eles buscam indicar características diferenciadas das bacias sanitárias, desde a capacidade de remoção de sólidos até a verificação de respingos de água, que podem, quando as bacias estiverem instaladas em campo, contaminar o ambiente ou o usuário, se ultrapassar o plano superior da argola da bacia. As características dimensionais também são especificadas.

Por último, vale destacar que a norma ASME classifica as bacias sanitárias, em função do consumo em:

1. “*Conventional type*”: volume médio de descarga superior a 13,5 litros;
2. “*Water-saving type*”: volume médio de descarga inferior a 13,5 litros;
3. “*Low-consumption type*”: volume médio de descarga inferior a 6,0 litros.

3.4.1.2 Norma Canadense

A norma canadense (CSA, 1999) especifica cinco testes diferentes para a avaliação do desempenho de bacias sanitárias, os quais encontram-se descritos no Anexo A3:

1. Troca de água (“*Water change capability*”);
2. Lavagem de parede (“*Flushing surface*”);
3. Remoção de grânulos (“*Carry-out capability – Test 1*”);
4. Remoção de papel “kraft” (“*Carry-out capability – Test 2*”);
5. Remoção de esponjas de poliuretano (“*Carry-out capability – Test 3*”);

As bacias sanitárias são classificadas, de acordo com o consumo, em:

1. “*Conventional type*”: volume médio de descarga superior a 13,3 litros;
2. “*Water-saver type*”: volume médio de descarga inferior a 13,3 litros;
3. “*Low-consumption type*”: volume médio de descarga inferior a 6,0 litros.

3.4.1.3 Norma Brasileira

São duas as normas brasileiras que tratam de testes para bacias sanitárias: a NBR 9060 (Bacia sanitária – Verificação do funcionamento) e a NBR 6452 (Aparelhos sanitários e material cerâmico), ambas de 1997, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997a; ABNT, 1997c). A primeira traz o procedimento para a realização dos testes, assim como os materiais a serem empregados. A segunda, refere-se basicamente às características dimensionais das bacias sanitárias, além dos critérios de desempenho dos testes especificados pela NBR 9060 (1997c).

Vale ressaltar que estas normas não são específicas para as bacias de volume de descarga reduzido, as quais são também por ela contempladas. São especificados oito diferentes testes para a avaliação do desempenho das bacias sanitárias, cuja descrição encontra-se no Anexo A4:

1. Remoção de papel;
2. Remoção de esferas;
3. Lavagem de parede,
4. Troca de água;
5. Reposição do fecho hídrico;
6. Respingos de água;
7. Transporte de sólidos;
8. Resistência do fecho hídrico à retropressão.

Apesar de não se constituir em um teste específico para as normas, a determinação do volume de água consumido por descarga deverá ser realizada antes do início dos testes, como pode ser verificado nas descrições do Anexo A4.

A norma NBR 6452 (ABNT, 1997a) apresenta a seguinte classificação para as bacias sanitárias, em função do volume consumido:

1. Convencional: volume médio de descarga entre 9,0 e 12,0 litros;
2. Baixo consumo: volume médio de descarga entre 6,0 e 9,0 litros;
3. Volume de descarga reduzido (VDR): volume médio de descarga inferior a 6,0 litros.

Nas Figuras 3.40 a 3.43, são apresentadas algumas mídias, aparatos e procedimentos utilizados para a realização dos testes especificados pelas normas brasileira e americana.

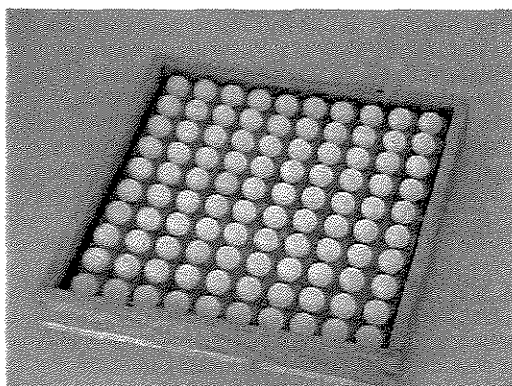


Figura 3.40 Esferas de polipropileno – Testes de remoção e transporte de sólidos.

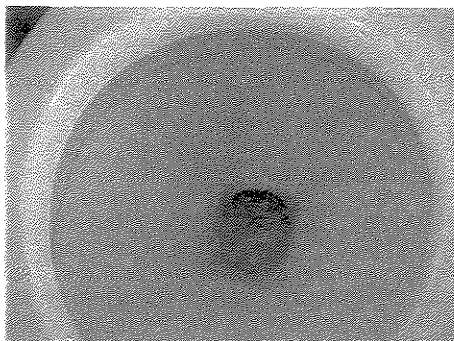


Figura 3.41 Teste de lavagem de parede.

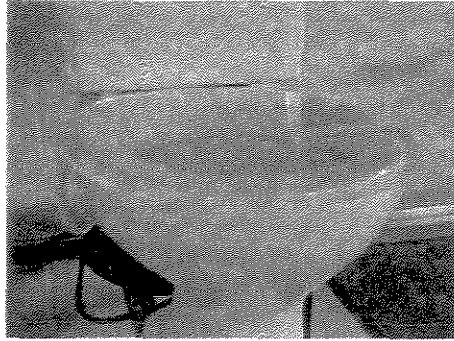


Figura 3.42 Teste dos respingos de água.

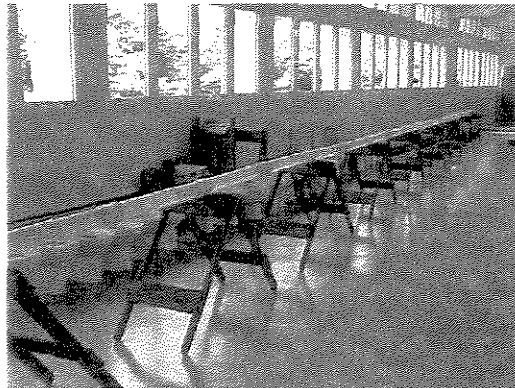


Figura 3.43 Ramal para teste de transporte de sólidos.

3.4.1.4 Comentários

As características hidráulicas especificadas pelas normas ASME e CSA são idênticas, assim como o arranjo da bancada proposta. As pressões e vazões especificadas revelam a busca na reprodução das características das instalações em campo, onde o sistema hidráulico predial constitui-se, em sua grande maioria, do tipo direto (sem reservatórios). Com isso, as pressões são sempre elevadas, variando de 60 kPa (dinâmica) a 550 kPa (estática).

As normas brasileiras para testes com bacias sanitárias não trazem valores específicos de pressão e vazão para a realização dos testes. A NBR 9060 (ABNT, 1997c) mostra apenas uma faixa de vazões que os dispositivos de descarga devem fornecer à bacia sanitária, variando de

1,50 a 2,20 L/s. Para outras características hidráulicas, devem ser atendidas as normas específicas de teste dos sistemas de descarga.

Por fim, vale ressaltar que a norma CSA (1999) mostra um conjunto de ensaios bastante interessante para a aplicação em bacias sanitárias VDR, quando comparada aos testes contemplados pela norma ASME (1995). Utilizando mídias como as esponjas de poliuretano e folhas de papel *kraft*, ainda que em testes distintos, pode-se verificar o pioneirismo na aplicação, em todo Canadá, de ensaios que possibilitem uma maior aproximação com as condições de utilização encontradas em campo. Empregando ainda os grânulos de polietileno, e realizando ensaios de troca de água e de lavagem de parede, pode-se notar a tentativa de cobrir ao máximo a avaliação das características significativas para o desempenho das bacias sanitárias.

3.5 Considerações Finais

Ao longo do presente capítulo, foram descritos vários trabalhos abordando as bacias sanitárias.

Inicialmente, foi apresentada a evolução deste aparelho sanitário, desde os primeiros exemplares inventados, até as modernas bacias sanitárias, as quais utilizam, em grande parte dos países, volumes reduzidos de descarga, evidenciando as características necessárias para o seu adequado desempenho.

Na sequência, foram citados os principais trabalhos que relatam experiências de substituição de bacias sanitárias convencionais por aparelhos com volume de descarga reduzido, apontando as principais patologias verificadas, tanto em relação à capacidade de remoção como de transporte de sólidos.

Por último, foi destacada a preocupação dos pesquisadores em geral com o desenvolvimento de testes que permitam simular, em laboratório, as solicitações impostas a esses

componentes em campo, de modo a avaliar previamente o seu comportamento, sendo apresentados vários estudos desenvolvidos com este objetivo, além das principais normas de avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias.

Do exposto, verifica-se que, conforme destacam ILHA; KONEN (2000), para alcançar características hidráulicas capazes de manter os níveis de desempenho das bacias sanitárias VDR, foram realizadas modificações na geometria destas bacias em comparação às convencionais, como redução do diâmetro do sifão, da área molhada e do volume do poço, entre outros. Tais mudanças podem, apesar da busca por um desempenho adequado, gerar problemas como entupimentos, baixa capacidade de transporte e até mesmo de remoção de sólidos, evidenciando assim a necessidade de estabelecer novos testes laboratoriais.

Inserido nesse contexto, no próximo Capítulo é apresentado um estudo desenvolvido para o estabelecimento do volume de descarga a ser empregado nas bacias sanitárias de volume de descarga reduzido brasileiras, bem como métodos de ensaio a serem realizados em laboratório para a avaliação do desempenho funcional desses componentes.

4 Avaliação do Desempenho Funcional de Bacias Sanitárias de Volume de Descarga Reduzido (VDR) com Relação à Remoção e Transporte de Sólidos

O estudo que deu origem a esta dissertação foi desenvolvido por pesquisadores da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP) e da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP-USP).

A avaliação do desempenho funcional das bacias VDR foi efetuada em duas etapas, sendo a primeira desenvolvida em laboratório e a segunda em campo, conforme será descrito na sequência.

4.1 Investigação Laboratorial

A investigação laboratorial consistiu, essencialmente, na realização de testes de remoção e transporte de sólidos, com o emprego de duas mídias¹ distintas.

Características físicas como altura do fecho hídrico e diâmetro do sifão foram também levantadas. A verificação do consumo de água e da reposição do fecho hídrico foi realizada em todos os testes.

¹ mídia é entendido, neste trabalho, como todo material a ser utilizado em ensaio.

O estudo contemplou exemplares dos seguintes fabricantes brasileiros de louças sanitárias: CELITE, DECA, HERVY, ICASA, IDEAL STANDARD, LAUFEN-INCEPA e LOGASA.

Cada fabricante disponibilizou três exemplares de bacia sanitária independente² e outros três com caixa acoplada³, de tal forma a serem realizados ensaios em dois exemplares, restando um terceiro como contraprova, no caso de divergência nos dados levantados com as duas testadas inicialmente. Todos os exemplares foram devidamente codificados.

4.1.1 Montagem do Aparato Experimental

O aparato experimental necessário para o desenvolvimento desta fase do estudo foi executado no Laboratório do Centro de Técnicas da Construção Civil da EP-USP (CTCC/EP-USP) e consistiu, basicamente, numa bancada para a realização dos diferentes testes (ver Figuras 4.1 e 4.2).

A bancada foi desenvolvida buscando-se atender aos requisitos hidráulicos para os testes com bacias sanitárias previstos nas normas americana e brasileira (ver Anexos A2 e A4, respectivamente). Foram ainda considerados os três sistemas de descarga usualmente empregados no Brasil: caixa acoplada, caixa elevada e válvula de descarga.

² Bacias sanitárias independentes (entrada horizontal e saída embutida vertical) são aquelas comercializadas sem o correspondente aparelho de descarga, o qual pode ser qualquer caixa ou válvula de descarga também comercializados de forma independente.

³ Bacias sanitárias com caixa acoplada (saída embutida vertical) são destinadas para uso específico com sua respectiva caixa de descarga e com a qual é comercializada em conjunto.

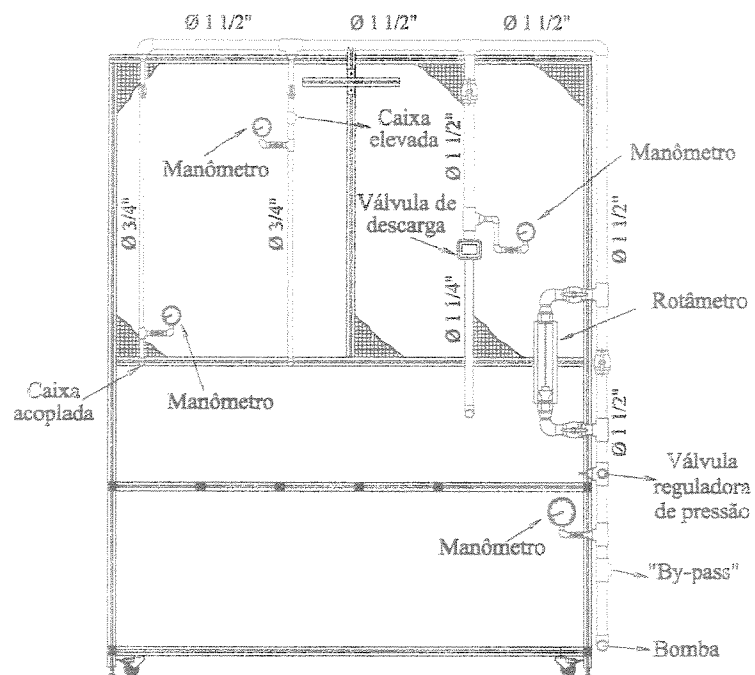


Figura 4.1 Esquema da bancada de ensaio – CTCC/EP-USP.

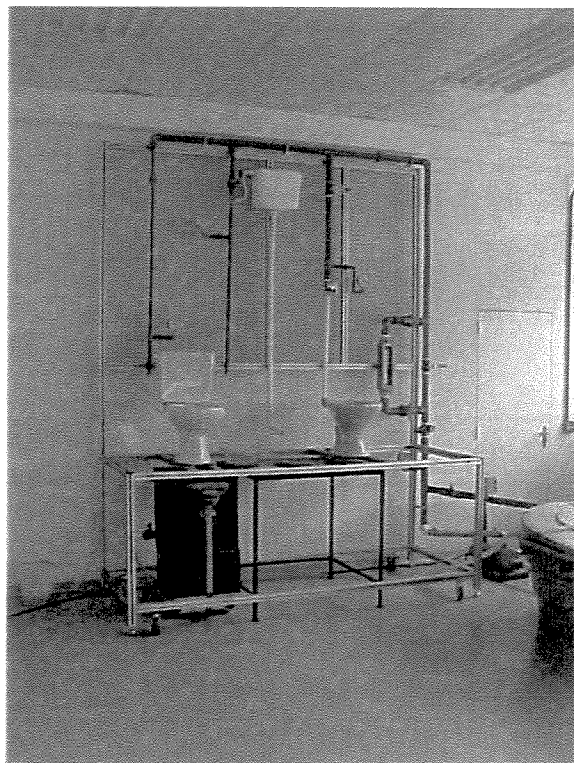


Figura 4.2 Bancada de ensaio – CTCC/EP-USP.

Foi executado, também, um ramal para a realização do teste de transporte de sólidos. O ramal possui 19,0 metros de tubulação em acrílico e mais 6,0 metros, no trecho final, em PVC. Este ramal foi montado sobre cavaletes, confeccionados em madeira, para possibilitar a variação de sua declividade, conforme ilustra a Figura 4.3.



Figura 4.3 Ramal em acrílico/PVC - CTCC/EP-USP.

4.1.2 Ensaios Realizados

Foram realizados os seguintes ensaios na investigação laboratorial:

- análise das características geométricas específicas relacionadas com o desempenho funcional das bacias sanitárias;
- remoção de sólidos – mídia composta (esponjas de poliuretano e folhas de papel *kraft*) e esferas de polipropileno; e
- transporte de sólidos – esponjas de poliuretano e esferas de polipropileno.

O destaque dado aos ensaios de remoção e transporte de sólidos na investigação laboratorial, demonstrado pelos ensaios selecionados, deve-se basicamente ao fato de que a função primeira de uma bacia sanitária constitui-se na coleta e envio dos dejetos líquidos e sólidos nela introduzidos ao sistema predial de esgoto sanitário, propiciando o afastamento dos

mesmos da edificação. Entretanto, vale lembrar que no desenvolvimento das bacias sanitárias VDR, com o intuito de proporcionar economia de água, a geometria interna destes aparelhos foi modificada em relação às bacias sanitárias convencionais, o que poderia acarretar, por exemplo, entupimentos, devido à redução do diâmetro interno do sifão.

A intenção, portanto, foi a de levantar o desempenho funcional das bacias sanitárias VDR analisadas, assim como as características geométricas destes aparelhos sanitários, propiciando uma futura análise da influência das diferentes geometrias internas, como diâmetro do sifão, altura do fecho hídrico, volume do poço, entre outras características, no desempenho funcional de remoção e transporte de sólidos, buscando evidenciar arranjos destas geometrias que possam levar a bacias sanitárias eficazes em suas funções.

No desenvolvimento dos ensaios de laboratório, de forma a manter-se em sigilo o nome do fabricante do exemplar em estudo, cada bacia sanitária/sistema de descarga recebeu um código composto por uma letra e por um número. As letras (de A à G) referem-se aos fabricantes e os números seguem a seguinte codificação:

- 1 e 2 - bacias ensaiadas com caixa acoplada;
- 3 e 4 - bacias independentes ensaiadas com caixa de descarga elevada;
- 5 e 6 - bacias independentes ensaiadas com válvula de descarga.

As bacias de números 3 e 5, assim como as bacias 4 e 6, constituem um mesmo exemplar, sendo que estes índices referem-se apenas ao sistema de descarga empregado posteriormente nos ensaios (5 e 6 para válvula de descarga; 3 e 4 para caixa elevada). Conforme destacado anteriormente, dois exemplares (1 independente e 1 com caixa acoplada) foram mantidos como contraprova e não foram submetidos a nenhum ensaio.

Deve ser ressaltado que as condições de pressão e de vazão adotadas nesta pesquisa são exploratórias e não necessariamente coincidem com aquelas propostas atualmente nas Normas Técnicas já citadas. Estes valores buscam representar as características hidráulicas encontradas quando da aplicação das bacias sanitárias em campo, aliando-se a isto a agilização dos ensaios em laboratório.

4.1.2.1 Caracterização Geométrica

As bacias sanitárias fabricadas no Brasil devem ter suas dimensões em conformidade com os valores e limites estabelecidos pelas normas NBR 6498 - Bacia sanitária de material cerâmico de entrada horizontal e saída embutida vertical - Dimensões (ABNT, 1997b) e NBR 9338 - Bacia sanitária de material cerâmico com caixa acoplada e saída embutida vertical - Dimensões (ABNT, 1997d), que padronizam as dimensões relativas ao corpo da bacia (e da caixa acoplada, quando pertinente); entrada de água (para as bacias independentes), fixação da bacia e do assento.

Além destas normas, a NBR 6452 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - especificação (ABNT, 1997a) estabelece também valores mínimos para a altura do fecho hídrico e para a passagem interna do sifão da bacia sanitária. Esta norma estabelece que o sifão das bacias sanitárias deve deixar passar livremente uma esfera rígida com diâmetro mínimo de 38 mm e que a altura mínima do fecho hídrico deve ser de 50 mm.

Para a determinação do diâmetro do sifão, foi realizado também um ensaio usualmente empregado pelos fabricantes americanos e por alguns brasileiros, que consiste na passagem, pelo canal do sifão, de esferas rígidas nos seguintes diâmetros padronizados (ver Figura 4.4): 1 1/2" (38 mm); 1 5/8" (41,3 mm); 1 3/4" (44,5 mm); 1 7/8" (47,6 mm); 2" (50,8 mm) e 2 1/8" (54 mm).

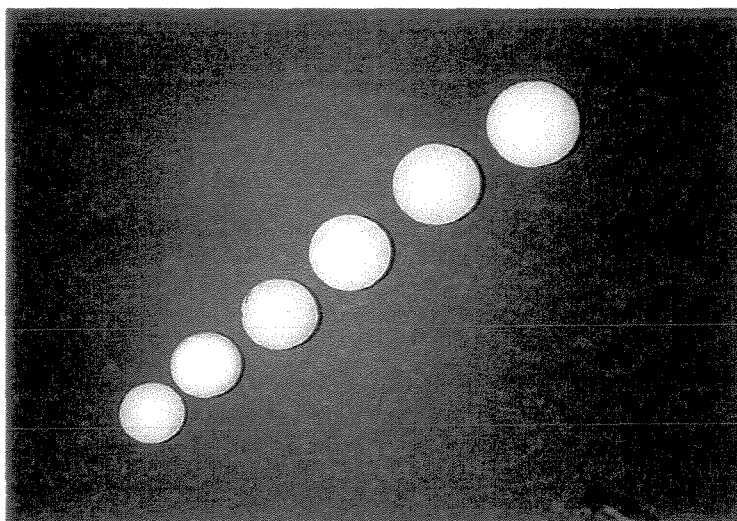


Figura 4.4 Série padronizada de esferas para a determinação do diâmetro mínimo do sifão.

4.1.2.2 Desempenho Funcional

Para a avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias VDR, foram realizados os seguintes ensaios:

- Remoção de sólidos:
 - mídia composta (esponjas de poliuretano e folhas de papel *kraft*);
 - esferas de polipropileno.

- Transporte de sólidos:
 - esponjas de poliuretano;
 - esferas de polipropileno.

O teste de remoção de sólidos com a mídia composta está sendo proposto pelo Comitê de Revisão da Norma ASME A112.19.6 – “*Hydraulic performance requirements for water closets and urinals*” (ASME, 1995), sendo que o procedimento no presente estudo é apresentado no Anexo A5.

O teste com as esferas de polipropileno, por sua vez, é especificado na NBR 6452 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - especificação (ABNT, 1997a) , sendo o método de ensaio descrito na NBR 9060 - Bacia sanitária de material cerâmico - verificação do funcionamento (ABNT, 1997c) e em ASME (1995), ver Anexo A4.

De maneira similar, o teste de transporte de sólidos com esferas de polipropileno é especificado em ABNT (1997a), sendo o método de ensaio descrito em ABNT (1997c) e em ASME (1995), ver Anexos A2 e A4. Já a metodologia empregada no teste de transporte de sólidos com as esponjas de poliuretano foi desenvolvida especialmente para esta pesquisa e encontra-se descrita no Anexo A6.

Em paralelo à realização dos ensaios citados acima, foram observados em todos os testes o volume de água utilizado na descarga, a reposição do fecho hídrico e a ocorrência de obstruções.

4.1.2.2.1 Remoção de Sólidos - Mídia Composta

Para a realização dos ensaios de remoção de sólidos com mídia composta, foram utilizados os seguintes materiais:

- **Mídias:**

- esponjas sintéticas com 20 x 20 (± 1) x 57 mm e densidade de 17 ($\pm 1,7$) kg/m³ quando novas;
- folhas de papel *kraft* com 7,5 x 6 in (19,05 x 15,24 cm).

Devido a grande variabilidade da carga de dejetos sólidos passível de ser recolhida e removida pelas bacias sanitárias quando utilizadas em campo, foram definidas algumas cargas de ensaio.

Foram consideradas quatro cargas de ensaio distintas, tendo em vista os estudos que vêm sendo desenvolvidos pela comissão de revisão da Norma ASME e pelo *Stevens Institute of Technology, Hoboken, USA*, apresentadas em KONEN, PADMANABAN (1998a, 1998b e 1998c).

Estas cargas de ensaio foram estabelecidas em função das características dos dejetos sólidos, conforme mostram ILHA; KONEN (2000), e da forma de utilização das bacias sanitárias em edifícios residenciais, comerciais e públicos (ver Tabela 4.1).

.....Tabela 4.1 Ensaio com a mídia composta - cargas inicialmente propostas.

CLASSE	BACIA SANITÁRIA	CARGA DE ENSAIO
A	Uso “pesado” ou intenso	15 E + 15 P
B	Comercial e pressurizada	15 E + 10 P
C	Residencial	10 E + 6 P

Nota: E - esponja P - papel

Fonte: STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (1999).

A quantidade de papel aumenta nas classes **B** e **A** baseado no fato de que, nestes casos, as pessoas utilizam maior quantidade de papel para cobrir ou limpar o assento da bacia e também para simular os papéis específicos empregados nos banheiros públicos para cobrir os assentos das bacias sanitárias (*seat liners*).

Além das quatro cargas de ensaio preliminarmente propostas, foi considerada uma adicional, com 12 esponjas e 10 folhas de papel *kraft*.

Assim, as cargas consideradas nos ensaios foram:

- **Teste 1:** 10 esponjas e 6 folhas de papel (10E & 6P) – todas as bacias, dois exemplares de cada fabricante;
- **Teste 2:** 15 esponjas e 10 folhas de papel (15E & 10P) – todas as bacias, dois exemplares de cada fabricante;
- **Teste 3:** 15 esponjas e 15 folhas de papel (15E & 15P) – todas as bacias, dois exemplares de cada fabricante;
- **Teste 4:** 12 esponjas e 10 folhas de papel (12E & 10P) – bacias independentes (ensaiadas com caixa elevada e com válvula), um exemplar de cada fabricante;
- **Teste 5:** 7 esponjas e 4 folhas de papel (7E & 4P) – bacias com caixa acoplada, dois exemplares de cada fabricante.

Como a carga utilizada no **Teste 5** foi considerada muito leve para a avaliação dos quesitos em estudo, a mesma foi desprezada no decorrer dos ensaios.

Estes testes foram realizados com os três tipos de sistema de descarga: caixa acoplada, caixa elevada e válvula de descarga. Assim, as características hidráulicas para a execução do

ensaio estão dispostas junto aos resultados referentes a cada um dos tipos de sistema de descarga empregado, no Capítulo 5.

4.1.2.2.2 Remoção de Sólidos – Esferas de Polipropileno

Para a realização dos ensaios de remoção de sólidos com esferas de polipropileno foi empregado o seguinte material:

- 100 esferas de polipropileno com 19 mm de diâmetro e massa específica entre 0,85-0,90 g/cm³.

No Anexo A4 é apresentado o procedimento adotado para a realização do teste de remoção de sólidos – esferas de polipropileno.

De maneira similar aos testes com a mídia composta, foram realizados ensaios com os três tipos de sistema de descarga: caixa acoplada, caixa elevada e válvula de descarga. Assim, as características hidráulicas para a execução do ensaio estão dispostas junto aos resultados referentes a cada um dos tipos de sistema de descarga empregado, no Capítulo 5.

4.1.2.2.3 Transporte de Sólidos – Esponjas de Poliuretano e Esferas de Polipropileno

As mídias empregadas nos ensaios de transporte de sólidos são as mesmas dos testes de remoção de sólidos, porém, no caso das esponjas e do papel *kraft*, a mídia não é mais composta e sim constituída apenas pelas esponjas de poliuretano.

No ensaio com as esferas de polipropileno, a carga de ensaio é a mesma considerada no ensaio de remoção, ou seja, 100 esferas. Para o ensaio com as esponjas, tendo em vista os resultados obtidos nos ensaios de remoção, os quais serão apresentados no Capítulo 5, foi considerada apenas a carga de 12 esponjas.

O ensaio de transporte de sólidos com esponjas de poliuretano foi realizado tendo em vista uma possível alteração do teste atualmente previsto nas normas brasileira e americana, o qual é realizado com as esferas de polipropileno.

Conforme já citado, no Anexo A4 são apresentados os procedimentos adotados para a realização do teste de transporte de sólidos com as esferas de polipropileno e, no Anexo 6, com as esponjas de poliuretano.

O ramal de descarga empregado para a realização dos testes de transporte de sólidos, o qual foi executado no CTCC/EP-USP, possui 19,00 metros em acrílico transparente e 6,00 metros em tubulação de PVC, com uma declividade de 1% (ver Figura 4.5).

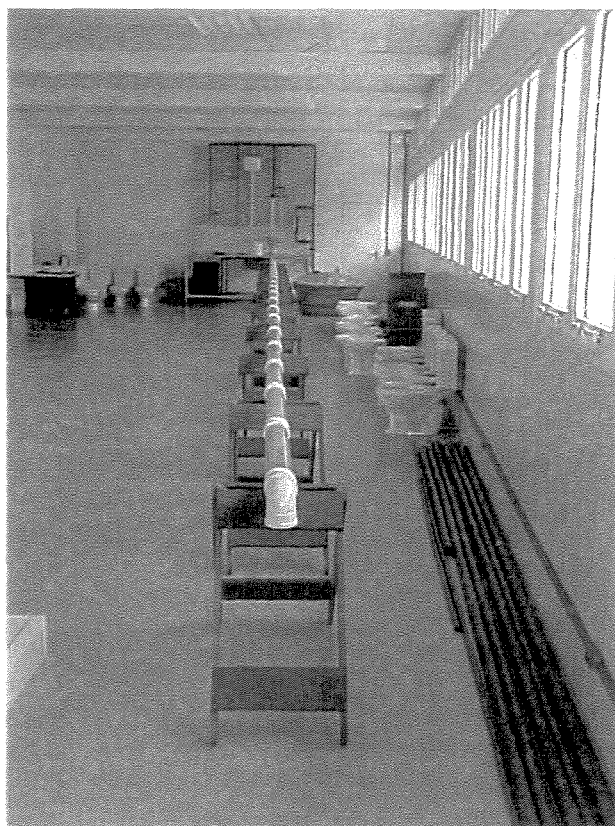


Figura 4.5 Ramal de descarga montado no CTCC/EP-USP para os testes de transporte de sólidos.

4.2 Investigação de Campo

4.2.1 Seleção e Caracterização do Conjunto Habitacional

O conjunto habitacional objeto do presente estudo é denominado Terra dos Ipês II e localiza-se no distrito de Moreira César, município de Pindamonhangaba, no Estado de São Paulo. Este conjunto foi o escolhido devido à compatibilização dos cronogramas do presente estudo e da construção das residências, uma vez que foi necessário modificar o projeto hidráulico das residências.

O sistema de construção empregado neste conjunto habitacional é denominado de "mutirão", numa parceria entre a prefeitura de Pindamonhangaba, a CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo) e os futuros moradores.

A CDHU é a responsável pelo financiamento dos materiais, onde as divisas eram liberadas para a prefeitura após fiscalização do andamento da obra. De acordo com o avanço dos trabalhos, os fiscais da CDHU analisavam a necessidade da liberação de mais recursos para o prosseguimento das atividades.

A prefeitura forneceu a área para a edificação das residências. Além disso, foi a responsável pela compra de materiais, pelo gerenciamento da obra e pelo fornecimento de mão-de-obra especializada (encanadores, eletricitas, pedreiros, entre outros) para a execução de atividades afins. Constituiu-se no órgão responsável pela obra.

Aos moradores coube a execução da alvenaria, do emboço e reboco, do contrapiso e das argamassas em geral, constituindo a mão-de-obra não especializada.

Os lotes em geral possuem as seguintes dimensões: 7,15 metros de largura por 20,00 metros de comprimento.

Na Figura 4.6 é apresentada a localização das residências que foram contempladas na investigação de campo (casas Q-01 a Q-18 na Rua 13, e casas Q-31 a Q-36 na Rua 15).

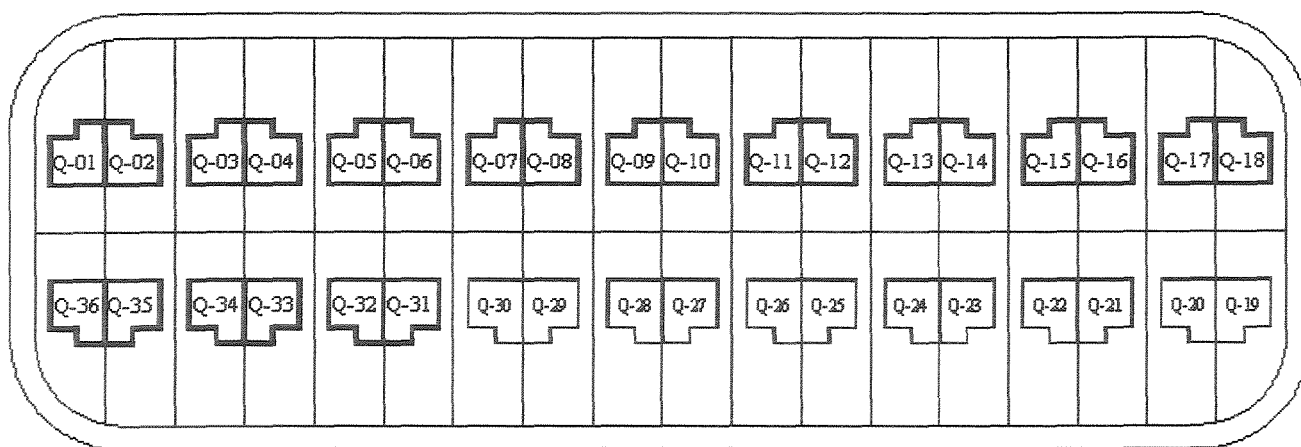


Figura 4.6 Localização das residências nos lotes.

As residências do Conjunto Habitacional são geminadas e possuem uma área total de 32,24 m² e são compostas de sala-cozinha, banheiro e dormitório, conforme apresentado nas Figuras 4.7 e 4.8.



Figura 4.7 Residências em que foram realizadas as atividades de campo – vista externa.



Figura 4.8 Detalhe de uma das residências estudadas.

4.2.2 Sistema Predial de Água Fria

O sistema de água fria constante no projeto da CDHU era do tipo indireto, com todos os pontos alimentados a partir de um reservatório apoiado na laje de cobertura do banheiro, com exceção de uma torneira de jardim, localizada junto ao hidrômetro geral da concessionária de águas local (SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), a qual era alimentada diretamente pela rede urbana.

Com a ocupação das primeiras unidades, no início da implantação do conjunto habitacional em 1997/1998, os moradores verificaram que a pressão disponível no chuveiro, tendo em vista o pequeno desnível existente entre o reservatório e o ponto de utilização, era insuficiente. Assim, foi feita uma adaptação do projeto original, o qual ficou assim caracterizado:

todos os pontos de consumo do banheiro passaram a ser abastecidos diretamente da rua (sem passar pelo reservatório superior), permanecendo apenas as torneiras do tanque, da pia da cozinha e da máquina de lavar roupa abastecidas a partir do reservatório superior.

Portanto, as modificações necessárias para a introdução dos hidrômetros eletrônicos, para o início do presente estudo no segundo semestre de 1999, foram executadas tendo por base um sistema essencialmente direto.

Nas Figuras 4.9 a 4.11 são apresentados os esquemas do sistema de água fria, com o posicionamento dos hidrômetros e as alterações necessárias à realização do presente estudo, buscando a maior facilidade para as intervenções necessárias, ou seja: troca das bacias sanitárias, sistemas de descarga, regulagens, etc. Assim, foram instalados dois hidrômetros por residência: um para medir os valores de vazão e consumo de água geral da residência e outro exclusivo para a bacia sanitária.

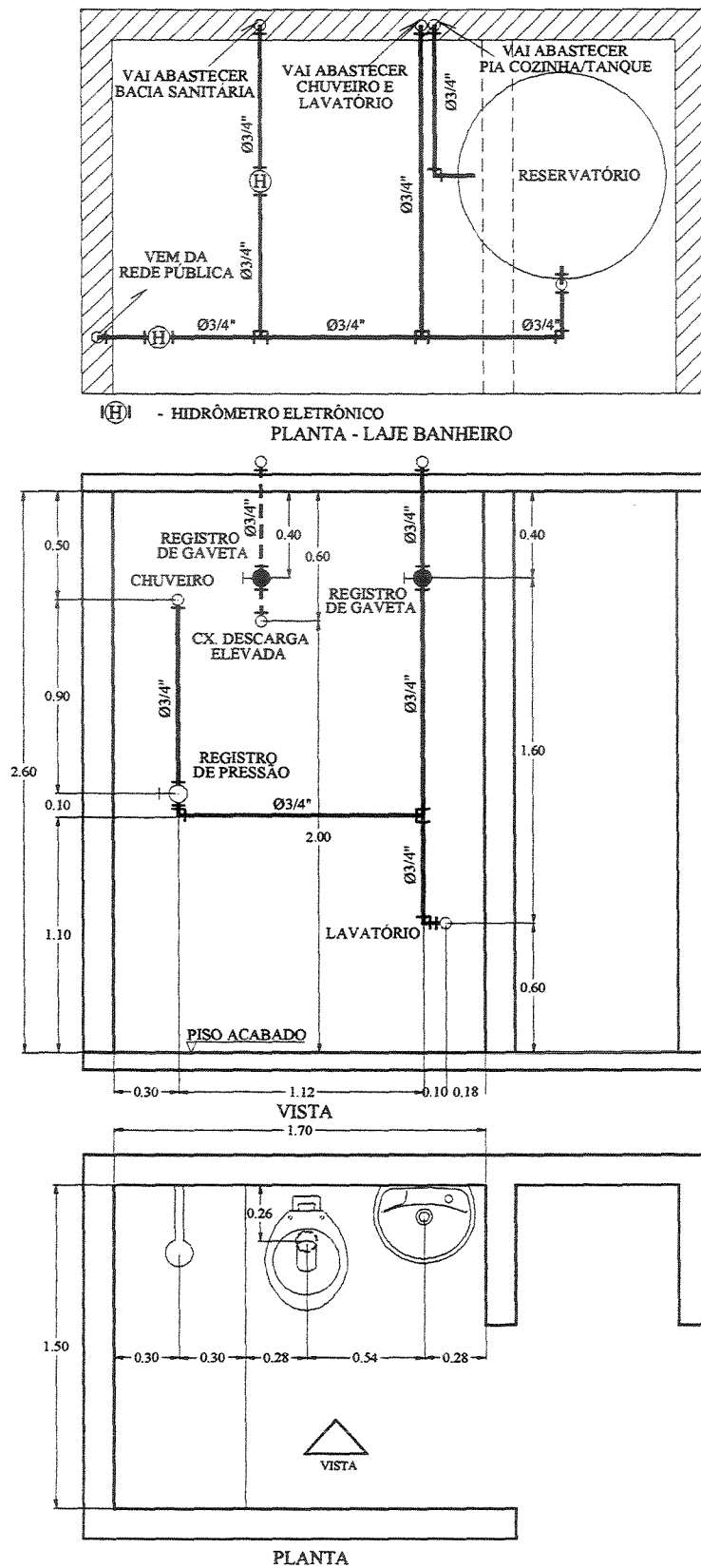


Figura 4.10 Bacia com caixa elevada – Adaptação do projeto hidráulico.

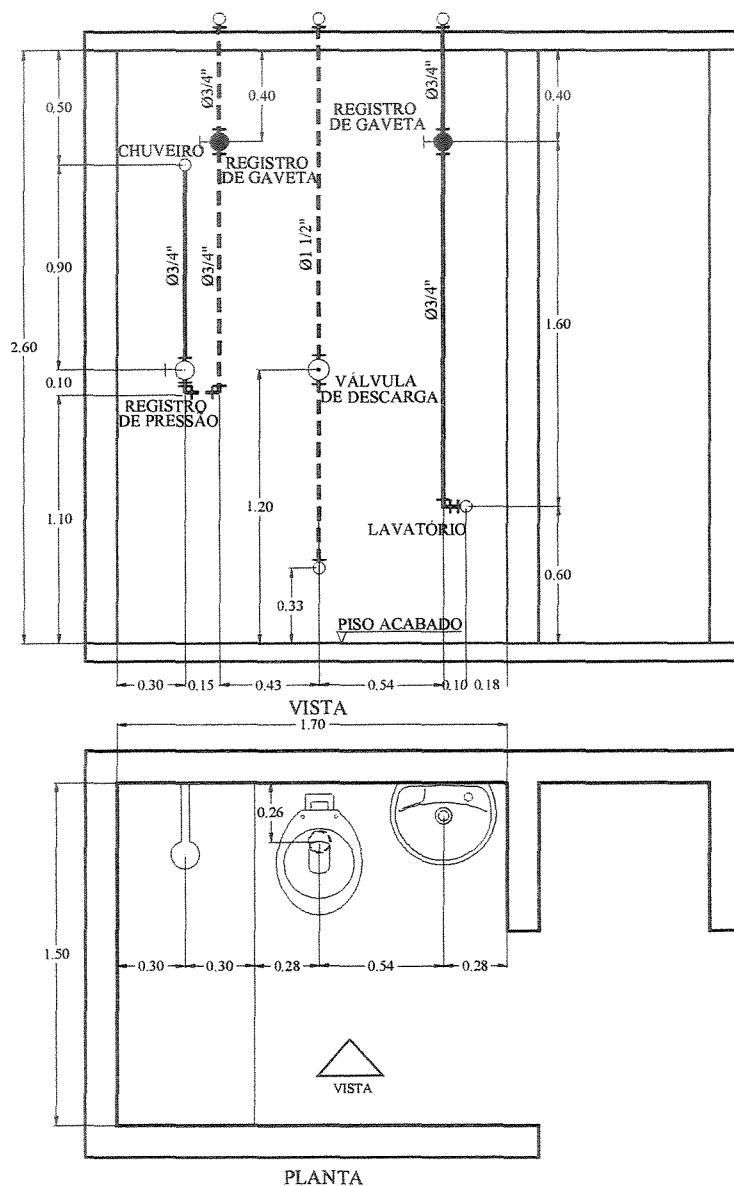
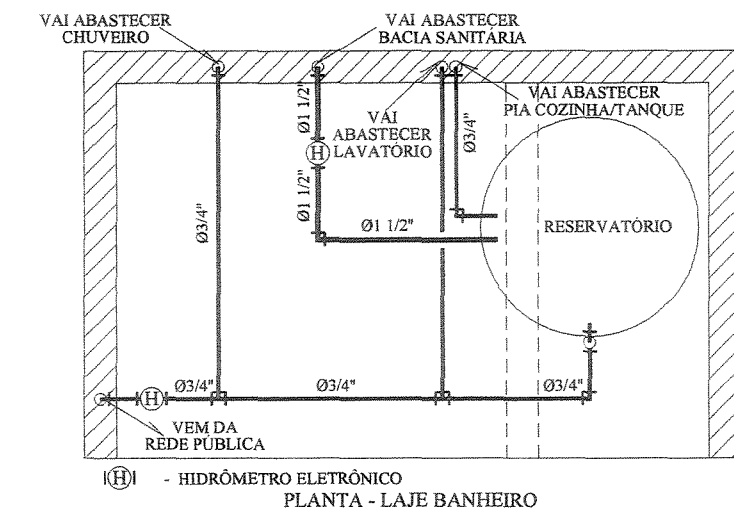


Figura 4.11 Bacia com válvula de descarga – Adaptação do projeto hidráulico.

4.2.3 Sistema de Telemedição e Armazenamento de Dados

Para o levantamento dos dados de volume/consumo geral das residências e específico das bacias sanitárias/sistema de descarga, foi empregado um sistema de telemedição, utilizando hidrômetros eletrônicos, e um computador, ambos interligados por um cabo do tipo telefônico (objetivando a utilização do padrão *M-Bus* de comunicação).

O cabeamento foi executado de forma aérea, junto à rede telefônica pública, já existente nos postes das ruas do empreendimento. Ao chegar ao poste público, junto a uma das casas a serem estudadas, este cabo foi passado junto ao telhado da mesma. A partir daí, todas as casas foram interligadas pelo cabo, através de isoladores cerâmicos fixados no madeiramento dos telhados (fechamento externo), conforme apresentado nas Figuras 4.12 e 4.13.

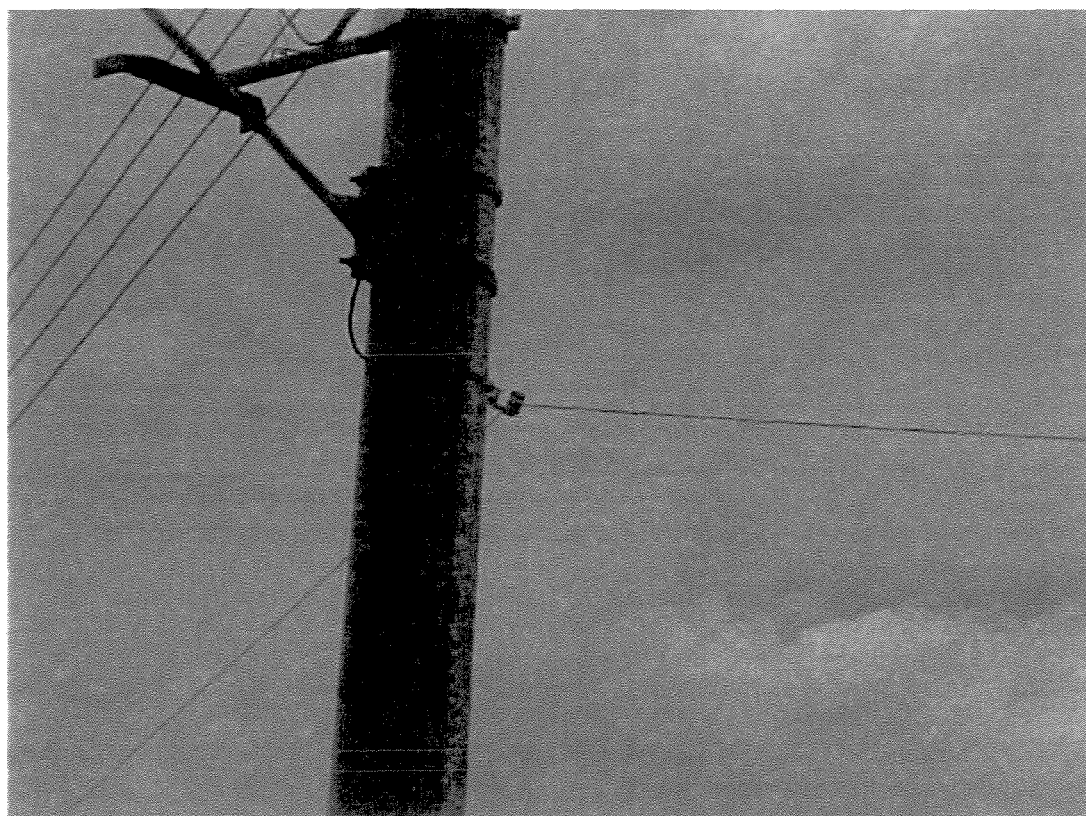


Figura 4.12 Isolador cerâmico localizado no poste público.

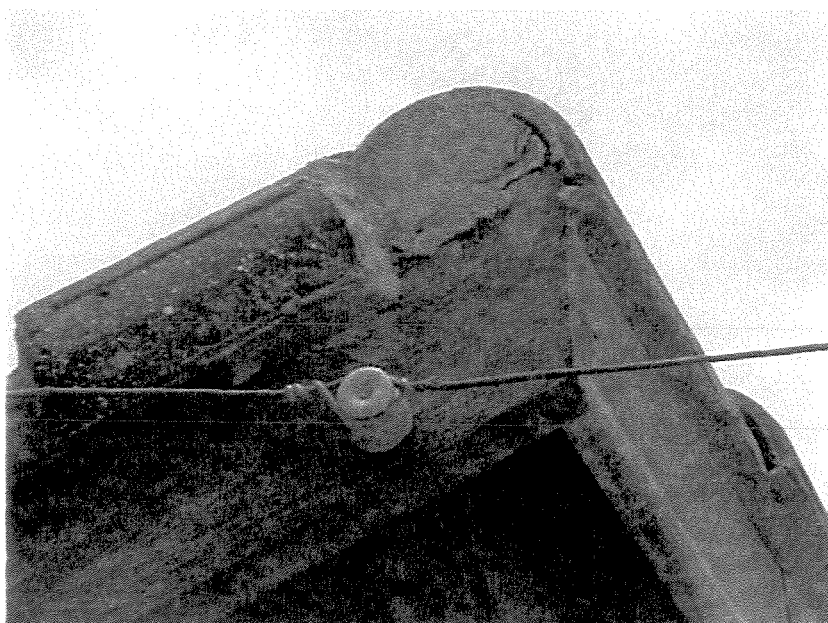


Figura 4.13 Detalhe da fixação do isolador cerâmico localizado na residência.

Junto a este cabo (para aquisição dos dados) foi também passada uma cordoalha de cobre para proteção contra descargas atmosféricas, devidamente ligada às hastes de aterramento.

Conforme citado anteriormente, foram instalados dois hidrômetros eletrônicos em cada casa: um para a coleta dos dados de consumo geral, e outro para a coleta dos dados de consumo da bacia sanitária/sistema de descarga (ver Figura 4.14).



Figura 4.14 Detalhe da instalação do hidrômetro eletrônico para a medição do consumo geral da residência.

Para a medição do consumo geral e do consumo das bacias com caixa (elevada ou acoplada), foram empregados hidrômetros com vazão nominal de 1,5 m³/h (diâmetro de 3/4"). No caso das bacias com válvula de descarga, foram empregados medidores com vazão nominal de 10,0 m³/h (diâmetro de 1 1/2"). Em todos os casos, os hidrômetros utilizados são da marca *ABB-Nansen/Hydrometer*.

Os dois hidrômetros instalados acima da laje do banheiro de cada casa (um para a medição do consumo geral e outro para a medição do consumo da bacia) foram interligados por um cabo, sendo este cabo, então, ligado ao cabo externo, fixado no madeiramento do telhado.

Ainda próximo à laje do banheiro, porém a cada duas casas, foi instalado um protetor contra descargas atmosféricas de até 10,0 kA de corrente máxima, com a função de proteger o cabeamento interno. O citado protetor foi então ligado a uma cordoalha de cobre externa, interligada às hastes de aterramento, também em cobre, fechando o sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

No outro extremo do sistema, localiza-se o *repeater* e o computador, conforme o esquema geral apresentado na Figura 4.15, a seguir. O *repeater* constitui-se no aparelho responsável pela interface entre o meio físico de comunicação empregado (cabo telefônico por via aérea) e a entrada serial do computador (RS 232). É através dele que se torna possível o gerenciamento da aquisição de dados e o fornecimento de energia aos hidrômetros em campo. O cabo externo liga-se ao *repeater*, utilizando-se aqui também o protetor contra descargas atmosféricas já citado, devidamente ligado a uma cordoalha e esta às barras de aterramento, para a devida proteção deste cabo.

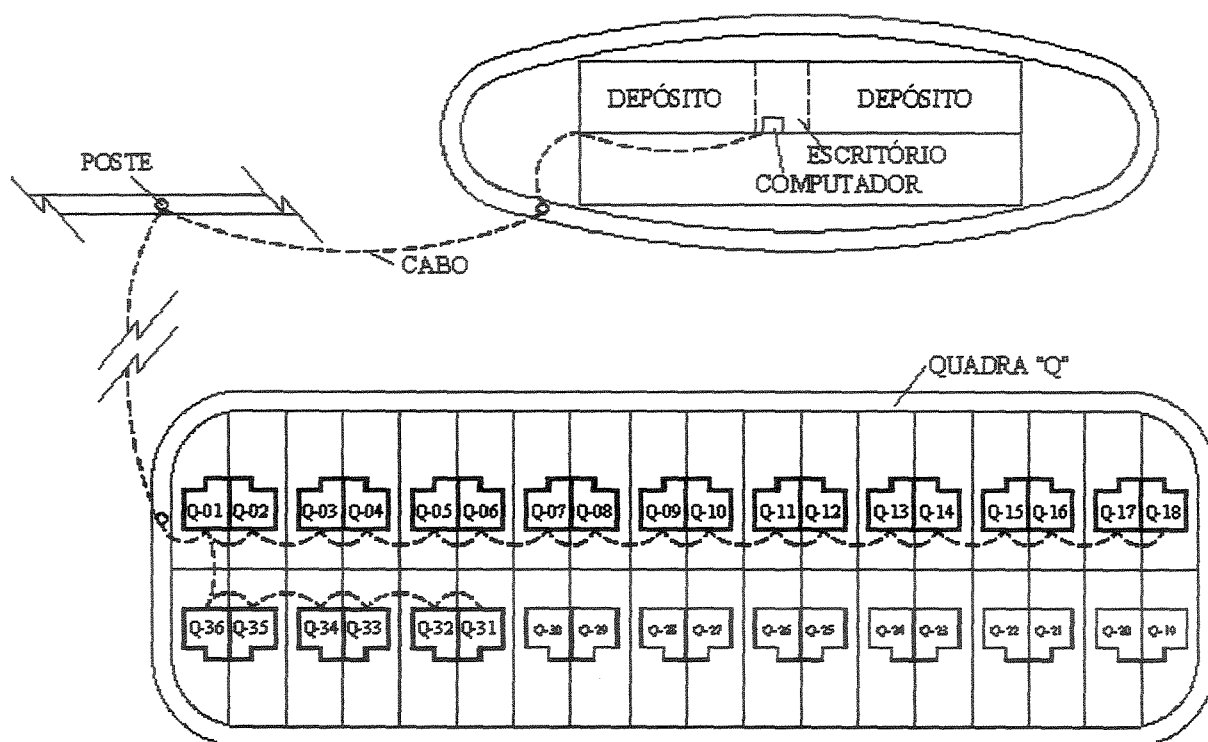


Figura 4.15 Esquema geral do sistema de aquisição de dados.

O computador utilizado, devidamente aterrado, possuía a configuração adequada às necessidades, com relação à frequência do processador, memória e disco rígido. Nele foi instalado o programa que gerencia a aquisição dos dados gerados pelos hidrômetros. Este programa possibilita a visualização dos dados de volume e vazão, a geração direta de gráficos, a exportação dos dados para uma planilha eletrônica, permitindo a análise do desempenho das bacias estudadas.

4.2.4 Bacias Sanitárias instaladas em Campo

Os exemplares de bacias sanitárias enviados para o campo encontram-se relacionados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Bacias sanitárias empregadas no estudo de campo.

Fabricante	Bacias Convencionais		Bacias Economizadoras	
	independente	c/ cx. acoplada	independente	c/ cx. acoplada
A	10 unidades	8 unidades	2 unidades	1 unidade
B	---	---	1 unidade	2 unidades
C	---	---	1 unidade	1 unidade
D	---	---	2 unidades	1 unidade
E	---	---	1 unidade	1 unidade
F	---	---	2 unidades	1 unidade
G	---	---	1 unidade	1 unidade
total	10	8	10	8

Conforme já citado na Investigação Laboratorial, as bacias sanitárias independentes (entrada horizontal e saída embutida vertical) são aquelas comercializadas sem o correspondente aparelho de descarga, o qual pode ser qualquer caixa ou válvula de descarga, também comercializados de forma independente. Já as bacias sanitárias com caixa acoplada (saída embutida vertical) são destinadas para uso específico com sua respectiva caixa de descarga e com a qual é comercializada em conjunto.

As bacias independentes convencionais utilizaram como sistema de descarga caixas elevadas (volume nominal de 9,0 litros) e/ou válvulas. Por sua vez, as bacias com caixa acoplada convencionais foram reguladas em fábrica para volume de descarga de 12,0 litros. Vale ressaltar que os volumes efetivamente empregados em campo são dependentes das condições hidráulicas do sistema de água fria nas residências.

Analogamente, as bacias independentes economizadoras utilizaram como sistema de descarga caixas elevadas (volume regulado para 6,0 litros) e/ou válvulas. As bacias com caixa acoplada economizadoras foram reguladas em fábrica para volume de descarga de 6,0 litros, sendo o volume efetivamente empregado, conforme destacado anteriormente, dependente das condições em campo.

Os modelos enviados para campo, com exceção de um deles, são os mesmos que aqueles testados em laboratório.

Foi desenvolvido um código específico para as bacias instaladas em campo, de maneira similar ao que ocorreu nos ensaios em laboratório. Os códigos utilizados seguem a seguinte sequência:

- *H, I, J, K, L, M ou N* → identificação do fabricante;
- *1 ou 2* → bacias com caixa acoplada;
- *3 ou 4* → bacias independentes instaladas com caixa elevada;
- *5 ou 6* → bacias independentes instaladas com válvula de descarga;
- *C (n°)* → Identificação (número da casa) onde a bacia foi instalada;
- *F1* → Fase 1 ou *F2* → Fase 2.

Assim, o código *I5/C11/F1*, por exemplo, corresponde a uma bacia sanitária do fabricante **I**, instalada com **válvula** (5), na **Casa 11**, na **Fase 1**.

A Investigação de Campo foi dividida em 2 Fases, conforme apresentado a seguir:

- **FASE 1**

Nesta fase foram instaladas 6 bacias economizadoras (3 com caixa acoplada, 1 com válvula de descarga e 2 com caixa elevada) e 15 convencionais (7 com caixa acoplada, 2 com válvula de descarga e 6 com caixa elevada).

- **FASE 2**

Nesta fase, 11 bacias convencionais (5 com caixa acoplada, 1 com válvula de descarga e 5 com caixa elevada), instaladas na Fase 1, foram substituídas por economizadoras. Foi ainda instalada uma bacia sanitária de volume de descarga reduzido em uma residência que não havia sido ocupada na Fase 1.

Também foi dada continuidade ao monitoramento do consumo tanto das 6 bacias convencionais que não foram substituídas como das 6 bacias economizadoras que já faziam parte da Fase 1.

A Tabela 4.3 apresenta a localização das bacias sanitárias economizadoras no Conjunto Habitacional de Pindamonhangaba, bem como os códigos e a fase do estudo.

Tabela 4.3 Exemplo de classificação das bacias sanitárias economizadoras em campo.

Bacias independentes			Bacias com caixa acoplada		
Códigos	Casa	Fase	Códigos	Casa	Fase
I4/C36/F1	36	1	H1/C04/F1	4	1
I5/C11/F1	11	1	M1/C16/F1	16	1
N3/C35/F1	35	1	M2/C15/F1	15	1
H3/C07/F2	7	2	I1/C06/F2	6	2
J3/C10/F2	10	2	J1/C03/F2	3	2
K3/C33/F2	33	2	K1/C02/F2	2	2
K4/C08/F2	8	2	L1/C05/F2	5	2
L3/C09/F2	9	2	N1/C01/F2	1	2
M3/C34/F2	34	2	--	--	--
N5/C12/F2	12	2	--	--	--

Notas: *H, I, J, K, L, M ou N* - códigos dos fabricantes

1 ou 2 - bacias com caixa acoplada

3 ou 4 - bacias independentes instaladas com caixa elevada

5 ou 6 - bacias independentes instaladas com válvula de descarga

C(n°) - Identificação (número da casa) onde a bacia foi instalada

F1 - Fase 1 ou *F2* - Fase 2

Exemplo: *I5/C11/F1* = Fabricante I, bacia instalada com válvula (5), casa 11, Fase 1

Em paralelo à monitoração do consumo de água, foram efetuadas medições pontuais da pressão disponível nas caixas de descarga (elevada e acoplada), com o auxílio de Manômetros Bourdon.

Vale ressaltar que de todas as bacias enviadas a campo, 3 bacias independentes convencionais não chegaram a ser instaladas, tendo em vista que as residências nas quais as mesmas seriam utilizadas, não foram ocupadas no período de realização da Fase 1 da Investigação de Campo. Por sua vez, todas as bacias economizadoras fizeram parte da Investigação Laboratorial.

Antes de serem encaminhadas para campo, as bacias foram testadas pelos próprios fabricantes, assegurando o cumprimento aos critérios da norma vigente com relação ao desempenho funcional. Os testes realizados foram os recomendados nas normas brasileiras NBR

9060 (ABNT, 1997c) e NBR 6452 (ABNT, 1997a), cujos procedimentos estão descritos no Anexo A4.

- Consumo de água;
- Remoção de sólidos: bolas de papel higiênico e esferas de polipropileno;
- Lavagem de parede;
- Troca de água;
- Reposição do fecho hídrico;
- Respingos de água; e
- Resistência do fecho hídrico à sobrepressão;

4.2.5 Questionário

Para a avaliação do desempenho funcional das bacias instaladas em campo sob o ponto de vista do usuário, foram aplicados questionários nas duas Fases do Estudo.

O questionário aplicado na **Fase 1** é composto, basicamente, por duas partes:

- levantamento da população, idade e horários de realização das atividades relacionadas com o uso da água em cada residência;
- questionamento dos usuários em diferentes aspectos relacionados com o desempenho funcional da bacia sanitária (frequência da ocorrência de entupimentos, dupla descarga, existência de cesto de lixo no banheiro, satisfação geral com o referido componente, entre outros).

O questionário aplicado na **Fase 2**, por sua vez, possui apenas a parte relativa ao questionamento do usuário sobre o desempenho da bacia sanitária, já que as demais informações foram levantadas na **Fase 1**. Este questionário é bastante similar ao aplicado na **Fase 1**, sendo acrescidas as questões relativas ao desempenho da bacia economizadora comparativamente à convencional, tendo sido aplicado apenas naquelas residências em que ocorreu a substituição da bacia sanitária.

Foi entrevistado, em cada residência, apenas um usuário, geralmente a dona da casa, a qual relatou os problemas encontrados pela família como um todo.

As perguntas foram escritas de forma coloquial, para o melhor entendimento do usuário leigo. Outros dados como horários das refeições e dos banhos, assim como tipo de aparelhos que utilizam água (como máquina de lavar roupa e/ou "tanquinho"⁴) também foram levantados.

No Anexo A7 são apresentados os questionários elaborados para as **Fases 1 e 2**.

⁴ Tanquinho é um tipo de máquina de lavar simplificada.

5 Resultados e Análise

5.1 Investigação Laboratorial

Neste item, serão apresentados os resultados dos ensaios relacionados no Capítulo 4, bem como a análise efetuada.

5.1.1 Caracterização Geométrica

5.1.1.1 Bacias Independentes - Características Geométricas Específicas

A Tabela 5.1 mostra os resultados observados para a altura do fecho hídrico e diâmetro interno do sifão verificados para as bacias sanitárias independentes ensaiadas.

Tabela 5.1 Bacias independentes ensaiadas – características geométricas específicas.

Exemplar	Altura do fecho hídrico (mm)	Diâmetro do sifão (mm)
A5(A3)	55	44,45
A6(A4)	55	47,63
B5(B3)	50	38,10
B6(B4)	50	41,28
C5(C3)	65	41,28
C6(C4)	65	38,10
D5(D3)	55	41,28
D6(D4)	55	41,28
E5(E3)	60	47,63
E6(E4)	60	47,63
F5(F3)	60	38,10
F6(F4)	60	38,10
G5(G3)	55	41,28
G6(G4)	55	41,28

Nota: As bacias de números 3 e 5 e as bacias de números 4 e 6 constituem o mesmo exemplar – estes índices referem-se apenas ao sistema de descarga empregado posteriormente nos ensaios (5 e 6 - válvula de descarga; 3 e 4 - caixa elevada).

Na Figura 5.1 é apresentado um resumo dos valores do diâmetro interno do sifão, considerando-se os 21 exemplares de bacias independentes (os dois ensaiados e o terceiro utilizado como contraprova de cada um dos sete fabricantes).

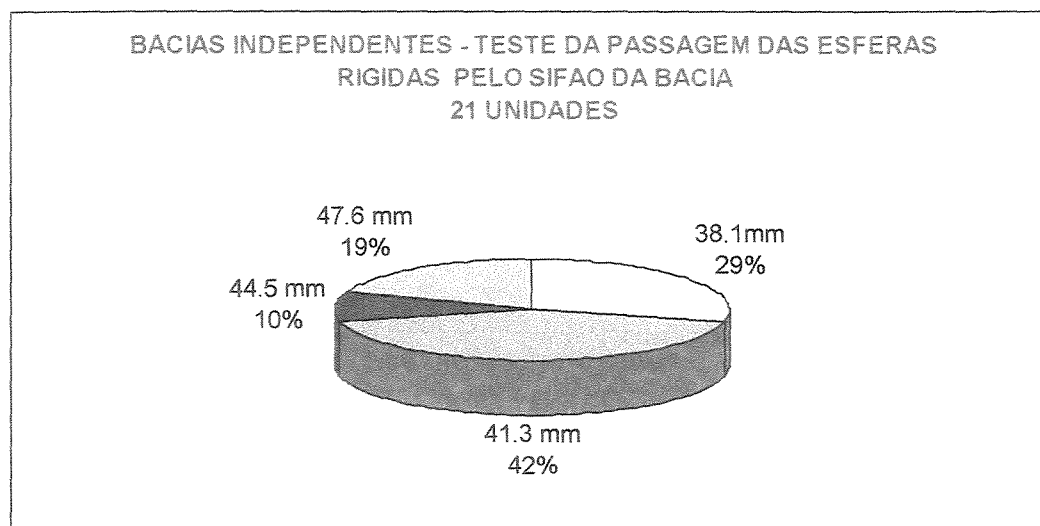


Figura 5.1 Diâmetro interno do sifão (passagem das esferas) – bacias independentes.

Da análise da Tabela 5.1 e da Figura 5.1, verifica-se que em todas as bacias analisadas é possível a passagem da esfera com diâmetro de 38 mm, conforme previsto na normalização nacional NBR 6452 (ABNT, 1997a). Cerca de 71% das bacias permitem a passagem de diâmetros maiores do que o referido valor (ver Anexo A4).

Além das constatações apresentadas na Tabela 5.1, também verificou-se que em 43% dos casos (03 fabricantes), os três exemplares de bacias independentes enviados por cada um deles possuíam diâmetros de sifão diferenciados.

Adicionalmente, com relação às diferenças entre os três exemplares de bacias independentes enviadas por um mesmo fabricante, verifica-se que para 43% dos casos (03 fabricantes) as esferas cuja passagem pelo sifão foi possibilitada possuíam ainda diâmetros diferenciados.

Os valores da altura do fecho hídrico foram todos superiores ou iguais ao mínimo de norma (50 mm), conforme o Anexo A4.

5.1.1.2 Bacias com Caixa Acoplada - Características Geométricas Específicas

A Tabela 5.2 mostra os resultados observados para a altura do fecho hídrico e diâmetro interno do sifão das linhas das bacias sanitárias com caixa acoplada analisadas.

Tabela 5.2 Bacias com caixa acoplada ensaiadas – características geométricas específicas.

Exemplar	Altura do fecho hídrico (mm)	Diâmetro do sifão (mm)
A1	60	41,28
A2	60	41,28
B1	55	41,28
B2	55	41,28
C1	55	41,28
C2	55	44,45
D1	50	38,10
D2	50	38,10
E1	60	44,45
E2	60	41,28
F1	60	47,63
F2	60	47,63
G1	60	41,28
G2	60	38,10

Na Figura 5.2 é apresentado um resumo dos valores do diâmetro do sifão, considerando-se os 21 exemplares de bacias com caixa acoplada (os dois ensaiados e o terceiro utilizado como contraprova de cada um dos sete fabricantes).

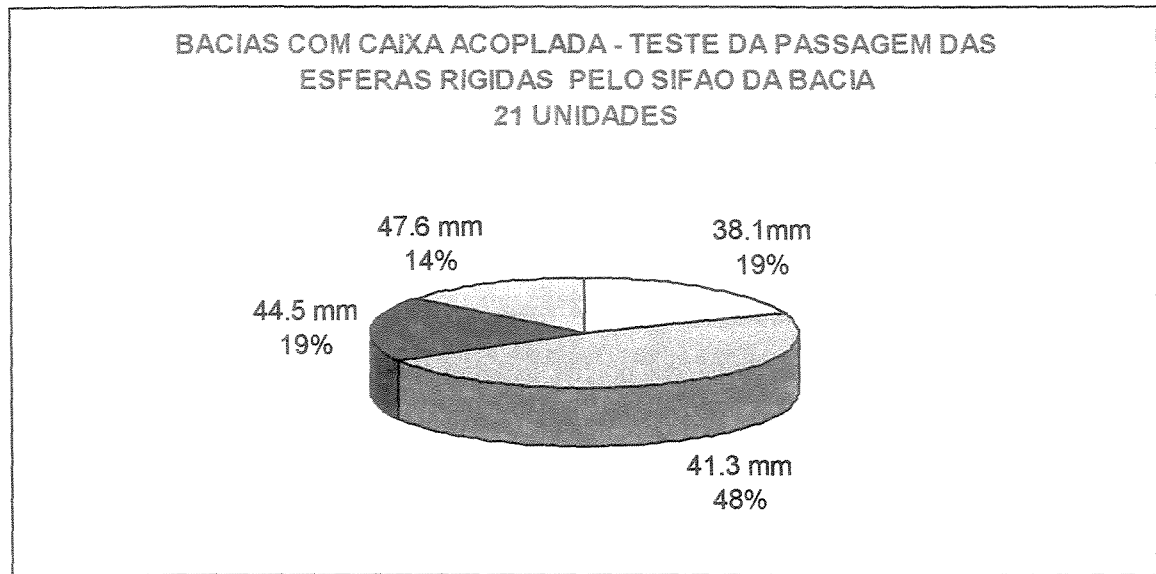


Figura 5.2 Diâmetro do sifão (passagem das esferas) – bacias com caixa acoplada.

Da análise da Tabela 5.2 e da Figura 5.2, verifica-se que em todas as bacias com caixa acoplada analisadas é possível a passagem da esfera com diâmetro de 38 mm, conforme previsto na normalização nacional. Cerca de 81% das bacias permitem a passagem de diâmetros maiores do que o referido valor.

Quanto às diferenças entre os três exemplares de bacias com caixa acoplada enviadas por um mesmo fabricante, verifica-se que para 43% dos casos (03 fabricantes) as esferas cuja passagem pelo sifão foi possibilitada possuem diâmetros diferenciados, como já havia ocorrido para as bacias sanitárias independentes analisadas.

Além das constatações apresentadas na Tabela 5.2, também verificou-se que em 43% dos casos (03 fabricantes), os três exemplares de bacias com caixa acoplada enviados por cada um dos fabricantes, possuíam diâmetros de sifão diferenciados.

Os valores da altura do fecho hídrico foram superiores ou iguais ao mínimo de norma .

5.1.2.1.1 Bacias Independentes Ensaçadas com Caixa Elevada

As bacias independentes com caixa elevada foram testadas com uma pressão estática de 14 mca na alimentação, obtida com a utilização de conjunto moto-bomba, obtendo-se uma pressão dinâmica de 6 mca, com uma vazão de 0,19 l/s. Cabe ressaltar que estes valores seguem aqueles constantes em ASME (1995) para bacias com caixa acoplada, pois a referida norma não cita bacias com caixa elevada (ver Anexo A2).

Todos os testes foram realizados com uma caixa de descarga da marca Akros, com dispositivo Venturi, que proporciona vazão (da caixa para a bacia sanitária) de 1,5 l/s. A altura de instalação da caixa foi de 1,70m, distância medida do ponto mais baixo da caixa até à base de apoio da bacia sanitária, caracterizando-se como “caixa alta”, seguindo a definição da NBR 11852 (ABNT, 1991a).

Nas Figuras 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 são apresentados os resultados obtidos no ensaio com a mídia composta, respectivamente com 10 esponjas e 6 folhas de papel (**TESTE 1**), 15 esponjas e 10 folhas de papel (**TESTE 2**) e 15 esponjas e 15 folhas de papel (**TESTE 3**) e 12 esponjas e 10 folhas de papel (**TESTE 4**) para as **bacias independentes com caixa elevada**.

Os valores apresentados no eixo das ordenadas correspondem ao número de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga. As barras de cores diferentes representam as cinco repetições de cada teste. Conforme apresentado anteriormente, os números 3 e 4 correspondem aos dois exemplares ensaiados e as letras (A a G) à cada fabricante.

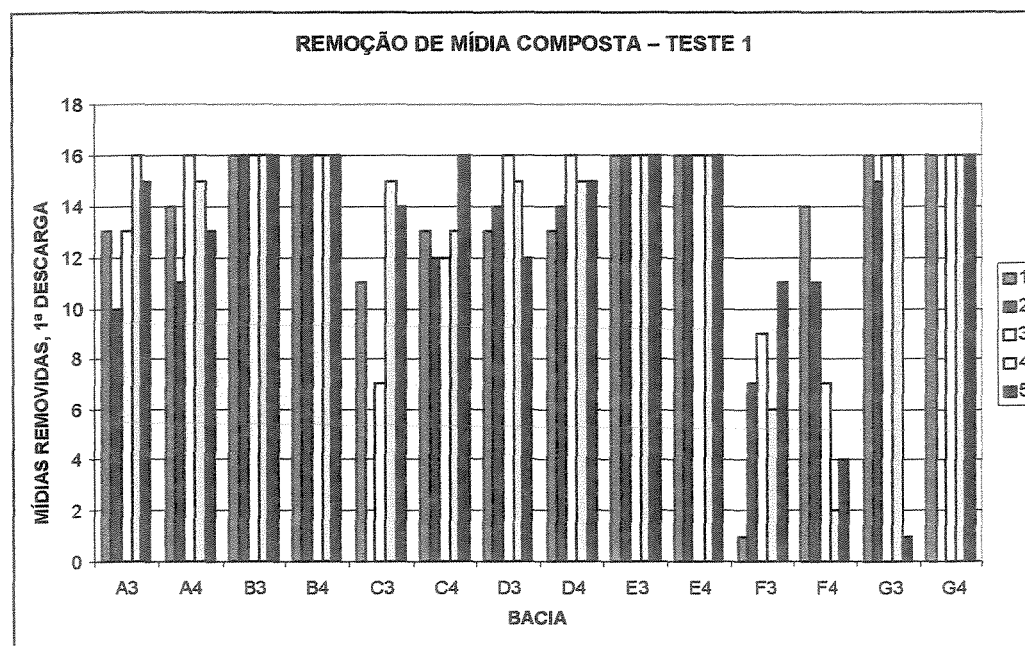


Figura 5.3 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias independentes com caixa elevada, 10 E + 6 P – cinco repetições.

Da análise da Figura 5.3, verifica-se que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga pelas bacias independentes com caixa elevada, **desprezando uma das cinco repetições** (o pior resultado), é igual a 14, ou seja, 87,5% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 2,6 mídias.

Considerando-se o **critério da média**, 78,6% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com caixa elevada) atendem ao **critério 1** e 85,7% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, 50,0% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com caixa elevada) atendem ao **critério 1** e 78,6% atendem ao **critério 2**.

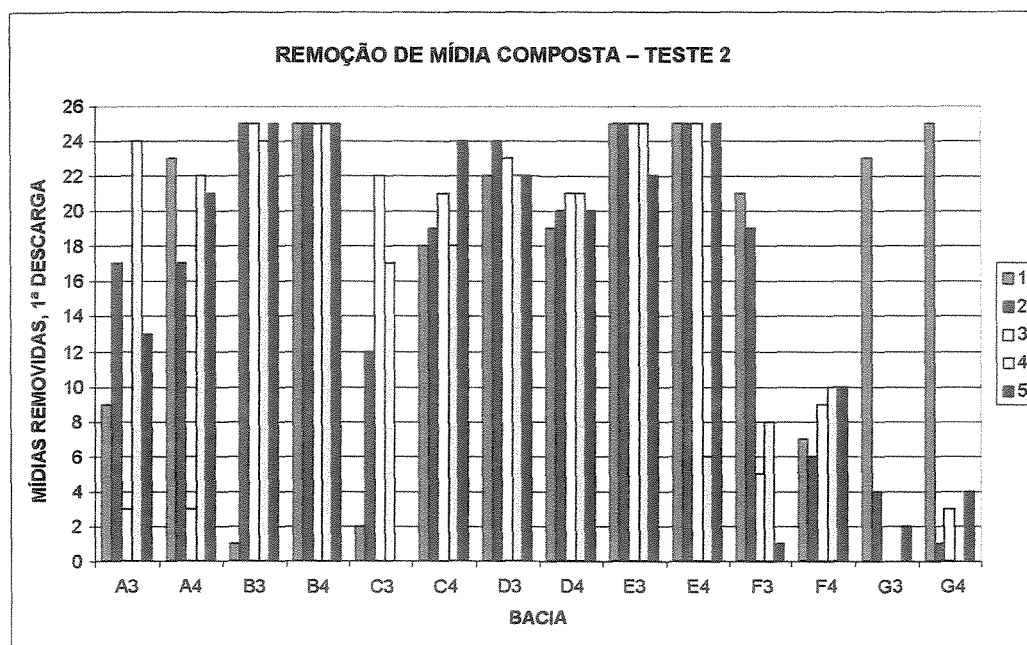


Figura 5.4 Teste de remoção de sólidos – média composta, bacias independentes com caixa elevada, 15 E + 10 P – cinco repetições.

Verifica-se, a partir da análise da Figura 5.4, que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga, pelas bacias independentes com caixa elevada, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 17,9, ou seja, cerca de 71,6% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 6,7 mídias.

Considerando-se o **critério da média**, 42,9% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com caixa elevada) atendem ao **critério 1** e 64,3% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, 35,7% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com caixa elevada) atendem ao **critério 1** e 57,1% atendem ao **critério 2**.

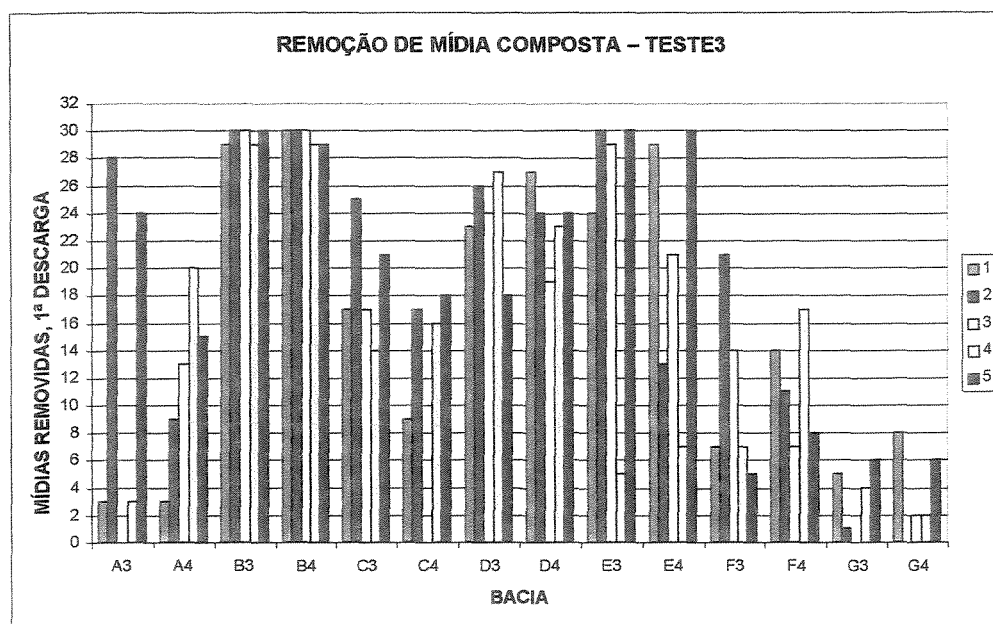


Figura 5.5 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias independentes com caixa elevada, 15 E + 15 P – cinco repetições.

Da análise da Figura 5.5, verifica-se que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga, pelas bacias independentes com caixa elevada, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 18,4, ou seja, cerca de 61,3% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 8,7 mídias.

Considerando-se o **critério da média**, 21,4% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com caixa elevada) atendem ao **critério 1** e 50,0% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, 14,3% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com caixa elevada) atendem ao **critério 1** e 35,7% atendem ao **critério 2**.

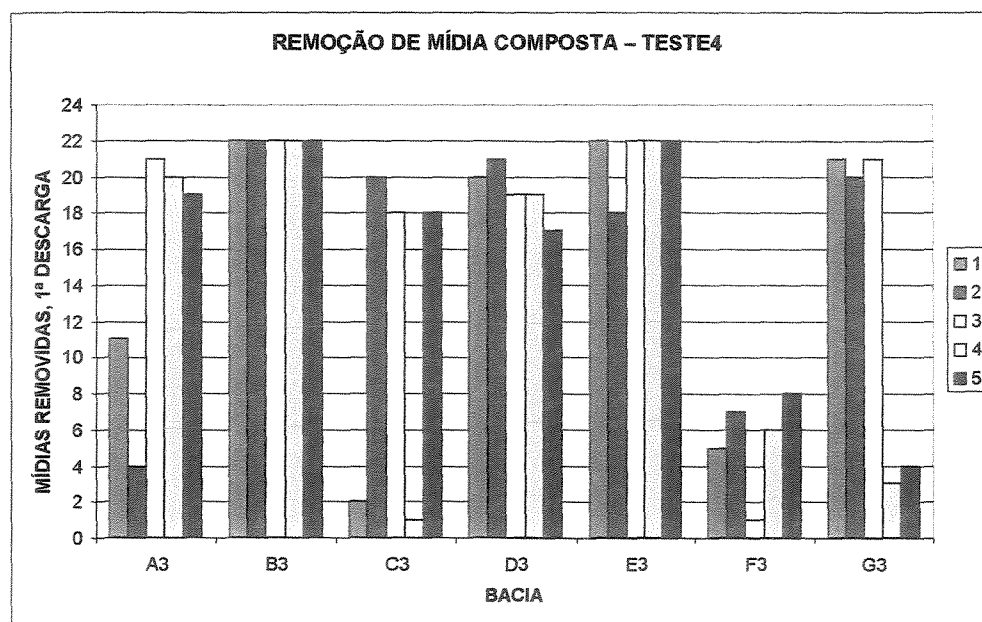


Figura 5.6 Teste de remoção de sólidos – média composta, bacias independentes com caixa elevada, 12 E + 10 P – cinco repetições.

Da análise da Figura 5.6, verifica-se que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga pelas bacias independentes com caixa elevada, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 17,0, ou seja, 77,3% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 5,4 mídias. Conforme destacado anteriormente, nesta carga adicional foi ensaiado apenas um exemplar de cada fabricante.

Considerando-se o **critério da média**, 57,1% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com caixa elevada) atendem ao **critério 1** e 71,4% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, 42,9% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com caixa elevada) atendem ao **critério 1** e 42,9% atendem ao **critério 2**.

Nas Figuras 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10 é apresentado o número de obstruções ocorridas, nas bacias com caixa elevada, em 4 descargas consecutivas (uma com mídias e as demais somente com água), respectivamente nos **TESTES 1, 4, 2 e 3**. Cada teste foi realizado em 5 repetições, representadas pelas barras em cores diferentes (1, 2, 3, 4 e 5).

Assim, por exemplo, na Figura 5.7, verifica-se que a bacia F4, quando ensaiada com a carga de 10E + 6P apresentou 1 obstrução na repetição 3, 3 na repetição 4 e 3 na repetição 5.

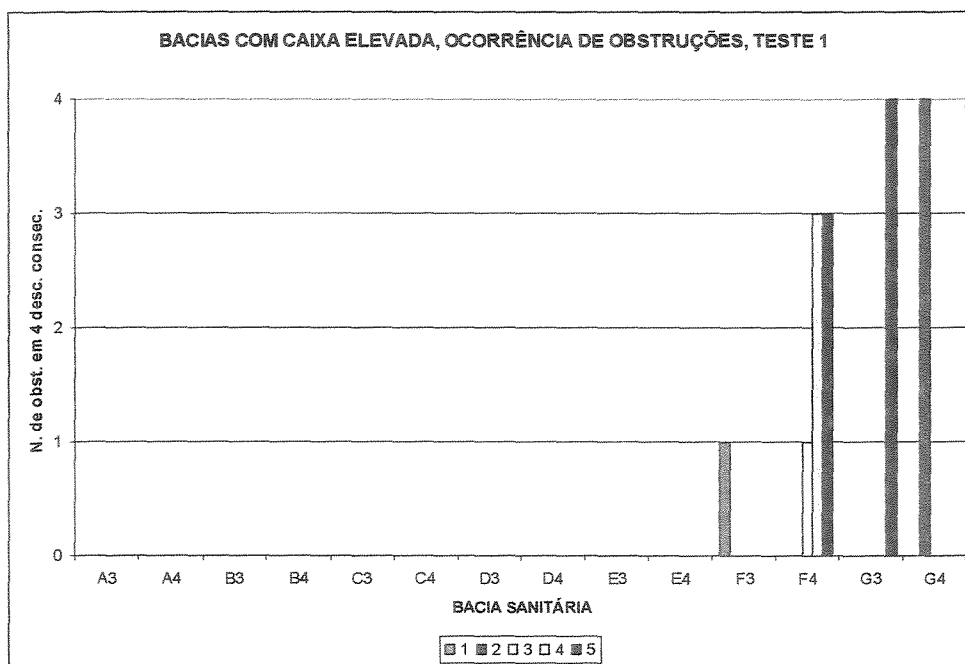


Figura 5.7 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com caixa elevada – TESTE 1 – cinco repetições.

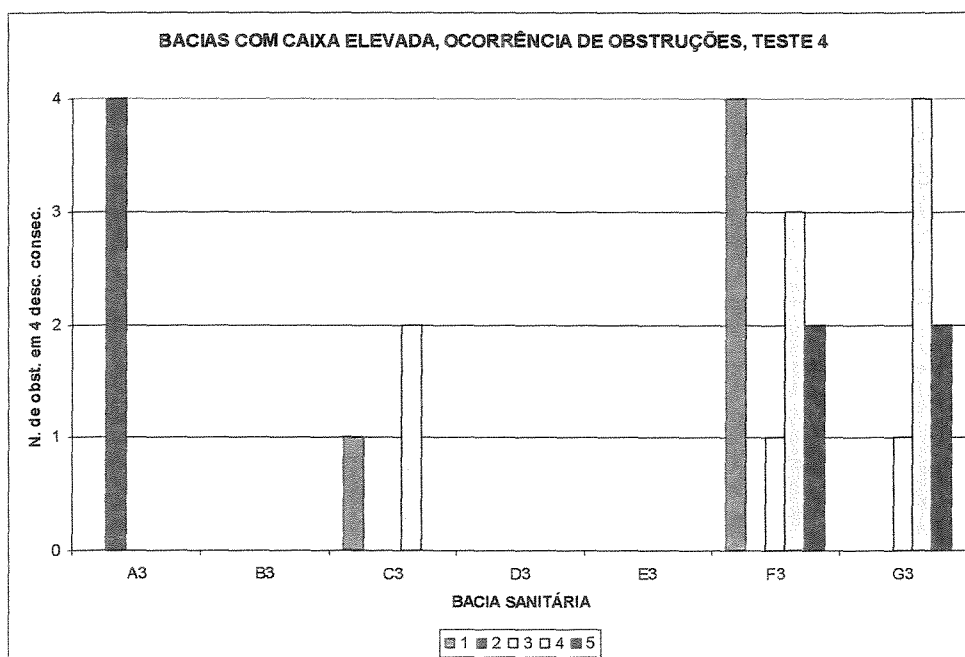


Figura 5.8 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com caixa elevada – TESTE 4 – cinco repetições.

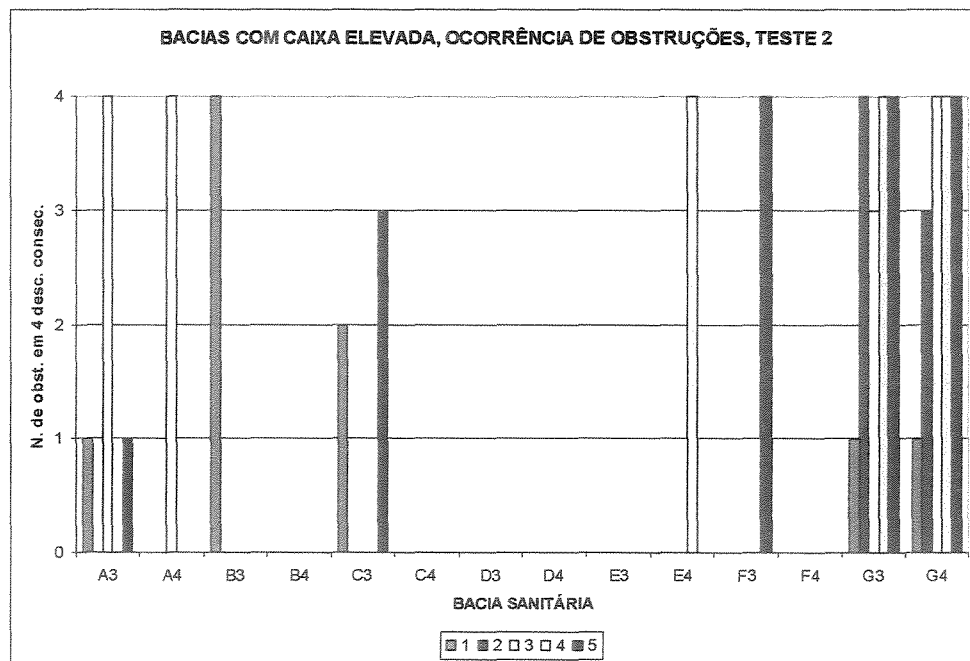


Figura 5.9 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com caixa elevada – TESTE 2 – cinco repetições.

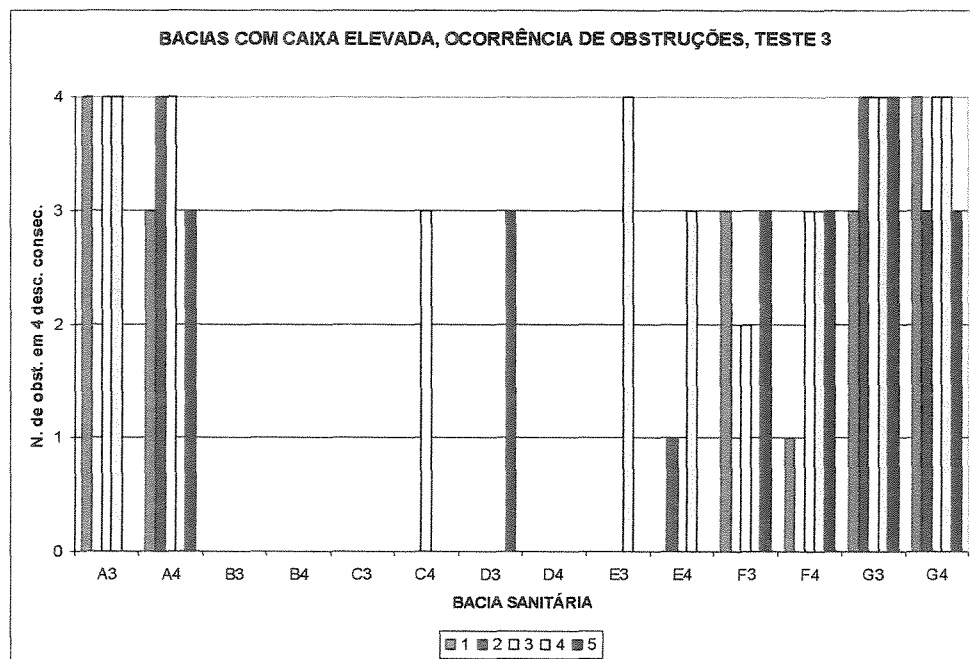


Figura 5.10 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com caixa elevada – TESTE 3 – cinco repetições.

Na Tabela 5.4 são apresentadas as médias dos volumes totais empregados pelas bacias sanitárias independentes com caixa elevada, nos testes com a mídia composta.

O **volume total** consiste na soma do volume principal com o secundário e deve ser considerado quando da análise do volume máximo de descarga, tendo em vista a economia de água. O **volume principal** é aquele medido a partir do fluxo que ocorre inicialmente, responsável pela remoção dos sólidos e caracterizado por um pico de vazão. O **volume secundário**, por sua vez, corresponde à parcela que é empregada, basicamente, para a reposição do fecho e ocorre ao final da descarga propriamente dita, com uma baixa vazão.

Tabela 5.4 Média dos volumes totais de descarga empregados nas bacias com caixa elevada.

Bacia sanitária	Volume total (litros)
A3	5,83
A4	5,74
B3	6,95
B4	6,90
C3	5,96
C4	5,93
D3	5,74
D4	5,77
E3	5,93
E4	5,96
F3	5,96
F4	5,97
G3	6,25
G4	6,25

Da análise das Figuras 5.7 a 5.10 e da Tabela 5.4, considerando-se apenas os quatro melhores resultados de cada teste (ver critério de desempenho no item 5.1.2.1), destaca-se que:

- em geral, o desempenho das bacias sanitárias independentes com caixa elevada, em termos da porcentagem do total de mídias removidas na 1ª descarga, foi decrescente à medida em que foi elevada a carga de ensaio;
- o desempenho no Teste 1 (10E & 6P) pode ser considerado satisfatório, com remoção de mais de 80% do total de mídias colocadas na bacia, com exceção de três dos quatorze exemplares

ensaiados;

- nos Testes 2 (15E & 10P) e 4 (12E & 10P), cerca de 57% das bacias apresentaram um bom desempenho (remoção de mais de 80% do total de mídias colocadas na bacia);
- o desempenho no Teste 3 (15E & 15P) foi, em geral, ruim: cerca de 43% dos exemplares removeram menos de 50% do total de mídias;
- com exceção das bacias de dois fabricantes, não ocorreram obstruções no Teste 1. Com o aumento da carga as obstruções foram mais frequentes (no Teste 3, apenas 4 exemplares não apresentaram nenhuma obstrução);
- apenas as bacias de dois fabricantes apresentaram problemas de reposição do fecho hídrico, sendo que em um deles as obstruções foram frequentes.

5.1.2.1.2 Bacias Independentes Ensaaiadas com Válvula de Descarga

As bacias independentes com válvula de descarga foram testadas com uma pressão dinâmica de 1,2 mca e vazão de 1,5 l/s, obtidas através da utilização de conjunto moto-bomba. Vale ressaltar que este valor de vazão encontra-se na faixa estipulada pela normalização brasileira, de 1,5 a 2,2 l/s (ABNT, 1993).

Todos os testes foram realizados com uma válvula HYDRA, da marca DECA, com bitola de 1 1/2".

Nas Figura 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14 são apresentados os resultados obtidos no ensaio com a mídia composta, respectivamente com 10 esponjas e 6 folhas de papel (TESTE 1), 15 esponjas e 10 folhas de papel (TESTE 2) e 15 esponjas e 15 folhas de papel (TESTE 3) e 12 esponjas e 10 folhas de papel (TESTE 4) para as **bacias independentes com válvula de descarga**.

De maneira similar aos gráficos referentes aos ensaios com as bacias com caixa elevada, os valores apresentados no eixo das abscissas correspondem ao número de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga. As barras de cores diferentes representam as cinco repetições de

cada teste; os números 5 e 6 correspondem aos dois exemplares ensaiados e as letras (A a G) à cada fabricante.

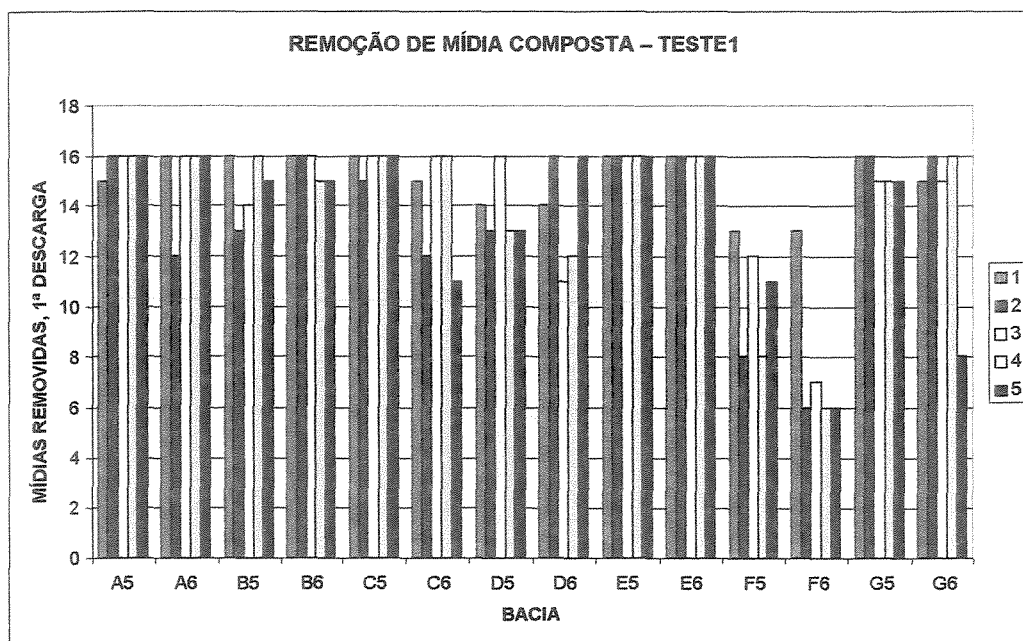


Figura 5.11 Teste de remoção de sólidos – média composta, bacias independentes com válvula, 10 E + 6 P – cinco repetições.

Da análise da Figura 5.11, verifica-se que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga pelas bacias independentes com válvula de descarga, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 14,6 ou seja, 91,3% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 2,3 mídias.

Considerando-se o **critério da média**, 85,7% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com válvula de descarga) atendem ao **critério 1** e ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, 64,3% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com válvula de descarga) atendem ao **critério 1** e 85,7% atendem ao **critério 2**.

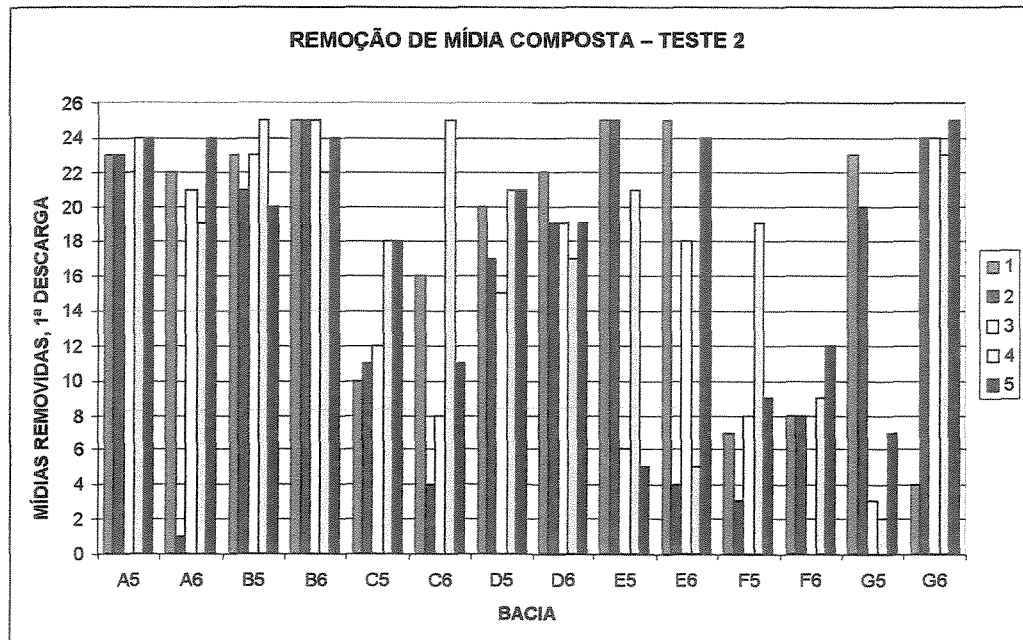


Figura 5.12 Teste de remoção de sólidos – média composta, bacias independentes com válvula de descarga , 15 E + 10 P – cinco repetições.

Verifica-se, a partir da análise da Figura 5.12, que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga pelas bacias independentes com válvula de descarga, desprezando-se uma das cinco repetições, é igual a 18,3, ou seja, 73,2% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 5,0 mídias.

Considerando-se o critério da média, 35,7% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com válvula de descarga) atendem ao critério 1 e 78,6% atendem ao critério 2, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o critério individual, 28,6% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com válvula de descarga) atendem ao critério 1 e 50,0% atendem ao critério 2.

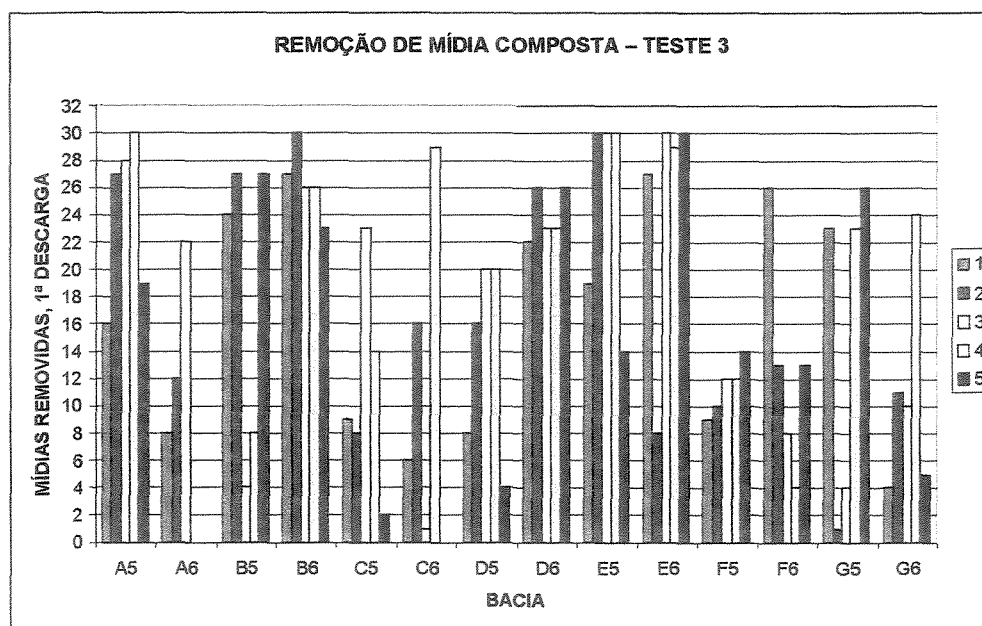


Figura 5.13 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias independentes com válvula de descarga, 15 E + 15 P – cinco repetições.

Da análise da Figura 5.13, verifica-se que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga, pelas bacias independentes com válvula de descarga, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 19,1, ou seja, 63,7% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 6,7 mídias.

Considerando-se o **critério da média**, 28,6% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com válvula de descarga) atendem ao **critério 1** e 50,0% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, 14,3% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com válvula de descarga) atendem ao **critério 1** e 35,7% atendem ao **critério 2**.

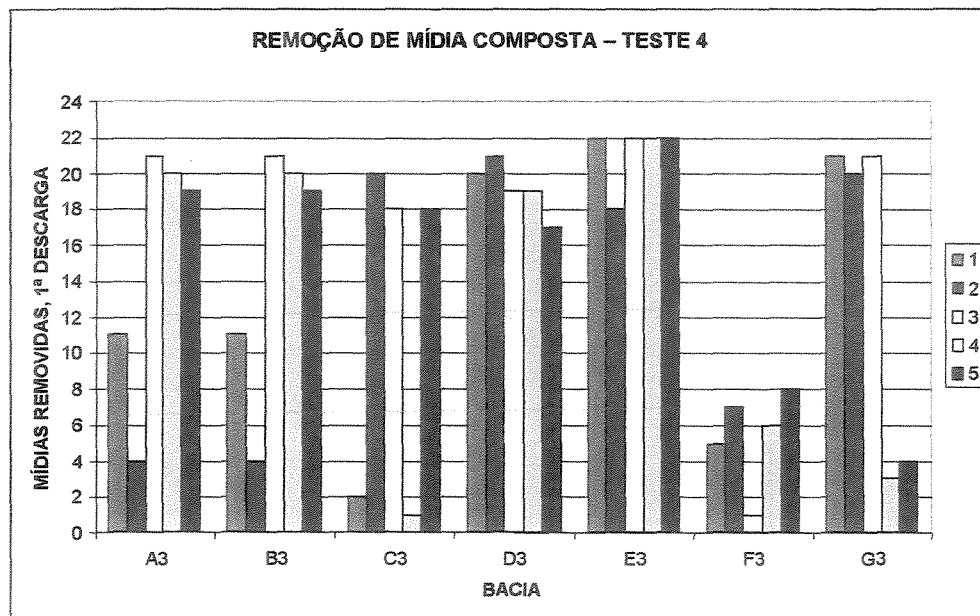


Figura 5.14 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias independentes com válvula de descarga, 12 E + 10 P – cinco repetições.

Da análise da Figura 5.14, verifica-se que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga, pelas bacias independentes com válvula de descarga, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 18,7, ou seja, 85% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 3,3 mídias. Conforme destacado anteriormente, nesta carga adicional foi ensaiado apenas um exemplar de cada fabricante.

Considerando-se o **critério da média**, 71,4% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com válvula de descarga) atendem ao **critério 1** e 85,7% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3). Para o **critério individual**, 42,9% das bacias brasileiras ensaiadas (independentes com válvula de descarga) atendem ao **critério 1** e 71,4% atendem ao **critério 2**.

Nas Figuras 5.15, 5.16 e 5.17 é apresentado o número de obstruções ocorridas nas bacias com válvula de descarga em 4 descargas consecutivas (uma com mídias e as demais somente com água), respectivamente nos TESTES 4, 2 e 3. Cada teste foi realizado em 5 repetições, representadas pelas barras em cores diferentes (1, 2, 3, 4 e 5). Cabe ressaltar que no TESTE 1, as bacias com válvula de descarga de todos os fabricantes não apresentaram obstruções.

Assim, por exemplo, na Figura 5.15, verifica-se que a bacia G5, quando ensaiada com a carga de 12E + 10P apresentou 4 obstruções na repetição 1 e 3 na repetição 4.

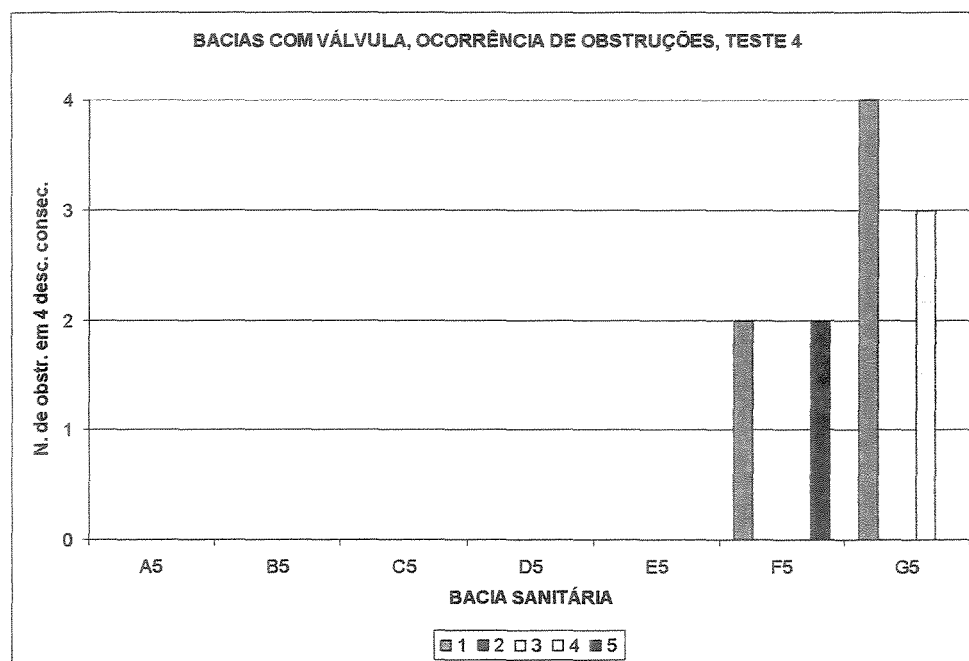


Figura 5.15 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com válvula de descarga TESTE 4 – cinco repetições.

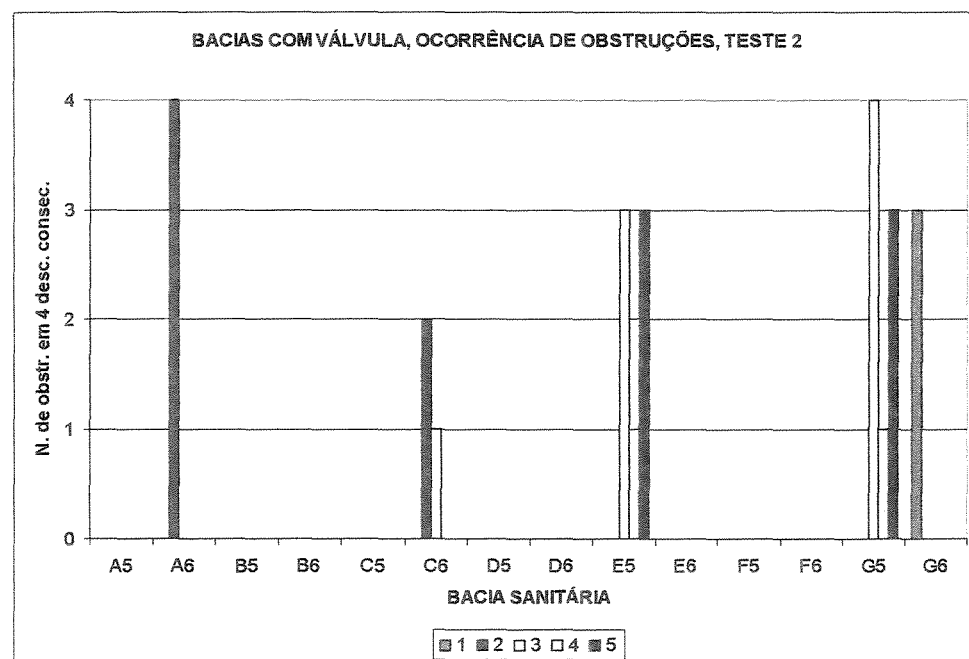


Figura 5.16 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com válvula de descarga TESTE 2 – cinco repetições.

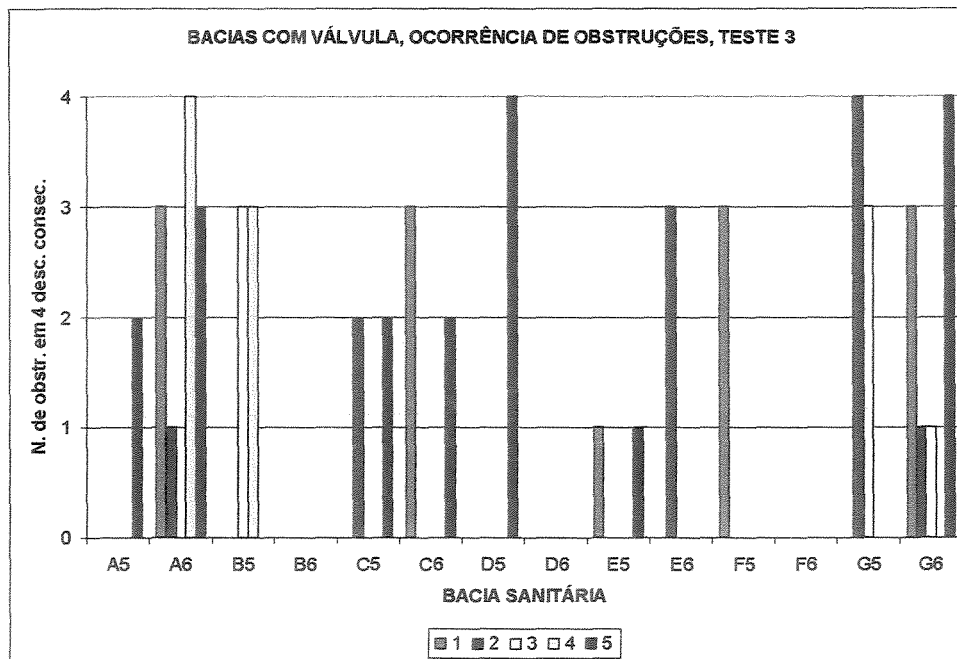


Figura 5.17 Ocorrência de obstruções. Bacias independentes com válvula de descarga
TESTE 3 – cinco repetições.

Na Tabela 5.5 são apresentadas as médias dos volumes totais empregados pelas bacias sanitárias com válvula de descarga.

Tabela 5.5 Média dos volumes de descarga empregados nas bacias independentes com válvula de descarga.

Bacia sanitária	Volume total (litros)
A5	6,54
A6	6,74
B5	5,69
B6	5,87
C5	7,01
C6	7,47
D5	6,69
D6	6,74
E5	5,68
E6	5,93
F5	7,16
F6	7,49
G5	5,64
G6	5,66

Da análise das Figuras 5.15 a 5.17 e da Tabela 5.5, considerando-se apenas os quatro melhores resultados de cada teste (ver critério de desempenho, item 5.2.1) destaca-se que:

- em geral, o desempenho das bacias sanitárias independentes com válvula de descarga, em termos da porcentagem do total de mídias removidas na 1ª descarga, foi decrescente à medida em que foi elevada a carga de ensaio;
- no Teste 1 (10E & 6P), cerca de 86% dos exemplares ensaiados apresentaram um bom desempenho, com remoção de mais de 80% das mídias colocadas no interior da bacia sanitária;
- no Teste 4 (12E & 10P), cerca de 71% dos exemplares apresentaram bom desempenho, com remoção de mais de 80% do total de mídias;
- apenas 36% dos exemplares ensaiados removeram mais de 80% do total de mídias nos Testes 2 (15E & 10P) e 3 (15E & 15P);
- com exceção das bacias de um fabricante, não existiram problemas de reposição do fecho hídrico nos diferentes testes realizados.

5.1.2.1.3 Bacias com Caixa Acoplada

As bacias com caixa acoplada foram testadas com uma pressão estática de 14 mca, obtendo-se uma pressão dinâmica de 6 mca, com uma vazão de 0,19 l/s, níveis obtidos com a utilização de conjunto moto-bomba. Cabe ressaltar que estes valores seguem aqueles constantes em ASME (1995) para bacias com caixa acoplada, ver Anexo A2.

Nas Figuras 5.18, 5.19 e 5.20 são apresentados os resultados obtidos no ensaio com a mídia composta, respectivamente com 10 esponjas e 6 folhas de papel (TESTE 1), 15 esponjas e 10 folhas de papel (TESTE 2) e 15 esponjas e 15 folhas de papel (TESTE 3) para as **bacias com caixa acoplada**.

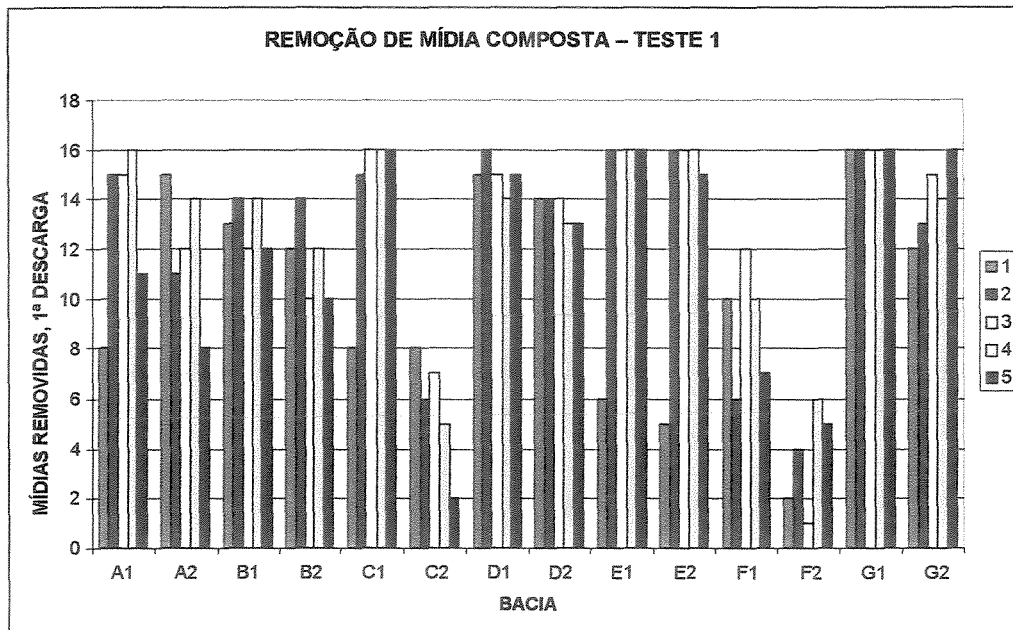


Figura 5.18 Teste de remoção de sólidos – mídia composta, bacias com caixa acoplada 10 E + 6 P – cinco repetições.

Da análise da Figura 5.18, verifica-se que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga, pelas bacias com caixa acoplada, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 12,9, ou seja, 80,6% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 3,6 mídias.

Considerando-se o **critério da média**, 57,1% das bacias brasileiras ensaiadas (com caixa acoplada) atendem ao **critério 1** e 78,6% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, 35,7% das bacias brasileiras ensaiadas (com caixa acoplada) atendem ao **critério 1** e 57,1% atendem ao **critério 2**.

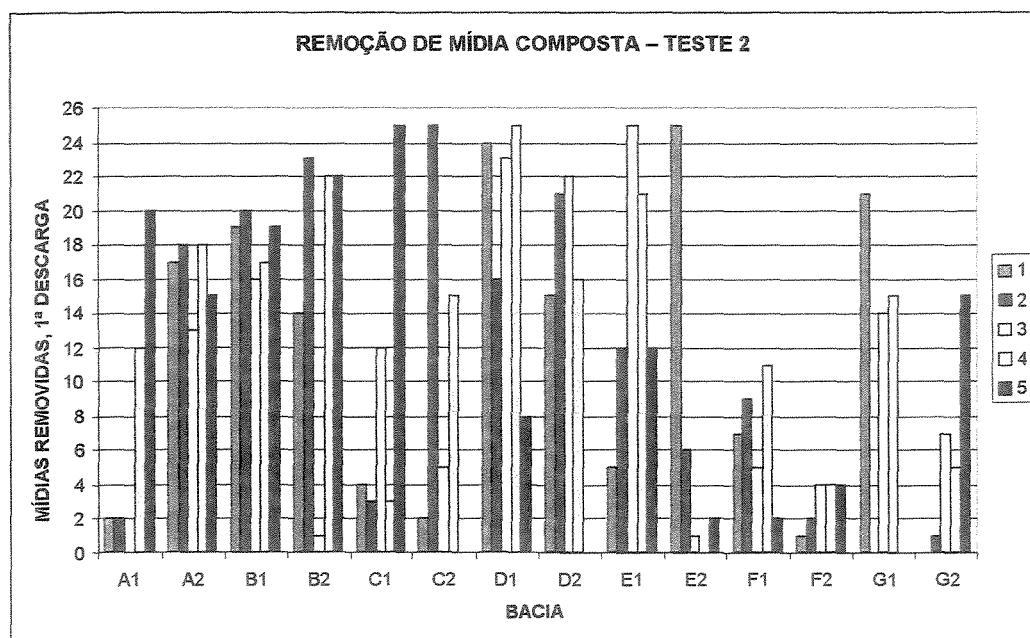


Figura 5.19 Teste de remoção de sólidos – média composta, bacias com caixa acoplada 15 E + 10 P – cinco repetições.

Verifica-se, a partir da análise da Figura 5.19, que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga, pelas bacias com caixa acoplada, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 13,2, ou seja, 52,8% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 5,7 mídias.

Considerando-se o **critério da média**, apenas uma das bacias brasileiras ensaiadas (com caixa acoplada) atende ao **critério 1** e 42,9% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, nenhuma das bacias brasileiras ensaiadas (com caixa acoplada) atende ao **critério 1** e 28,6% atendem ao **critério 2**.

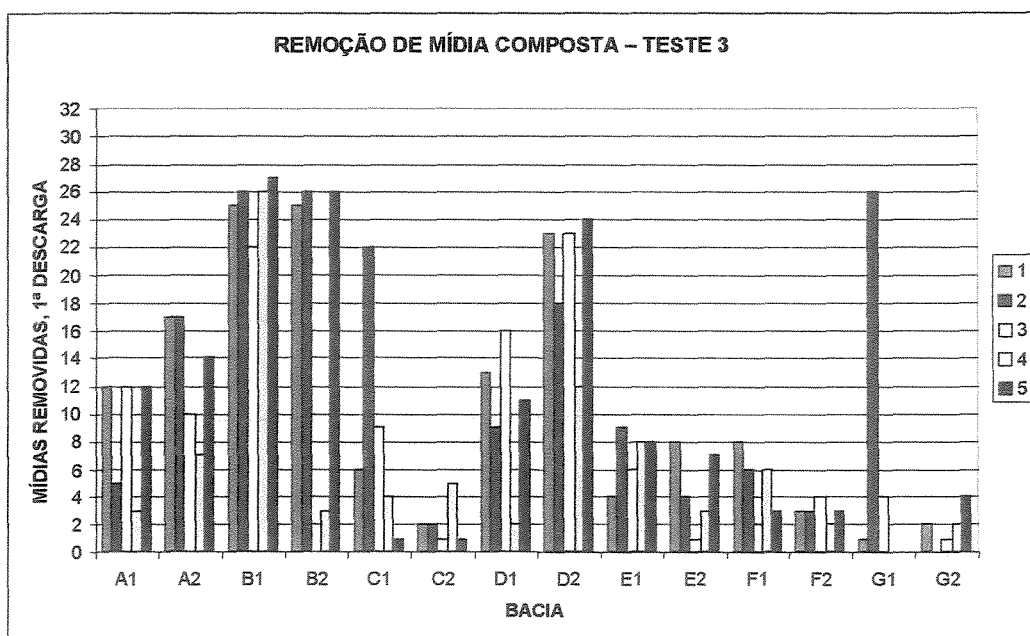


Figura 5.20 Teste de remoção de sólidos – média composta, bacias com caixa acoplada 15 E + 15 P – cinco repetições.

Da análise da Figura 5.20, verifica-se que o número médio de mídias (esponjas + papel) removidas na 1ª descarga, pelas bacias com caixa acoplada, **desprezando-se uma das cinco repetições**, é igual a 10,7, ou seja, 35,7% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 7,5 mídias.

Considerando-se o **critério da média**, apenas uma das bacias brasileiras ensaiadas (com caixa acoplada) atende ao **critério 1** e 21,4% atendem ao **critério 2**, estabelecido a partir dos resultados dos testes realizados nesta pesquisa (ver Tabela 5.3).

Para o **critério individual**, nenhuma das bacias brasileiras ensaiadas (com caixa acoplada) atende ao **critério 1** e cerca de 14,3% atendem ao **critério 2**.

Nas Figuras 5.21, 5.22 e 5.23 é apresentado o número de obstruções ocorridas, nas bacias com caixa acoplada, em 4 descargas consecutivas (uma com mídias e as demais somente com água), respectivamente nos TESTES 1, 2 e 3. Cada teste foi realizado em 5 repetições, representadas pelas barras em cores diferentes (1, 2, 3, 4 e 5).

Assim, por exemplo, na Figura 5.21, verifica-se que a bacia C2, quando ensaiada com a carga de 10E + 6P apresentou 1 obstrução em cada uma das cinco repetições.

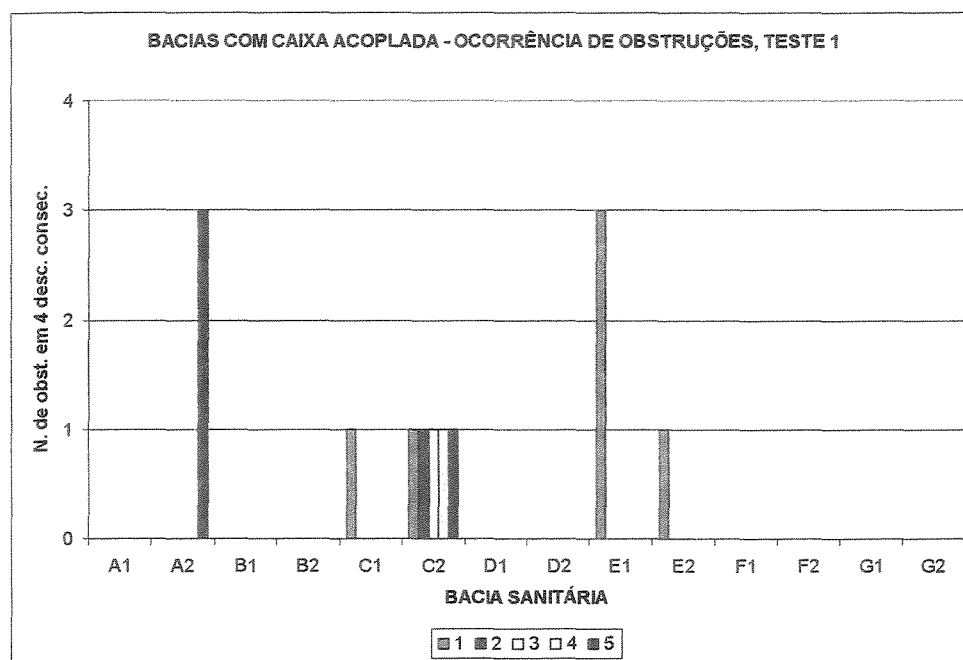


Figura 5.21 Ocorrência de obstruções. Bacias com caixa acoplada – TESTE 1 – cinco repetições.

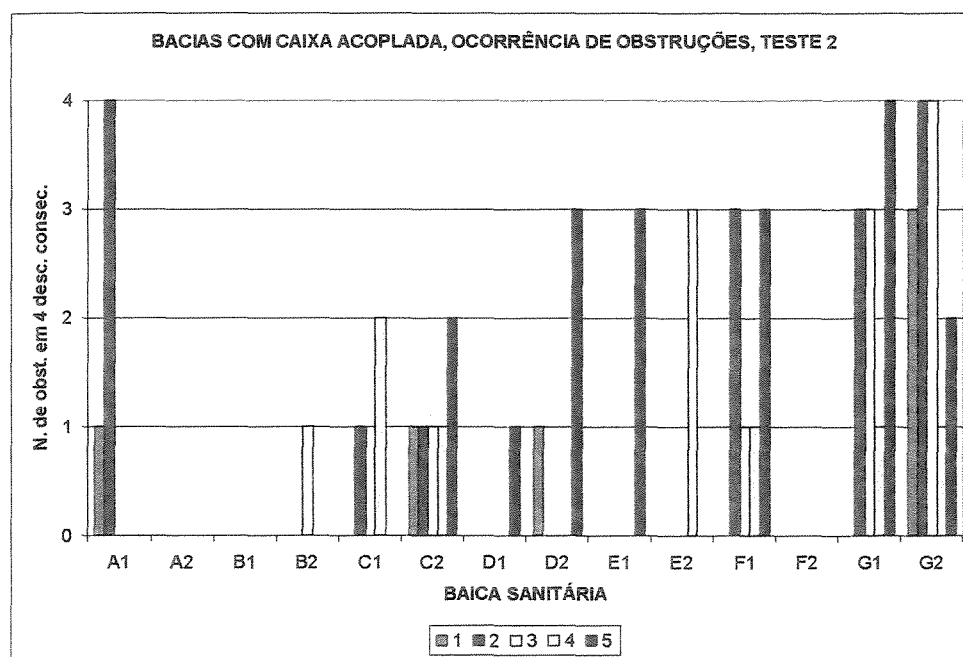


Figura 5.22 Ocorrência de obstruções. Bacias com caixa acoplada – TESTE 2 – cinco repetições.

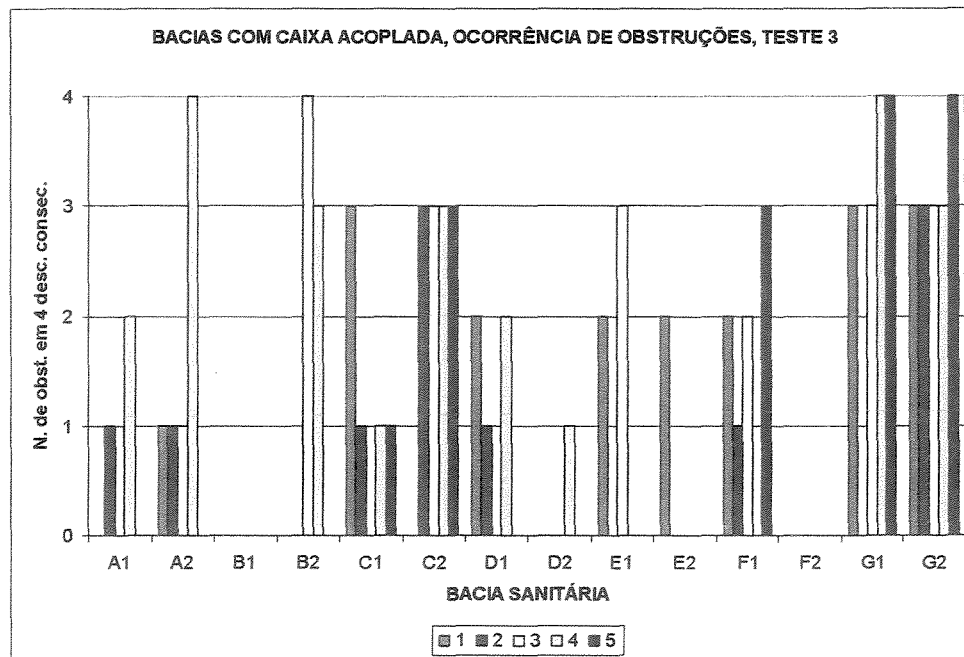


Figura 5.23 Ocorrência de obstruções. Bacias com caixa acoplada – TESTE 3 – cinco repetições.

Na Tabela 5.6 são apresentadas as médias dos volumes totais empregados pelas bacias sanitárias com caixa acoplada.

Tabela 5.6 Média dos volumes de descarga empregados nas bacias com caixa acoplada.

Bacia sanitária	Volume total(litros)
A1	6,10
A2	6,33
B1	6,05
B2	6,25
C1	6,17
C2	6,38
D1	6,38
D2	6,44
E1	6,04
E2	5,57
F1	5,89
F2	5,53
G1	5,66
G2	5,20

Da análise das Figuras 5.21 a 5.23 e da Tabela 5.6, destaca-se que:

- em geral, o desempenho das bacias sanitárias com caixa acoplada, em termos da porcentagem do total de mídias removidas na 1ª descarga, foi decrescente à medida em que foi elevada a carga de ensaio;
- cerca de 71% dos exemplares, no Teste 1 (10E & 6P) apresentaram bom desempenho, com remoção de mais de 80% do total de mídias colocadas na bacia;
- no Teste 2 (15E & 10P), cerca de 50% das bacias apresentaram um desempenho ruim (remoção de menos de 50% do total de mídias colocadas na bacia);
- o desempenho no Teste 3 (15E & 15P) foi, em geral, bastante ruim (cerca de 43% dos exemplares removeram menos de 30% do total de mídias);
- apenas 15% dos exemplares analisados não apresentaram obstruções em nenhum dos testes;
- a reposição do fecho hídrico ocorre sem problemas nas bacias com caixa acoplada, uma vez que existe ou um dispositivo específico para este fim ou a água que fica retida na argola cumpre esta função.

5.1.2.2 Ensaio – Remoção de Esferas de Polipropileno

O ensaio com esferas de polipropileno é descrito tanto pela normalização brasileira quanto pela americana, constituindo-se em um teste amplamente utilizado. O procedimento deste ensaio está descrito no Anexo A4.

Devem ser realizadas, segundo ABNT (1997c), 5 repetições do teste, utilizando-se 100 esferas de polipropileno. Com o resultado de cada uma destas repetições, faz-se a média dos 5 valores obtidos. Assim, com relação ao desempenho exigido, o critério brasileiro (ABNT, 1997a) preconiza que a média obtida com as cinco repetições deve ser de, no mínimo, 75 esferas removidas.

5.1.2.2.1 Bacias Independentes Ensaaiadas com Caixa Elevada

As bacias independentes com caixa elevada foram testadas com uma pressão estática de 14 mca, obtendo-se uma pressão dinâmica de 6 mca, com uma vazão de 0,19 l/s. Cabe ressaltar que estes valores seguem aqueles constantes em ASME (1995) para bacias com caixa acoplada, uma vez que a referida norma não cita as bacias com caixa elevada.

Todos os testes foram realizados com uma caixa de descarga da marca Akros, com dispositivo Venturi, que proporciona uma vazão (da caixa para a bacia sanitária) de 1,5 l/s.

Na Figura 5.24 são apresentados os resultados obtidos no ensaio com as esferas de polipropileno para as bacias independentes com caixa elevada.

Os valores apresentados correspondem ao número de esferas removidas na 1ª descarga. As barras de cores diferentes representam as cinco repetições de cada teste. Conforme apresentado anteriormente, os números 3 e 4 correspondem às duas amostras ensaiadas e as letras (A a G) à cada fabricante.

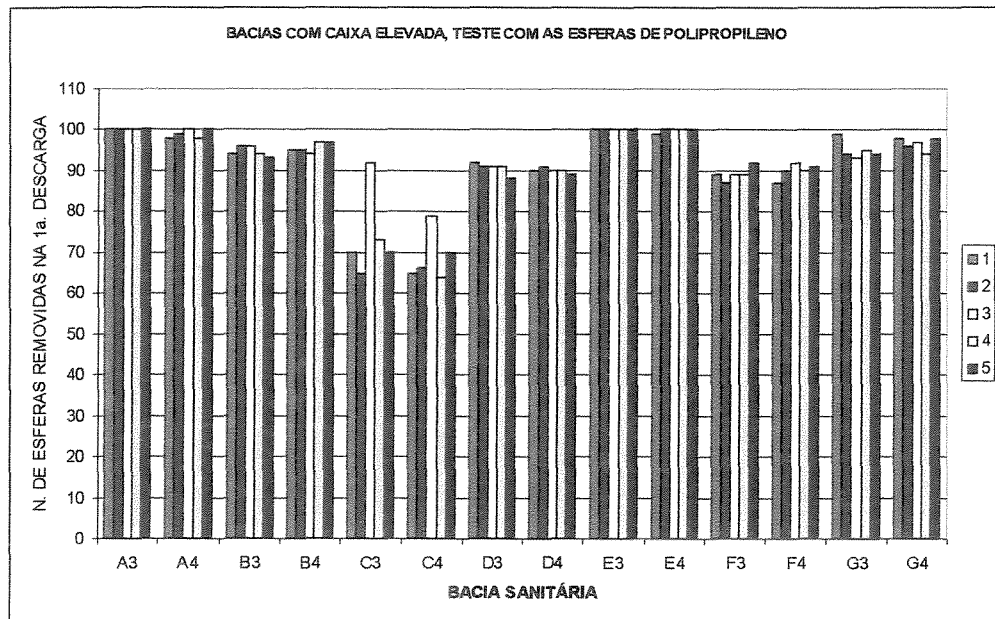


Figura 5.24 Teste de remoção de sólidos – esferas de polipropileno, bacias independentes com caixa elevada.

Da análise da Figura 5.24, verifica-se que o número médio de esferas removidas na 1ª descarga, pelas bacias independentes com caixa elevada, nas condições de ensaio já apresentadas e considerando as cinco repetições, é cerca de 91,7% da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 9,5 esferas.

De maneira similar ao teste com a mília composta, os dados apresentados na Figura 5.24 devem ser analisados em conjunto com o volume de descarga empregado em cada bacia e também com a reposição do fecho hídrico.

Na Figura 5.25 são apresentados os dados referentes à reposição do fecho hídrico no ensaio com as esferas para as bacias independentes com caixa elevada.

Os volumes totais foram praticamente os mesmos nos dois ensaios de remoção de sólidos (esferas e mília composta), os quais foram apresentados na Tabela 5.4.

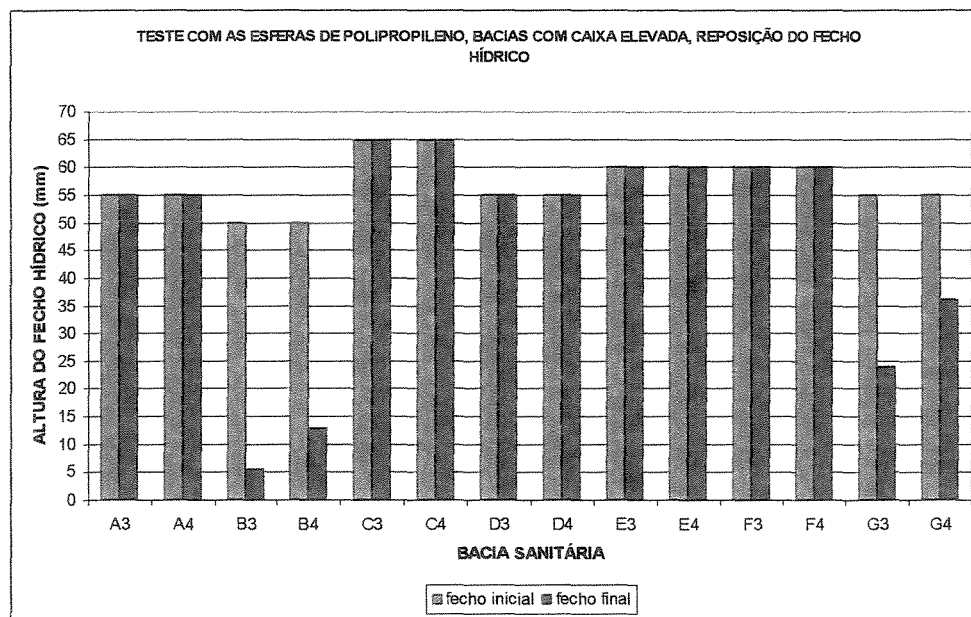


Figura 5.25 Reposição do fecho hídrico – Teste com as esferas de polipropileno bacias independentes com caixa elevada.

Da análise dos dados apresentados, deve-se destacar que:

- com exceção das bacias de um fabricante, o desempenho das bacias ensaiadas com caixa elevada foi bastante satisfatório (remoção de mais de 90% das esferas na 1ª descarga);
- em 4 bacias (dois fabricantes) das 14 ensaiadas, existe uma significativa perda do fecho hídrico (em média 41 mm para um dos fabricantes e 25 mm para o outro).

5.1.2.2.2 Bacias Independentes Ensaçadas com Válvula de Descarga

As bacias independentes com válvula de descarga foram testadas com uma pressão dinâmica de 1,2 mca e vazão de 1,5 l/s. Vale ressaltar que este valor de vazão encontra-se na faixa estipulada pela normalização brasileira (1,5 a 2,2 l/s) (ABNT, 1993).

Todos os testes foram realizados com uma válvula HYDRA, da marca DECA, com bitola de 1 1/2".

Na Figura 5.26 são apresentados os resultados obtidos no ensaio com as esferas de polipropileno para as bacias independentes com válvula de descarga.

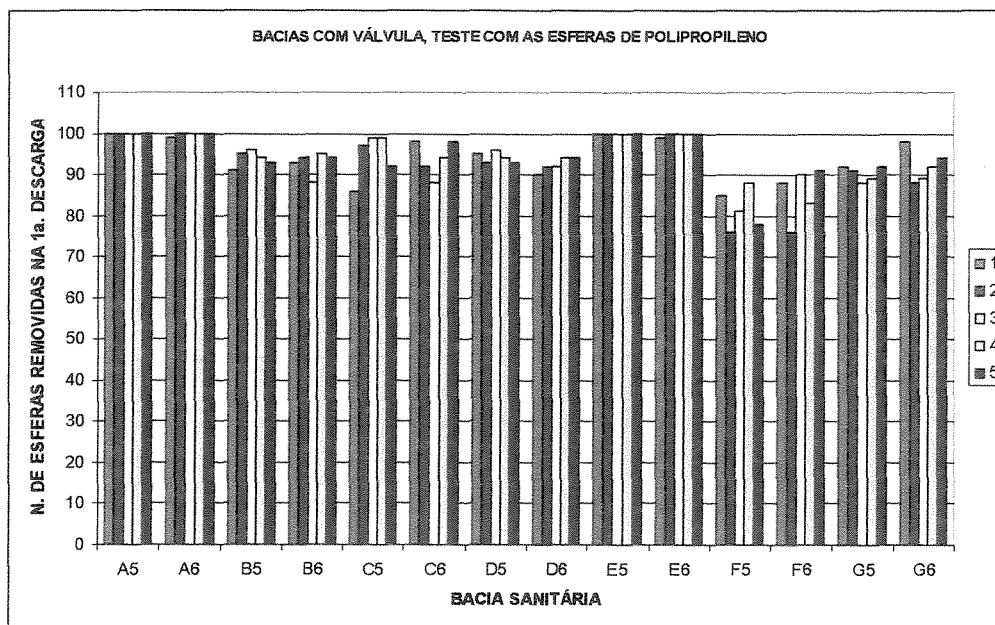


Figura 5.26 Teste de remoção de sólidos – esferas de polipropileno, bacias independentes com válvula de descarga.

Da análise da Figura 5.26, verifica-se que o número médio de esferas removidas na 1ª descarga é cerca de 93,7 % da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 5,4 esferas.

Na Figura 5.27 a seguir são apresentados os dados referentes à reposição do fecho hídrico no ensaio com as esferas para as bacias independentes com válvula de descarga.

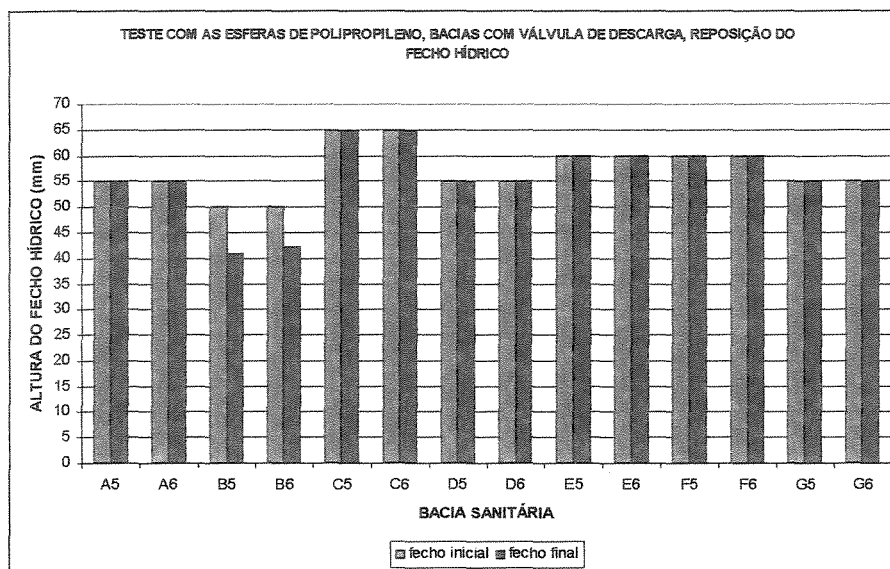


Figura 5.27 Reposição do fecho hídrico – Teste com as esferas de polipropileno bacias independentes com válvula de descarga.

Os volumes empregados no teste com as esferas foram diferentes daqueles levantados nos testes com a mídia composta, pela impossibilidade de reprodução do tempo de acionamento da válvula. Os dados referentes ao volume consumido são apresentados na Tabela 5.7. Vale ressaltar que nos testes com as válvulas procurou-se utilizar o volume principal¹ próximo de 6,0 litros, devido à facilidade de regulação do tempo de acionamento.

¹ volume principal é aquele medido a partir do fluxo que ocorre no início da descarga, responsável pela efetiva remoção dos sólidos.

Tabela 5.7: Média dos volumes totais de descarga usados nas bacias com válvula de descarga.

Bacia sanitária	Volume total (litros)
A5	6,45
A6	6,60
B5	6,12
B6	6,20
C5	7,54
C6	7,43
D5	7,40
D6	7,44
E5	6,35
E6	6,03
F5	7,32
F6	7,46
G5	6,20
G6	6,20

Da análise das Figuras e da Tabela apresentadas verifica-se que:

- em 2 das 14 bacias ensaiadas existiu perda do fecho (em média 8,5 mm);
- a percentagem de esferas removidas foi superior a 90% na maioria das bacias ensaiadas;
- o volume total médio empregado, considerando-se todas as bacias com válvula de descarga ensaiadas, foi de 6,77 litros, com um desvio-padrão de 0,61 litros.

5.1.2.2.3 Bacias com Caixa Acoplada

As bacias com caixa acoplada foram testadas com uma pressão estática de 14 mca, obtendo-se uma pressão dinâmica de 6 mca, com uma vazão de 0,19 l/s. Cabe ressaltar que estes valores seguem aqueles constantes em ASME (1995) para bacias com caixa acoplada.

Na Figura 5.28 são apresentados os resultados obtidos no ensaio com as esferas de polipropileno para as bacias com caixa acoplada.

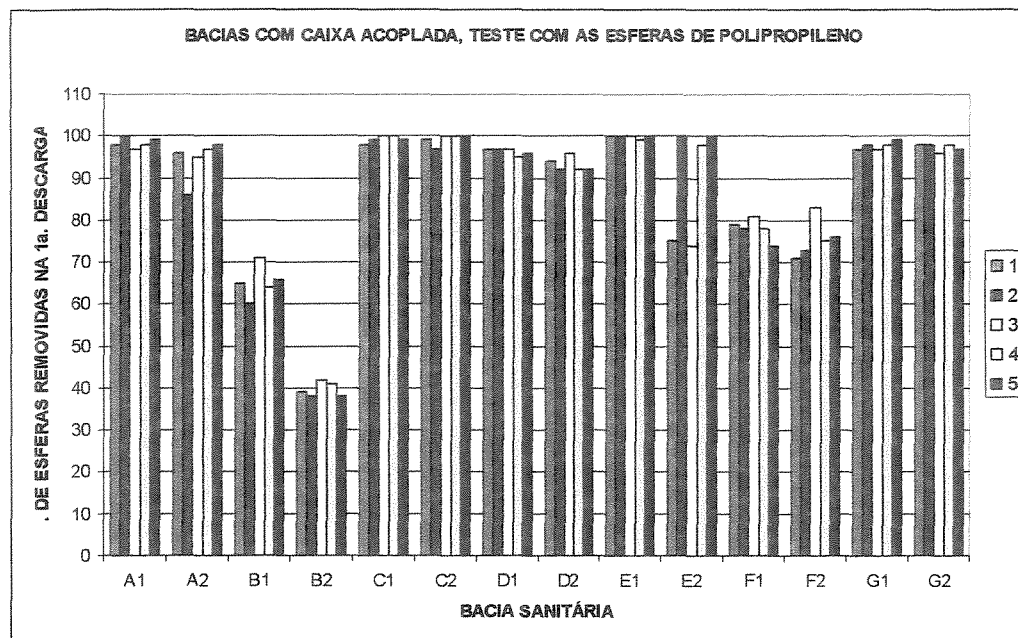


Figura 5.28 Teste de remoção de sólidos – esferas de polipropileno, bacias com caixa acoplada.

Da análise da Figura 5.28, verifica-se que o número médio de esferas removidas na 1ª descarga é cerca de 87,4 % da carga total colocada na bacia sanitária, com um desvio-padrão de 17,4 esferas.

Na Figura 5.29 são apresentados os dados referentes à reposição do fecho hídrico e aos volumes de descarga no ensaio com as esferas para as bacias com caixa acoplada.

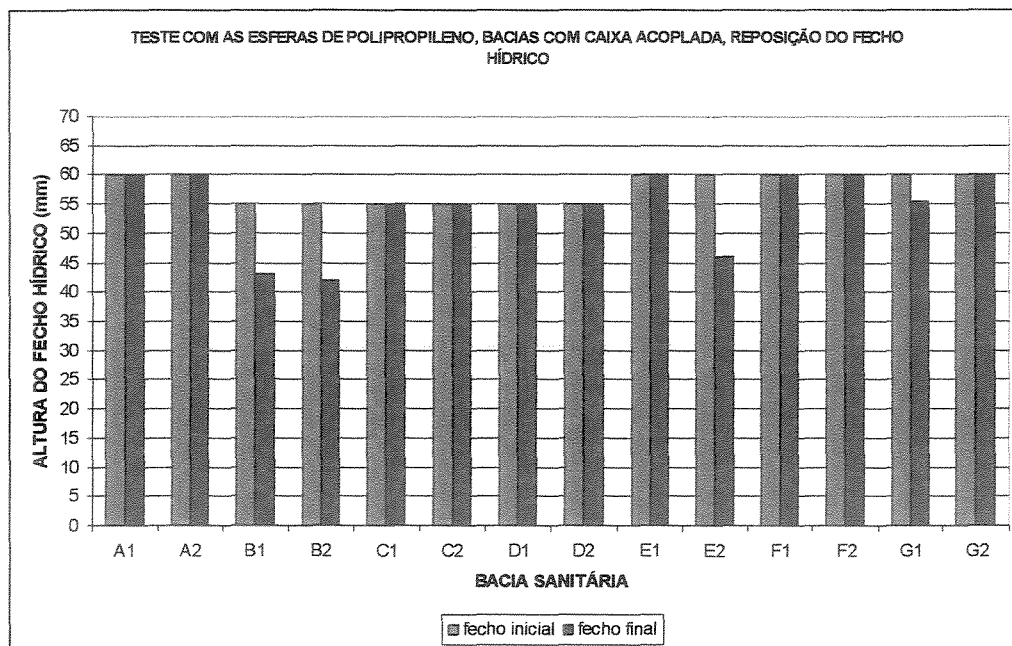


Figura 5.29 Reposição do fecho hídrico – Teste com as esferas de polipropileno – bacias com caixa acoplada.

Os volumes totais foram praticamente os mesmos nos dois ensaios de remoção de sólidos (esferas e mídia composta), os quais foram apresentados na Tabela 5.6.

Da análise dos dados apresentados, deve-se destacar que:

- com exceção de dois fabricantes, o desempenho das bacias com caixa acoplada foi muito bom (remoção de mais de 90% das esferas na 1ª descarga);
- em 4 bacias (três fabricantes) das 14 ensaiadas, existe uma significativa perda do fecho hídrico (em média 12,6 mm para um dos fabricantes, 14,0 mm e 4,4 mm, para os outros dois, ambos referentes a apenas uma das bacias ensaiadas).

5.1.2.3 Ensaio – Transporte de Sólidos (Esponjas de Poliuretano e Esferas de Polipropileno)

À partir da execução deste teste, fica possível que se trace uma média do deslocamento dos sólidos removidos pela bacia sanitária a ser testada. Localizando-se cada mídia descarregada, pode-se identificar a sua posição (em metros) em relação à bacia sanitária. Com isso, faz-se a média ponderada de todas as mídias em relação à sua respectiva posição, chegando-se assim, a um centro de massa. A forma de cálculo da distância média percorrida pelas mídias está descrita no Anexo A6, juntamente com a apresentação do procedimento empregado para a realização do referido teste. Assim, os critérios de desempenho utilizados são:

- **Teste com esferas de polipropileno:** a distância média transportada por esfera ao longo do ramal de descarga deve ser igual ou maior que 12,0 metros. Devem ser utilizadas 100 esferas para a realização deste teste.
- **Teste com esponjas de poliuretano** (estabelecido em função dos resultados obtidos nos ensaios realizados nesta pesquisa): a distância média transportada por esponja ao longo do ramal de descarga deve ser igual ou maior que 8,0 metros. Devem ser utilizadas 12 esponjas para a realização deste teste.

Como foi utilizado um ramal de 25,0 metros de comprimento (19,0 em acrílico e 6,0 metros em PVC), para o ensaio com as esferas, tendo em vista o procedimento proposto na normalização, foi considerado que aquelas esferas que ultrapassassem a marca dos 18,00 metros, estariam "fora" do tubo (recebendo o valor de 18,0 metros como sendo a distância até a bacia sanitária).

Para o ensaio com as esponjas, foi considerado o comprimento total do ramal, ou seja, 25,00 metros. Caso as esponjas tenham alcançado a distância superior a 19,00 m e não tenham saído do ramal, foi considerado que a distância percorrida é de 20,00 m.

5.1.2.3.1 Bacias Independentes Ensaçadas com Caixa Elevada

Na Tabela 5.8 são apresentados os resultados dos testes de transporte de sólidos realizados nas bacias independentes com caixa elevada - esferas e esponjas. Os números apresentados correspondem às distâncias médias percorridas pelas mídias nas três repetições de cada teste e à média obtida.

Tabela 5.8 Teste de transporte de sólidos - bacias com caixa elevada.

TESTE COM AS ESPONJAS RAMAL DE 25 METROS				TESTE COM AS ESFERAS RAMAL DE 18 METROS			
R1	R2	R3	Média	R1	R2	R3	Média
A3				A3			
12,67	10,92	12,67	12,08	18,00	18,00	18,00	18,00
B4				B4			
20,00	20,00	20,00	20,00	17,04	16,73	16,88	16,88
C4				C4			
11,83	10,42	7,75	10,00	15,90	15,68	17,19	16,26
D3				D3			
11,21	14,54	16,04	13,93	14,94	14,72	14,40	14,69
E3				E3			
15,50	15,08	14,83	15,14	17,87	17,85	17,45	17,72
F3				F3			
5,13	6,38	7,96	6,49	10,40	9,62	9,05	9,69
G4				G4			
12,42	14,83	12,58	13,28	16,55	17,10	17,42	17,02

Nota: R1 - repetição 1

R2 - repetição 2

R3 - repetição 3

Verifica-se, da análise da Tabela 5.8, que:

- a distância média percorrida pelas esponjas, considerando-se os diferentes fabricantes, é de aproximadamente 13,00 m, com um desvio-padrão de 4,22 m;
- apenas um exemplar testado não atende ao critério proposto para o transporte das esponjas (ver Anexo A6);
- no teste com as esferas, todos os exemplares ensaiados, com exceção de um deles, atenderam ao critério estabelecido pela normalização, sendo a distância média percorrida, considerando-se todos os fabricantes, igual a 15,75 m, com um desvio-padrão de 2,89 m.

Vale destacar que, em determinadas bacias, um grande número de esferas (ou esponjas) permanecem no interior da mesma ou então percorrem uma pequena distância no ramal, indicando que o exemplar analisado problemas na remoção dos sólidos.

5.1.2.3.2 Bacias Independentes Ensaaiadas com Válvula de Descarga

Na Tabela 5.9 são apresentados os resultados dos testes de transporte de sólidos realizados nas bacias independentes com válvula de descarga.

Tabela 5.9 Teste de transporte de sólidos - bacias com válvula de descarga.

TESTE COM AS ESPONJAS RAMAL DE 25 METROS				TESTE COM AS ESFERAS RAMAL DE 18 METROS			
R1	R2	R3	Média	R1	R2	R3	Média
A5				A5			
10,8	13,8	8,2	10,9	18,00	18,00	18,00	18,00
A6				A6			
12,8	8,3	7,3	9,5	18,00	17,82	17,82	17,88
B5				B5			
13,6	15,0	14,7	14,4	17,33	16,43	15,02	16,26
B6				B6			
14,4	14,9	14,9	14,8	16,04	15,33	13,40	14,92
C5				C5			
3,8	3,7	2,3	3,3	6,57	9,45	10,08	8,70
C6				C6			
4,7	3,4	2,0	3,3	7,19	8,07	8,49	7,92
D5				D5			
10,4	7,9	7,5	8,6	15,72	13,02	13,05	13,93
D6				D6			
7,0	7,6	5,7	6,8	14,10	12,35	14,76	13,74
E5				E5			
11,9	10,9	14,1	12,3	17,00	14,93	15,06	15,66
E6				E6			
8,2	13,2	14,2	11,8	16,59	15,51	17,27	16,46
F5				F5			
3,54	0,92	2,67	2,38	3,27	3,47	4,10	3,61
F6				F6			
2,13	2,00	0,71	1,61	3,83	2,30	2,36	2,83
G5				G5			
12,04	18,17	10,54	13,58	11,90	12,60	13,13	12,54
G6				G6			
11,50	12,92	12,33	12,25	14,19	13,91	14,31	14,14

Nota: R1 - repetição 1

R2 - repetição 2

R3 - repetição 3

Verifica-se, da análise da Tabela 5.9, que:

- a distância média percorrida pelas esponjas, considerando-se os diferentes fabricantes, é de aproximadamente 9,00 m, com um desvio-padrão de 4,69 m;
- cerca de 36% dos exemplares testados não atendem ao critério proposto para o transporte das esponjas;
- no teste com as esferas, as bacias de dois fabricantes (4 exemplares) não atendem ao critério estabelecido pela normalização; a distância média percorrida, considerando-se todos os fabricantes é igual a 12,00 m, com um desvio-padrão de 4,95 m.

5.1.2.3.3 Bacias com Caixa Acoplada

Na Tabela 5.10 são apresentados os resultados dos testes de transporte de sólidos realizados nas bacias com caixa acoplada - esferas e esponjas.

Tabela 5.10 Teste de transporte de sólidos - bacias com caixa acoplada.

TESTE COM AS ESPONJAS RAMAL DE 25 METROS				TESTE COM AS ESFERAS RAMAL DE 18 METROS			
R1	R2	R3	Média	R1	R2	R3	Média
A1				A1			
5,58	9,50	7,67	7,58	17,82	17,28	17,46	17,52
B1				B1			
11,75	12,54	11,04	11,78	7,38	6,72	5,94	6,68
C1				C1			
5,42	8,63	7,00	7,01	18,00	18,00	18,00	18,00
D1				D1			
6,71	9,58	8,83	8,38	17,64	17,07	17,46	17,39
E1				E1			
11,58	7,08	5,42	8,03	18,00	18,00	17,82	17,94
F1				F1			
3,08	2,33	2,25	2,56	6,17	4,86	5,16	5,40
G1				G1			
9,92	7,67	10,25	9,28	16,65	17,25	15,86	16,59

Nota: R1 - repetição 1 R2 - repetição 2 R3 - repetição 3

Verifica-se da análise da Tabela 5.10 que:

- a distância média percorrida pelas esponjas, considerando-se os diferentes exemplares, é de aproximadamente 7,80 m, com um desvio-padrão de 2,79 m;
- cerca de 43% dos exemplares testados não atendem ao critério proposto para o transporte das esponjas;
- no teste com as esferas, 2 bacias não atendem ao critério estabelecido pela normalização; a distância média percorrida considerando-se todos os fabricantes é igual a 14,22 m, com um desvio-padrão de 5,62 m.

Conforme ressaltado anteriormente, algumas bacias apresentam problemas de remoção dos sólidos, restando um grande número de mídias no interior das mesmas.

5.1.3 Análise Geral – Investigação Laboratorial

Nas Tabelas 5.11 e 5.12 é apresentado um resumo dos resultados de todos os ensaios realizados nas linhas de bacias sanitárias independentes e com caixa acoplada abordadas neste estudo.

Vale ressaltar que, para a *aprovação* (A) ou *reprovação* (R) de um dado exemplar foram considerados:

- no teste de remoção de mídia composta, o **critério da média** e o **critério individual**, ambos obtidos a partir dos ensaios realizados com as bacias sanitárias brasileiras nesta pesquisa;
- no teste de remoção de esferas foi considerada a média obtida a partir de 5 repetições, conforme a norma brasileira;
- no teste de transporte de sólidos, foram seguidos os descritos no item 5.1.2.3, em função do tipo de mídia empregada (esponja ou esfera).

Tabela 5.11 Bacias independentes – Síntese dos resultados dos ensaios realizados.

Bacia	REMOÇÃO DE SÓLIDOS									TRANSPORTE DE SÓLIDOS	
	Média Composta								Esfera		
	Critério da Média (Resultados brasileiros)				Critério Individual (Resultados brasileiros)						
	10+6	15+10	15+15	12+10	10+6	15+10	15+15	12+10		Esfera	Esponja
A3	A	A	R	A	A	R	R	R	A	A	A
A4	A	A	R	---	A	A	R	---	A	---	---
B3	A	A	A	A	A	A	A	A	A	---	---
B4	A	A	A	---	A	A	A	---	A	A	A
C3	A	R	A	R	R	R	R	R	R	---	---
C4	A	A	R	---	A	A	R	---	R	A	A
D3	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
D4	A	A	A	---	A	A	A	---	A	---	---
E3	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
E4	A	A	A	---	A	A	R	---	A	---	---
F3	R	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R
F4	R	R	R	---	R	R	R	---	A	---	---
G3	A	R	R	A	A	R	R	R	A	---	---
G4	A	R	R	---	A	R	R	---	A	A	A
A5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A6	A	A	R	---	A	A	R	---	A	A	A
B5	A	A	A	A	A	A	R	A	A	A	A
B6	A	A	A	---	A	A	A	---	A	A	A
C5	A	A	R	A	A	R	R	A	A	R	R
C6	A	A	R	---	A	R	R	---	A	R	R
D5	A	A	R	A	A	A	R	A	A	A	A
D6	A	A	A	---	A	A	A	---	A	A	R
E5	A	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A
E6	A	A	A	---	A	R	A	---	A	A	A
F5	R	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R
F6	R	R	R	---	R	R	R	---	A	R	R
G5	A	R	A	A	A	R	R	R	A	A	A
G6	A	A	R	---	A	A	R	---	A	A	A

Notas:

- Índices 3 e 4 – bacias com caixa elevada;
- Índices 5 e 6 – bacias com válvula de descarga;
- A – aprovada;
- R – reprovada.

Tabela 5.12 Bacias com caixa acoplada – Síntese dos resultados dos ensaios realizados.

Bacia	REMOÇÃO DE SÓLIDOS									TRANSPORTE DE SÓLIDOS	
	Média Composta								Esfera		
	Critério da Média (Resultados brasileiros)				Critério Individual (Resultados brasileiros)						
	10+6	15+10	15+15	12+10	10+6	15+10	15+15	12+10		Esfera	Esponja
A1	A	R	R	—	R	R	R	—	A	A	R
A2	A	A	R	—	R	A	R	—	A	—	—
B1	A	A	A	—	A	A	A	—	R	R	A
B2	A	A	A	—	R	R	R	—	R	—	—
C1	A	R	R	—	A	R	R	—	A	A	R
C2	R	R	R	—	R	R	R	—	A	—	—
D1	A	A	R	—	A	A	R	—	A	A	A
D2	A	A	A	—	A	A	A	—	A	—	—
E1	A	A	R	—	A	R	R	—	A	A	A
E2	A	R	R	—	A	R	R	—	A	—	—
F1	R	R	R	—	R	R	R	—	A	R	R
F2	R	R	R	—	R	R	R	—	A	—	—
G1	A	R	R	—	A	R	R	—	A	A	A
G2	A	R	R	—	A	R	R	—	A	—	—

Nota:

- Índices 1 e 2 – bacias com caixa acoplada;
- A – aprovada;
- R – reprovada.

5.2 Investigação de Campo

5.2.1 Resultados da Medição

Conforme descrito anteriormente, os dados enviados pelos hidrômetros eletrônicos foram armazenados no computador localizado no almoxarifado central da obra.

Além dos dados de vazão e volume levantados através da leitura remota dos hidrômetros eletrônicos, foram ainda verificados os valores da pressão nos pontos de consumo, em torno das

12hs, horário este que foi considerado como o mais representativo em função da provável maior utilização de água. Os seguintes valores foram encontrados:

- **Pressão dinâmica:**
- Caixa elevada: 11 mca
- Caixa acoplada: 12 mca

- **Pressão estática:**
- Caixa elevada: 39 mca
- Caixa acoplada: 39 mca

5.2.1.1 Medição - Fase 1

Na Tabela 5.13 são apresentados os resultados gerais obtidos, referentes ao volume total e ao volume consumido pela bacia sanitária para a **Fase 1**.

As Tabelas 5.14 e 5.15 mostram os resultados referentes ao número médio de descargas ocorridas (duplas ou simples) na **Fase 1**, para os dias úteis e finais de semana (ou feriados), respectivamente.

Vale ressaltar, com relação aos dados apresentados nas Tabelas 5.14 e 5.15, que o volume consumido em cada bacia não pode ser correlacionado diretamente com o número de descargas encontrado, para a determinação de um volume médio por descarga, uma vez que, devido a problemas encontrados no sistema de descarga (basicamente na caixa elevada ou no mecanismo da caixa acoplada), houve descargas com volumes maiores do que o previsto.

Tabela 5.13 Resultados gerais obtidos na Fase 1.

LOCALIZAÇÃO	SISTEMAS DE DESCARGA / BACIA ECON. OU CONVENC.	POPULAÇÃO A - adulto C - criança	DATA DE ENTRADA	CONSUMO TOTALIZADO ¹ (m³)		PORCENTAGEM (bacia x geral)
				Geral	Bacia	
Casa 01 - Rua 13, Nº 129	Cx. acoplada / Convencional	2 A + 3 C	21/12/99	46,57	13,27	28,49
Casa 02 - Rua 13, Nº 125	Cx. acoplada / Convencional	2 A + 2 C	07/04/00	28,98	11,48	39,61
Casa 03 - Rua 13, Nº 115	Cx. acoplada / Convencional	3 A + 5 C	08/01/00	116,65	24,07	20,63
Casa 04 - Rua 13, Nº 111*	Cx. acoplada / Economizadora	1 A + 1 C	03/02/00	19,22	4,82	25,08
Casa 05 - Rua 13, Nº 101	Cx. acoplada / Convencional	4 A + 1 C	30/01/00	26,32	7,29	27,70
Casa 06 - Rua 13, Nº 97	Cx. acoplada / Convencional	2 A + 3 C	02/03/00	37,00	7,16	19,35
Casa 07 - Rua 13, Nº 87	Cx. elevada / Convencional	2 A + 5 C	11/01/00	86,89	16,48	18,97
Casa 08 - Rua 13, Nº 83	Cx. elevada / Convencional			---	---	---
Casa 09 - Rua 13, Nº 73	Cx. elevada / Convencional	2 A + 2 C	03/03/00	37,56	5,59	14,88
Casa 10 - Rua 13, Nº 67	Cx. elevada / Convencional	2 A + 2 C	10/01/00	28,34	9,04	31,90
Casa 11 - Rua 13, Nº 57	Válvula / Economizadora	4 A + 3 C	05/02/00	31,86	6,69	21,00
Casa 12 - Rua 13, Nº 53*	Válvula / Convencional	3 A + 1 C	19/02/00	21,20	9,34	44,06
Casa 13 - Rua 13, Nº 43	Válvula / Convencional			---	---	---
Casa 14 - Rua 13, Nº 39*	Válvula / Convencional	4 A	26/01/00	34,78	14,67	42,18
Casa 15 - Rua 13, Nº 29	Cx. acoplada / Economizadora	5 A	07/01/00	33,76	7,83	23,19
Casa 16 - Rua 13, Nº 25	Cx. acoplada / Economizadora	2 A + 4 C	23/02/00	42,11	5,08	12,06
Casa 17 - Rua 13, Nº 15*	Cx. acoplada / Convencional	1 A	05/02/00	10,60	4,05	38,21
Casa 18 - Rua 13, Nº 11	Cx. acoplada / Convencional	4 A + 1 C	23/01/00	51,59	14,39	27,89
Casa 31 - Rua 15, Nº 98*	Cx. elevada / Convencional	2 A + 1 C	15/02/00	5,98	2,98	49,83
Casa 32 - Rua 15, Nº 102	Cx. elevada / Convencional	---	---	---	---	---
Casa 33 - Rua 15, Nº 112	Cx. elevada / Convencional	2 A	31/01/00	31,55	8,55	27,10
Casa 34 - Rua 15, Nº 116	Cx. elevada / Convencional	3 A + 2 C	25/01/00	24,26	7,11	29,31
Casa 35 - Rua 15, Nº 126	Cx. elevada / Economizadora	1 A + 1 C	27/01/00	23,56	3,58	15,20
Casa 36 - Rua 15, Nº 130	Cx. elevada / Economizadora	2 A + 1 C	17/01/00	40,69	9,60	23,59

Casa não ocupada

Problemas com hidrômetro geral

* Não possui MLR (máquina de lavar roupa) ou tanquinho

¹ Referente ao volume consumido na residência desde a data de entrada dos moradores até o dia da leitura, data comum a todas as residências.

Tabela 5.14 Fase 1 – Valores médios diários consumidos e número médio diário de descargas – Dias Úteis.

Residência	Consumo geral da residência			Consumo da bacia sanitária			Nº Total de Descargas		Nº de Descargas Duplas	
	Nº de dias	Média (m³)	Desv. Pad (m³)	Nº de dias	Média (m³)	Desv. Pad. (m³)	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
Casa 01 / Convencional	31	0,28	0,13	36	0,07	0,02	6,8	2,2	0,8	0,6
Casa 02 / Convencional	28	0,29	0,25	32	0,14	0,09	13,1	8,4	2,3	3,4
Casa 03 / Convencional	31	0,98	0,33	36	0,17	0,05	15,6	3,7	2,7	1,6
Casa 04 / Economizadora *	31	0,14	0,05	35	0,03	0,02	4,0	1,9	0,6	0,8
Casa 05 / Convencional	25	0,55	0,20	36	0,13	0,05	12,5	4,7	1,8	1,2
Casa 06 / Convencional	29	0,38	0,26	32	0,07	0,02	6,3	2,0	0,9	0,7
Casa 07 / Convencional	36	0,69	0,16	36	0,09	0,06	9,1	4,3	0,8	1,6
Casa 08 / Convencional	4	0,01	0,00	-	-	-	-	-	-	-
Casa 09 / Convencional	32	0,41	0,23	32	0,06	0,03	5,7	2,9	0,4	0,7
Casa 10 / Convencional	36	0,30	0,18	36	0,09	0,05	9,0	4,5	0,5	0,6
Casa 11 / Economizadora	30	0,61	0,13	35	0,13	0,03	16,4	5,3	1,1	1,4
Casa 12 / Convencional *	36	0,17	0,04	32	0,07	0,02	6,8	2,2	0,1	0,3
Casa 14 / Convencional *	34	0,27	0,06	32	0,13	0,02	12,9	1,8	0,2	0,4
Casa 15 / Economizadora	32	0,39	0,10	34	0,09	0,02	11,8	3,3	1,2	1,2
Casa 16 / Economizadora	33	0,44	0,18	35	0,06	0,02	7,6	2,6	1,5	1,4
Casa 17 / Convencional *	29	0,13	0,12	27	0,05	0,03	4,8	2,2	0,7	0,7
Casa 18 / Convencional	34	0,41	0,12	36	0,11	0,03	11,1	2,9	0,2	0,6
Casa 31 / Convencional *	22	0,08	0,06	25	0,03	0,02	2,9	2,0	0,0	0,0
Casa 33 / Convencional	33	0,22	0,08	36	0,07	0,03	6,6	2,5	0,6	0,8
Casa 34 / Convencional	27	0,51	0,20	30	0,13	0,06	12,8	4,8	1,5	2,5
Casa 35 / Economizadora	31	0,19	0,12	26	0,03	0,02	3,7	2,7	0,5	0,7
Casa 36 / Economizadora	33	0,24	0,13	36	0,05	0,04	7,1	5,2	1,4	1,6

* não possui MLR (máquina de lavar roupa) e/ou "tanquinho"

Tabela 5.15 Fase 1 – Valores médios diários consumidos e número médio diário de descargas – Finais de semana e feriados.

Residência	Consumo Geral da residência			Consumo da bacia sanitária			Nº Total de Descargas		Nº de Descargas Duplas	
	Nº de dias	Média (m³)	Desv. Pad (m³)	Nº de dias	Média (m³)	Desv. Pad. (m³)	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
Casa 01 / Convencional	16	0,35	0,13	22	0,08	0,04	8,1	3,9	0,9	0,8
Casa 02 / Convencional	16	0,39	0,25	21	0,20	0,10	18,9	9,6	3,3	3,0
Casa 03 / Convencional	16	0,97	0,28	22	0,20	0,06	17,8	5,6	3,4	2,2
Casa 04 / Economizadora *	16	0,22	0,18	19	0,05	0,04	6,0	4,6	0,7	0,9
Casa 05 / Convencional	7	0,41	0,19	22	0,15	0,07	14,5	6,8	1,8	1,7
Casa 06 / Convencional	14	0,59	0,33	19	0,13	0,08	12,2	7,5	2,1	2,0
Casa 07 / Convencional	19	0,76	0,28	21	0,12	0,05	11,2	4,9	0,7	1,1
Casa 08 / Convencional	1	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Casa 09 / Convencional	17	0,56	0,19	19	0,10	0,04	9,9	3,5	0,5	0,6
Casa 10 / Convencional	19	0,22	0,15	22	0,08	0,05	8,0	4,7	0,3	0,5
Casa 11/ Economizadora	10	0,58	0,13	14	0,15	0,03	19,4	5,1	1,6	1,3
Casa 12 / Convencional *	19	0,23	0,07	19	0,09	0,03	8,5	3,2	0,1	0,3
Casa 14 / Convencional *	20	0,34	0,09	19	0,13	0,03	12,4	2,7	0,3	0,6
Casa 15/ Economizadora	18	0,44	0,13	20	0,10	0,02	13,1	2,5	1,1	1,3
Casa 16 / Economizadora	20	0,43	0,17	22	0,06	0,02	7,7	2,6	1,1	1,1
Casa 17 / Convencional *	14	0,18	0,11	14	0,05	0,02	4,6	1,7	0,6	0,6
Casa 18 / Convencional	20	0,45	0,19	22	0,14	0,07	14,4	7,6	0,3	0,5
Casa 31 / Convencional *	15	0,10	0,17	14	0,03	0,02	3,1	2,0	0,0	0,0
Casa 33 / Convencional	19	0,38	0,14	22	0,09	0,04	8,4	3,6	1,0	1,8
Casa 34 / Convencional	10	0,38	0,11	13	0,12	0,05	11,5	4,6	1,5	3,6
Casa 35 / Economizadora	18	0,30	0,21	17	0,05	0,05	6,3	5,6	0,7	1,3
Casa 36 / Economizadora	19	0,47	0,29	22	0,08	0,06	11,6	7,1	2,3	2,9

* não possui MLR (máquina de lavar roupa) e/ou "tanquinho"

Na Tabela 5.16 são apresentadas as médias diárias do consumo total, do consumo da bacia sanitária e do número de descargas duplas, além do coeficiente de variação - CV².

Para um CV igual a 100%, tem-se que o desvio-padrão é igual à média; ou, quanto menor for o CV, mais homogênea será a amostra.

Tabela 5.16 - Síntese dos dados da medição na Fase 1

Parâmetros analisados	Fase 1							
	Bacias convencionais (9 e 12 litros)				Bacias economizadoras (6 litros)			
	Dias úteis		Finais de semana e feriados		Dias úteis		Finais de semana e feriados	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Consumo total (m ³ /dia)	0,08 a 0,98	22,5 a 85,6	0,10 a 0,97	25,2 a 65,9	0,14 a 0,61	21,1 a 65,8	0,22 a 0,58	23,3 a 80,3
Consumo da bacia sanitária (m ³ /dia)	0,03 a 0,17	15,7 a 68,4	0,03 a 0,20	23,2 a 65,7	0,03 a 0,13	23,2 a 75,7	0,05 a 0,15	18,3 a 100,0
Número de descargas duplas por dia	0,00 a 3,00	58,8 a 336,4	0,0 a 3,0	63,9 a 299,5	0,50 a 1,50	89,4 a 131,0	0,70 a 2,30	81,7 a 123,7

Da análise das Tabelas anteriores, verifica-se que:

- Para as bacias sanitárias convencionais:

- o consumo geral das residências variou significativamente tanto para os dias úteis (0,08 a 0,98 m³/dia) como para os finais de semana e feriados (0,10 a 0,97 m³/dia), devendo-se

² relação entre o desvio-padrão e a média aritmética, ou seja:

$$\text{Coeficiente de Variação} = \frac{\text{Desvio-padrão}}{\text{Média aritmética}} \times 100$$

ressaltar que a população e o sistema de descarga são diferentes para as diversas residências analisadas;

- em algumas residências, o desvio-padrão do consumo médio diário foi extremamente significativo (coeficiente de variabilidade CV de até 86,4%), o que evidencia a grande variabilidade do consumo, tanto nos dias úteis como nos finais de semana e feriados;
- foi verificada, também, uma grande variabilidade no consumo médio das bacias, tanto para os dias úteis (0,03 a 0,17 m³/dia) como para os finais de semana e feriados (0,03 a 0,20 m³/dia);
- o número médio de descargas nos dias úteis variou de aproximadamente 3 a 16 por dia, sendo que o desvio-padrão também foi significativo, chegando, em um dos casos, a cerca de 70% do valor da média (CV de até 68,4%); fato este que foi verificado também nos finais de semana e feriados, onde o número de descargas variou de 3 a 19 por dia;
- com relação às descargas duplas, a média variou de 0 a aproximadamente 3 por dia, tanto para os dias úteis, como para os finais de semana e feriados; em alguns casos o desvio-padrão foi significativamente maior que a média (CV de 58,8 a 336,4% para os dias úteis e de 63,9 a 299,5% para os demais).

● Para as **bacias sanitárias economizadoras**:

- o consumo geral das residências nos dias úteis variou de cerca de 0,14 a 0,61 m³/dia; para os finais de semana e feriados, estes valores foram de cerca de 0,22 a 0,58 m³/dia;
- na maioria dos casos, o desvio-padrão do consumo médio diário, para os dias úteis, não foi significativo, chegando a, no máximo, 50% do valor da média; nos finais de semana e feriados, a variabilidade foi maior;
- o consumo médio das bacias, nos dias úteis, variou de cerca de 0,03 a 0,13 m³/dia; nos finais de semana e feriados o consumo variou de cerca de 0,05 a 0,15 m³/dia;
- o número médio de descargas nos dias úteis variou de aproximadamente 4 a 17 por dia, o desvio-padrão variou de 1,9 a 5,3; nos finais de semana e feriados, o número médio de descargas variou de 6 a 19 por dia;
- com relação às descargas duplas, a média variou de 0,5 a cerca de 1,5 por dia, para os dias

úteis; nos finais de semana e feriados o número de descargas duplas variou de 0,7 a 2,3 por dia; na maioria dos casos o desvio-padrão foi muito próximo ou, até mesmo, superou o valor da média.

5.2.1.2 Medição - Fase 2

Na Tabela 5.17 são apresentados os resultados gerais obtidos, referentes ao volume total e ao volume consumido pela bacia sanitária para a **Fase 2**, contemplando tanto as residências em que ocorreu a substituição quanto aquelas já instaladas desde a **Fase 1**.

Analogamente, as Tabelas 5.18 e 5.19 mostram os resultados referentes ao número médio de descargas ocorridas (duplas ou simples) na Fase 2, para os dias úteis e finais de semana (ou feriados), respectivamente.

Vale ressaltar novamente que, com relação aos dados apresentados nas Tabelas 5.18 e 5.19, que o volume consumido em cada bacia não pode ser correlacionado diretamente com o número de descargas encontrado, para a determinação de um volume médio por descarga, uma vez que, devido a problemas encontrados no sistema de descarga (basicamente na caixa elevada ou no mecanismo da caixa acoplada), houve descargas com volumes maiores do que o previsto.

Tabela 5.17 Resultados gerais obtidos na Fase 2.

LOCALIZAÇÃO	SISTEMAS DE DESCARGA / BACIA ECONOMIZ. OU CONVENC.	POPULAÇÃO A - adulto C - criança	DATA DE ENTRADA	CONSUMO TOTALIZADO ¹ (m³)		PORCENTAGEM (bacia x geral)
				Geral	Bacia	
Casa 01 - Rua 13, Nº 129	Cx. acoplada / Economizadora	2 A + 3 C	21/12/99	17,74	3,66	20,63
Casa 02 - Rua 13, Nº 125	Cx. acoplada / Economizadora	2 A + 2 C	07/04/00	19,52	5,10	26,13
Casa 03 - Rua 13, Nº 115	Cx. acoplada / Economizadora	3 A + 5 C	08/01/00	45,69	8,75	19,15
Casa 04 - Rua 13, Nº 111*	Cx. acoplada / Economizadora	1 A + 1 C	03/02/00	13,31	2,14	16,08
Casa 05 - Rua 13, Nº 101	Cx. acoplada / Economizadora	4 A + 1 C	30/01/00	24,19	4,09	16,91
Casa 06 - Rua 13, Nº 97	Cx. acoplada / Economizadora	2 A + 3 C	02/03/00	20,94	2,42	11,56
Casa 07 - Rua 13, Nº 87	Cx. elevada / Economizadora	2 A + 5 C	11/01/00	27,15	3,07	11,31
Casa 08 - Rua 13, Nº 83	Cx. elevada / Economizadora	2 A + 1 C	08/07/00	0,76	0,28	36,84
Casa 09 - Rua 13, Nº 73	Cx. elevada / Economizadora	2 A + 2 C	03/03/00	23,29	2,62	11,25
Casa 10 - Rua 13, Nº 67	Cx. elevada / Economizadora	2 A + 2 C	10/01/00	5,14	1,46	28,40
Casa 11 - Rua 13, Nº 57	Válvula / Economizadora	4 A + 3 C	05/02/00	22,59	4,94	21,87
Casa 12 - Rua 13, Nº 53*	Válvula / Economizadora	3 A + 1 C	19/02/00	9,29	2,97	31,97
Casa 13 - Rua 13, Nº 43	Válvula / Convencional	**	**	**	**	**
Casa 14 - Rua 13, Nº 39*	Válvula / Convencional	4 A	26/01/00	15,42	5,80	37,61
Casa 15 - Rua 13, Nº 29	Cx. acoplada / Economizadora	5 A	07/01/00	18,68	4,10	21,95
Casa 16 - Rua 13, Nº 25	Cx. acoplada / Economizadora	2 A + 4 C	23/02/00	22,34	2,64	11,82
Casa 17 - Rua 13, Nº 15*	Cx. acoplada / Convencional	1 A	05/02/00	0,45	0,30	66,67
Casa 18 - Rua 13, Nº 11	Cx. acoplada / Convencional	4 A + 1 C	23/01/00	23,29	6,53	28,04
Casa 31 - Rua 15, Nº 98*	Cx. elevada / Convencional	2 A + 1 C	15/02/00	1,38	0,30	21,74
Casa 32 - Rua 15, Nº 102	Cx. elevada / Convencional	**	**	**	**	**
Casa 33 - Rua 15, Nº 112	Cx. elevada / Economizadora	2 A	31/01/00	1,31	0,45	34,35
Casa 34 - Rua 15, Nº 116	Cx. elevada / Economizadora	3 A + 2 C	25/01/00	21,06	6,58	31,24
Casa 35 - Rua 15, Nº 126	Cx. elevada / Economizadora	1 A + 1 C	27/01/00	7,17	0,98	13,67
Casa 36 - Rua 15, Nº 130	Cx. elevada / Economizadora	2 A + 1 C	17/01/00	11,43	1,89	16,54

Casa não ocupada

Problemas com a bacia sanitária na Fase 2 - dados de apenas 3 dias (17, 18 e 19/05/00)

* Não possui MLR (máquina de lavar roupa) ou tanquinho

¹ Referente ao volume consumido na residência desde a data de entrada dos moradores até o dia da leitura, data comum a todas as residências.

Tabela 5.18 Fase 2 – Valores médios diários consumidos e número médio diário de descargas – Dias Úteis.

Residência	Consumo geral da residência			Consumo da bacia sanitária			Nº Total de Descargas		Nº de Descargas Duplas	
	Nº de dias	Média (m³)	Desv. Pad (m³)	Nº de dias	Média (m³)	Desv. Pad. (m³)	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
Casa 01 / Economizadora	20	0,38	0,14	22	0,07	0,04	9	5	1	2
Casa 02 / Economizadora	20	0,31	0,08	22	0,06	0,02	9	3	1	1
Casa 03 / Economizadora	20	0,92	0,24	18	0,13	0,07	19	7	2	2
Casa 04 / Economizadora *	20	0,18	0,06	21	0,03	0,01	4	1	0	1
Casa 05 / Economizadora	20	0,51	0,23	22	0,09	0,02	13	3	1	1
Casa 06 / Economizadora	20	0,43	0,28	21	0,04	0,03	5	3	1	1
Casa 07 / Economizadora	20	0,62	0,24	21	0,06	0,03	9	4	1	2
Casa 08 / Economizadora	5	0,08	0,13	5	0,03	0,04	4	4	1	2
Casa 09 / Economizadora	20	0,48	0,24	20	0,05	0,02	6	4	1	2
Casa 10 / Economizadora	14	0,13	0,11	14	0,03	0,02	5	3	1	1
Casa 11 / Economizadora	20	0,47	0,12	20	0,10	0,03	10	3	0	1
Casa 12 / Economizadora *	20	0,17	0,07	20	0,06	0,02	7	3	1	1
Casa 14 / Convencional *	20	0,28	0,15	20	0,12	0,05	12	4	1	1
Casa 15 / Economizadora *	20	0,35	0,06	20	0,08	0,02	12	3	1	1
Casa 16 / Economizadora	20	0,46	0,14	21	0,05	0,02	6	2	1	1
Casa 17 / Convencional	2	0,05	0,05	2	0,03	0,03	3	2	0	0
Casa 18 / Convencional	20	0,44	0,10	20	0,12	0,03	12	3	0	1
Casa 31 / Convencional	8	0,06	0,05	7	0,02	0,01	2	1	0	0
Casa 33 / Economizadora	9	0,39	0,22	3	0,15	0,10	19	12	7	3
Casa 34 / Economizadora	20	0,43	0,12	20	0,13	0,04	17	5	3	2
Casa 35 / Economizadora	16	0,14	0,14	12	0,02	0,01	3	2	1	1
Casa 36 / Economizadora	20	0,16	0,06	20	0,02	0,01	3	2	0	1

	Bacias convencionais - Fases 1 e 2
--	------------------------------------

	Bacias economizadoras - Fases 1 e 2
--	-------------------------------------

	Bacias substituídas na Fase 2
--	-------------------------------

* Não possui MLR e/ou "tanquinho"

Tabela 5.19 Fase 2 – Valores médios diários consumidos e número médio diário de descargas – Finais de semana e feriados.

Residência	Consumo Geral da residência			Consumo da bacia sanitária			Nº Total de Descargas		Nº de Descargas Duplas	
	Nº de dias	Média (m³)	Desv. Pad (m³)	Nº de dias	Média (m³)	Desv. Pad. (m³)	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
Casa 01 / Economizadora	9	0,34	0,06	10	70,46	21,52	8,30	2,95	0,90	1,10
Casa 02 / Economizadora	9	0,53	0,22	9	0,10	0,04	14,22	6,53	1,33	1,22
Casa 03 / Economizadora	9	0,77	0,28	10	0,12	0,06	17,20	6,44	1,90	1,66
Casa 04 / Economizadora *	9	0,45	0,25	10	0,04	0,02	6,00	3,13	0,60	0,97
Casa 05 / Economizadora	9	0,48	0,18	10	0,07	0,02	10,60	2,91	1,00	1,05
Casa 06 / Economizadora	9	0,36	0,20	10	0,06	0,03	7,20	2,66	0,70	0,82
Casa 07 / Economizadora	9	0,49	0,17	10	0,05	0,02	8,10	3,48	1,10	1,29
Casa 08 / Economizadora	2	0,02	0,02	2	0,01	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Casa 09 / Economizadora	9	0,47	0,21	9	0,05	0,02	7,11	3,02	1,22	1,56
Casa 10 / Economizadora	5	0,22	0,27	5	0,06	0,04	7,00	4,69	0,40	0,55
Casa 11 / Economizadora	9	0,39	0,08	9	0,10	0,03	9,67	4,09	0,22	0,44
Casa 12 / Economizadora *	9	0,21	0,07	9	0,06	0,02	7,44	1,88	0,11	0,33
Casa 14 / Convencional *	9	0,34	0,12	9	0,12	0,03	13,00	2,92	1,22	1,09
Casa 15 / Economizadora *	9	0,43	0,10	9	0,09	0,02	12,89	4,31	1,00	1,41
Casa 16 / Economizadora	9	0,37	0,12	9	0,05	0,02	6,22	1,64	0,67	0,50
Casa 17 / Convencional	2	0,01	0,00	1	0,01	-	1,00	-	0,00	-
Casa 18 / Convencional	9	0,42	0,16	9	0,14	0,07	14,56	7,09	0,22	0,44
Casa 31 / Convencional	3	0,10	0,10	2	0,01	0,01	1,50	0,71	0,00	0,00
Casa 33 / Economizadora	3	0,30	0,08	0	-	-	-	-	-	-
Casa 34 / Economizadora	9	0,38	0,12	9	0,17	0,09	19,78	10,45	3,11	3,48
Casa 35 / Economizadora	8	0,20	0,17	4	0,03	0,01	3,50	1,29	0,25	0,50
Casa 36 / Economizadora	9	0,30	0,18	8	0,05	0,03	6,50	3,96	0,38	0,74

Bacias convencionais - Fases 1 e 2

Bacias economizadoras - Fases 1 e 2

Bacias substituídas na Fase 2

* Não possui MLR e/ou "tanquinho"

Na Tabela 5.20 são apresentadas as médias diárias do consumo total, do consumo da bacia sanitária e do número de descargas duplas, além do coeficiente de variação (CV), que, conforme descrito anteriormente, consiste na relação entre o desvio-padrão e a média aritmética.

Tabela 5.20 Síntese dos dados da medição referentes às bacias economizadoras instaladas nas Fases 1 e 2.

Parâmetros analisados	Bacias economizadoras - Fases 1 e 2 ^{(1),(2)}			
	Dias úteis		Finais de semana e feriados	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Consumo total (m ³ /dia)	0,08 a 0,92	17,30 a 171,4	0,20 a 0,77	17,80 a 164,4
Consumo da bacia sanitária (m ³ /dia)	0,02 a 0,15	23,10 a 118,00	0,03 a 0,17	21,6 a 68,3
Número de descargas duplas/dia	0,20 a 6,70	45,80 a 261,60	0,30 a 3,10	75,0 a 300,0

Notas:

- (1) Estes dados contemplam as bacias economizadoras instaladas desde a Fase 1 e também aquelas instaladas na Fase 2.
- (2) Uma das residências foi desconsiderada na análise, porque o número de descargas foi extremamente baixo, com longos períodos (dias) sem moradores na mesma.

Da análise das Tabelas anteriores, verifica-se que:

- Para as **bacias sanitárias convencionais** cujo monitoramento permaneceu na **Fase 2**:
 - o consumo geral das residências variou significativamente, tanto nos dias úteis, como nos finais de semana e feriados;
 - em uma das residências, o desvio-padrão do consumo médio diário foi extremamente significativo chegando a ser igual à média, o que evidencia a grande variabilidade do consumo, tanto nos dias úteis como nos finais de semana e feriados;
 - o consumo médio das bacias, nos dias úteis, variou de cerca de 0,02 a 0,12 m³/dia; nos finais de semana e feriados o consumo variou de cerca de 0,01 a 0,14 m³/dia;
 - o número médio de descargas nos dias úteis variou de aproximadamente 2 a 12 por dia, sendo

que o desvio-padrão também foi significativo, chegando, em um dos casos, a cerca de 70% do valor da média; fato este que foi verificado também nos finais de semana e feriados, onde o número de descargas variou de 1 a 15 por dia;

- com relação às descargas duplas, a média variou de 0 a 1 por dia, tanto para os dias úteis, como para os finais de semana e feriados; em alguns casos o desvio-padrão foi significativamente maior que a média;
- Para as **bacias sanitárias economizadoras** instaladas na **Fase 2** e para aquelas instaladas desde a **Fase 1**, no período correspondente:
 - uma das residências apresentou **valores de consumo e acionamentos** do sistema de descarga nos finais de semana e feriados **muito baixos** (média do consumo geral de 0,02 m³/dia e média do consumo da bacia sanitária de 0,01 m³/dia, com apenas 1 acionamento por dia, em média, da bacia) quando comparados aos valores observados nas outras residências. Com isso, **os valores relativos a esta residência para os finais de semana e feriados não foram considerados nos comentários a seguir:**
 - o consumo geral das residências nos dias úteis variou de cerca de 0,08 a 0,92 m³/dia; para os finais de semana e feriados, estes valores foram de cerca de 0,20 a 0,77 m³/dia;
 - em alguns casos, o desvio-padrão do consumo médio diário, para os dias úteis, foi significativo, chegando superar em cerca de 163% do valor da média; nos finais de semana e feriados, a variabilidade foi menor;
 - o consumo médio das bacias, nos dias úteis, variou de cerca de 0,02 a 0,15 m³/dia; nos finais de semana e feriados o consumo variou de cerca de 0,03 a 0,17 m³/dia;
 - o número médio de descargas nos dias úteis variou de aproximadamente 3 a 19 por dia, o desvio-padrão variou de 1,7 a 11,8; nos finais de semana e feriados, o número médio de descargas variou de 4 a 20 por dia;
 - com relação às descargas duplas, a média variou de 0,2 a aproximadamente 6,7 por dia, para os dias úteis; nos finais de semana e feriados o número de descargas duplas variou de 0,3 a 3,1 por dia; na maioria dos casos o desvio-padrão foi muito próximo ou, até mesmo, superou o valor da média.

5.2.1.3 Medição - Análise Comparativa - Fases 1 e 2

As Figuras 5.30 e 5.31 apresentam, respectivamente, a comparação do consumo *geral* e da *bacia sanitária* nas residências em que foi efetuada a substituição das bacias convencionais por economizadoras (casas Q-01, Q-02, Q-03, Q-05, Q-06, Q-07, Q-09, Q-10, Q-12, Q-33 e Q-34), para os dias úteis e para os finais de semana e feriados.

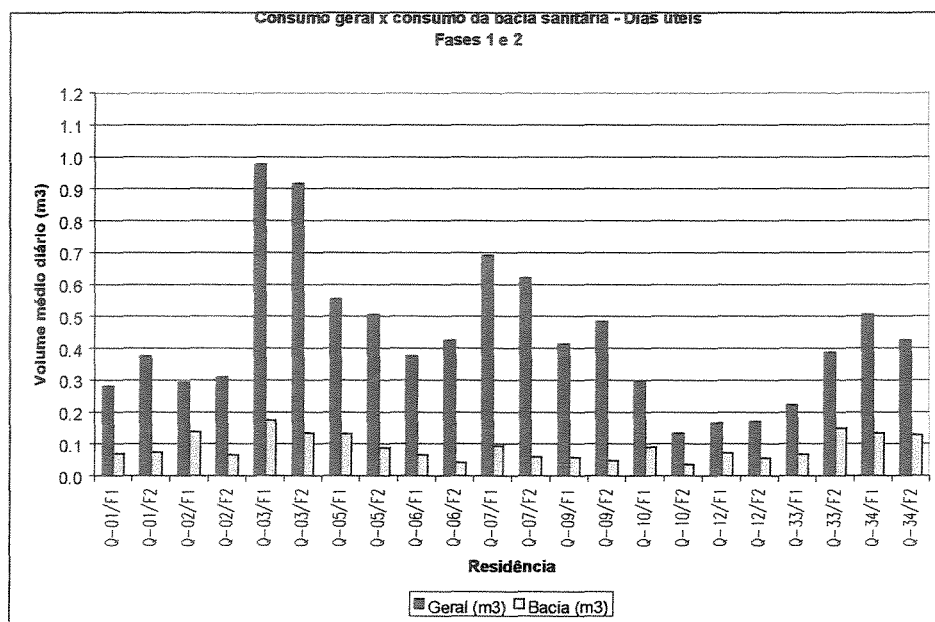


Figura 5.30 Consumo total e consumo da bacia sanitária nas casas em que foi efetuada a substituição da bacia convencional pela economizadora – Dias úteis.

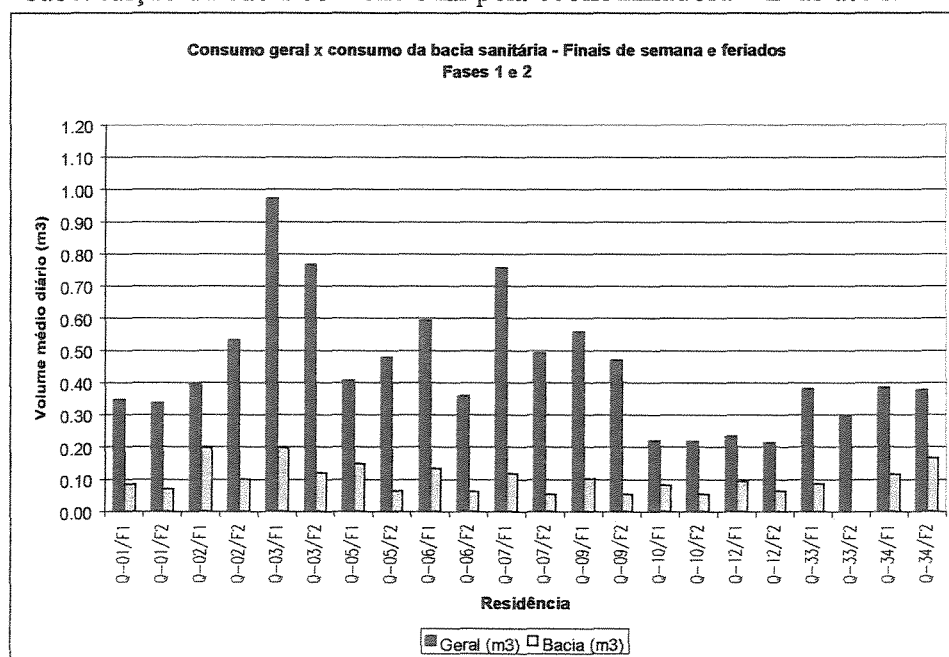


Figura 5.31 Consumo total e consumo da bacia nas casas em que foi efetuada a substituição da bacia convencional pela economizadora – Finais de semana e feriados.

As Figuras 5.32 e 5.33 apresentam, respectivamente, a comparação do número de descargas duplas nas residências em que foi efetuada a substituição das bacias convencionais por economizadoras (casas Q-01, Q-02, Q-03, Q-05, Q-06, Q-07, Q-09, Q-10, Q-12, Q-33 e Q-34), para os dias úteis e para os finais de semana e feriados.

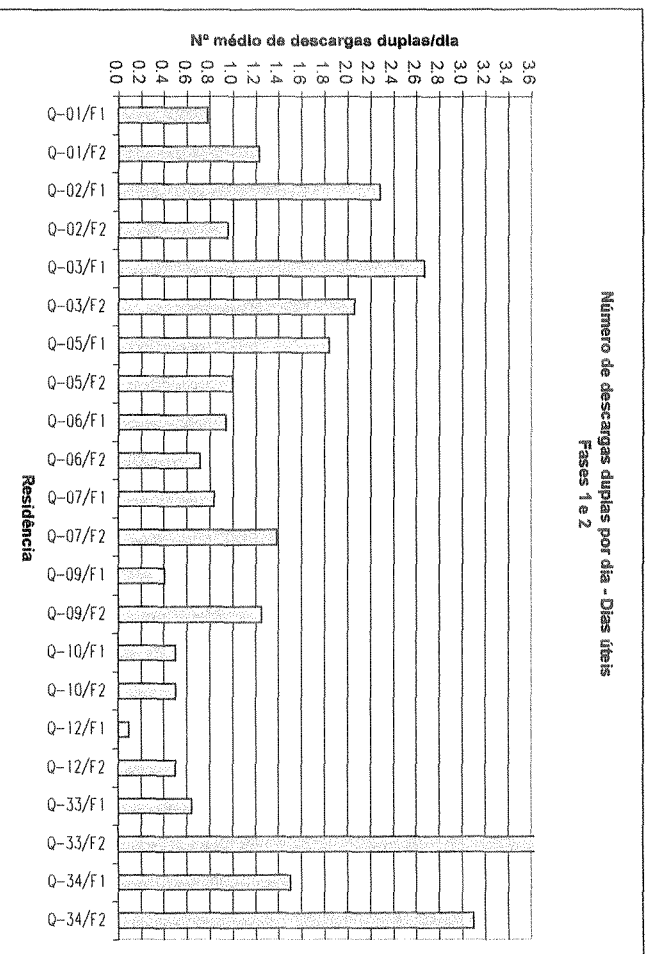


Figura 5.32 Número de descargas duplas nas casas em que foi efetuada a substituição da bacia convencional pela economizadora – Dias úteis.

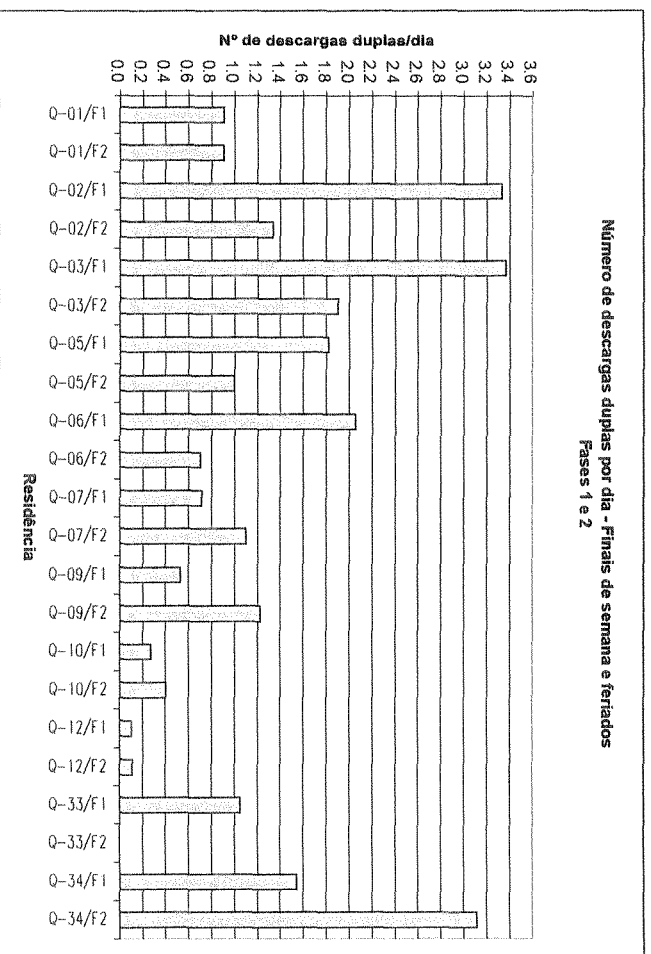


Figura 5.33 Número de descargas duplas nas casas em que foi efetuada a substituição da bacia convencional pela economizadora – Finais de semana e feriados.

Da análise das Figuras anteriores, ressalta-se que, para as residências onde ocorreu a substituição das bacias sanitárias convencionais por economizadoras na **Fase 2**:

- o consumo médio diário das bacias sanitárias diminuiu em 73,0% das residências (8 casas) após a substituição da mesma, tanto nos dias úteis (decréscimo de 18,4% a 61,5%) como nos finais de semana e feriados (decréscimo na faixa de 30,8% a 56,1%);
- em duas residências, o consumo médio diário da bacia sanitária permaneceu praticamente igual após a substituição da mesma, nos dias úteis, tendo, no primeiro caso, aumentado nos finais de semana e feriados (cerca de 29,8% de acréscimo) e, no segundo, diminuído (cerca de 16,8%);
- em outra residência, o consumo médio da bacia duplicou durante a semana, tendo a bacia sido retirada antes do final de semana, por solicitação do usuário, o que impossibilitou a aquisição dos dados;
- o consumo geral médio diário aumentou em 55,0% das residências quando analisados os dias úteis (2,6% a 42,4% de acréscimo); para os finais de semana e feriados o consumo médio geral diário aumentou em 18% das residências (15,0% a 26,1% de acréscimo);
- a diminuição do consumo geral médio diário (ocorrida em 45,0 e 82,0% das residências, respectivamente para os dias úteis e para os finais de semana e feriados) esteve na faixa de 6,2% a 54,5% (dias úteis) e 1,4% a 39,4% (demais dias);
- a relação entre o consumo geral médio diário e o consumo médio diário da bacia sanitária não foi a mesma, o que pode ser atribuído a diferentes fatores, como as condições ambientais (temperatura), que podem explicar o aumento do consumo verificado em algumas casas;
- o número de descargas duplas aumentou em 55% das residências (dias úteis), contemplando os diferentes tipos de sistemas de descarga, nos finais de semana e feriados o aumento ocorreu em 45% das residências.

Na Tabela 5.21 é apresentada a porcentagem do consumo da bacia em relação ao consumo geral das residências, tanto para as residências onde ocorreu a substituição na bacia na **Fase 2** como para as demais.

Tabela 5.21 Comparação geral – Fases 1 e 2.

Residência	Tipo de Bacia		Consumo Bacia em relação ao Consumo Geral (%)	
	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
Casa 01	Convencional	Economizadora	28,49	20,63
Casa 02	Convencional	Economizadora	39,61	26,13
Casa 03	Convencional	Economizadora	20,63	19,15
Casa 04*	Economizadora	Economizadora	25,08	16,08
Casa 05	Convencional	Economizadora	27,70	16,91
Casa 06	Convencional	Economizadora	19,35	11,56
Casa 07	Convencional	Economizadora	18,97	11,31
Casa 08	--	Economizadora	--	36,84
Casa 09	Convencional	Economizadora	14,88	11,25
Casa 10	Convencional	Economizadora	31,90	28,40
Casa 11	Economizadora	Economizadora	21,00	21,87
Casa 12*	Convencional	Economizadora	44,06	31,97
Casa 13	--	--	--	--
Casa 14*	Convencional	Convencional	42,18	37,61
Casa 15	Economizadora	Economizadora	23,19	21,95
Casa 16	Economizadora	Economizadora	12,06	11,82
Casa 17*	Convencional	Convencional	38,21	66,67
Casa 18	Convencional	Convencional	27,89	28,04
Casa 31*	Convencional	Convencional	49,83	21,74
Casa 32	--	--	--	--
Casa 33	Convencional	Economizadora	27,10	34,35
Casa 34	Convencional	Economizadora	29,31	31,24
Casa 35	Economizadora	Economizadora	15,20	13,67
Casa 36	Economizadora	Economizadora	23,59	16,54

	Casa não ocupada
	Casa ocupada apenas na Fase 2
	Dados discrepantes devido ao pequeno período de utilização
	Problemas na Fase 2 - dados de apenas 3 dias (17, 18 e 19/05)
*	Não possui MLR (máquina de lavar roupa) ou tanquinho

Da análise da Tabela 5.21, verifica-se que a participação da bacia sanitária no consumo geral da residência, desconsiderando-se os problemas ressaltados na referida tabela:

- sofreu redução em 80% das residências em que a bacia convencional foi substituída pela economizadora na Fase 2 (7,2% a 40,4% de redução);
- foi similar em 66,7% (4 bacias) das casas com bacias economizadoras desde a Fase 1 e sofreu uma redução significativa em 33,3% (2 bacias), o que indica uma maior adaptação do usuário

ao componente e/ou desaparecimento de problemas anteriormente detectados;

- foi similar nas residências com bacia convencional em ambas as Fases.

5.3 Questionários

5.3.1 Resultados dos Questionários – Fase 1

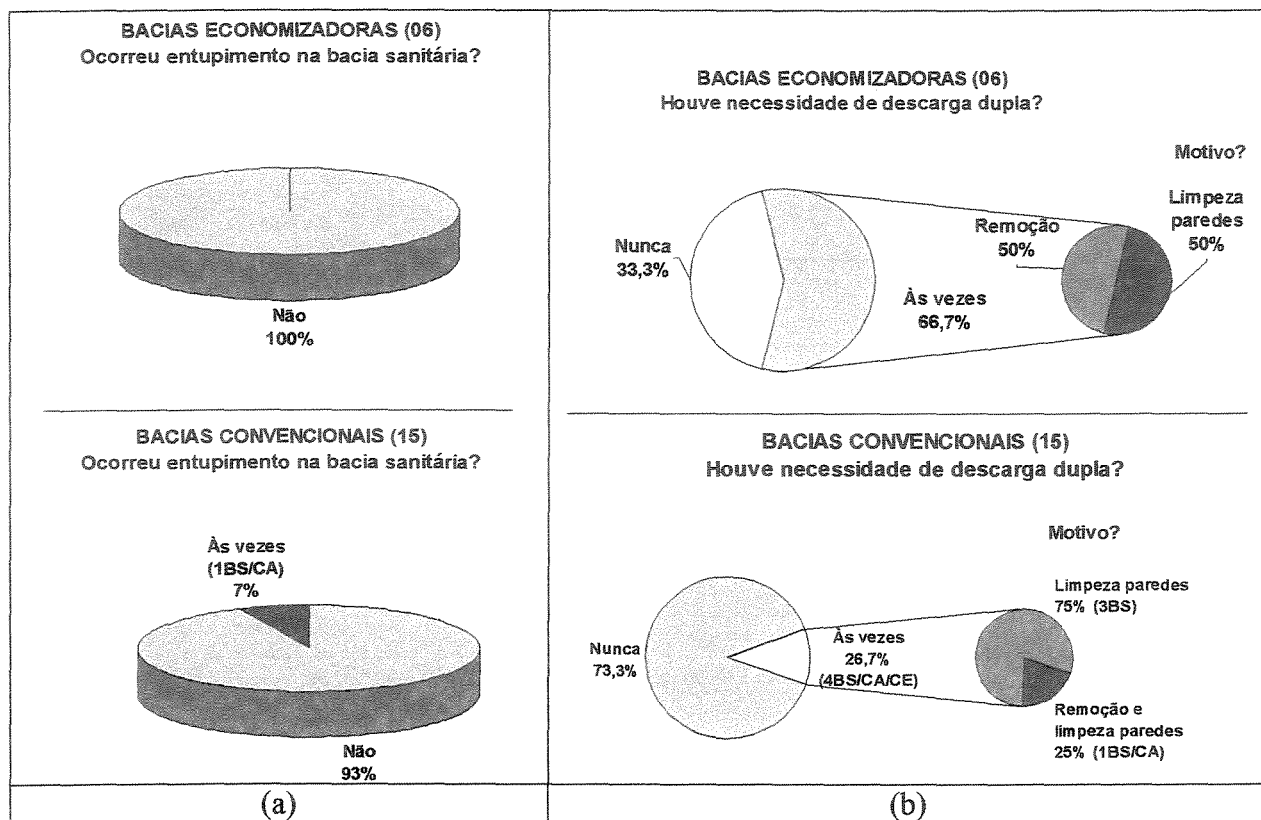
Na Tabela 5.22 é apresentado um resumo dos parâmetros gerais das residências estudadas na Fase 1.

Tabela 5.22 Parâmetros gerais descritivos das residências estudadas na Fase 1.

LOCALIZAÇÃO	SISTEMA DESCARGA / BACIA ECONOMIZ. ou CONVENC.	POPULAÇÃO A - adulto C - criança	DATA DE ENTRADA
Casa 01 - Rua 13, Nº 129	Cx. acoplada / Convencional	2 A + 3 C	21/12/99
Casa 02 - Rua 13, Nº 125	Cx. acoplada / Convencional	2 A + 2 C	07/04/00
Casa 03 - Rua 13, Nº 115	Cx. acoplada / Convencional	3 A + 5 C	08/01/00
Casa 04 - Rua 13, Nº 111	Cx. acoplada / Economizadora	1 A + 1 C	03/02/00
Casa 05 - Rua 13, Nº 101	Cx. acoplada / Convencional	4 A + 1 C	30/01/00
Casa 06 - Rua 13, Nº 97	Cx. acoplada / Convencional	2 A + 3 C	02/03/00
Casa 07 - Rua 13, Nº 87	Cx. elevada / Convencional	2 A + 5 C	11/01/00
Casa 08 - Rua 13, Nº 83	Cx. elevada / Convencional	---	---
Casa 09 - Rua 13, Nº 73	Cx. elevada / Convencional	2 A + 2 C	03/03/00
Casa 10 - Rua 13, Nº 67	Cx. elevada / Convencional	2 A + 2 C	10/01/00
Casa 11 - Rua 13, Nº 57	Válvula / Economizadora	4 A + 3 C	05/02/00
Casa 12 - Rua 13, Nº 53	Válvula / Convencional	3 A + 1 C	19/02/00
Casa 13 - Rua 13, Nº 43	Válvula / Convencional	---	---
Casa 14 - Rua 13, Nº 39	Válvula / Convencional	4 A	26/01/00
Casa 15 - Rua 13, Nº 29	Cx. acoplada / Economizadora	5 A	07/01/00
Casa 16 - Rua 13, Nº 25	Cx. acoplada / Economizadora	2 A + 4 C	23/02/00
Casa 17 - Rua 13, Nº 15	Cx. acoplada / Convencional	1 A	05/02/00
Casa 18 - Rua 13, Nº 11	Cx. acoplada / Convencional	4 A + 1 C	23/01/00
Casa 31 - Rua 15, Nº 98	Cx. elevada / Convencional	2 A + 1 C	15/02/00
Casa 32 - Rua 15, Nº 102	Cx. elevada / Convencional	---	---
Casa 33 - Rua 15, Nº 112	Cx. elevada / Convencional	2 A	31/01/00
Casa 34 - Rua 15, Nº 116	Cx. elevada / Convencional	2 A + 3 C	25/01/00
Casa 35 - Rua 15, Nº 126	Cx. elevada / Economizadora	1 A + 1 C	27/01/00
Casa 36 - Rua 15, Nº 130	Cx. elevada / Economizadora	2 A + 1 C	17/01/00

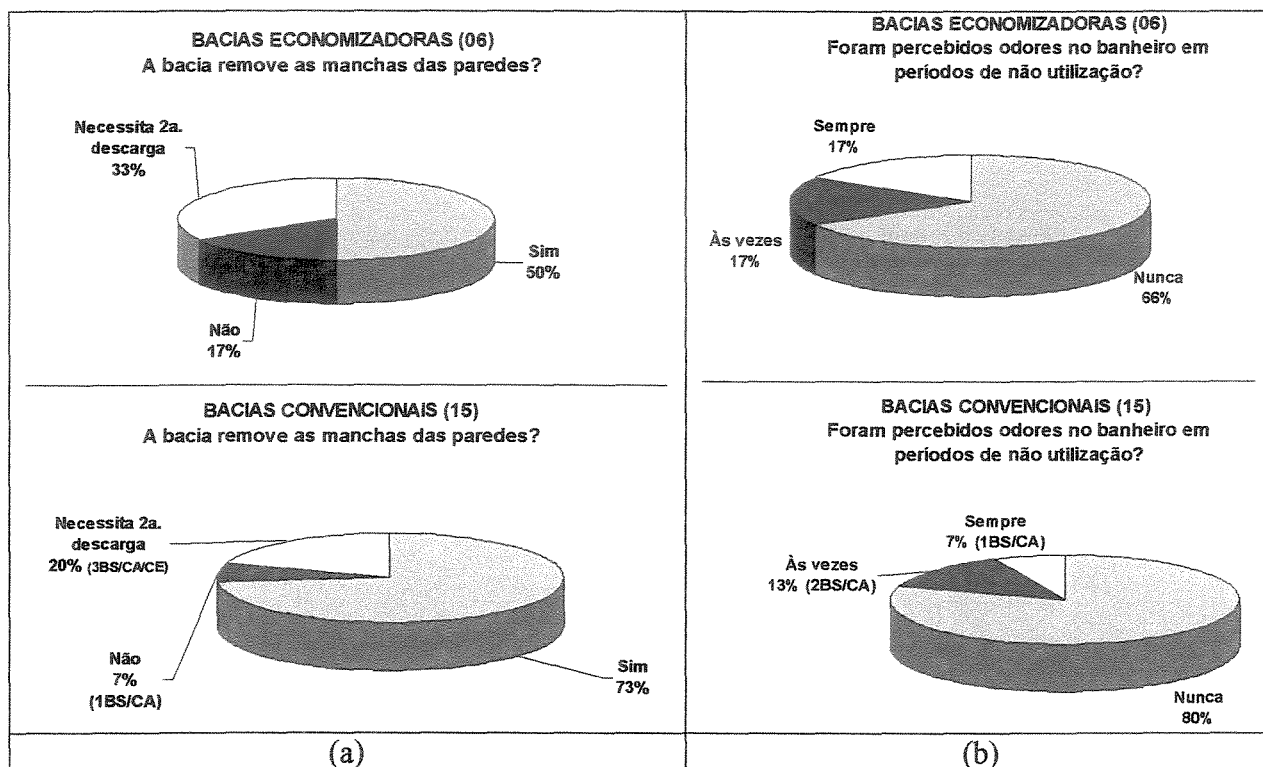
■ Casa não ocupada

Os resultados do questionário aplicado na Fase 1 são apresentados nas Figuras 5.34 a 5.36.



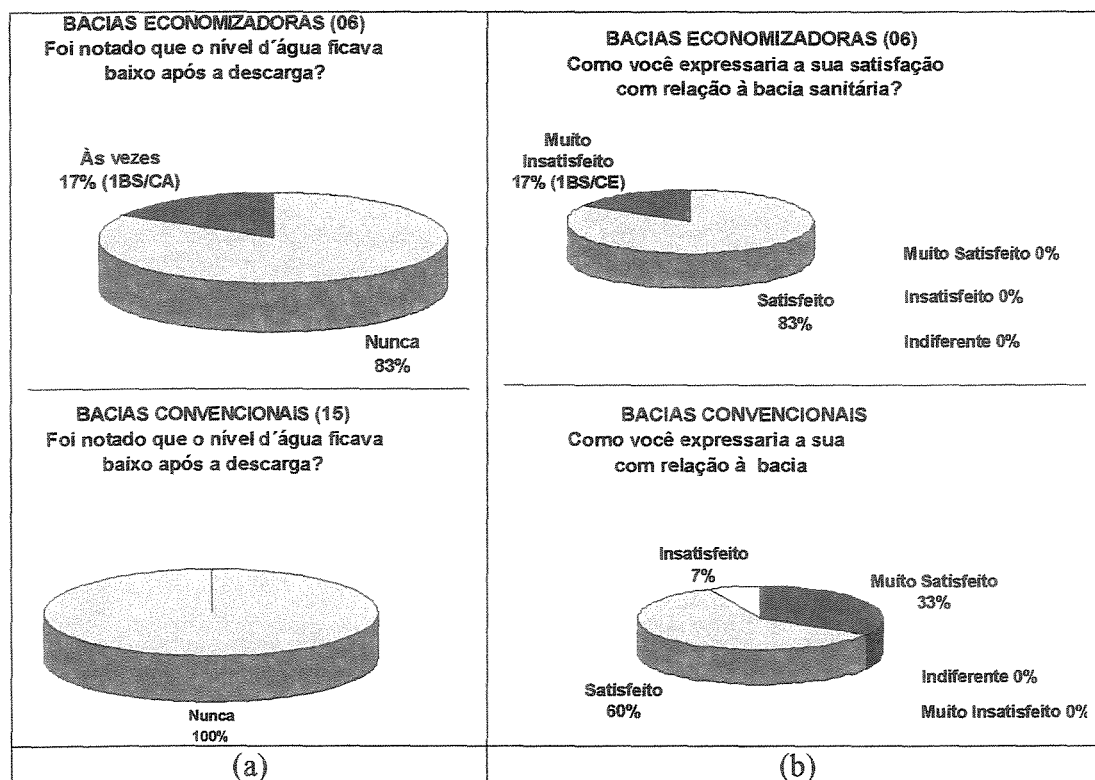
Nota: BS - bacia sanitária; BS/CA - bacia sanitária com caixa acoplada; BS/CA/CE - bacia sanitária com caixa acoplada ou elevada.

Figura 5.34 Fase 1 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) ocorrência de entupimentos; (b) necessidade de descargas duplas.



Nota: BS/CA - bacia sanitária com caixa acoplada; BS/CA/CE - bacia sanitária com caixa acoplada ou elevada.

Figura 5.35 Fase 1 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Remoção de manchas nas paredes; (b) Percepção de odores no banheiro em períodos de não utilização.



Nota: BS/CA - bacia sanitária com caixa acoplada; BS/CE - bacia sanitária com caixa elevada.

Figura 5.36 Fase 1 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Percepção do abaixamento do nível d'água na bacia sanitária; (b) Satisfação geral com o desempenho funcional.

Vale ressaltar que em todas as residências estudadas existia cesto de lixo no banheiro, e que todos os usuários que responderam ao questionário afirmaram que os membros de sua família depositavam neste cesto o papel higiênico utilizado.

Da análise das figuras e dados levantados, devem ser destacados os seguintes aspectos, ressaltando sempre o fato de que o número de bacias economizadoras instaladas nesta Fase foi bastante reduzido (6 unidades):

- em apenas uma bacia sanitária convencional foi relatada a ocorrência de entupimento (somente 1 ocorrência), não tendo sido atribuído aos dejetos humanos ou papel higiênico, mas sim à introdução acidental de um objeto na bacia;

- não foi relatada a ocorrência de entupimento nas bacias economizadoras;
- o número de bacias em que o usuário afirmou serem necessárias descargas duplas foi igual para as bacias economizadoras e para as convencionais (4). Os motivos alegados foram: limpeza das paredes (50% das economizadoras e 75% das convencionais) e remoção de sólidos (50% das economizadoras e 25% das convencionais);
- em todas as residências estudadas (com bacias economizadoras ou não), existe cesto de lixo no banheiro, o qual é empregado não só para disposição de produtos sanitários mas também de papel higiênico;
- problemas como remoção das manchas nas paredes da bacia sanitária foram relatados por três usuários das residências com bacias economizadoras; dois deles afirmaram que a 2ª descarga efetuava a limpeza e o outro disse ser necessária a remoção manual das manchas. Os usuários das demais residências com bacias economizadoras (3) afirmaram não existirem problemas de limpeza de parede;
- no caso das residências com bacias convencionais, apenas um usuário relatou a necessidade da limpeza manual e outros três disseram que apenas com a 2ª descarga as manchas eram removidas;
- odores desagradáveis foram percebidos pelo usuário às vezes e/ou sempre em 2 bacias economizadoras e em três convencionais;
- foi observado pelo usuário que o nível d'água ficava abaixo do que ele considerava normal em apenas uma das bacias economizadoras, nada tendo sido observado nas 15 bacias convencionais analisadas;
- no caso das residências com bacias economizadoras, 5 usuários afirmaram estar satisfeitos com o referido componente (83,3% das residências). Apenas 1 usuário disse estar muito insatisfeito, pelos seguintes motivos: necessidade de 2ª. descarga para a limpeza do poço (às vezes); remoção de manchas somente com a 2ª. descarga, altura e abertura da argola da bacia inadequadas, e ruído emitido durante o enchimento da caixa de descarga,
- Para as bacias convencionais, 14 usuários relataram estar satisfeitos e/ou muito satisfeitos (93% das residências) e somente 1 usuário disse estar insatisfeito, contudo, os motivos

apontados não se referem ao desempenho funcional da bacia e sim às dimensões da bacia e da caixa acoplada, as quais o usuário considerava superestimadas.

Na Tabela 5.23 são apresentados os comentários e as sugestões apresentadas pelos usuários entrevistados. Conforme citado anteriormente, foi entrevistado apenas um usuário por residência, o qual relatou a experiência de toda a família com relação ao uso da bacia sanitária.

Tabela 5.23 Comentários e sugestões apresentadas pelos usuários – Fase 1.

PROBLEMA / SUGESTÃO	ECONOMIZADORA		CONVENCIONAL	
	Nº	%	Nº	%
NENHUMA SUGESTÃO	3	50.00	10	66.67
DIMINUIR O TAMANHO			1	6.67
DIMINUIR A CX ACOPLADA			1	6.67
AUMENTAR A PRESSÃO DA DESCARGA			1	6.67
"ARREDONDAR" A BACIA	1	16.67	1	6.67
NÃO VAZAR (PROB. NA CX. ELEVADA)	1	16.67	4	26.67
NÃO VAZAR	1	16.67		
DIMINUIR O DIÂMETRO DO ASSENTO	1	16.67	2	13.33
POÇO "MAIS NO CENTRO DA BACIA"	1	16.67		
CAIXA ELEVADA FAZ MUITO BARULHO	1	16.67	1	6.67
É MELHOR DO QUE A ANTERIOR (CX ACOPL x CX ELEVADA)			1	6.67
NÍVEL DO POÇO ACIMA OU ABAIXO DO NORMAL	1	16.67		
A TORNEIRA DE BÓIA DA CAIXA "ENROSCA"	1	16.67	1	6.67
CHEIRO DESAGRADÁVEL NO BANHEIRO	1	16.67		
MUITO BAIXA	1	16.67		
N. DE BACIAS	6		15	

Vale ressaltar que:

- em geral, não existiu um único exemplar que concentrasse todos os problemas relatados;
- dos 15 usuários entrevistados na Fase 1, que possuíam bacias convencionais, 10 não apresentaram nenhuma sugestão, sendo que, deste total, 8 (80%) também não relataram nenhum problema;
- dos 6 usuários entrevistados na Fase 1, que possuíam bacias economizadoras, 3 não apresentaram nenhuma sugestão, sendo que, deste total, 1 (33,3%) também não relatou nenhum problema;
- dentre os problemas relatados, os mais freqüentes referem-se ao desempenho das descargas provenientes de caixas elevadas.

5.3.2 Resultados dos Questionários – Fase 2

Conforme descrito anteriormente, na **Fase 2**, 11 bacias convencionais (5 com caixa acoplada, 1 com válvula de descarga e 5 com caixa elevada), instaladas na **Fase 1**, foram substituídas por economizadoras, além de uma residência que foi ocupada apenas na **Fase 2**, utilizando uma bacia sanitária de volume de descarga reduzido. Também foi dada continuidade ao monitoramento do consumo tanto das 6 bacias convencionais que não foram substituídas como das 6 bacias economizadoras que já faziam parte da **Fase 1**.

Na Tabela 5.24 é apresentada a identificação das residências em que ocorreu a substituição da bacia sanitária na **Fase 2**, com o respectivo tipo de bacia/sistema de descarga.

Tabela 5.24 Parâmetros gerais descritivos das residências em que ocorreu a substituição da bacia sanitária na **Fase 2**.

LOCALIZAÇÃO	SISTEMA DE DESCARGA
Casa 01 - Rua 13, Nº 129	Caixa acoplada
Casa 02 - Rua 13, Nº 125	Caixa acoplada
Casa 03 - Rua 13, Nº 115	Caixa acoplada
Casa 05 - Rua 13, Nº 101	Caixa acoplada
Casa 06 - Rua 13, Nº 97	Caixa acoplada
Casa 07 - Rua 13, Nº 87	Caixa elevada
Casa 08 - Rua 13, Nº 83	Caixa elevada
Casa 09 - Rua 13, Nº 73	Caixa elevada
Casa 10 - Rua 13, Nº 67	Caixa elevada
Casa 12 - Rua 13, Nº 53	Válvula
Casa 33 - Rua 15, Nº 112	Caixa elevada
Casa 34 - Rua 15, Nº 116	Caixa elevada
 Morador não entrevistado	
 Casa ocupada apenas na Fase 2	
 Morador solicitou a retirada da bacia sanitária	

Os resultados do questionário da **Fase 2** são apresentados nas Figuras 5.37 a 5.39.

Vale ressaltar que foram considerados, para a análise dos questionários, 10 das 12 residências em que ocorreu a substituição da bacia sanitária, tendo em vista que, em uma delas não foi possível entrevistar o morador, devido a sua transferência, por motivos de trabalho, para outra cidade, e, na outra, o morador solicitou a retirada da bacia sanitária após 03 dias da sua instalação.

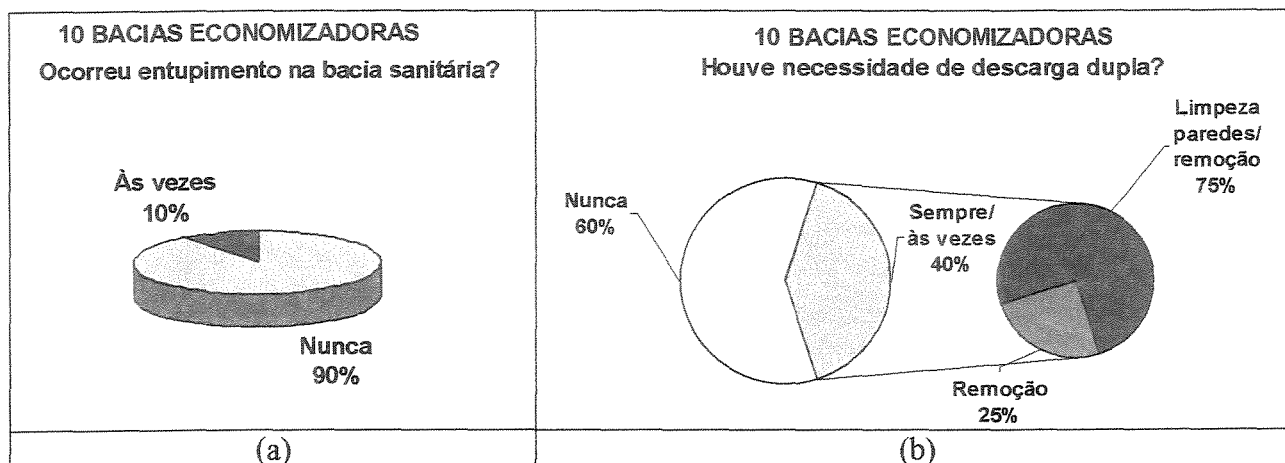


Figura 5.37 Fase 2 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Ocorrência de entupimentos; (b) Necessidade de descargas duplas.

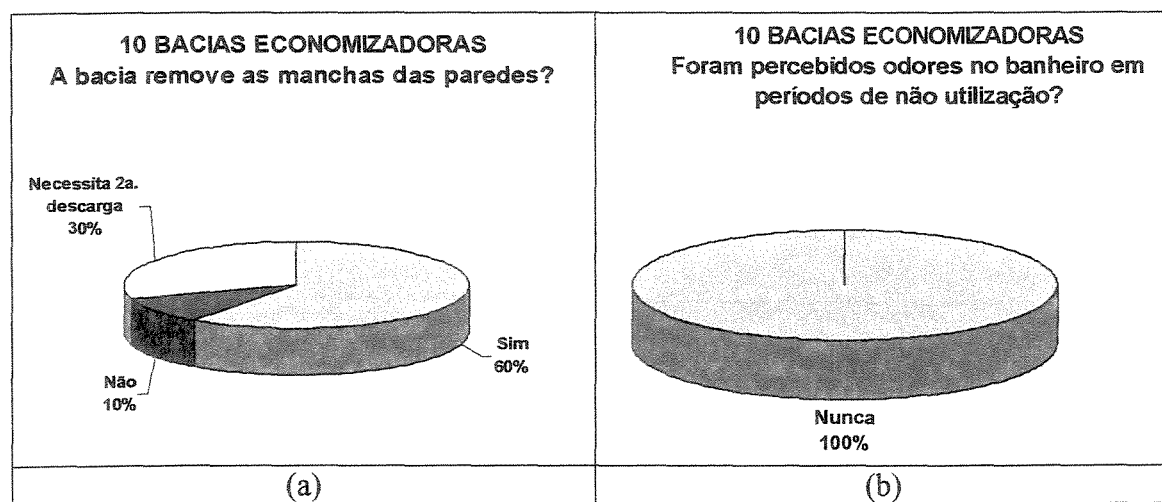


Figura 5.38 Fase 2 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Remoção de manchas nas paredes; (b) Percepção de odores no banheiro em períodos de não utilização.

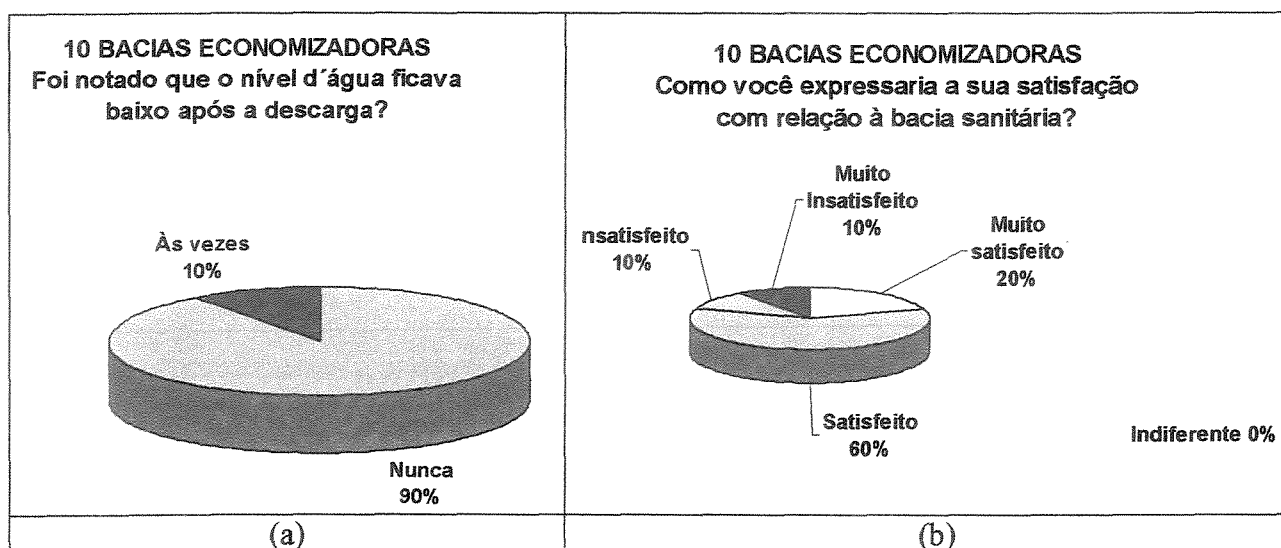


Figura 5.39 Fase 2 – Avaliação do desempenho das bacias em campo: (a) Percepção do abaixamento do nível d'água na bacia sanitária; (b) Satisfação geral com o desempenho funcional da bacia sanitária.

Da análise das Figuras e dados levantados, devem ser destacados os seguintes aspectos:

- em apenas uma bacia sanitária economizadora foi relatada a ocorrência de entupimento;
- entre as 4 bacias em que foi relatada a necessidade de descargas duplas, verificou-se que em apenas uma delas o motivo alegado foi a remoção dos sólidos, nas demais existiram problemas de limpeza das paredes do poço da bacia sanitária;
- em todas as residências estudadas não foram percebidos odores em períodos de não utilização do banheiro, porém em uma residência foi percebido que o nível d'água ficava abaixo do que o usuário considerava normal;
- em 8 residências os usuários afirmaram estarem satisfeitos ou muito satisfeitos com a bacia economizadora instalada.

Na Tabela 5.25 são apresentados os comentários e as sugestões apresentadas pelos usuários entrevistados. Conforme citado anteriormente, foi entrevistado apenas um usuário por residência, o qual relatou a experiência de toda a família com relação ao uso da bacia sanitária.

Tabela 5.25 Comentários e sugestões apresentadas pelos usuários – Fase 2.

PROBLEMA / SUGESTÃO	Nº	%
SIFÃO MUITO PEQUENO	1	10.00
DIFÍCIL DESENTUPIR	1	10.00
TEM MENOS ÁGUA NO POÇO	1	10.00
POUCA PRESSÃO	2	20.00
BÓIA PRESA	1	10.00
NADA	4	40.00
É MENOR, BOA PARA AS CRIANÇAS	1	10.00
BAIXA ALTURA	2	20.00
SOBE MUITO O NÍVEL D'ÁGUA	1	10.00
NÚMERO DE BACIAS	10	

Vale ressaltar que:

- em geral, não existiu um único exemplar que concentrasse todos os problemas relatados;
- dos 10 usuários entrevistados na Fase 2, 4 não apresentaram nenhuma sugestão, sendo que, deste total, 2 (50%) também não relataram nenhum problema;
- não existiu um problema que possa ser considerado como mais freqüente entre os 10 usuários entrevistados.

5.3.3 Resultados dos Questionários – Análise Comparativa das Fases 1 e 2

Na Tabela 5.26 a seguir é apresentado um resumo comparativo das respostas dos usuários que participaram das duas Fases do Estudo; na primeira, com bacias convencionais e, na segunda, com bacias economizadoras. Vale ressaltar que os resultados são apresentados apenas para 9 residências, pelos motivos já apresentados anteriormente.

Na Figura 5.40 é apresentada a avaliação dos usuários com relação à bacia economizadora comparativamente à convencional.

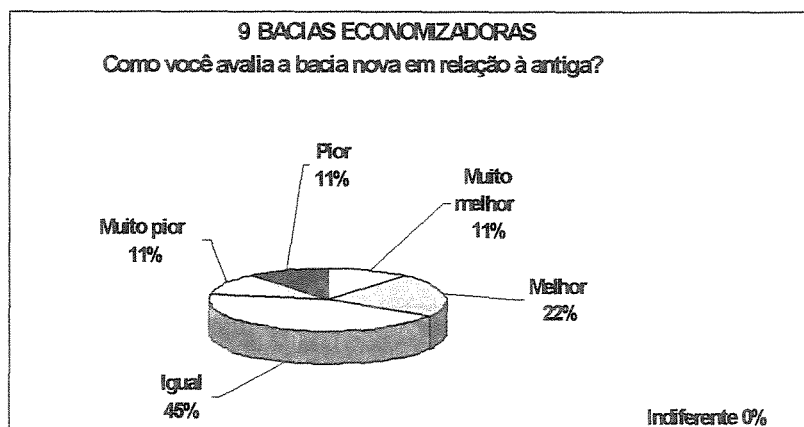


Figura 5.40 Fase 2 – Avaliação do desempenho funcional da bacia economizadora comparativamente à convencional.

Tabela 5.26 Avaliação comparativa do desempenho das bacias sanitárias contempladas nas Fases 1 e 2.

CASA	Sistema de descarga	FASE	Entupimento			2ª Descarga			Causa da 2ª Descarga			Remove manchas			Percepção de Odores			Rebaixam. do nível d'água		
			N	AV	S	N	AV	S	Ent.	Rem.	Limp	S	N	2ª desc	N	AV	S	N	AV	S
Casa 01 - Rua 13, Nº 129	Caixa Acoplada	1	x			x						x			x			x		
		2		x			x		x		x		x		x			x		
Casa 02 - Rua 13, Nº 125	Caixa Acoplada	1	x			x						x			x			x		
		2	x				x				x	x			x			x		
Casa 03 - Rua 13, Nº 115	Caixa Acoplada	1	x				x				x			x			x	x		
		2	x				x				x			x	x			x		
Casa 05 - Rua 13, Nº 101	Caixa Acoplada	1	x			x						x				x		x		
		2	x			x						x			x			x		
Casa 06 - Rua 13, Nº 97	Caixa Acoplada	1	x			x						x			x			x		
		2	x			x						x			x			x		
Casa 07 - Rua 13, Nº 87	Caixa Elevada	1	x				x				x			x	x			x		
		2	x			x								x	x			x		
Casa 09 - Rua 13, Nº 73	Caixa Elevada	1	x			x						x			x			x		
		2	x			x						x			x			x		
Casa 12 - Rua 13, Nº 53	Válvula	1	x			x						x			x			x		
		2	x			x						x			x			x		
Casa 34 - Rua 15, Nº 116	Caixa Elevada	1	x			x						x			x			x		
		2	x					x		x	x			x	x			x		

Notas: N - Nunca; AV - às vezes; S - sempre; Ent. Entupimento; Rem. - remoção do poço da bacia; Limp - limpeza das paredes

Da análise da Tabela e da Figura anteriores, verifica-se que, após a substituição da bacia convencional pela economizadora:

- em apenas uma residência foi relatada a ocorrência de entupimentos;
- em três residências os usuários afirmaram que passaram a ser necessárias descargas duplas, tendo como motivo principal a limpeza das paredes;
- um dos usuários relatou que deixaram de ocorrer odores desagradáveis durante os períodos de não utilização do banheiro;
- nenhum dos usuários entrevistados informou haver rebaixamento do nível d'água no poço da bacia sanitária;
- apenas duas bacias foram consideradas piores ou muito piores do que as anteriores;

Considerando-se somente as bacias economizadoras instaladas nas **Fases 1 e 2**, verifica-se que:

- não foram verificados entupimentos em nenhuma das bacias instaladas na **Fase 1**;
- na **Fase 2**, o usuário de 1 residência (10% do total) relatou que às vezes ocorriam entupimentos;
- em 4 residências da **Fase 1** (66,7% do total) existiu a necessidade de descargas duplas; na **Fase 2**, 1 usuário (10%) relatou que este problema sempre ocorria e 3 usuários (30%) relataram que ocorria às vezes;
- quanto às causas para a segunda descarga, 2 usuários da **Fase 1** (33,3%) apontaram falhas na remoção e 2 usuários (33%) na limpeza das paredes;
- na **Fase 2**, os motivos relatados para a descarga dupla foram: entupimento (1 usuário, ou 10% do total), remoção dos sólidos do poço da bacia (1 usuário, ou 10% do total) e limpeza das paredes (4 usuários, ou 40% do total);
- nas residências estudadas na **Fase 1**, a remoção das manchas foi considerada inadequada por 1 usuário (16,7% do total), sendo que outros 2 usuários (33,3% do total) relataram ser

necessária uma 2ª descarga para este fim;

- na **Fase 2**, a remoção das manchas foi considerada inadequada por 1 usuário (10% do total), sendo que outros 3 usuários (30% do total) relataram ser necessária uma 2ª descarga para este fim;
- quanto à percepção de odores desagradáveis durante períodos de não utilização do banheiro, na **Fase 1**, 1 usuário (16,7% do total) relatou que este problema sempre ocorria e outro usuário relatou que às vezes ocorriam odores desagradáveis; na **Fase 2**, todos os usuários (cujas residências ocorreu a troca da bacia convencional pela economizadora), relataram que este problema não ocorria;
- os índices de satisfação dos usuários da **Fase 1** foram os seguintes: 5 usuários (83,3%) relataram estarem **satisfeitos** com a bacia e 1 usuário (16,7%) disse estar **muito insatisfeito**; na **Fase 2**, 8 usuários (80%) afirmaram estar **satisfeitos**; 1 usuário (10%) **muito satisfeito** e 1 usuário (10%) **muito insatisfeito**.

5.4 Análise Geral Comparativa – Medição e Questionários

Na análise dos resultados dos questionários aplicados nas **Fases 1 e 2**, comparativamente aos dados obtidos com a medição, verifica-se que, quando os problemas são freqüentes, o usuário encontra-se sensibilizado em relação ao mesmo, relatando quando entrevistado. Ou seja, os dados levantados de ambas as formas (questionário e medição) são coerentes.

O mesmo não se verifica quando os problemas ocorrem de forma intermitente. O usuário, talvez por considerá-los "normais", não relata nada nesse sentido ao ser questionado. Porém, a medição mostra a ocorrência dos mesmos.

Assim, os dados levantados somente por meio de questionário devem ser analisados com a devida ressalva e sempre comprovados com medição, dado seu caráter subjetivo.

Em cerca de 50% das residências ocorreu aumento do número de descargas duplas quando da substituição da bacia convencional por economizadora; porém, os resultados obtidos com a medição indicaram que a utilização de bacias economizadoras conduz, independentemente do sistema de descarga empregado, a uma redução do consumo na residência (18,4% a 61,5% nos dias úteis e 30,8% a 56,1% nos finais de semana e feriados).

Mesmo com o acréscimo do número de descargas duplas verificado em algumas residências, ocorreu redução do consumo total, já que as descargas com sólidos (onde seria necessária a descarga dupla), não representam a maioria dos usos em um dia.

Porém, em algumas residências isto não se verificou, ou seja, os problemas foram em número e gravidade significativos (entupimento, lavagem de paredes, remoção dos sólidos do poço da bacia), de tal forma que o consumo da residência e da bacia aumentaram com a instalação das bacias economizadoras. Isto ocorreu basicamente em três residências:

- em uma delas ocorreram sérios problemas de entupimentos, sendo necessário alterar a regulagem do volume de descarga de 6,5 para 8,0 litros aproximadamente, o que solucionou os problemas citados;
- em outra residência, o usuário demonstrou um descontentamento tão grande com a bacia economizadora instalada que não permitiu a regulagem do volume nem relatou os problemas encontrados à equipe do projeto, exigindo a imediata substituição da bacia (após 3 dias da instalação);
- a terceira bacia apresentou constantes problemas de remoção de sólidos e limpeza das paredes, com um número de descargas duplas bastante elevado.

Outro aspecto a ser destacado é a grande variabilidade encontrada no que se refere ao número de descargas duplas, traduzido pelos altos valores do coeficiente de variação (relação entre o desvio-padrão e a média aritmética), o que demonstra, na maioria dos casos analisados, que os problemas ocorrem de forma aleatória.

Por último, vale ressaltar que a participação do consumo da bacia sanitária convencional em relação ao consumo total da residência, citado na bibliografia como sendo da ordem de 40% apresentou-se, no presente Estudo, na faixa de 14,9% a 49,8%. Um aspecto bastante importante a ser analisado é a existência ou não de máquina de lavar roupas (e/ou "tanquinho"), o que eleva sobremaneira o consumo geral da residência, diminuindo assim a relação entre as duas variáveis em análise, além do número de usuários em cada faixa etária.

5.5 Análise Comparativa Final – Investigação Laboratorial e Investigação de Campo

Com relação à análise do desempenho das bacias em laboratório, foram considerados os resultados dos dois testes de remoção de sólidos realizados no CTCC/EP-USP (mídia composta e esferas de polipropileno).

No teste com a mídia composta, a carga considerada como representativa foi a de 10 esponjas e 6 folhas de papel *kraft* (10E + 6 P), cujo critério de aprovação prevê a remoção de 12 mídias em cada **primeira descarga das 4 melhores repetições** de um total de 5 (um dos resultados é desprezado), que constitui o **critério individual**, descrito no item 5.1.2.1 deste capítulo.

O desempenho dos dois exemplares (mesmo modelo) de cada fabricante foi considerado conjuntamente. Caso tenham ocorrido divergências entre os resultados encontrados para cada um dos exemplares ensaiados (um foi aprovado e o outro não), foram analisados os resultados obtidos nas outras cargas de ensaio (15E + 10P e 15E + 15P), para definir a aprovação da bacia de um determinado fabricante.

Para o teste com as esferas de polipropileno, foi considerado o critério de aprovação da norma brasileira, que prevê a remoção de 75 esferas (média entre 5 repetições).

Para a análise do desempenho das bacias em campo, foram considerados como representativos dois parâmetros: respostas ao questionário aplicado e fator de falha da bacia sanitária, definido em função do número de descargas duplas.

A partir da aplicação do questionário, foram levantados os problemas detectados pelos usuários, tais como ineficiência na remoção dos sólidos, limpeza das paredes inadequada, ocorrência de entupimentos, entre outros.

Por sua vez, com os dados provenientes da medição do consumo da bacia sanitária, foi determinado o número de descargas duplas em relação ao número total de descargas, o qual foi traduzido por um fator de falha da bacia.

Um fator de falha de "1:7", por exemplo, indica que, em 7 descargas efetuadas, duas foram realizadas num intervalo de tempo inferior a 90 segundos, representando então **1 descarga dupla a cada 7 descargas**.

Tendo em vista os resultados obtidos, foi considerado como **insatisfatório** (reprovado neste quesito) um exemplar que tenha apresentado um fator de **falha inferior a 1:7** (por exemplo, um fator de falha igual a 1:5 representa uma descarga dupla a cada 5 descargas).

Portanto, com relação ao desempenho das bacias em campo, a análise foi feita da seguinte forma:

1. verificação das respostas dos usuários. Caso tenha existido referência à ocorrência de problemas quando da utilização da bacia sanitária, a mesma era considerada reprovada;
2. verificação do fator de falha (FF). Caso o FF encontrado para uma determinada bacia seja inferior a "1:7", a mesma é considerada reprovada.

Na Tabela 5.27 são apresentados os resultados da análise comparativa do desempenho das bacias economizadoras em laboratório e em campo.

Tabela 5.27 Desempenho das bacias sanitárias em campo e em laboratório.

Fabricante	Desempenho nos testes de remoção de sólidos		Desempenho em campo	
	Mídia composta	Esferas	Fator de falha (descargas duplas)	Opinião dos usuários
Bacias com caixa acoplada				
A	R	A	A	R
B	R	R	R	R
C	R	A	A	A
D	A	A	A	R
E	A	A	A	R
F	R	A	A	A
G	A	A	A	A
Bacias com caixa elevada				
A	A	A	A	A
B	A	A	R	R
C	R	R	R	A
D	A	A	R	R
E	A	A	A	A
F	R	A	A	A
G	A	A	A	R
Bacias com válvula de descarga				
A	A	A	A	A
B	A	A	----	----
C	A	A	----	----
D	A	A	----	----
E	A	A	----	----
F	R	A	A	A
G	A	A	----	----

Nota: A – aprovada

R - reprovada

Assim, considerando-se as bacias economizadoras com **caixa acoplada**:

- 1 dos 7 modelos (14,3%) apresentou desempenho global satisfatório em campo e em laboratório (aprovação em todos os quesitos considerados);
- 1 dos 7 modelos (14,3%) apresentou desempenho global insatisfatório em campo e em laboratório (aprovação em todos os quesitos considerados);

Com relação às bacias economizadoras com **caixa elevada**:

- 2 dos 7 modelos (28,6%) apresentaram desempenho global satisfatório em campo e em laboratório (aprovação em todos os quesitos considerados).

Por último, considerando-se as bacias economizadoras com **válvula de descarga**:

- 1 dos 2 modelos (50%) apresentou desempenho global satisfatório em campo e em laboratório.

6 Conclusões

O desenvolvimento deste estudo teve como foco principal a avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido (VDR) com relação à remoção e transporte de sólidos, buscando a devida ligação entre a previsão de comportamento frente às solicitações a serem impostas quando do uso efetivo, a partir dos testes em laboratório, e o desempenho propriamente dito, verificado diretamente em campo, com a instalação das bacias sanitárias nas residências de um conjunto habitacional.

A investigação laboratorial privilegiou o estudo da remoção e transporte de sólidos, da reposição do fecho hídrico e do consumo de água, tendo por base o caráter inicial de desenvolvimento das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido nacionais. A alteração das grandezas geométricas destes componentes, como o volume do poço e o diâmetro do sifão, já comentadas ao longo deste trabalho, remete à preocupação primeira com o potencial de entupimento da bacia e eventualmente do ramal de descarga a ela acoplado, o que se procura representar através dos testes respectivos. Daí a importância atribuída aos ensaios realizados, uma vez que o mínimo desempenho que se espera de uma bacia sanitária diz respeito à remoção e transporte de sólidos, mantendo um fecho hídrico de altura capaz de evitar a entrada de odores ao ambiente utilizado, e no caso das bacias VDR, que realizem estas funções com o menor consumo de água possível.

Com a realização da investigação de campo, buscou-se levantar os dados que fossem representativos em relação aos aspectos que estavam sendo estudados na investigação laboratorial, porém agora decorrentes do uso real. Assim, o desempenho das bacias sanitárias

VDR instaladas em campo foi avaliado, através de telemedição e da aplicação de questionários. Como uma importante conclusão deste trabalho, vale ressaltar a importância de que estas duas atividades sejam sempre efetuadas em conjunto, pois as respostas aos questionários, muitas vezes, não traduzem a realidade, sendo ainda possível que os usuários procedam ajustes nos dispositivos de descarga utilizando, então, volumes maiores, provocando distorções nos resultados obtidos.

Devido ao caráter exploratório do presente trabalho, várias considerações foram levantadas e implementadas para a realização da Investigação Laboratorial, onde vale destacar os seguintes aspectos:

- o projeto da bancada de ensaio deve levar em consideração a possibilidade de ajuste das características hidráulicas para a realização dos testes de avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias, de acordo com as normas brasileira, americana e canadense;
- o aparato experimental deve ser desenvolvido e montado de tal forma a promover a recirculação constante da água utilizada nos testes;
- o ramal de descarga montado no laboratório, com 25,0 metros de comprimento, extrapolando assim os limites convencionados pelas atuais normas brasileira e americana, possibilitou uma visão ampliada da capacidade de transporte de sólidos em ramais longos. Tal ramal conta ainda com estrutura que permite a variação de sua declividade, ampliando ainda mais as possibilidades de trabalhos a serem gerados
- com respeito às mídias a serem empregadas, pode-se citar a preocupação com o entendimento dos testes e a análise dos pontos passíveis de alteração, buscando sempre aproximá-los ao máximo da realidade de uso. Assim, realizaram-se os testes de remoção e transporte de sólidos prescritos na normalização brasileira e americana (utilizando esferas de polipropileno), com a devida averiguação de reposição do fecho hídrico e do volume consumido por descarga, seguindo-se da aplicação da mídia composta, com esponjas e papel *kraft*, buscando representar em laboratório a possibilidade de entupimento das bacias sanitárias VDR, assim como a capacidade de remoção de sólidos.

Da Investigação de Campo, destaca-se:

- a possibilidade de realizar a medição remota deu-se através da compatibilização dos cronogramas do estudo e da construção do conjunto habitacional, financiado pela CDHU e gerenciado pela Prefeitura de Pindamonhangaba. Sem esta compatibilização e dado o grande número de modificações no sistema de água fria das residências, para a instalação dos hidrômetros, os dados necessários e com a precisão desejada estariam comprometidos. Assim, a implantação do sistema de telemedição, com todas as intervenções necessárias foi possível, modificando-se o projeto, realizando a conseqüente instalação durante a construção e promovendo a constante manutenção durante a coleta dos dados;
- sem os dados citados acima, pode-se dizer que as conclusões advindas da observação apenas dos dados de questionário estariam comprometidas, assim como a análise do potencial de redução de consumo das residências. Apesar da opinião do usuário ser, em última análise, um dado muito importante para a utilização de um aparelho qualquer, ocorre que durante o desenvolvimento e estudo destes aparelhos a subjetividade da parcela populacional selecionada como grupo de estudo pode induzir a erros, devendo assim, sempre que possível, realizar-se algum tipo de medição direta das características a serem analisadas do aparelho estudo;
- a utilização de um sistema remoto e constante de coleta e armazenamento dos dados de consumo e vazão foi imprescindível, possibilitando a detecção de vazões a intervalos de até 5 segundos, evidenciando a ocorrência das utilizações das bacias sanitárias e a necessidade de descargas duplas.

Com relação ao volume máximo de descarga, está sendo proposta a utilização, pelo menos inicialmente, de um valor cerca de 13,3% superior ao que vem sendo tradicionalmente empregado em outros países (6,0 litros), valor este (6,8 litros) obtido a partir dos resultados verificados em campo e em laboratório. Em contrapartida, sugere-se que, após três anos a contar da implementação destas exigências na normalização, tendo em vista o caráter evolutivo do

desempenho das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, o consumo de água deva ser, no máximo, igual a 6,0 litros.

A partir das investigações conduzidas em laboratório e em campo, vários aspectos relativos ao desempenho das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido com relação à remoção e transporte de sólidos foram analisados, possibilitando a proposição de testes destinados a avaliar o comportamento desses componentes frente a diferentes solicitações de uso, os quais são apresentados a seguir.

Os valores de vazão e pressão a serem considerados para a realização dos ensaios estão sendo propostos a partir das seguintes premissas: reprodução das configurações limite dos sistemas prediais de água fria brasileiros; e rapidez de execução dos ensaios de desempenho funcional.

Os valores dos parâmetros hidráulicos a serem empregados nos ensaios são:

- **bacias com caixa** (acoplada ou elevada) – vazão de suprimento (q_{sup}) = $(0,20 \pm 0,01)$ L/s;
- **bacias com válvula** – pressão dinâmica = 12 kPa; q_{sup} = $(1,50 \pm 0,05)$ L/s.

Considera-se que o **ensaio com as esferas de polipropileno** deva ser mantido, devido a sua capacidade de avaliação do comportamento da descarga como um todo. As características da mídia a ser empregada são as mesmas constantes na normalização atual (ver Anexo A4), porém o procedimento e o critério de desempenho devem ser modificados, conforme será descrito a seguir.

Quanto ao procedimento do referido teste, a mudança proposta refere-se ao **número de repetições** do mesmo, para a qual **propõe-se uma redução de 5 para 3**, devido à homogeneidade dos resultados obtidos a cada repetição. Por sua vez, propõe-se um critério de desempenho um pouco mais rigoroso do que o atualmente empregado, tendo em vista uma classificação das bacias, já que a maioria dos exemplares ensaiados atinge o critério atualmente empregado. Assim, propõe-se que o **número de esferas a serem removidas** na primeira descarga (média das três repetições do teste) **seja maior ou igual a 80**, em substituição ao critério anterior (remoção de 75 esferas).

Propõe-se a **inserção do ensaio de remoção da mídia composta** (esponjas de poliuretano e papel *kraft*) no conjunto de ensaios a serem realizados para a avaliação do desempenho funcional das bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, devido a sua capacidade de simular possíveis entupimentos. Várias foram as cargas de ensaio empregadas, tendo em vista a simulação de diferentes solicitações de uso das bacias sanitárias. A partir dos resultados obtidos, considera-se que uma carga intermediária deva ser considerada, levando-se em conta, basicamente, o uso residencial: **12 esponjas de poliuretano e 6 folhas de papel *kraft* (18 mídias no total)**.

Com relação ao procedimento apresentado no Anexo A5, propõe-se a realização de **4 repetições de cada teste**. O **critério de desempenho** a ser adotado considera a remoção de **14 mídias na 1ª descarga de cada uma das três repetições do teste** (uma das repetições - o pior resultado - é desprezado).

Vale ressaltar que o presente estudo foi realizado apenas em unidades unifamiliares. Para a verificação do desempenho das bacias economizadoras em outras tipologias de edifícios, deverão ser realizados estudos específicos, de modo a determinar as condições de uso e a carga de ensaio a ser empregada neste teste.

Devem ser destacados quatro aspectos referentes ao ensaio de transporte de sólidos, os quais foram considerados para a proposição de modificações no teste atualmente contemplado na norma brasileira (ver Anexo 4):

- um ramal de descarga de uma bacia sanitária com 18 metros, sem qualquer outro ramal a ele conectado é uma situação extrema, passível de ocorrência principalmente em cabeceiras da rede pública, chácaras afastadas, residências em condomínios, entre outros. Mesmo nestas situações, normalmente existem outros aparelhos interligados, cujas descargas contribuem para o transporte dos dejetos na rede;
- em edifícios, tendo em vista a área dos ambientes sanitários e as exigências relativas ao posicionamento dos ramais de ventilação secundária, conforme a NBR 8160 (ABNT, 1999), a distância da bacia sanitária ao tubo de queda normalmente é inferior a 4,00 metros, sendo que esta tubulação provavelmente terá outros ramais interligados, com volume de água contribuindo para o transporte dos sólidos provenientes da bacia sanitária;
- as esferas de polipropileno tendem a se deslocar pelo ramal, independentemente da existência de um volume de água adequado, devido à declividade da tubulação e à forma das mesmas;
- o volume a ser empregado nas bacias de volume de descarga reduzido deve ser suficiente, não só para proporcionar a remoção dos sólidos, mas também o transporte dos mesmos até uma certa distância no ramal de descarga, de modo a evitar a deposição dos mesmos.

Assim, propõe-se a realização do ensaio de transporte de sólidos com as seguintes características:

- material de ensaio: **esponjas de poliuretano** (as mesmas características das empregadas no ensaio de remoção da mídia composta, ver Anexo A5);
- carga de ensaio: **12 esponjas de poliuretano**;
- ramal de descarga: tubulação de diâmetro nominal DN 100, com **6,0 m de comprimento e 1% de declividade**. A tubulação deve ser formada com tubos fabricados em PVC rígido

transparente ou acrílico, unidos por junta com anel elástico, e deve ser conectada à bacia sanitária através de joelho de 90°. Alternativamente, pode ser utilizado tubo fabricado em vidro.

- critério de desempenho: a **distância média transportada** por esponja ao longo do ramal de descarga deve ser maior ou igual a **5,0 m** (média das três repetições do teste). A metodologia para o cálculo da distância média percorrida por esponja ao longo do ramal encontra-se no Anexo A6.

Uma possibilidade interessante e viável seria a **reunião do teste de remoção e de transporte de sólidos em um só, utilizando-se a mídia composta**, possibilitando uma diminuição das atividades de laboratório, além de representar mais diretamente o que ocorreria em campo (a possibilidade de descarga de dejetos sólidos e papel), proporcionando assim uma melhor avaliação.

Conforme já destacado, o escopo do presente trabalho foi a avaliação do desempenho das bacias sanitárias VDR com relação à remoção e transporte de sólidos, porém, outros aspectos e testes devem ser realizados para a avaliação global desses componentes. Nesse sentido, apresenta-se, no Anexo A9, algumas proposições para a normalização nacional que complementam as propostas aqui efetuadas. As referidas proposições foram efetuadas tendo por base as modificações que estão sendo procedidas na norma americana referente ao assunto e a experiência adquirida pela equipe ao longo do desenvolvimento deste estudo, devendo, antes de qualquer implementação, serem aferidas através de outros estudos.

Além da validação das proposições efetuadas no Anexo 9, recomenda-se, para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- análise de novas mídias que possam simular, em laboratório, o mais fielmente possível, o que ocorrerá em campo com a utilização das bacias sanitárias;

- outras explorações acerca do teste de transporte de sólidos, variando-se o diâmetro e declividade do ramal utilizado, assim como demais aspectos que possam alterar significativamente o desempenho por este teste avaliado;
- realização de investigações experimentais em outras tipologias de edifícios (comercial, industrial, público, entre outros exemplos), ajustando as propostas efetuadas neste trabalho, caso necessário;
- realização de investigações de campo, buscando identificar tanto no sistema predial quanto no sistema público de esgoto sanitário a capacidade de transporte de sólidos em ramais longos, para a obtenção de dados que retro-alimentem as metodologias de dimensionamento destes sistemas;
- utilização de tecnologias diferenciadas para a medição remota dos dados obtidos com hidrômetros e/ou quaisquer outros instrumentos de medição, como a transmissão de dados via ondas de rádio, evitando-se a necessidade de desenvolvimento de uma rede específica de transmissão de dados, proporcionando agilidade e menor intervenção no ambiente estudado.

Vale ressaltar a importância da participação dos agentes responsáveis pela realização de um estudo amplo como este, contribuindo de forma significativa para a qualidade dos resultados. De um lado, os profissionais das universidades, desenvolvendo estudos com base científica e, de outro, os fabricantes de bacias sanitárias, fornecendo subsídios para o entendimento das inúmeras variáveis que influenciam o desenvolvimento do produto e a conseqüente avaliação, em laboratório e campo. Assim, considera-se que para o desenvolvimento de uma nova tecnologia, deve-se considerar, não somente o estabelecimento puro e simples de critérios a serem por ela atendidos, mas também a exploração e entendimento das possibilidades, até mesmo evolutivas.

Assim, com a utilização de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, com desempenho adequado, pode-se vislumbrar o impacto ambiental benéfico, através da redução, não apenas da quantidade de água mas também da quantidade de esgoto gerado pela utilização deste aparelho, facilitando o trabalho das instalações de tratamento de efluentes. Assim, com a substituição das bacias sanitárias convencionais por bacias VDR, os recursos necessários para

ampliação do sistema de captação, tratamento, adução, reservação e distribuição de água e também das estações de tratamento de esgoto poderiam ser aplicados em outras frentes.

Por fim, espera-se que o desenvolvimento do presente estudo contribua para o avanço da Engenharia dos sistemas hidráulicos prediais e para a conservação dos recursos hídricos no Brasil.

Referências Bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6452 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - especificação. Rio de Janeiro. 1997a.

_____. NBR 6498 - Bacia sanitária de material cerâmico de entrada horizontal e saída embutida vertical - dimensões. Rio de Janeiro. 1997b.

_____. NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução - Procedimento. Rio de Janeiro. 1999.

_____. NBR 9060 - Bacia sanitária de material cerâmico - verificação do funcionamento. Rio de Janeiro. 1997c.

_____. NBR 9338 - Bacia sanitária de material cerâmico com caixa acoplada e saída embutida vertical - dimensões. Rio de Janeiro. 1997d.

_____. NBR 11852 – Caixa de descarga. Rio de Janeiro. 1991a.

_____. NBR 12096 – Caixa de descarga – Verificação de desempenho. Rio de Janeiro. 1991b.

_____. **NBR 12905 – Válvula de descarga – Verificação de desempenho.** Rio de Janeiro. 1993.

ANDERSON, D. L.; SIEGRIST, R. L. **Performance of ultra-low-volume flush toilets in Phoenix.** In: Journal of the American Water Works Association, v. 81, n. 3, Mar 1989, p. 52-57.

ANDRÉ, P. T. A.; PELIN, E. R. **Elementos de análise econômica relativos ao consumo predial** - Brasília, 1998. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (DTA – Documento Técnico de Apoio nº B1), 46p.

ASME – THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS **A112.19.6 - Hydraulic performance requirements for water closets and urinals**, an American National Standard. 1995.

AYRES ASSOCIATES **The impact of water conserving plumbing fixtures on institutional and multi-family water use - cases studies of two sites in Tampa, Florida**, 1993.

CSA – CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION **B45 Series-99 – Plumbing fixtures**, Toronto, Ontário - Canadá. Abril, 1999.

CUMMINGS, S. ; BONOLLO, E. **Experience with dual flush technology in Australian W.C. design.** In: CIBW62 SEMINAR, Edinburgo, Escócia. Proceedings. 1999.

EPA **Water efficiency technology fact sheet – Incinerating toilets.** United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.. September, 1999.

ENVIRO OPTIONS **Página brasileira oficial do representante Enviro Loo.** 2001. Disponível em: <<http://www.eob.alvsbyn.net/>>. Acesso em out. 2002.

EVAC Manual do fabricante. 2002. Acesso restrito.

GALOWIN, L. S. **Testing in standards water closet hydraulic performance requirements.** In: CIB/W62 SEMINAR, Lostorf, Switzerland. Proceedings 1996.

_____. **Requirements in standards for water closet hydraulic performance testing with mixed bulk media materials.** In: CIB/W62 SEMINAR, Yokohama. Proceedings 1997.

_____. **Model Standards requirements testing hydraulic performance of water closets.** In: CIB/W62 SEMINAR, Rotterdam. Proceedings 1998.

_____. **A rational basis for drainage systems waste transport design.** In: CIB/W62 SEMINAR, Edinburgh. Proceedings 1999.

GONÇALVES, P. M.. **Bases metodológicas para racionalização do uso de água e energia no abastecimento público no Brasil.** Dissertação (mestrado). EPUSP. 1995. 330p

GONÇALVES, P.M. *et alii* **Study for determining discharge volumes for low flush toilets.** In: CIB W62, Rio de Janeiro, Brasil. Proceedings 2000.

GRIGGS, J. *et al* **Discharges from WC's – Should pipework smaller than DN 100 be used?.** In: CIB/W62 SEMINAR, Rotterdam. Proceedings 1998.

HIGGINS, P. J. **Code update – “If I had my druthers...”.** Plumbing Engineer, December, 1998.

ILHA, M. S. O.; KONEN, T. P. **Defining the functional performance of toilets.** Plumbing Engineer, Abril, 2000.

ILHA, M. S. O. *et alii* **Water conservation program in the State University of Campinas.** In: CIB SYMPOSIUM, São Paulo, Brasil. Proceedings 2000.

ILHA, M. S. O. *et alii* **Evaluating the performance of ultra low flush toilets in field application.** In: CIB W62, Portoroz, Eslovênia. Proceedings 2001.

INCINOLET Página norte-americana oficial do fabricante. 2000. Disponível em: <<http://www.incinolet.com/>>. Acesso em out. 2002

KNOBLAUCH, H. J. **Fakazell – a new test medium to simulate reality in W.C. system performance evaluation.** In Drainage and water supply for buildings. A two day seminar on current research and future needs and objectives, Uxbridge, Inglaterra, 1980.

KONEN, T. P. **Residential water saving: new water closet standard for performance and conservation.** Domestic Engineering, Julho, 1982.

_____. **Water supply and drainage developments in the United States. A survey of activities 1994-1997.** In: CIBW62 SEMINAR, Yokohama, Japan. Proceedings. 1997.

KONEN, T. P.; PADMANABAN, S. **Transport of waste in long drains.** Stevens Institute of Technology. August, 1998a. Relatório interno.

_____. **Significance of sponge size and nonwoven fabric.** Stevens Institute of Technology. October, 1998b. Relatório interno.