



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

MARIA THAÍS MENEZES FREIRE

O CONSUMO RACIONAL DE ÁGUA NO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE SALVADOR, BAHIA/BRASIL



SALVADOR
2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

MARIA THAÍS MENEZES FREIRE

**O CONSUMO RACIONAL DE ÁGUA NO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE SALVADOR, BAHIA/BRASIL**

Salvador
2011

MARIA THAÍS MENEZES FREIRE

**O CONSUMO RACIONAL DE ÁGUA NO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE SALVADOR, BAHIA/BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial; Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, como requisito, parcial, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientadores: Prof^o.Dr. Asher Kiperstok
Prof^o.Dr. Ricardo de Araújo Kalid

Salvador
2011

F866 Freire, Maria Thaís Menezes.

O consumo racional de água no Aeroporto Internacional de Salvador, Bahia/Brasil / Maria Thaís Menezes Freire. – Salvador, 2011.

165f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Asher Kiperstok.

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo de Araújo Kalid.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2011.

1. Água – consumo. 2. Aeroporto – Salvador. 3. Balanço hidrológico. I. Kiperstok, Asher. II. Kalid, Ricardo de Araújo. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 628.14

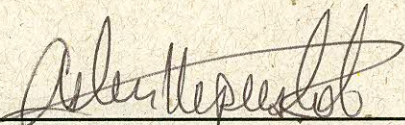
O CONSUMO RACIONAL DE ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR BAHIA-BRASIL

MARIA THAÍS MENEZES FREIRE


Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

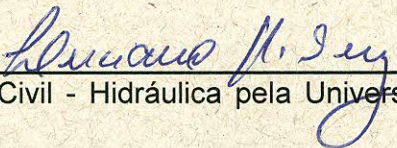
Asher Kiperstok – Orientador


Doutorado em Engenharia Química / Tecnologias Ambientais pela UNIVERSITY OF MANCHESTER INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY – UMIST (1996).
Professor Associado II da Universidade Federal da Bahia, Brasil

Wilson Cabral de Sousa Júnior


Doutorado em Economia Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil (2003).
Professor Adjunto IV do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil

Luciano Matos Queiroz


Doutorado em Engenharia Civil - Hidráulica pela Universidade de São Paulo, Brasil (2009).
Professor Adjunto da Universidade Federal da Bahia, Brasil

Salvador, BA - BRASIL
Março/2011

À

Minha família, minha âncora: Francisco, meu filho adorado, por ter me apresentado ao amor incondicional e pela compreensão e paciência nos vários momentos em que estive ausente. Minha adorada mãe, Angélica (*in memoriam*), pelos ensinamentos e por fazer-me acreditar que os sonhos são sempre possíveis. Meu querido pai, Gerson (*in memoriam*), pelo exemplo de honestidade e justiça. Aos meus eternos irmãos Ângerson, Ângelo, André, José Augusto (*in memoriam*), Songeli, Marcos e Mônica, verdadeiros amigos e sempre presentes, mesmo à distância.

AGRADECIMENTOS

São tantos, e muito, muito especiais...

A DEUS e ao UNIVERSO que sempre conspiram a meu favor....

Aos meus pais Gerson (*in memoriam*) e Angélica (*in memoriam*) pela dedicação e esforço para a minha formação pessoal e profissional.

A André – meu querido irmão – por estar sempre ao meu lado, mesmo à distância. Sem o seu apoio não teria chegado aqui.

À Sonja, minha irmã, amiga de todos os momentos. Pelo suporte, e por suportar-me de modo tão gentil e doce. Sem você, não conseguiria finalizar esta dissertação.

A Ângerson, meu querido irmão e Mariana, minha querida afilhada, pelo apoio e incentivo dedicados.

Aos Prof. Asher Kiperstok e Prof. Ricardo Kalid, meus orientadores. Agradeço-lhes pelos valiosos ensinamentos e conselhos. Por terem acreditado e confiado em mim.

Ao Prof. Luciano Queiroz pelo apoio e pelas valorosas contribuições.

Ao Prof. Wilson Cabral pela gentileza da participação na banca examinadora e pelas contribuições para a melhoria deste trabalho.

Aos professores do PEI: Prof. Cristiano Fontes e demais professores que contribuíram nesta minha caminhada. À Tatiane e equipe de apoio.

À Rede Teclim e, em especial, à Lígia e Suzete, sempre presentes e fazendo as coisas acontecerem de maneira tranquila e impecável. A Adiaci, Virgínia, Ronaldo e Dimas, pelo apoio e presteza.

A todos os bolsistas ITI-A e DTI-1 com quem tive o prazer de compartilhar momentos importantes no Teclim. Muito obrigada pela participação e contribuição de todos vocês.

Aos colegas do Teclim e PEI: Alan, Ana Paula, Ana Rosa, Áurea, Carlos, Celso, Fábio, Geiza, Leoni, Márcio, Maria, Marco Antônio, Olívia, Rosinha, Tábita. Por compartilharem comigo os conhecimentos, as brincadeiras, os sonhos e as angústias (essas foram muitas...)

Aos colegas da graduação – “famosa turma de 1984” - e aos queridos professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento (DHS) do Curso de Engenharia Sanitária, aonde tudo começou... Agradeço-lhes pelos momentos inesquecíveis: estudos, viagens, farras, brincadeiras, desentendimentos, encontros, desencontros e reencontros. Foram muitos e valiosos para a formação profissional.

A toda equipe da Infraero, nas pessoas de Aloysio, Antônio Manoel, Antônio José, Edson Lobo, Kátia Rebouças, Leila, Leila Regina, Mauro Cauville, Mônica, Rogelma, Tânia Crisitana, Thiago, que juntamente com a equipe do Teclim, não mediu esforços para contornar as dificuldades encontradas no desenvolvimento do Projeto Aguaero.

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio da Financiadora de Estudos e Projetos/Finep e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq, pelo aporte financeiro para a realização desta pesquisa.

À Nícia Padilha e Eliete Brito pela paciência e dedicação na correção desta dissertação.

Muito obrigada!
Thaís

“Por mais impalpável e simbólica, a água é matéria, e, por mais material que seja, embala os sonhos, é fonte de inspiração poética, tal como se presencia nas imagens e símbolos humanos, em seus atos, na morte e na vida: a água move e umedece o real”.

Lúcia Helena de Oliveira Cunha, 2000

FREIRE, Maria Thais Menezes. **O Consumo Racional de Água no Aeroporto Internacional de Salvador, Bahia/Brasil**. 165 f. 2011. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), 2011.

RESUMO

Os aeroportos estão ampliando seus serviços, não se limitando apenas ao transporte de passageiros e cargas, mas também, prestando serviços de utilidades, lazer e recreação, tornando-se, assim, importantes consumidores de água. Diante do exposto, urge a necessidade da implantação de ações para o consumo racional da água em edificações dessa tipologia. Esta dissertação apresenta parte dos estudos do Projeto Aguaero “Racionalização do uso da água no Aeroporto Internacional de Salvador (AIS)/BA”, desenvolvido entre 2007 e 2009, com o objetivo de avaliar o desempenho do consumo de água no aeroporto e propor ações para o seu consumo racional. Procurou-se incluir os conceitos de Produção Mais Limpa, dentro da lógica onde se priorizam esforços para implantar ações relacionadas à redução dos desperdícios de água no terminal de passageiros, ou seja, na fonte geradora, para em seguida focar na utilização de fontes alternativas de abastecimento. Destaca-se aqui, o balanço hídrico reconciliado; a pesquisa de opinião com os passageiros; os dados de consumo de água; e as proposições para o consumo racional da água no terminal de passageiros (TPS). Dentre os resultados encontrados, tem-se para os anos de 2006 a 2009 um consumo médio anual de água no aeroporto variando entre (460 e 510)m³/dia. Nesse período o aeroporto atendeu a uma média anual de passageiros entre (14 600 e 19 300)passageiros/dia. Já o consumo de água, por passageiro, caiu de (24,1 para 22,3)L/passageiro.dia. Considerando-se o consumo por todos os usuários – passageiros, acompanhantes e funcionários, o *per capita* caiu no período citado, de (9,9 para 8,8)L/pessoa.dia. Após a identificação dos consumos associados aos diversos usos da água, compreendeu-se o consumo desta nos sanitários do aeroporto, que variou de 40% (140m³/dia) a 50% (215m³/dia) do total do TPS, para o período do estudo. A partir da pesquisa com os passageiros, verificou-se que mais de 95% dos usos nos sanitários masculinos e femininos são para urinar. Da forma como os sanitários do aeroporto estão projetados, boa parte da função de urinar acaba ocorrendo nas bacias sanitárias, que gastam mais água do que o necessário. A partir dessas informações simularam-se cenários para a redução do desperdício de água nos sanitários. Pôde-se constatar que a partir da manutenção e da regulagem periódica das peças hidrossanitárias – de forma a mantê-las nas vazões previamente estabelecidas – e da alteração no *design* dos sanitários com a redistribuição do número de mictórios e bacias sanitárias – é possível reduzir o consumo de água nesses ambientes em até 77%. As principais recomendações geradas neste estudo, e encaminhadas aos gestores da Infraero, foram incorporadas ao processo licitatório, da Concorrência – 004/ADCE-3/SRCE/2010, cujo um dos objetos é a reforma do terminal de passageiros do aeroporto. Em função do exposto, conclui-se que este estudo contribuiu na proposição de ações para apoio à Infraero na gestão do consumo racional da água no Aeroporto Internacional de Salvador.

Palavras-chave: Aeroporto. Balanço hídrico reconciliado. Consumo racional de água. Indicadores de consumo. Produção Mais Limpa.

FREIRE, Maria Thais Menezes **Rational Consumption of Water at Salvador International Airport, Bahia, Brazil.** 165f. 2011. Masters Dissertation, Industrial Engineering Postgraduate Program, PEI, Escola Politécnica, Federal University of Bahia (UFBA), 2011.

ABSTRACT

Airports are widening the services they offer; as well as services for the transport of passengers and cargo there are others such as leisure and recreation, all of which imply significant consumption of water. Given this, there is a need to introduce measures to assure the rational consumption of water on such premises. This dissertation presents part of the results of the water project 'Rational water use at the Salvador International Airport (AIS) carried out between 2007 and 2009, in Bahia, Brazil. The aim of the project was to evaluate the water consumption at the airport and suggest interventions that could lead to more efficient consumption. The concepts of 'Clean Technology' were incorporated into the rationale in which priority was given to interventions related to waste reduction in the passenger terminal, the source of the waste, and then focus on the use of alternative sources of water supply. The main activities carried out included: the drawing up of a reconciled water balance, a passenger opinion survey, the definition of specific water consumption indicators and proposals for the rational consumption of water in the passenger terminal. Among the results obtained from the years 2006 to 2009, the average annual consumption of water varied between 460 and 510m³/day. In this period the airport served an annual average of between 14,600 and 19,300 passengers a day. The consumption of water per passenger fell from 24.1 to 22.3 litres per passenger a day. Considering consumption by all users passengers, non-passengers and staff, the per capita consumption fell from 9.9 to 8.8 litres per person a day. After identifying the various uses of the water, it was noted that the toilets were responsible for between 40% (140m³/day) and 50% (215m³/day) of daily consumption in the terminal in the period studied. The passenger survey revealed that 95% of the visits to the male and female toilets were to urinate. In the airport the toilets installed used more water than necessary for this function. Plans were drawn up to reduce this waste. Maintenance and periodic regulation of the toilet installations can be carried out to keep them running as designed. Changes in the design of the toilets can be done and a number of urinals installed to reduce consumption by 77%. The main recommendations generated in this study and sent to Infraero were included in the bidding process 004/ADCE3/SRCE/2010, the objective of which is to refurbish the airport terminal. This study helped to inform Infraero in the management of the rational use of water at Salvador International Airport.

KEYWORDS: Airport, Reconciled Water Balance, Rational Consumption of Water, Consumption Indicators, Cleaner Production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspectos que contribuem para o consumo de água predial.....	31
Figura 2 - Distribuição de Consumo de Shopping Center por Categoria.....	39
Figura 3 – Tipologia de BH e seus Volumes de Controle (VC ₁ e VC ₂).	46
Figura 4 - Mictório: válvula com acionamento hidromecânico.....	54
Figura 5 – Mictório: válvula com acionamento	54
Figura 6 – Mictório seco: <i>design</i>	58
Figura 7 – Mictório seco: partes constituintes	58
Figura 8 – Torneiras automáticas: entrada de água na horizontal e na vertical	60
Figura 9 – Torneira de acionamento fotoelétrico.....	61
Figura 10 – Fluxograma Metodológico: estratégia para o diagnóstico do consumo de água e proposta para o consumo racional de água no Aeroporto Internacional de Salvador.....	63
Figura 11 – Sistema Aguapura: monitoramento do consumo de água em unidades da UFBA.	66
Figura 12 – Sistema Aguapura: Média diária das 30 últimas leituras em m ³ /dia de uma unidade de ensino da UFBA.....	67
Figura 13 – Fluxograma metodológico para construção do balanço hídrico reconciliado	68
Figura 14 – Topologia do balanço hídrico do Sítio Aeroportuário de Salvador.	69
Figura 15 – Aferição do volume da descarga do mictório	76
Figura 16 – Aferição do volume de água nos lavatórios.....	77
Figura 17 – Localização do Aeroporto Internacional de Salvador – Bahia	80
Figura 18 – Evolução do movimento anual de passageiros de 2006 a 2009	83
Figura 19 – Movimento anual, médio, de passageiros de 2006 a 2009 (passageiro/dia).....	84
Figura 20 – População total (usuários/dia) do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Salvador, 2006 a 2009.....	90

Figura 21 – Volumes de controle (VC) definidos para o estudo de consumo de água no sítio.....	93
Figura 22 – Consumo diário (m^3 /dia) e mensal (m^3 /mês) do TPS. Novembro de 2007 à novembro 2008	95
Figura 23 – Histogramas com o consumo diário (m^3 /dia) e mensal (m^3 /mês) do terminal de passageiros. Novembro de 2009.....	96
Figura 24 – Consumo médio de água no sítio aeroportuário, em m^3 /dia e percentuais.....	97
Figura 25 – Topologia do balanço hídrico do sítio aeroportuário (VC_1) e do terminal de passageiros (VC_2).....	100
Figura 26 – Balanço Hídrico RECONCILIADO (m^3 /dia) do Sítio Aeroportuário de Salvador Dezembro de 2009.....	105
Figura 27 – Vazões mapeadas (V_M) e reconciliadas (V_R). Dezembro/2009	106
Figura 28 – Consumo médio de água no sítio aeroportuário, em m^3 /dia e percentuais, a partir do balanço hídrico reconciliado (2006-2009).	107
Figura 29 – Consumo de água para diversos usos no TPS: sanitários, torres de resfriamento e outros usos. Médias mensais em m^3 /dia.	110
Figura 30 – Consumo das torres de resfriamento e outros usos no terminal de passageiros. Médias mensais em m^3 /dia.	111
Figura 31 – Evolução do consumo médio mensal de água: L/pax.dia e L/usuário.dia (2006-2009), a partir dos dados de consumo do balanço hídrico reconciliado.	115
Figura 32 – Pesquisa de opinião, junho/2008.	116
Figura 33 – Usos dos sanitários pelos passageiros (sexo masculino).	117
Figura 34 – Preferência pelo uso dos mictórios	118
Figura 35 – População feminina pesquisada.....	118
Figura 36 – Usos dos sanitários pelos passageiros (sexo feminino).....	119
Figura 37 – Modelos de mictórios femininos - pesquisa de Opinião, 2008	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre a tipologia de edifício e seus coeficientes de uso	43
Quadro 2 – Cenários (C) com as ações propostas para redução do consumo de água nos sanitários do TPS	79
Quadro 3 – Principais características do sítio aeroportuário de Salvador e serviços prestados.....	81
Quadro 4 – Edificações da Infraero no sítio aeroportuário de Salvador e serviços prestados	81
Quadro 5 – Correntes aquosas de entrada e saída do sítio aeroportuário.....	98
Quadro 6 – Qualidade da Informação (QI) e fontes de informações para o AIS	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores de Consumo Médio de Água no Shopping “A” e “B”. Shopping	40
Tabela 2 – Histórico do consumo de água no Complexo Rio Sul.....	41
Tabela 3 – Pontos de consumo de água por equipamento no shopping Rio Sul.	42
Tabela 4 – Volume e vazão de regime de aparelhos de descarga.....	52
Tabela 5 – Volume de água do aparelho de descarga.....	52
Tabela 6 – Valores do consumo de água e volume por uso em mictórios com válvula de acionamento hidromecânico e por sensor de presença.....	55
Tabela 7 – Parâmetros estabelecidos na NBR 13 713/96.....	56
Tabela 8 – Temporização do ciclo de funcionamento, vazão mínima e volume máximo de água por ciclo	56
Tabela 9 – Valores do consumo de água e volume por uso em mictórios com válvulas de descarga.....	57
Tabela 10 – Valores medidos em condição real de uso no prédio 24 do Campus do IPT.....	59
Tabela 11 - Movimento operacional no Aeroporto Internacional de Salvador (2006-2009).....	83
Tabela 12 – Número de acompanhantes dos passageiros embarcados.....	85
Tabela 13 – Número de acompanhantes dos passageiros desembarcados.....	86
Tabela 14 – Estimativa do número de acompanhantes dos passageiros (2006-2009).....	86
Tabela 15 – População fixa do Aeroporto Internacional de Salvador (2006-2009). ..	88
Tabela 16 – População total, ou usuária, do Aeroporto Internacional de Salvador (2006-2009).....	89
Tabela 17 – Vazões mapeadas (V_M), qualidade da informação (QI), vazões reconciliadas (V_R), e discrepâncias. Balanço hídrico reconciliado de dezembro de 2009	103

Tabela 18 – Consumo de água por usos no terminal de passageiros, médias anuais em m ³ /dia.....	107
Tabela 19 – Evolução do número de passageiros e usuários do AIS e do consumo relativo de água (médias anuais em l/pessoa.dia) 2006-2009.	113
Tabela 20 – Medição dos volumes das descargas dos mictórios dos sanitários do terminal de passageiros, julho e novembro de 2008.....	121
Tabela 21 – Medição dos volumes dos acionamentos dos lavatórios dos sanitários do terminal de passageiros, julho e novembro de 2008.....	123
Tabela 22 – Temporização do ciclo de funcionamento, vazão mínima e volume máximo de água por ciclo.	126
Tabela 23 - Reduções do consumo de água nos sanitários do TPS que podem ser atingidos com as sugestões dos cenários (C) apresentados..	128
Tabela 24 - Resultado das simulações dos cenários de aproveitamento de água de chuva.....	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
AIDIS	Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental.
AIRJ	Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão).
AIS	Aeroporto Internacional de Salvador.
AISP	Aeroporto Internacional de São Paulo (Guarulhos).
ANA	Agência Nacional de Águas.
BH	Balanço Hídrico.
BHR	Balanço Hídrico Reconciliado.
CDN	Empresa de Serviços de Água e Esgoto S/A (Rio de Janeiro).
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
COBESA	Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental.
DTA	Documento Técnico de Apoio.
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento do Estado da Bahia.
EPUFBA	Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.
ETA	Estação de Tratamento de Água.
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto.
EVAC	Sistema de esgoto utilizado a vácuo.
GTPA	Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água.
FAPEX/BA	Fundação de Apoio à Pesquisa e à Extensão do Estado da Bahia.
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos.
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária.
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
IIEGA	Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental.
ITA	Instituto Tecnológico da Aeronáutica.
MCT	Ministério das Ciências e Tecnologias do Governo Brasileiro.
NBR	Norma Brasileira.
PAX	Passageiros no contexto da aviação.
PEI	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial.
PERH/BA	Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bahia.
PGRH	Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
P+L	Produção Mais Limpa.

PMSS	Programa de Modernização do Setor Saneamento.
PNCDA	Plano Nacional de Combate ao Desperdício da Água.
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
PURA	Programa de Racionalização do Uso da Água.
QI	Qualidade de Informação.
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.
SCI	Setor de Combate a Incêndio.
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.
SRCE	Regional do Centro-Leste.
TAM	Táxi Aéreo Marília.
TECA	Terminal de Carga.
TECLIM	Rede de Tecnologias Limpas.
TPS	Terminal de Passageiros.
UFBA	Universidade Federal da Bahia.
UNEP	<i>United Nations Environment Program.</i>
VC	Volume de Controle.
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development.</i>

SUMÁRIO

Capítulo 1	20
INTRODUÇÃO	20
1.1 OBJETIVO GERAL	22
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	23
Capítulo 2	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 A GESTÃO DA DEMANDA X A GESTÃO DA OFERTA DE ÁGUA	25
2.2 O CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES PREDIAIS	29
2.2.1 Os aspectos que contribuem para a gestão do consumo de água predial	29
2.2.2 O consumo de água em aeroportos	33
2.2.3 O consumo de água em shopping centers	38
2.3 O BALANÇO HÍDRICO RECONCILIADO	45
2.3.1 O balanço hídrico	45
2.3.2 A reconciliação de dados associada ao balanço hídrico	47
2.4 OS APARELHOS HIDROSSANITÁRIOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA	48
2.4.1 As bacias sanitárias	50
2.4.2 Os mictórios	53
2.4.3 As torneiras	58
Capítulo 3	
MATERIAL E MÉTODOS	62
3.1 ETAPA 1 – INSTRUMENTOS E PROCESSOS PARA O DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR	64
3.1.1 Caracterização da área de estudo	64
3.1.2 Estudo da demanda e da oferta de água	64
3.1.3 Estudo do consumo de água	65
3.1.4 Construção do balanço hídrico reconciliado (BHR) para o sítio aeroportuário	67
3.1.5 Caracterização do perfil de consumo de água em sanitários do terminal de passageiros	73
3.1.5.1 Elaboração e aplicação da “pesquisa de opinião: o perfil do consumo de água no terminal de passageiros.”	73
3.1.5.2 Aferição das vazões dos lavatórios e mictórios de sanitários do terminal de passageiros	74

3.2 ETAPA 02 – INSTRUMENTOS PARA PROPOSIÇÃO DE AÇÕES E TECNOLOGIAS PARA O CONSUMO RACIONAL DA ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR	77
3.2.1 Proposição de cenários para simulação visando à redução do consumo de água em sanitários do terminal de passageiros.....	78
3.2.2 Identificação de ações e tecnologias para o consumo racional de água.....	79
Capítulo 4	
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	80
4.1 ETAPA1 – O DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR	80
4.1.1 Caracterização do Aeroporto Internacional de Salvador	80
4.1.2 A demanda e a oferta de água	82
4.1.2.1 A demanda de água no terminal de passageiros.....	82
4.1.2.2 A oferta de água no sítio aeroportuário.....	91
4.1.3 O consumo de água.....	92
4.1.3.1 O consumo de água no sítio aeroportuário (VC_1)	94
4.1.3.2 O consumo de água do terminal de passageiro (VC_2).....	97
4.1.4 O balanço hídrico reconciliado (BHR) do sítio aeroportuário.....	98
4.1.4.1 ETAPA I - Mapeamento dos pontos de consumo de água e geração de efluentes no sítio aeroportuário.	98
4.1.4.2 ETAPA II - Construção da topologia do balanço hídrico (BH) em planilha eletrônica.	99
4.1.4.3 ETAPA III - Medição e/ou estimativa das vazões das correntes, definição da Qualidade da Informação (QI) e montagem do banco de dados do balanço.	100
4.1.4.4 ETAPA IV - Reconciliação dos dados do balanço hídrico utilizando-se da nova formulação de Martins <i>et al.</i> , 2010 proposta a partir da formulação típica de Crowe (1986).	102
4.1.4.5 ETAPAS V e VI – Análise e interpretação dos dados para validação do BHR e melhoria da Qualidade da Informação (QI).....	102
4.1.4.6 O Consumo de Água no terminal de passageiros (VC_2) a partir do balanço hídrico reconciliado do sítio aeroportuário (BHR)	106
4.1.4.7 O consumo de água por usuário (passageiros, funcionários, e concessionários).	112
4.1.5 O perfil de consumo de água em sanitários do terminal de passageiros	116
4.1.5.1 O perfil dos usuários e opiniões sobre o consumo de água.....	116
4.1.5.2 As vazões dos mictórios e dos lavatórios de sanitários do terminal de passageiros	120

4.2 ETAPA 2 – AÇÕES E TECNOLOGIAS PARA O CONSUMO RACIONAL DE ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR.....	124
4.2.1 Cenários propostos para a redução do consumo de água nos sanitários do terminal de passageiros.....	124
4.2.1.1 Inserção de procedimentos na manutenção e regulagem periódicas dos aparelhos hidrossanitários de forma a mantê-los nas vazões previamente estabelecidas ao seu uso real.	125
4.2.1.2 Substituição e regulagem de equipamentos e novo design de banheiros visando maior uso de mictórios e redução do consumo de água no afastamento da urina.....	126
4.2.2 As possíveis reduções do consumo de água nos sanitários do terminal de passageiros a partir da simulação dos cenários propostos.....	128
4.2.3 Fontes alternativas de abastecimento de água.....	131
4.2.3.1 Caracterização das condições de aproveitamento de água de chuva.....	133
4.2.3.2 Potencial de aproveitamento de água do aquífero local	135
Capítulo 5	
CONCLUSÕES	137
Capítulo 6	
RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	142
Capítulo 7	
PRODUTOS ACADÊMICOS ORIUNDOS DO PROJETO.....	143
REFERÊNCIAS.....	145
APÊNDICE.....	151
APÊNDICE A - BALANÇO HÍDRICO RECONCILIADO. MATILAB: MATRIZ DE INCIDÊNCIA.....	151
APÊNDICE B - O USO RACIONAL DA ÁGUA EM AEROPORTOS – O ESTUDO DE CASO NOS SANITÁRIOS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR/BA, NO I CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – I COBESA/2010.....	154
APÊNDICE C - BALANÇO HÍDRICO RECONCILIADO COMO INSTRUMENTO DE APOIO À GESTÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM INSTALAÇÕES AEROPORTUÁRIAS: O ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR-BAHIA/BRASIL NO XXXII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL – AIDIS/2010.....	158

Capítulo 1

Neste capítulo é apresentada a Introdução do documento, dividida em três partes. Na primeira está a contextualização do tema objeto da dissertação, na segunda são apresentados os objetivos geral e específicos e, na terceira parte, é apresentada a estrutura desta dissertação.

INTRODUÇÃO

Os grandes conflitos existentes, em todo o mundo, decorrentes das limitações relacionadas ao uso da água vem sendo discutido, assim como a urgência na execução de ações voltadas para equidade na distribuição da água. Nesse contexto, urge a necessidade da desconstrução de conceitos e práticas adotadas no uso cotidiano da água, os quais promovem o desperdício, priorizando-se o atendimento às suas reais demandas principalmente pelos grandes consumidores instalados nos centros urbanos.

Existe uma quantidade muito variada de tipologia para os edifícios classificados como grandes consumidores de água, a exemplo de: hospitais e prontos-socorros; terminais rodoferroviários; escritórios; edifícios públicos; aeroportos; *shopping centres*; hotéis, hospedarias e motéis; escolas e creches; prédios de apartamentos; restaurantes e similares; clubes esportivos; e as indústrias (GONÇALVES, *et al.*, 1999).

Ainda, segundo Gonçalves *et al.*, (1999):

Considerando-se que a sociedade brasileira, como todas as demais do planeta deverá aplicar medidas de conservação e racionalização do uso da água, o que ocorre em grande parte dentro dos edifícios, é necessário ter em conta o que se faz com a água dentro dos mesmos, antes de elaborar um plano de intervenção para reduzir o consumo.

Diante do exposto é de fundamental importância a adoção de medidas – para o consumo racional da água – que promovam a preservação e conservação dos recursos hídricos, de forma a evitar a limitação dos seus diversos usos.

Nesse sentido, o grupo de pesquisadores da Rede de Tecnologias Limpas da Universidade Federal da Bahia (Teclim¹) do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, vem desenvolvendo desde 2004 projetos de pesquisa cooperativa, voltados para o uso eficiente da água em edificações urbanas públicas, comerciais e de baixa renda. Essa nova linha de pesquisa foi aberta a partir da adaptação de métodos desenvolvidos, ao longo de mais de dez anos, pela Rede Teclim, em projetos de pesquisa com foco na otimização do uso da água em unidades industriais.

Nesses novos projetos, os conceitos do eco-saneamento são utilizados a partir da inserção dos princípios da Produção Mais Limpa nos sistemas de saneamento básico (KIPERSTOK, 2008).

Para Cohim e Kiperstok (2008), a gestão da demanda e o uso de tecnologias que promovam a economia de água, o reúso da água cinza para usos menos nobres, e o aproveitamento de água de chuva são estratégias importantes para o eco-saneamento.

Dentre os diversos projetos da Rede Teclim, voltados para as edificações urbanas, está o Projeto de Pesquisa Cooperativa Aguaero “Racionalização do uso da água no Aeroporto Internacional de Salvador/BA”, desenvolvido em parceria com a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero), no período de 2007 a 2010. O Projeto é fruto do Convênio N°3677/05: CGT Chamada Pública MCT/Finep/CT-Hidro – Águas em Aeroportos, entre a Financiadora de Projetos da Finep e a Fundação de Apoio à Pesquisa e à Extensão da Bahia (Fapex).

O Projeto Aguaero teve como objetivo geral avaliar o desempenho ambiental do Aeroporto Internacional de Salvador, em relação ao consumo de água e propor mecanismos, procedimentos e tecnologias voltadas para o consumo racional da água. Para tal procurou-se incluir os conceitos da Produção Mais Limpa, dentro da lógica onde se priorizam esforços para executar ações relacionadas à redução dos desperdícios de água no terminal de passageiros, ou seja, na fonte geradora, para em seguida focar na utilização de fontes alternativas de abastecimento, no reúso e no reciclo da água.

É sabido que uma parcela importante do público usuário dos aeroportos é, por excelência, formador de opinião e detém instrumentos privilegiados para expandir as

¹ www.teclim.ufba.br.

questões referentes ao uso racional da água para outros segmentos da sociedade. Por sua vez, os aeroportos congregam, cada vez mais, atividades tipicamente urbanas. Logo, espera-se que o desenvolvimento do Projeto Aguaero e as suas recomendações sejam facilmente reprodutíveis, não somente em outras instalações aeroportuárias, mas também, em centros comerciais e edifícios públicos, com consequências positivas e facilmente perceptíveis para o meio ambiente e para a sociedade.

Para tanto, elaborou-se um diagnóstico do consumo de água no terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Salvador, identificando as demandas, ofertas e os consumos de água, e, a partir daí, foram estabelecidas ações e proposições para o uso racional da água, na sua origem, como preconizado na Produção Mais Limpa.

Diante do exposto, a hipótese apresentada é a de que a partir da utilização de ações voltadas para a redução do desperdício de água na sua fonte geradora, com poucos recursos e rápida recuperação do investimento, é possível ampliar significativamente o uso racional da água no Aeroporto Internacional de Salvador.

A produção técnico-científica apresentada foi desenvolvida na linha da Pesquisa-Ação sendo esta autora responsável pela coordenação técnica do projeto e pelo desenvolvimento das diversas linhas de ação do mesmo.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o consumo de água no terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Salvador, e propor ações para o consumo racional da água, priorizando-se a redução dos desperdícios na sua origem.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✦ Identificar os padrões de consumo de água no Aeroporto Internacional de Salvador.

- ✦ Caracterizar a demanda de água por volume de controle (VC) e elaborar balanço hídrico reconciliado (BHR) para o Aeroporto Internacional de Salvador.
- ✦ Definir indicadores específicos de consumo de água dos passageiros, e da população total considerando-se os passageiros, os acompanhantes e os funcionários.
- ✦ Aferir os volumes de água das descargas dos mictórios e dos acionamentos dos lavatórios dos sanitários do terminal e passageiros.
- ✦ Caracterizar o perfil de consumo de água dos passageiros do Aeroporto Internacional de Salvador.
- ✦ Propor medidas para a redução do consumo de água nos sanitários do terminal de passageiros com simulação dos resultados atingíveis.
- ✦ Propor medidas para o uso racional da água no Aeroporto Internacional de Salvador, podendo ser reproduzidas para outras instalações aeroportuárias.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação apresentada está dividida em sete capítulos e três apêndices. No Capítulo 1, a Introdução é apresentada assim como os objetivos geral e específicos e a estrutura da dissertação. No Capítulo 2, a Revisão Bibliográfica aborda temas que contribuíram para a elaboração desta dissertação: a gestão da demanda e a gestão da oferta de água; o consumo de água em edificações prediais, com uma abordagem em aspectos que contribuem para a gestão do consumo de água predial, e o consumo de água em alguns aeroportos no Brasil e no exterior, e em *shopping centers*; o balanço hídrico reconciliado; e os aparelhos hidrossanitários economizadores de água destacando-se as principais características das bacias sanitárias, dos mictórios e das torneiras.

No Capítulo 3 estão os Materiais e Métodos utilizados no desenvolvimento do projeto, os quais foram divididos em duas etapas. A Etapa 1 – Instrumentos e processos para o diagnóstico do consumo de água no Aeroporto Internacional de Salvador – contempla a caracterização da área de estudo, os estudos de demanda,

oferta e consumo de água, a construção do balanço hídrico reconciliado, e a caracterização do perfil de consumo de água em sanitários do terminal de passageiros. E a Etapa 02 - Instrumentos para a proposição de ações e tecnologias para o consumo racional de água no Aeroporto Internacional de Salvador – considera a simulação de cenários para a redução do consumo de água em sanitários do terminal de passageiros e a identificação de ações e tecnologias para o consumo racional de água no Aeroporto Internacional de Salvador.

No Capítulo 4 registram-se os Resultados e as Discussões a partir dos estudos desenvolvidos nas Etapas 1 e 2 do capítulo anterior. No Capítulo 5 estão as principais Conclusões e no Capítulo 6 as Recomendações para Trabalhos Futuros. No Capítulo 7 estão apresentados os Produtos Acadêmicos Oriundos do Projeto. E, por fim, encontram-se as Referências utilizadas e os Apêndices com informações complementares às argumentações feitas ao longo do texto principal da dissertação.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a Revisão Bibliográfica com os temas que contribuíram para a elaboração desta dissertação. Inicia-se com uma abordagem sobre a gestão da demanda e a gestão da oferta de água, considerando-se a importância da demanda para o uso racional de água. Em seguida o texto discorre sobre o consumo de água em edificações prediais e os aspectos que contribuem para a gestão do seu consumo, abordando, também, o consumo de água em alguns aeroportos internacionais do Brasil e de outros países, e o consumo em shopping centers. Nesta revisão consta, ainda, o balanço hídrico reconciliado, instrumento de gestão de recursos hídricos desenvolvido pela Rede de Pesquisa Teclim. E, por fim, são apresentados os aparelhos hidrossanitários economizadores de água, destacando-se as principais características das bacias sanitárias, dos mictórios e das torneiras.

2.1 A GESTÃO DA DEMANDA X A GESTÃO DA OFERTA DE ÁGUA

Em todo o mundo, durante os últimos 30 anos, tem havido uma considerável mudança no ciclo hidrológico comprometendo a qualidade da água, o seu potencial como recurso hídrico e a sua disponibilidade no balanço global da água. Atualmente, a extensão dos recursos hídricos e a sua distribuição espacial e temporal são determinadas não apenas por variações climáticas naturais, mas também pelas diversas atividades desenvolvidas pelo homem (SHIKLOMANOV, 1998).

Em 1977, as Nações Unidas realizaram a primeira Conferência Mundial sobre Recursos Hídricos, na Argentina, onde se discutiu a situação desfavorável da água potável no mundo. A Conferência teve grande contribuição no reforço do importante papel da coordenação internacional no estudo e na avaliação dos recursos hídricos. Além de chamar a atenção do grande público, governos, agências de planejamento e tomadores de decisões para os muitos problemas de gestão da água.

Para o uso racional da água, torna-se imprescindível, a inserção da lógica da gestão da demanda. Deve-se priorizar o desenvolvimento e a expansão de medidas para o uso racional da água, no nível coletivo e individual ou predial

Para Silva, Conejo e Gonçalves (1999):

É considerada gestão da demanda toda e qualquer medida voltada a reduzir o consumo final dos usuários do sistema, sem prejuízo dos atributos de higiene e conforto dos sistemas originais. Essa redução pode ser buscada mediante mudanças de hábitos de uso da água ou mediante a adoção de aparelhos e equipamentos poupadores. As mudanças de hábito podem ser divididas entre as que se baseiam apenas na educação ou conscientização dos usuários, e as que se baseiam na mudança de hábito por força de estímulos definidos na política tarifária. Quanto à adoção de aparelhos poupadores, esta medida também se divide entre a adoção auto-estimulada e a externamente incentivada, por meio de subsídios à substituição. Um plano de gestão de demanda deve combinar diferentes medidas entre as citadas:

Ressalta-se aqui uma visão parcial do problema, pelos autores, quando não consideram na gestão da demanda, ações importantes relacionadas à manutenção preditiva, preventiva ou corretiva, para a eliminação de perdas, desperdícios e vazamentos. Tais ações, com certeza, não serão resolvidas simplesmente com a adoção de aparelhos economizadores.

Para Gleick (2003), a maioria dos planejadores em todo o mundo não está treinada para pensar sobre a utilização da água de uma forma sistemática, e, na sua maioria, desvirtuam o papel da utilização da água na definição das políticas.

As novas abordagens para os diversos usos da água necessitam de um novo olhar no planejamento e na gestão visando o seu uso sustentável, sendo imperativo pensar primeiro na demanda. Destaca-se aqui que esse novo olhar passa por definições sobre a utilização da água, pela melhoria da eficiência e da produtividade do seu uso em diferentes regiões e setores econômicos, ou seja, necessita de melhor compreensão das necessidades e usos da água, e das diferenças entre necessidades e desejos.

Os usos da água vão muito além das necessidades básicas, em quantidade e qualidade, para beber, cozinhar, limpeza, higiene, e manter o bem-estar humano. As pessoas buscam água para bens e serviços na produção de alimentos e peças industriais, transportes, comunicação, cultura, etc.. Ressalta-se aqui, que existe, também, a demanda da água para a recreação e o lazer, dentre outros.

A maior parte dos estudos realizados indica que 85% do total de água consumida pelo homem, no mundo, são para a agricultura irrigada. Em 2000, cerca de 270 milhões de hectares (18% do total de terras agrícolas) de terra foram irrigados em todo o mundo, contribuindo com cerca de 40% da produção agrícola mundial. Cerca de 40% de toda a produção agrícola vem destas áreas irrigadas, demandando uma atenção maior para este uso (GLEICK, 2003).

Ainda segundo Gleick (2003), o consumo de água é função de diversos fatores dentre eles: extensão e forma de desenvolvimento socioeconômico; condições climáticas; tamanho da população e natureza física da região.

A Califórnia, entre 1987 e 1992, enfrentou a maior seca de sua história, tendo uma grande repercussão em Los Angeles e San Diego. Os danos ambientais enfrentados pelas áreas de exportação levaram à reforma da gestão da água na Califórnia. O valor econômico como ferramenta de gestão tem sido eficiente para reduzir o consumo de água. O custo de abastecimento é totalmente repassado aos consumidores, através de estruturas de taxas progressivas. Houve, também, um grande incentivo financeiro aos consumidores para a instalação de equipamentos domésticos a exemplo de bacias sanitárias e máquinas de lavar com alta eficiência e menor consumo de água (PEZON, 2003).

Para Gleick (2003), o uso eficiente da água é a medida mais precisa para a sua conservação. Refere-se ao quanto de água efetivamente é necessário para realizar uma atividade específica, em comparação com o mínimo necessário para satisfazer esse objetivo. Sendo assim, o volume máximo teórico de água usado com eficiência ocorre quando a sociedade realmente usa a quantidade mínima de água necessária para fazer alguma coisa. Porém, pensando desta forma, a eficiência máxima teórica é raramente conseguida, por vários motivos, sejam tecnológicos, econômicos e/ou socioculturais.

O uso da água no meio urbano ou residencial está diretamente relacionado à quantidade de água fornecida para as populações em cidades, vilas, zonas habitacionais e empresas de serviços públicos e privados. O uso doméstico de água varia em todo o mundo, estando relacionado com as diferenças de riqueza e cultura, incluindo aqui as diferenças entre o desejado e o necessário. O consumo *per capita* diário de água varia de 800,0L/pessoa a 1,0L/pessoa na Etiópia (CLARKE E KING, 2005).

Segundo Kiperstok (2009), as dificuldades no atendimento à necessidade de água têm sido tradicionalmente superadas a partir da ampliação da oferta, com a exploração de novos mananciais. No Brasil, os esforços pela universalização do atendimento, têm gradativamente permitido coberturas razoavelmente altas (ligações prediais) dos serviços de abastecimento de água, porém insatisfatórias no esgotamento sanitário. Para esse autor, a expansão da cobertura dos serviços, dentro da lógica da expansão da oferta, encontra sérias restrições na ineficiência praticada nos sistemas de distribuição coletivos (onde se perde em torno da metade da água produzida) e nas perdas e desperdícios prediais.

Os sistemas de saneamento básico trabalham em ciclos abertos desperdiçando água e nutrientes inseridos nos efluentes (KIPERSTOK, 2008).

Cohim *et al.* (2009), definem a gestão da demanda como a forma de gerir os recursos hídricos com adequação da demanda à oferta. É uma estratégia para melhorar a eficiência e procurar o uso sustentável da água, considerando-se os aspectos econômico, social e ambiental. E para Faria *et al.* (2010):

A gestão da demanda de água consiste em uma estratégia potencial no combate à escassez hídrica, quebrando o paradigma da gestão da oferta, a partir de estratégias de conservação da água ou de ampliação da produtividade. Essa abordagem pode ser definida como sendo qualquer medida socialmente benéfica que reduza as retiradas (consumo) de água de fontes superficial e/ou subterrânea, ao mesmo tempo em que mantém ou atenua a extensão da degradação decorrente dos lançamentos. As medidas devem estar compatíveis com a proteção e a melhoria na qualidade da água; reduzindo o consumo final, pela modificação dos hábitos do usuário, na tentativa de produzir um uso mais eficiente de água pela sociedade.

Na escassez hídrica, além das opções de suprimento utilizando-se de novas fontes de água, deve-se considerar, também, a redução do desperdício e a promoção de usos mais eficientes da água com medidas estruturais (a reciclagem e o reúso), e não estruturais (campanhas de conscientização, restrições de uso, e a tarifação de água). Procurando-se desta forma, adiar os custos com investimentos em novas infraestruturas e com a recuperação da degradação ambiental (FARIA *et al.*, 2010).

2.2 O CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES PREDIAIS

A implantação de ações voltadas para o uso racional de água em uma edificação requer uma sistematização das intervenções que devem ser realizadas, para que as ações propostas reflitam o amplo conhecimento do sistema, e garantam, sempre, a qualidade necessária para a realização das atividades, com o mínimo de desperdício. Para tanto, faz-se necessária uma atuação na demanda de água da edificação. Na maioria das edificações a água potável é utilizada para a realização de quase todas as atividades, independentemente de uma análise prévia da qualidade da água necessária. A evolução do conceito do uso racional para a conservação de água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam vir a ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior (FIESP, 2005).

Em abril de 1997, o Governo Federal instituiu o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), com o objetivo de promover o uso racional da água de 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 de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas².

Dentre os diversos documentos produzidos pelo PNCDA, o Documento Técnico de Apoio – DTA B3: Medidas de racionalização do uso da água para grandes consumidores, apresenta uma proposta de metodologia para a execução do Programa de Racionalização do Uso da Água (Pura) para grandes consumidores, como contribuição para o uso racional de água, sem prejudicar a função para a qual o edifício foi construído.

2.2.1 Os aspectos que contribuem para a gestão do consumo de água predial

Para Kiperstok (2008 *apud* Cheung *et al.*,2009), a melhoria da eficiência no consumo da água pelo usuário final, em edificações residenciais e comerciais, está associada a uma série de aspectos que devem ser analisados, na sua origem,

² Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>.

conforme preconizada na Produção Mais Limpa (P+L). A partir deste conhecimento é que poderão ser estruturadas propostas de atuação concretas e eficientes para o uso racional de água.

A falta de conhecimento de como se constrói esse consumo frequentemente leva a que se atribua a responsabilidade pelo uso perdulário do recurso, a fatores como cultura, falta de educação ambiental, etc. Esses são aspectos significativos, mas que, tratados de forma tão genérica, pouco contribuem para o equacionamento do problema.

O conceito de Produção Mais Limpa começou a ser difundido, em 1989, através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – Pnuma (Unep – *United Nations Environment Program*), sendo definido como:

A aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva, aplicada aos processos; produtos; e serviços prestados, para aumentar a ecoeficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e o meio ambiente.

Aplica-se a:

- Processos de produção: conservação de matérias-primas e energia, eliminação de matérias-primas tóxicas e redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos;
- Produtos: redução do impacto negativo ao longo do ciclo de vida do produto, da extração da matéria-prima até a disposição final;
- Serviços: incorporação dos conceitos ambientais no projeto e na distribuição dos serviços (WBCSD³...Unep⁴, 1997).

A inserção do conceito da P+L no planejamento e execução das ações que promovam a redução ou eliminação de desperdício deve, sempre, ser priorizada em relação às de “fim de tubo”, que representam apenas o tratamento e destino final adequados dos resíduos, associadas, sempre às perdas, aos desperdícios, etc. Tem-se que se pensar na redução dos impactos ambientais dentro de uma abordagem sistêmica e integrada como foco prioritário, na redução na fonte, para

³ O WBCSD (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT) é um Conselho que reúne cerca de 180 empresas internacionais, em mais de 30 países e 20 grandes setores industriais, com o compromisso compartilhado para a sustentabilidade e o desenvolvimento através do crescimento econômico, do equilíbrio ecológico e do progresso social. (www.wbcsd.org).

⁴ A Unep (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM), em português, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), é uma agência para o meio ambiente das Nações Unidas, criada em 1972 com o objetivo de coordenar as ações internacionais de proteção ao meio ambiente e de promoção do desenvolvimento sustentável. (www.unep.org)

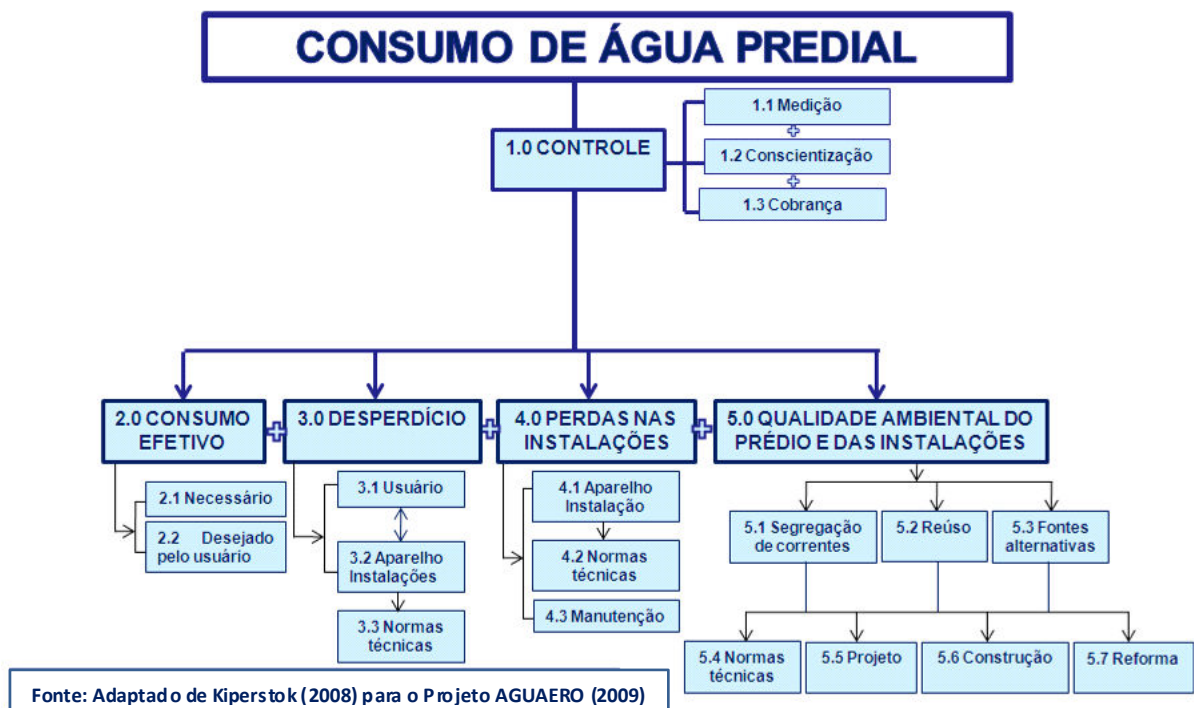
depois pensar em reutilizar ou reciclar os resíduos dos processos, produtos ou serviços.

Para Nascimento *et al.* (2002):

Sem dúvida, ao comparar as mudanças que são geradas na estrutura dos custos totais, quando se decide investir em Produção Mais Limpa, tem-se que, com o tempo, os custos diminuem significativamente, devido aos benefícios gerados a partir do aumento da eficiência dos processos e dos ganhos, no consumo de matérias-primas e energia e na diminuição de resíduos e emissões contaminantes.

Os cinco aspectos preconizados por Kiperstok visando à melhoria da eficiência no consumo de água predial são apresentados na Figura 1. São eles: o controle do consumo; o consumo efetivo; o desperdício; as perdas nas instalações; e a qualidade ambiental do prédio e de suas instalações, considerando-se, aqui, a segregação de correntes, as fontes alternativas para o abastecimento, e o reúso.

Figura 1 – Aspectos que contribuem para o consumo de água predial



O primeiro aspecto, fundamental para a gestão do consumo de água, relaciona-se aos mecanismos de controle do consumo, requisito básico para que os outros aspectos possam vir a ser praticados com racionalidade. Para o controle, é importante que haja medição, e que os usuários tenham, com frequência cada vez maior, acesso à informação sobre o consumo de água do seu prédio. Quanto mais próxima do usuário estiver a medição, maior será o nível da informação disponível, e do controle do seu consumo. O nível de conscientização do usuário influencia diretamente no padrão de racionalidade do consumo. A cobrança, porém, ainda é um dos mecanismos mais eficazes para elevar a consciência do usuário.

O segundo aspecto, diz respeito ao consumo efetivo da água, que não se limita apenas ao mínimo necessário para a ingestão, o preparo de alimentos e a manutenção das condições higiênicas para a promoção da saúde, atendendo também a outros usos de água que são desejados conscientemente pelos usuários, e que não podem ser ignorados.

O terceiro aspecto é associado ao desperdício de água provocado pelo usuário ou induzido pelo aparelho e está relacionado ao consumo não necessário ou desejado. O desperdício provocado pelo usuário está associado à falta de atenção ou interesse para o uso racional da água. Como exemplo, na hora do banho o chuveiro fica aberto enquanto o usuário se ensaboa ou, ao escovar os dentes, a torneira fica aberta. E desperdício ocorrido em função do aparelho sanitário, independe da vontade do usuário, ou seja, a ele é imposto pelas características do aparelho, às vezes por normas e padrões técnicos de projeto. Nesse caso, a bacia sanitária com descarga de 8 litros ou mais, utilizada para o afastamento de 250mL de urina.

O quarto aspecto relaciona-se com as perdas físicas nas instalações por vazamentos visíveis ou não, e diz respeito à estanqueidade do sistema hidrossanitário predial. O porte e frequência das perdas dependem de dois principais fatores: a qualidade e a idade das instalações, tubulações, peças hidráulicas e aparelhos. Nesse caso, inclui-se, aqui, a pressão hidráulica a que são submetidas, e a qualidade da manutenção dada a elas, considerando-se, também, a rapidez na descoberta de vazamentos e o tempo para serem sanados.

Não existem muitos estudos com dados quantitativos referentes a vazamentos intraprediais. Por outro lado, o estudo que foi realizado por Mayer e Deoreo (1999),

em 1 188 residências abrangendo 12 cidades americanas apontou para 13,7% de residências com vazamentos. No Brasil, as perdas no ambiente predial, não diferem muito dos sistemas públicos de abastecimento de água, com números consideráveis para as perdas de água potável (ALVES, KIPERSTOK e ZANELLA, 2009).

O quinto aspecto refere-se à qualidade ambiental do prédio definida como a soma de atributos que permitem ou favorecem o uso de fontes de água de melhor qualidade ambiental. Incluem-se nesse caso os sistemas segregados de instalações hidráulico-sanitárias visando facilitar o reúso da água com qualidade adequada para usos não potáveis; a captação direta de água de chuva; a água de aquíferos, além de outras fontes alternativas com menor encargo energético e ambiental.

2.2.2 O consumo de água em aeroportos

Os aeroportos em geral demandam grande quantidade de água em suas atividades, influenciando no consumo do local onde estão instalados. Em muitos aeroportos no Brasil e no exterior, esforços vêm sendo empreendidos pelas autoridades na busca do uso racional da água em suas instalações aeroportuárias, em função dos grandes problemas enfrentados com a disponibilidade de água existente.

O Aeroporto de Copenhague, na Dinamarca, com a utilização de água não potável, nas torres de resfriamento, nas descargas de bacias sanitárias em alguns terminais e para lavagem de veículos, tem conseguido reduzir em 1 000m³ o consumo de água em suas instalações (COPENHAGEN AIRPORT, 2006).

Na Austrália, o Aeroporto de Sidney no Estado de New South Wales é o mais movimentado. Em 2008, o movimento operacional foi de 33 milhões de passageiros (pax), com uma média diária de 90 000pax. O consumo de água para suprir as demandas dos banheiros e lavabos nos terminais domésticos e internacionais e outros locais do aeroporto equivale a 56% do uso total de água, tornando-o um dos maiores consumidores de água do Estado. Em 2008, o aeroporto consumiu cerca de 2 830m³/dia de água potável, do sistema de abastecimento de Sidney. O consumo *per capita* no aeroporto ficou em torno de 31,4L/pax.dia. Estudos do Plano Diretor do aeroporto indicam que, pela previsão do aumento de passageiros, a demanda de

água deve aumentar de 2 830m³/dia para 6 182m³/dia em 2028 (SIDNEY AIRPORT, 2009).

A partir dessa realidade, várias iniciativas já foram tomadas pela administração do aeroporto, visando uma economia de mais de um milhão de litros de água potável por dia, pelos próximos 20 anos. Destacam-se: o reúso de água nos banheiros, nas torres de resfriamento e no paisagismo; a execução do Plano de Ação de Racionamento de Água do Aeroporto, com um amplo programa de detecção de vazamentos, instalação de aparelhos economizadores de água e instalação de um sofisticado sistema de acompanhamento do consumo de água em tempo real (SIDNEY AIRPORT, 2009).

No Japão, outro exemplo. O Aeroporto Internacional de Narita inaugurado em 1978 na Cidade de Narita, a cerca de 60km do centro de Tóquio, e operado pela empresa Narita Airport (NAA), em 2009 atendeu a mais de 130 000 passageiros por dia, e consumiu diariamente, em seus diversos usos, em torno de 6 900 000 litros de água. O *per capita* diário ficou em torno de 48,2L/pax, esse valor foi 4% menor que 2008 e em torno de 12% inferior a 2002, quando o consumo diário foi de 54,6L/pax (NARITA AIRPORT ENVIRONMENT REPORT, 2010).

O aeroporto utiliza água de chuva e recentemente ampliou as instalações para aumentar sua capacidade de utilização desta. Além de usá-la nos sistemas de resfriamento e aquecimento geral do aeroporto, em abril de 2010, começou a ser utilizada, também, nos sanitários do terminal de passageiros. A administração do aeroporto planeja aumentar sua capacidade de utilização de água de chuva em cerca de 1 500m³/dia para 2 000m³/dia. Além da água de chuva, são utilizados, também, os efluentes das cozinhas dos restaurantes do terminal de passageiros após tratamento, para descargas nos sanitários. A água de reúso supre em torno de 15% da demanda de água total do aeroporto (NARITA AIRPORT ENVIRONMENT REPORT, 2010).

Na Europa, o aeroporto de Frankfurt é um dos mais importantes em transporte aéreo e o segundo maior em carga. Em 2001, o aeroporto de Frankfurt recebeu mais de 48,5 milhões de passageiros, e transportou mais de 1,6 milhões de toneladas de carga e correio aéreo. A população da cidade de Frankfurt é de cerca de 2,5 milhões de habitantes (FRAPORT AG, 2009).

Ainda segundo dados da Fraport AG (2009), nos anos de 2007, 2008 e 2009 a movimentação de passageiros no aeroporto foi de 55,2 milhões, 53,5 milhões e, 51,0 milhões de passageiros (pax), respectivamente. Para esse mesmo período o consumo de água foi de: 1 083 990m³; 1 144 500m³ e 1 000 100m³, ficando os *per capita*s diários em torno de 20,0L/pax; 21,4L/pax e 20,0L/pax, respectivamente.

Para 2020, a Fraport AG (2009) prevê uma movimentação de passageiros de mais de 88 milhões e cerca de 700 000 movimentos de aeronaves por ano, no aeroporto de Frankfurt. Executa-se atualmente lá, o maior programa de expansão de capacidade da história do aeroporto, através da construção de pistas de pouso, terminais, instalações de manutenção e sistemas técnicos que otimizam o fluxo aéreo. O aeroporto, aos poucos, estará evoluindo para uma cidade aeroportuária.

Algumas medidas estão sendo tomadas para amenizar os impactos ambientais causados pelo aeroporto de Frankfurt, dentre elas: a captação de água de chuva do telhado do Terminal 2, eu em períodos de seca juntamente com a água tratada do Rio Main é utilizada nos equipamentos sanitários e de combate a incêndio; e a utilização de equipamentos de limitação de fluxo de água em pias e lavatórios. Essa medida ajuda a economizar milhares de metros cúbicos de água todos os anos (FRAPORT AG, 2009).

Em relação aos aeroportos brasileiros, a Superintendência Regional da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero) vem desenvolvendo uma série de ações destinadas a avaliar as condições de infraestrutura e gestão dos recursos hídricos dos aeroportos. Destacam-se a elaboração dos Planos de Gestão de Recursos Hídricos (PGRH), e os convênios realizados com universidades federais e instituições de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, visando identificar as possibilidades de melhoria para o uso racional da água e conservação dos recursos hídricos, com foco nos resultados para as instalações aeroportuárias (SANCHEZ, 2010).

Os convênios assinados pela Infraero juntamente com a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, objetivaram os estudos sobre economia e reúso da água incluindo também a capacitação de gestores. Seis aeroportos participam dos estudos:

1. Aeroporto de Belém – Brigadeiro Protásio de Oliveira – Belém/Pará. Projeto de Otimização de Estação de Tratamento de Esgotos (Universidade Federal do Pará);
2. Aeroporto Internacional de Salvador – Salvador/Bahia – Dep. Luís Eduardo Magalhães. Projeto Aquaero “Racionalização do uso da água no Aeroporto Internacional de Salvador/BA”. (Universidade Federal da Bahia);
3. Aeroporto Internacional Tancredo Neves - Confins/Belo Horizonte/Minas Gerais. Projeto Hidroaero “Aplicação de novas tecnologias para reaproveitamento e uso racional da água”. (Universidade Federal de Viçosa);
4. Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Galeão/Rio de Janeiro – Antonio Carlos Jobim. Projeto Infragua “Estudo de tecnologias complementares para tratamento de água em sistemas de climatização de aeroporto”. (Instituto Nacional de Tecnologia);
5. Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos/São Paulo – Governador André Franco Montoro Guarulhos (São Paulo). Projeto Hidroaer “Conservação e reúso de água em sistemas aeroportuários”, e “Avaliação e implementação de tecnologias em uso eficiente da água”. (Universidade de São Paulo e Instituto Tecnológico da Aeronáutica);
6. Aeroporto Nacional Lauro Kurtz - Passo Fundo/Rio Grande do Sul. Programa de conservação e reúso de água em pequenos aeroportos. (Universidade de Passo Fundo);
7. Para toda a Rede da Infraero previu-se o Projeto Proágua “Capacitação de gestores de recursos hídricos de aeroportos”. (Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental - IIEGA).

O novo Aeroporto Internacional do Recife (PE) /Guararapes – Gilberto Freyre – é o segundo maior do Nordeste em movimento e o primeiro em capacidade anual de passageiros. Está em operação desde 2004, e foi citado pela companhia brasileira de Táxi Aéreo Marília (TAM) como um entre os cinco melhores do mundo. O sistema de descargas a vácuo, implantado no terminal de passageiros, durante a sua ampliação, gera uma redução no consumo de água de 30% e, atualmente, após uns anos de utilização e avaliação, vários problemas de operação têm sido detectados.

No aeroporto, a água resultante da condensação do sistema de refrigeração é reaproveitada para uso nas descargas das bacias sanitárias (RIBEIRO *et al.*, 2009). Cabe aqui uma consideração: não seria mais interessante se essa água da condensação fosse reaproveitada no próprio sistema de refrigeração do aeroporto, em função de sua qualidade e temperatura?

O Aeroporto Internacional de São Paulo (AISP) em Guarulhos opera com dois terminais de passageiros, atendendo a uma demanda anual de 17 milhões de passageiros e um consumo anual de água da ordem de 658 000m³, média do período de 2000 a 2008. Estima-se aqui 38,7L/pax.dia. Estudos realizados apontaram que os equipamentos que respondem pelo maior consumo são: bacia sanitária (51%), ar condicionado (19,4%), torneira (15,3%) e mictório (6,8%). O aeroporto é abastecido, atualmente, por nove poços situados no próprio sítio aeroportuário. *“Tem por agravante o fato de que o aeroporto foi construído numa área pantanosa da várzea do rio Baquirívu-Guaçu.”* (RIBEIRO *et al.*, 2009)

Visando a adoção de novas possibilidades para o abastecimento de água no Aeroporto em Guarulhos, uma análise do potencial de aproveitamento de água de chuva, indicou que as demandas do aeroporto poderiam ser supridas com 40% da água de chuva captada. Os estudos concluem também que, em função dos períodos de estiagem na região, outras fontes de abastecimento devem ser estudadas (Ribeiro *et al.*, 2009).

O Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Galeão – é o quarto maior em movimento de passageiros do país. Em 2009 circularam pelo Galeão 11 828 656 passageiros o que representa 32 407pax.dia. Desde 2005 a Empresa CDN Serviços de Água e Esgoto S/A através de regime de concessão é a responsável pelo gerenciamento dos serviços de abastecimento, tratamento, distribuição, operação e manutenção do sistema de água, coleta e tratamento de esgoto na área de jurisdição da Infraero (CDN, 2011).

Além dos passageiros existe a população fixa representada pelos funcionários da Infraero e seus concessionários e terceirizados que diariamente trabalham nas áreas administrativas, operacionais e comerciais. A população flutuante e fixa juntas equivalem ao consumo de água de uma cidade de aproximadamente 30 000 habitantes (CDN, 2011).

O Galeão possui duas estações de tratamento de esgoto (ETE), responsáveis por tratar 100% do esgoto gerado em seu território, e uma estação de tratamento de água, que trata a água subterrânea e a destina a fins não potáveis.

A exploração de água subterrânea foi a primeira fonte alternativa de água a ser implantada no Galeão. Para isso foram perfurados poços, sendo a água extraída e conduzida à estação de tratamento de água (ETA) implantada pela CDN com capacidade nominal de tratamento de 80m³/h. Essa água é utilizada para limpeza, descargas de banheiros, reserva de incêndio, torre de ar condicionado, limpeza das pistas, irrigação, entre outros. Outra fonte de abastecimento é a captação direta de água de chuva, implantada desde 2009. Atualmente a captação é feita em uma área em torno de 13 000m², e o volume de água captado em torno de 1 500m³/mês, utilizado como água de processo no sistema de reúso de água.

A reutilização do efluente da ETE é considerada pela CDN como a mais importante, das fontes utilizadas, pois, além de reduzir a utilização de água potável no Galeão impede que uma parcela do esgoto gerado, embora tratado, seja despejada na Baía de Guanabara. O sistema começou a ser operado em março de 2009, e em setembro foi ampliado para o modelo de separação por membrana de osmose. A planta opera com aproveitamento médio de 14 000m³/mês do efluente final da ETE utilizados no abastecimento das torres de resfriamento do sistema de ar condicionado do aeroporto.

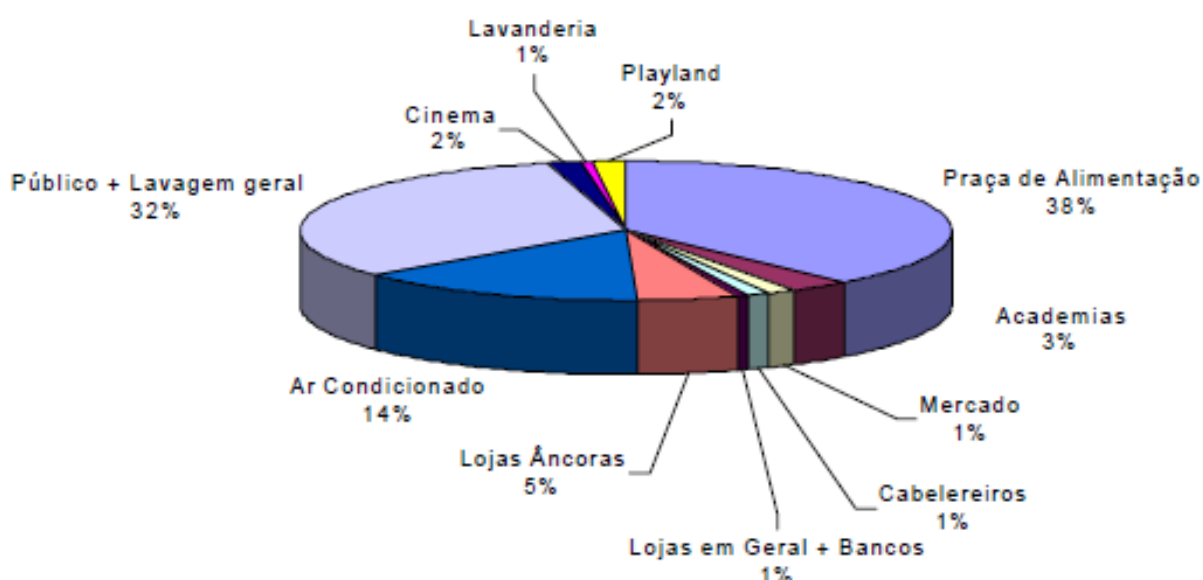
A gestão sustentável dos recursos hídricos do Galeão obteve resultados significativos no que tange ao uso da água, bem como de recursos financeiros, uma vez que aproximadamente 45% da água consumida pelo Galeão provêm de fontes alternativas próprias (CDN, 2011).

2.2.3 O consumo de água em shopping centers

Os *shoppings centers* nas grandes cidades brasileiras pertencem a uma categoria importante em relação ao consumo de água, tanto em função do seu crescente número de usuários como de seu grande consumo unitário. Desse modo, torna-se imprescindível que sejam acompanhados os consumos de água nessas edificações, visando a promoção de melhorias através de oportunidades voltadas para a redução de consumo e de perdas no seu sistema hidráulico.

Normalmente os *shoppings* realizam macromedições de seus consumos e, segundo Santo e Sanchez (2001), a cobrança de água das lojas é feita por medição do consumo em cada loja ou pelo rateio do consumo total da água do shopping, utilizando-se alguns parâmetros de acordo com o tipo e o porte do estabelecimento. Em levantamento realizado pelos autores em um Shopping da Região Metropolitana de São Paulo, verificou-se que o maior consumo de água ocorreu na praça de alimentação (38%), seguido do consumo pelo público somado à lavagem geral do shopping (32%), e pelo ar condicionado (14%). Os demais 16% do consumo foram distribuídos em outros usos (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição de Consumo de Shopping Center por Categoria



Fonte: Santo e Sanchez (2001)

Santo e Sanchez (2001) obtiveram dados registrados de consumo nos sanitários através de uma medição específica naquele que apresentava o maior movimento de frequentadores, localizado próximo à praça de alimentação. O sanitário apresentou um consumo de 480m³/mês (350m³ nas bacias sanitárias e 130m³ nos lavatórios). Compararam-se os dados obtidos de lojistas, com a variação do público do shopping e com os resultados de consumo obtidos nos sanitários. Com esses resultados, os autores concluíram que os consumos nos banheiros são homogêneos e diretamente relacionados à população circulante no Shopping.

Em pesquisa realizada por Hoppe Filho *et al.* (2003), em dois *shopping centers* na cidade de São Paulo (SP) levantou-se o consumo de água. O Shopping “A” apresentou um consumo diário de 650m³, desses 260m³ (40%) foram consumidos pelos banheiros, 130m³ (20%) pelo sistema de ar condicionado, 195m³ (30%) pelos estabelecimentos das praças de alimentação e 65m³ (10%) utilizados para a limpeza em geral do shopping.

Para o Shopping “B” estimou-se um consumo diário de 330m³, sendo que 132m³ (40%) foram consumidos pelas lojas, 66m³ (20%) pelo sistema de ar condicionado e 132m³ (40%) para as áreas comuns. Do total de água consumida, 70% é fornecida pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e 30% é extraída de dois poços artesianos. O shopping possui, também, uma estação de tratamento de água (ETA) e uma de bombeamento.

A partir da média de consumo de água dos shoppings “A” e “B”, na pesquisa de Hoppe Filho *et al.* (2003), foram estabelecidos indicadores, a fim de avaliar o consumo médio de água por área total, área locável, e pelo número médio de clientes que utilizam diariamente os Shoppings “A” (cerca de 33 000) e “B” (cerca de 15 000).

Tabela 1- Indicadores de Consumo Médio de Água no Shopping “A” e “B”. Shopping

Shopping	Área (m ²)		Consumo médio de água				
	Total	Locável	Total (m ³ /mês)	/Área total (L/m ² .dia)	/Área locável (L/m ² .dia)	/Cliente. mês (m ³ /cliente.mês)	/cliente.dia (L/cliente.dia)
“A”	150mil	28mil	17mil	4,0	20,0	0,02	1,00
“B”	90mil	26mil	7mil	3,0	9,0	0,02	0,52

Fonte: Adaptado de Hoppe Filho *et al.*, (2003)

Os dados da Tabela 1 apontam para um consumo médio diário de água por cliente de 1,0L no shopping “A” e no “B” esse valor cai para 0,52L de água por dia frequentador. Em relação ao consumo médio total de água, tem-se que no shopping “B” é de 7 000m³/mês, correspondendo a 42% dos 17 000m³/mês consumidos pelo shopping “A”.

Ainda de acordo com dados da Tabela 1, o consumo médio de água por m² de área total do shopping “A” é de 4,0L/dia, ou seja, 25% a mais que o “B” 3,0L/dia. E em relação a área locável esse consumo diário passa de 20,0L para 9,0L,

correspondendo a um aumento de 50% do consumo em relação ao shopping “B”. Segundo Hoppe *et al.* (2003), um fator decisivo para essa diferença de consumo é a evolução das tecnologias empregadas a exemplo dos equipamentos hidrossanitários mais desenvolvidos que permitem redução do consumo de água.

Nunes (2006) realizou estudo de caso no Shopping Rio Sul na Cidade do Rio de Janeiro-RJ, onde constatou, através de contas de água cedidas pela administração do shopping, o consumo médio mensal de 18 634m³ (Tabela 2). Esse consumo é realizado, dentre outros, pelos equipamentos instalados no shopping e apresentados na Tabela 3 com respectivo quantitativo.

Tabela 2 - Histórico do consumo de água no Complexo Rio Sul.

MÊS/ANO	CONS. MENSAL	Nº DE DIAS DE CONSUMO	CONS. MÉDIO DIÁRIO (m³/dia)
Set/03	16 236,68	30	541,22
Out/03	14 255,38	33	431,98
Nov/03	19 780,28	30	659,34
Dez/03	18 230,99	27	675,22
Jan/04	22 764,77	32	711,40
Fev/04	19 829,60	27	734,43
Mar/04	21 568,82	33	653,60
Abr/04	18 093,28	30	603,11
Mai/04	19 275,23	33	584,10
Jun/04	17 990,50	28	642,52
Jul/04	19 966,30	31	644,04
Ago/04	15 622,58	32	488,21
MÉDIA	18 634,53	30	614,10

Fonte: Nunes (2006)

Tabela 3 - Pontos de consumo de água por equipamento no Shopping Rio Sul.

TIPOS DE EQUIPAMENTOS	NÚMERO DE PONTOS DE CONSUMO DE ÁGUA
Torneiras (em geral e bebedouros)	360
Vasos sanitários (válvula e caixa acoplada)	188
Mictórios (manual e automático)	57
Chuveiros	41
Duchas	35
Banheiros	3
TOTAL	684

Fonte: Nunes (2006)

Na etapa de elaboração do diagnóstico sobre o consumo de água no Shopping, Nunes (2006) obteve dados de referência por meio dos cálculos de índices reais (IC e ICh), e índices estimados (Cme, Ice, DDe e IDe) de consumo de água, de uma atividade similar à analisada.

O cálculo do índice de consumo de água (IC) de uma edificação identifica o valor do consumo médio diário por pessoa (*per capita*), e varia em função da tipologia de cada edifício. O IC é calculado utilizando a Equação 1.

$$IC = \frac{Cm \times 1000}{NA \times Dm}$$

Equação (1)

Onde:

IC: Índice de Consumo (litros/agente consumidor x dia);

Cm: Consumo mensal (m³);

NA: Número de agentes consumidores;

Dm: Quantidade de dias úteis no referido mês.

O índice de consumo diário de água do período histórico (ICh) serve para verificar se houve aumento ou decréscimos significativos durante os meses do ano, e assim evitar uma avaliação errônea da base média dos índices de consumo (ICs) anteriormente encontrados.

Ainda segundo Nunes (2006), a combinação desses dois índices apresenta os resultados de operação do sistema. Caso haja heterogeneidade desses, pode

significar que o sistema estava operando em condições normais e ocorreram desperdícios nos últimos meses. A homogeneidade do sistema segue um padrão, podendo ser de condições adequadas ou de consumo excessivo. Neste caso, o valor de IC será igual ao de ICh.

Os índices estimados de consumo de água são representados pelo consumo mensal estimado (Cme), o índice de consumo diário de água estimado (ICe), o desperdício de água diário estimado (DDe), o índice de desperdício estimado (IDe) e o desperdício mensal estimado (Dme). O Cme é um índice de referência teórico e faz a estimativa de consumo na fase de projeto da edificação sendo seu cálculo determinado por meio de equações específicas para cada tipo de atividade e seus coeficientes de uso, conforme apresentado no Quadro 1 elaborado por Nunes.

Quadro 1 - Relação entre a tipologia de edifício e seus coeficientes de uso

TIPOLOGIA DE EDIFÍCIO	COEFICIENTES DE USO (Consumos médios diários de água)
Aeroportos	(10 a 12)litros/passageiros
Bares	40litros/m ²
Cinemas	2litros/assento
Creches	(50 a 80)litros/criança
Edifício de escritórios	(50 a 80)litros/empregado ou (4 a 10)litros/m ²
Escolas (externato)	50litros/aluno
Hospitais	250litros/leito
Hotéis	(250 a 300)litros/hóspede
Indústrias (para fins comerciais)	(50 a 70)litros/operário
Lojas e estabelecimentos comerciais	(6 a 10)litros/m ²
Lava rápido automático de carros	250litros/veículo
Lavanderias	(1 a 2)litros/kg de roupa
Parques e áreas verdes	2litros/m ²
Residências	200litros/pessoa
Restaurantes	(20 a 30)litros/refeição preparada
Shopping centers	4litros/m ²
Teatros	7litros/m ² ou (5 a 10)litros/assento

Fonte: Nunes (2006).

O ICe é obtido através da Equação 2:

$$ICe = \frac{Cme \times 1000}{NA \times Dm}$$

Equação (2)

Onde:

ICe: Índice de consumo diário de água estimado (litros/pessoa x dia);

Cme: Consumo mensal estimado (m³/mês);

NA: Número de agentes consumidores;

Dm: Quantidade de dias úteis no referido mês.

O Ide (índice de desperdício de água estimado), se refere, em percentual, às perdas do sistema, e é dado pela Equação 3:

$$IDe = \frac{ICh - ICe}{ICh} \times 100 (\%)$$

Equação (3)

O Dme representa o volume de água desperdiçado pelo sistema no período de um mês e é obtido por meio da Equação 4:

$$Dme = \frac{DDe \times NA \times Dm}{1000}$$

Equação (4)

Onde:

Dme: Desperdício Mensal Estimado (m³/mês);

DDe: Desperdício Diário Estimado (litros/pessoa x dia);

NA: Número de Agentes Consumidores;

Dm: Dias úteis do mês.

A interpretação destes índices é destacada por Nunes (2006) como sendo a comparação entre os valores reais e os estimados encontrados. Caso os valores reais sejam inferiores aos valores estimados, indica que o sistema analisado está funcionando de forma eficiente e, do contrário, indica um possível desperdício e a necessidade de realizar-se uma vistoria no sistema hidráulico.

Os resultados apresentados por Nunes (2006) para o Shopping Rio Sul foram: Cm = 18 634,5m³/mês; ICh = 19,7litros/pessoa x dia; Cme = 16,3litros/pessoa x dia; e ICe = 16,3 litros/pessoa x dia.

2.3 O BALANÇO HÍDRICO RECONCILIADO

O balanço hídrico reconciliado (BHR) é uma ferramenta de apoio à gestão ambiental desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa da Rede Teclim, voltada para a otimização ambiental de plantas industriais (Martins *et al.*, 2010). A sua utilização permite a construção de balanços hídricos com apenas uma pequena parcela das correntes hídricas medidas, portanto sem redundância de dados medidos. A metodologia aproveita inicialmente, toda fonte de informação identificada ou mapeada, seja medição ou estimativa, e a cada uma delas é atribuído um valor representativo da Qualidade da Informação (QI), em função do grau de confiabilidade da sua obtenção. Considerando-se a QI como inversamente proporcional à incerteza da medição ou estimativa, utiliza-se a técnica da reconciliação de dados, na busca de novos valores que, satisfazendo as restrições do problema (equações dos balanços de massa), minimizem a função objetivo – diferenças entre os valores das vazões mapeadas inicialmente (medidas ou estimadas) – e os valores reconciliados.

2.3.1 O balanço hídrico

O balanço hídrico é uma ferramenta elaborada a partir do cômputo das entradas e saídas de água de um sistema durante determinado período, tendo como princípio o balanço de massa, ou balanço material. Nesse, a soma dos fluxos de entrada deve ser igual à soma dos fluxos de saída.

O balanço de massa é construído a partir da lei da conservação de massa ou de Lavoisier (a massa não pode ser criada ou destruída) e, não havendo acúmulo de massa no interior de um equipamento, ao longo de um determinado tempo, tem-se que a massa total na entrada é igual à massa total na saída (AQUIM, 2004).

Segundo Soares (2003 *apud* Aquim 2004):

Qualquer atividade de gestão passa primeiramente pelo conhecimento das variáveis que regem o sistema analisado. No caso do estudo de repercussões ambientais de uma atividade, o conhecimento do fluxo da matéria (ou balanço de massa) envolvido é o procedimento para tomada de decisões.

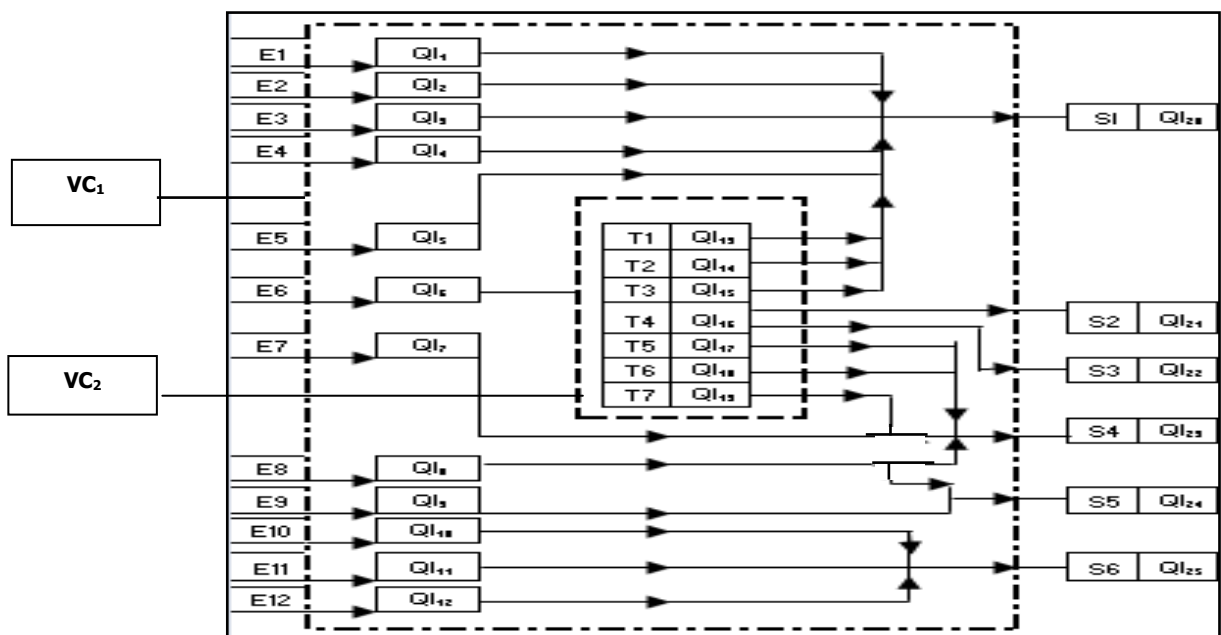
Segundo Aquim (2004):

Na elaboração de um balanço de massa devem ser bem definidos: o volume de controle, que pode ser um processo completo, um equipamento ou um conjunto de equipamentos; e as correntes envolvidas no balanço de massa que atravessam as fronteiras do volume de controle. Assim, o balanço de massa é o inventário de um determinado material em relação a um sistema definido.

O Volume de controle (VC) é o volume de interesse definido para o estudo ou análise, sendo controlado por uma determinada área. O VC pode ser aplicado a qualquer área definida dentro de uma planta, desde a menor unidade, indo para as áreas intermediárias ou, até, toda a planta. A Figura 3 apresenta a tipologia de um balanço hídrico (BH) e a delimitação de dois volumes de controles VC_1 e VC_2 .

Quando se pensa na promoção de ações voltadas para o uso racional da água de uma edificação, torna-se imprescindível o conhecimento detalhado da composição dos seus consumos na edificação em estudo (KAMMERS, 2004).

Figura 3 – Tipologia de BH e seus Volumes de Controle (VC_1 e VC_2).



Fonte: Freire *et al.* (2010)

Para a construção do balanço hídrico de uma determinada edificação é necessário definir os volumes de controle a serem estudados e as equações do balanço (a soma dos fluxos aquosos de entrada é igual à soma dos fluxos aquosos de saída).

A partir dos volumes e controles definidos no balanço hídrico da Figura 2, têm-se as Equações 5 e 6 para os balanços:

Para o VC₁:

$$E1+E2+E3+E4+E5+E6+E7+E8+E9+E10+E11+E12 = S1+S2+S3+S4+S5+S6 \quad \text{Equação (5)}$$

Para o VC₂:

$$E6 = T1+T2+T3+T4+T5+T6+T7 = S1+S2+S3+S4 \quad \text{Equação (6)}$$

Segundo Martins *et al.* (2010), o balanço hídrico é uma ferramenta importante para gerenciar o uso da água em processos produtivos. Ressalta-se, porém, que, uma das grandes dificuldades para representá-lo é a aquisição dos dados de vazão, pois, na maioria das vezes, grande parte das correntes aquosas não possui medidor instalado em linha, tornando as medições insuficientes para representar o balanço hídrico na planta.

2.3.2 A reconciliação de dados associada ao balanço hídrico

A inexistência de medidores de vazão em pontos necessários para compor o balanço hídrico justifica a necessidade dos dados serem obtidos de diversas fontes (Martins *et al.*, 2010, Fontana *et al.*, 2005), a exemplo de medidores portáteis, calculados através de balanço de massa, via dados de projeto, registros da empresa, de literatura técnica ou científica, ou até mesmo por estimativas “grosseiras”. Mas, segundo Tan *et al.* (2007 *apud* Martins *et al.*, 2010), a combinação de diferentes fontes de dados pode revelar uma inconsistência deles durante o seu tratamento.

Para Martins *et al.* (2010), uma solução para esse problema é a construção de balanços hídricos associados aos dados de reconciliação com base na atribuição de graus de confiabilidade, ou qualidade da informação (QI), para os dados de vazão, a partir do conhecimento empírico sobre a planta.

A qualidade da informação (QI) é utilizada para representar o nível de incerteza relacionada ao dado de vazão, e é atribuída em função da sua obtenção. Ou seja, para cada tipo de fonte utilizada na obtenção do dado, deve ser-lhe atribuído um valor. Quanto mais confiável a fonte da informação, maior é o valor atribuído a QI.

Segundo Martins *et al.* (2010), a vantagem desta metodologia proposta é que ao contrário da reconciliação de dados clássica que exige a vazão medida, pode-se aproveitar todo tipo de informação mapeada, sem se preocupar, em um primeiro momento, com as vazões desconhecidas. Sendo, útil na identificação de vazões mesmo nos casos em que se têm poucas medições.

A metodologia proposta por Martins *et al.* (2010), utiliza a formulação típica de Crowe (1986), para problemas de reconciliação de dados, com redundância de dados medidos, e as suas restrições de igualdade. Eles propõem para sistemas sem redundância de dados medidos, uma nova formulação, considerando a variável Qualidade da Informação (QI), associada ao grau de confiabilidade da medição, inversamente proporcional à variância. Nesse caso as correntes mapeadas (M_i) podem ser medidas ou estimadas.

A metodologia proposta por Martins *et al.* (2010), foi adaptada para a construção do balanço hídrico reconciliado (BHR) do Aeroporto Internacional de Salvador, e é apresentada mais detalhadamente no item **3. Material e Métodos**.

Segundo Teixeira (1997), a reconciliação de dados é uma das medidas utilizadas para o tratamento de dados de processos industriais, as quais visam dar maior confiabilidade aos valores medidos diretamente e aos inferidos indiretamente, para sua utilização no controle dos mesmos.

A reconciliação de dados, além de validar uma grande quantidade de dados normalmente disponível, fornece um importante suporte à identificação, gestão e redução de perdas. É uma ferramenta utilizada em larga escala e diferentes processos produtivos, visando a gestão dos recursos naturais.

2.4 OS APARELHOS HIDROSSANITÁRIOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA

A utilização de aparelhos hidrossanitários economizadores de água é um dos aspectos que estão diretamente associados ao consumo de água intrapredial. Com a sua utilização espera-se um consumo menor, um desempenho melhor e uma influência menor da ação do usuário na economia de água gerada. Logo, constitui-se em uma importante ação para a promoção do consumo racional e a minimização da geração de efluentes, inseridos no contexto da produção mais limpa.

Entretanto, é importante lembrar, que apenas a instalação desses equipamentos não promove o consumo racional. A conscientização do usuário, em relação ao seu manuseio (uso e manutenção) e as suas reais demandas (urinar, defecar, lavar as mãos, etc.), deve ser considerada para o efetivo consumo racional da água. Muitas vezes, a utilização de aparelhos convencionais por parte de usuários conscientes para o uso racional da água, também, promovem o seu consumo racional.

Segundo Kiperstok (2008 *apud* Cheung, 2009), o desperdício e as perdas de água, também, podem ser induzidos pelos aparelhos hidrossanitários. No primeiro caso, em função das características do aparelho, às vezes por normas e padrões técnicos de projeto. Como exemplo, a bacia sanitária com descarga de 8 litros ou mais, para o afastamento de 250mL de urina. Quanto às perdas, essas podem ser provocadas pela qualidade dos aparelhos e da manutenção a que são submetidos.

O uso de aparelhos economizadores de água vem crescendo muito em prédios públicos do Brasil, a exemplo de shopping centers, estádios, aeroportos e escolas. O seu emprego proporciona redução das despesas na conta de água e esgoto, de energia elétrica e associa o local a valores ambientalistas difusos que ganham espaço no Brasil especialmente em contextos de escassez crônica (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

Para Schmidt (2004), os equipamentos economizadores de água nos sistemas prediais apresentam características específicas de instalação, funcionamento, operação e manutenção; logo, para a garantia do desempenho deles é preciso estejam especificados adequadamente; instalados corretamente; utilizados de forma apropriada; e tenham a manutenção necessária (preventiva ou corretiva).

Alves, Rocha e Gonçalves, (2006), afirmam que:

A quantidade de água potável consumida em aparelhos sanitários é função de um grande número de variáveis que, num largo panorama, vão do local e da época do ano em que se dá o uso, passam pelo tipo de instalação predial e tecnologias envolvidas e chegam ao campo da cultura humana e correspondentes hábitos.

De uma forma muito simples, pode-se considerar o consumo sob dois aspectos: o primeiro referindo-se à tecnologia do aparelho sanitário, ou seja, às suas características intrínsecas de construção e funcionamento. Como exemplo, tem-se o funcionamento de uma torneira que, mesmo tendo suas características fixadas pela

norma técnica, a depender de como e onde está instalada a pressão da rede, e a forma como é aberta, interfere na sua vazão. E o segundo é o comportamental, decorrente dos hábitos pessoais associados com o meio cultural. Tem-se como exemplo a forma como o usuário manuseia a torneira para abri-la, e o tempo em que a mesma permanece aberta (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

Para garantir o desempenho desses dispositivos e a conseqüente economia de água, é importante observar as características específicas de instalação, funcionamento, operação e manutenção. Os documentos técnicos do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) o DTA F1 e o DTA 2 - tecnologias poupadoras de água e produtos economizadores de água nos sistemas prediais, respectivamente, apresentam as recomendações para a correta instalação e utilização dos dispositivos economizadores.

2.4.1 As bacias sanitárias

A bacia sanitária serve para evacuação da excreção humana, as fezes e a urina. Em conjunto com essas excreções é admissível e provavelmente desejável sob o ponto de vista de saúde pública, que o papel higiênico seja lançado na bacia, não provocando nenhum prejuízo ao seu funcionamento (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

As bacias sanitárias disponíveis no mercado são de três tipos: acoplada, integrada e convencional. A bacia convencional possui o aparelho de descarga independente, podendo ser uma caixa de descarga convencional ou uma válvula de descarga.

Estudos realizados, nas cidades de Malvern (Inglaterra) e Mansfield (Estados Unidos) para medir o perfil do consumo, mostraram que a bacia sanitária era responsável por cerca de 30% a 33% do consumo doméstico total. Ressalta-se aqui que as pessoas tomavam em média de 1,8 banho/semana, principalmente de banheira, o que correspondia a aproximadamente 16% do consumo total da residência. O consumo *per capita* era de cerca de 100L/hab.dia com o uso da água, também, para a irrigação de jardins e os trituradores de lixo, dentre outros (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

Ainda segundo os autores acima citados, em função do alto consumo de água doméstico na Grã-Bretanha e nos EUA, a bacia sanitária tornou-se um dos principais exemplos de aparelhos sanitários para os quais se buscam soluções de racionalização do consumo, trabalhando-se para a redução do volume de água nas suas descargas.

BACIA SANITÁRIA COM DESCARGA COM VOLUME REDUZIDO

Visando contribuir de forma positiva, a partir da experiência nos estados Unidos, órgãos de governo de diversas esferas e fabricantes de aparelhos de louça sanitária, fixaram para a bacia sanitária um consumo máximo de água de 6 litros por descarga para todos os tipos e modelos: bacia sanitária com caixa acoplada ou integrada, de ação sifônica ou de arraste, todos os modelos; e bacia sanitária convencional, de ação sifônica ou de arraste, todos os modelos. Essa resolução está estabelecida na norma brasileira aplicável NBR 15 097/04, elaborada tomando-se como base técnica a norma norte-americana ASME A112.19.2M/03 – *Vitreous China Plumbing Fixtures and Hydraulic Requirements for Water Closets and Urinals* (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

BACIA SANITÁRIA CONVENCIONAL DE VOLUME NOMINAL DE DESCARGA DE 6 L

Para o bom funcionamento de uma bacia sanitária, é importante observar o volume de água que é lançado. Na bacia convencional, além do volume, é importante, também, a forma como esse é lançado e como se dá sua distribuição no tempo, ou seja, o valor da vazão do aparelho de descarga empregado (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

Existem dois tipos de caixas de descarga diferentes em função do valor da sua vazão de regime: de baixa energia e de alta energia. A nomenclatura “baixa” e “alta” energia, aplica-se às caixas de descarga. As válvulas são consideradas de alta energia (Tabela 4).

Tabela 4 - Volume e vazão de regime de aparelhos de descarga

Parâmetros considerados	Tipo de bacia	Aparelho de descarga usado	Valores normalizados
Volume útil	Convencional	Caixa Caixa / válvula	(6,8±0,3)L
Vazão de regime	Convencional	Caixa de alta energia / válvula Caixa de baixa energia	(1,40 ± 0,15)L/s (0,90 ± 0,20)L/s
Vazão de reposição do fecho hídrico	Convencional	Caixa	≤ 0,025L/s
Volume de reposição do fecho hídrico	Convencional	Caixa	(650 ± 50)mL

Fonte: Alves, Rocha e Gonçalves, 2006

A reposição do fecho hídrico em bacia sanitária com caixa acoplada ou integrada é feita com tubo repositivo. Os fabricantes de bacias sanitárias propuseram que esse sistema fosse universalizado no mercado brasileiro, adotando-se para todo tipo e modelo de caixa convencional a bacia sanitária com caixa acoplada ou integrada de volume nominal de descarga de 6L (Tabela 5) (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

Tabela 5 - Volume de água do aparelho de descarga

Parâmetros considerados	Tipo de bacia	Aparelho de descarga usado	Valores normalizados
Volume útil	Acoplada ou integrada	Caixa	(6,8 ± 0,3)L

Fonte: Alves, Rocha e Gonçalves, 2006

BACIA SANITÁRIA COM DESCARGA COM DOIS VOLUMES 3L E 6L

A bacia sanitária de duplo acionamento (sistema dual de descarga de água) permite volumes com fluxos de 6L para os dejetos sólidos e 3L para os dejetos líquidos mesmo quando o botão permanece pressionado, procurando-se, dessa forma evitar o desperdício de água.

2.4.2 Os mictórios

O mictório é uma peça, geralmente instalada em locais públicos, própria para o ato de urinar (micção). Podem ser individuais ou coletivos e em tamanhos e formatos diferenciados. Existem modelos que para a sua limpeza utilizam água para as descargas automáticas ou manuais, e modelos que não utilizam água funcionando a seco com um líquido selante.

Para Fontoura *et al.* (2009), as bacias sanitárias, em sanitários públicos, são largamente utilizadas para urinar, no lugar dos mictórios. Isso requer a análise de uma série de fatores que estão relacionados com esse uso. Entre esses fatores estão o comportamento, a privacidade, e a percepção dos usuários. Para os autores:

É interessante observar como os usuários decifram este espaço cheio de contradições, pois é público em sua essência, mas privado em sua funcionalidade. E é necessário levar em consideração que a sociedade regula o comportamento social no espaço criando convenções sociais, e as convenções desenvolvidas para o espaço privado se distinguem daquelas desenvolvidas para o espaço público.

Segundo Alves, Kiperstok e Zanella (2009), a bacia sanitária é um aparelho utilizado para evacuar fezes e urina e diversos estudos apontam para o uso mais frequente desse aparelho, em locais públicos, para o ato de urinar. Considerando-se o elevado volume de água utilizado pela bacia sanitária antiga, 9L a 12L por descarga, para a simples remoção da urina, constata-se a importância do mictório em sanitários públicos, como também, a oportunidade de começar a se discutir e propor a sua utilização em banheiros residenciais.

Estudos realizados por Cal *et al.* (2009), em sanitários da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, apontaram que mais de 70% dos usos nos sanitários é para urinar. E esse tipo de uso ocorre, na grande maioria das vezes, em bacias sanitárias, mesmo em sanitários masculinos que possuem mictórios. Diante do exposto observa-se a grande quantidade de água potável sendo “desperdiçada” para o afastamento da urina.

Importante, também, é a discussão sobre a adoção do mictório feminino, uma prática já adotada em alguns países fora do Brasil, o que com certeza, reduzirá, em muito, o consumo de água nos sanitários femininos sejam públicos ou residenciais.

MICTÓRIO COM ÁGUA PARA LIMPEZA

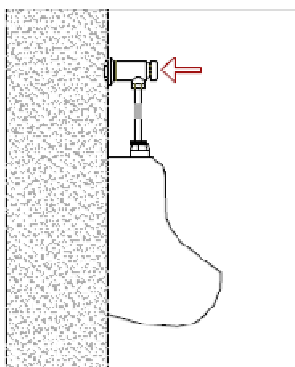
Os mictórios coletivos são utilizados por mais de uma pessoa ao mesmo tempo, tendo como desvantagem a falta de privacidade do usuário; e os individuais, por uma pessoa de cada vez. Em relação aos tipos de descarga nos mictórios, Schmidt (2004) apresenta:

- ✈ Registro de pressão – mais antiga e menos eficiente. A peça tem preço menor, consumo elevado, promovendo uma despesa maior.
- ✈ Válvula de acionamento hidromecânico (Figura 4) – possui dispositivo interno de controle da vazão para regulagem. O volume da descarga é obtido pela vazão do equipamento e o seu tempo de fechamento.
- ✈ Válvula de acionamento por sensor infravermelho (Figura 5) – quando o usuário se posiciona em frente ao mictório, o sensor detecta sua presença e após o seu afastamento o fluxo de água é liberado.

Segundo Schmidt (2004):

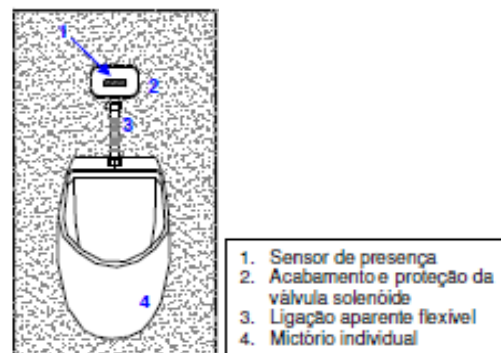
Assim como nos dispositivos de acionamento hidromecânico, o volume de água por descarga é obtido pela vazão e pelo tempo de funcionamento. Novamente é importante a presença de um redutor de vazão incorporado ao equipamento, para garantir uma vazão em torno de 6 litros/minuto, ou que se oriente o instalador a fazer a regulagem interna do equipamento para esta vazão, uma vez que alguns equipamentos possibilitam esta regulagem. Neste tipo de equipamento, o tempo médio de acionamento dos produtos encontrados no mercado é de 5 a 6 segundos.

Figura 4 - Mictório: válvula com acionamento hidromecânico



Fonte: Schmidt, 2004

Figura 5 – Mictório: válvula com acionamento por sensor de presença



Fonte: Schmidt, 2004

✈ Válvula de descarga temporizada – obtida por um sistema temporizador, onde se faz a regulagem do intervalo entre as descargas e o tempo de duração destas. A principal desvantagem é o desperdício de água, pois, as descargas são contínuas independentemente do uso. Recomendado para locais com grande fluxo de usuários de forma contínua: terminais de passageiros ou edificações com funcionamento 24h/dia todos os dias da semana.

Na Tabela 6 são apresentados os valores do consumo de água e volume por uso em mictórios com válvula de acionamento hidromecânico e por sensor de presença. E na Tabela 7 o tempo de acionamento e volume dos mictórios com válvula de acionamento hidromecânico e por sensor de presença. Segundo Schmidt (2004), a NBR 13 713/96 – para aparelhos hidráulicos acionados manualmente e com ciclo de fechamento, estabelece tempos máximos de fechamento de 10s e 15s para os mictórios e lavatórios, respectivamente (Tabela 7).

Para o autor, os tempos desses equipamentos, encontrados no mercado, variam em função da pressão hidráulica no ponto de consumo. *“Como o funcionamento destes equipamentos depende da pressão, a sua instalação em locais com pressão mais alta pode resultar em menor tempo de funcionamento do que em locais com pressão mais baixa.”*

Tabela 6 - Valores do consumo de água e volume por uso em mictórios com válvula de acionamento hidromecânico e por sensor de presença.

Tipo de mictório	Tempo de acionamento (s)	Vazão (L/minuto)	Volume médio por acionamento (L/acionamento)
Acionamento hidromecânico	6	6	0,6
Acionamento por sensor de presença	5	6	0,5

Fonte: Schmidt, 2004

Tabela 7 - Parâmetros estabelecidos na NBR 13 713/96

Tipo de aparelho	Vazão mínima de funcionamento (L/s)	Tempo máximo de fechamento (s)	Volume teórico de consumo por uso (L)
Torneira de lavatório	0,05	15	0,75
Válvula de mictório	0,05	10	0,50

Fonte: Schmidt, 2004

Alves, Rocha e Gonçalves (2006), informaram que a NBR 13 713/96 está em projeto de revisão. O Comitê Brasileiro de Construção Civil propõe novos valores mínimos e máximos para a temporização, valores mínimos para a vazão e máximos para o volume de água por ciclo (Tabela 8). Destaca-se que o documento, em revisão, não tem valor normativo.

Tabela 8 - Temporização do ciclo de funcionamento, vazão mínima e volume máximo de água por ciclo

Tipo de aparelho automático acionado mecanicamente	Tempo de ciclo (s)		Vazão (L/s)	Volume máximo de água por ciclo (L)
	Mínimo	Máximo	Mínima	
Válvulas para mictório	4	10	0,07	1,5
Aparelhos automáticos para lavatório	4	10	0,04	1,2
Para aplicações/condições especiais	De acordo com necessidades específicas			

Fonte: Adaptado de ABNT/CE-02:110.10-021 – Projeto Revisão ABNT NBR 13 713 – Setembro,2008

Comparando-se os valores propostos na revisão da NBR 13 713 (Tabela 8) com os anteriores da norma (Tabela 7) verifica-se que o volume máximo de água por ciclo para o mictório triplicou, passou de 0,5L para 1,5L, embora haja um limite mínimo aceitável de 0,28L por acionamento. E para o lavatório pela mesma forma, houve um aumento de 0,5L para 1,2L. Nesse caso o limite mínimo aceitável é de 0,16L/acionamento, na revisão da norma.

Em trabalho realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), em sanitários da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), para testar a possibilidade de limpeza de mictórios pelas válvulas de descarga para bacias ou mictórios, em tempo real, verificou-se, conforme apresentado na Tabela 9 que em mictórios com a válvula de descarga

específica para seu uso, o consumo de água é menor (0,47L/uso), resultando em economia (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

Tabela 9 - Valores do consumo de água e volume por uso em mictórios com válvulas de descarga

Tipo de mictório	Frequência de uso Diário	Consumo de água (L)	Volume médio por uso (L/uso)
Válvula de descarga normal ($\Phi 1\frac{1}{2}$)	60	42	0,70
Válvula de descarga específica ($\Phi \frac{3}{4}$)	43	20	0,47

Fonte: Alves, Rocha e Zanella, 2006

MICTÓRIO SECO – SEM ÁGUA PARA LIMPEZA

O mictório sem água surgiu em meados de 1890 na Suíça. A partir de 1960, uma variação desse sistema vem sendo utilizada em alguns países da Europa e nos Estados Unidos, sendo bem aceito desde 1990 (VICKERS, 2001).

O sistema é composto por: bacia cerâmica, suporte do cartucho (captação da urina e lançamento na rede de esgoto), cartucho (evita o retorno dos odores da rede de esgoto), líquido selante (evita a emissão de odores do interior do cartucho para o meio externo, é composto por mais de 90% de alcoóis graxos, permanece em suspensão, pois possui densidade menor que a da água e da urina), chave para troca do cartucho e protetor para a superfície do cartucho (Figuras 6 e 7). Não existem dispositivos de acionamento de descarga e nem a furação da descarga e lavagem da bacia (SCHMIDT, 2004).

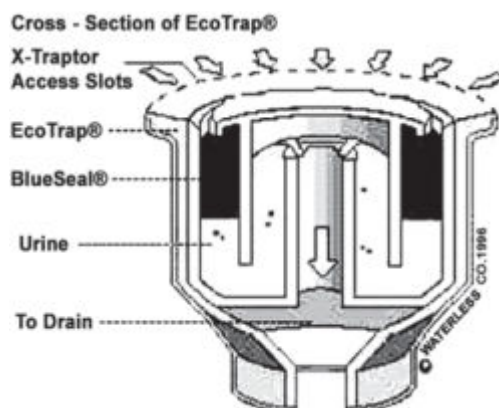
A manutenção do mictório sem água é feita com a reposição periódica do cartucho e sua durabilidade depende da obstrução de suas cavidades com o acúmulo da urina e pelo carreamento do líquido selante.

Figura 6 – Mictório seco: *design*.



Fonte: Alves, Rocha e Gonçalves, 2006.

Figura 7 – Mictório seco: partes constituintes



Fonte: Alves, Rocha e Zanella, 2006.

2.4.3 As torneiras

O consumo de água na torneira é proporcional à sua vazão de escoamento e ao tempo de utilização pelo usuário, e ambos são diversificados. A diversidade de usos da água nas torneiras torna difícil a redução do consumo nesses aparelhos, principalmente através de alterações de projeto, como se fez com as bacias sanitárias. Uma alternativa, porém, é o uso de arejadores (ALVES, ROCHA e GONÇALVES, 2006).

Existem diversos tipos de torneiras: comuns de pressão; com direcionador de jato; com arejador; e com pulverizador. E são instaladas em diversos locais, tais como banheiros (lavatórios), cozinhas (pia), áreas de serviço (tanque), jardins e garagens (jardim), para atender aos vários tipos de usos.

Entre os meses de julho e agosto de 1989, realizou-se no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo, um experimento visando estudar os aspectos de conservação de água a partir da determinação direta do consumo nos aparelhos sanitários existentes. De acordo com os dados (Tabela 10), observa-se que o volume de água consumido é mais influenciado pelo tempo de uso do que pela vazão do aparelho.

Para garantir o bom desempenho da torneira em condições críticas de pressão, a Norma Brasileira - NBR 10 281/01 – Torneira de pressão – Requisitos e métodos de ensaio – estabelece que para este tipo de torneira o limite mínimo para a vazão é de 0,10L/s, quando a torneira é alimentada por uma pressão de 15kPa.

Tabela 10 - Valores medidos em condição real de uso no prédio 24 do Campus do IPT

Torneira de pressão	Vazão de funcionamento (L/s)	Tempo de uso (s)	Volume de água por uso (L)
De lavatório	0,06	11	1,02
De pia	0,12	6	1,07
De tanque	0,19	26	5,40
De jardim	0,07	4	0,57

Fonte: Alves, Rocha e Zanella, 2006

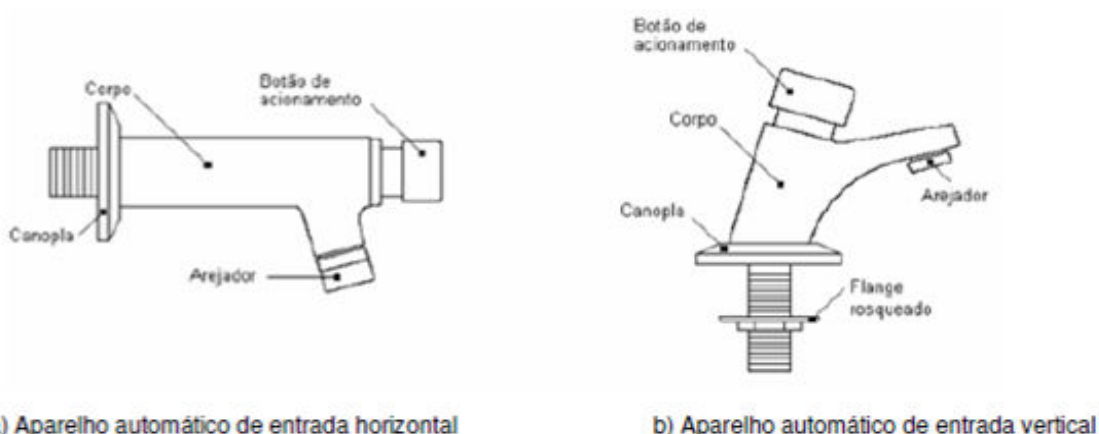
TORNEIRAS DE FECHAMENTO AUTOMÁTICO OU HIDROMECAÂNICO

Entende-se como sistema de funcionamento hidromecânico aquele no qual o usuário aciona o dispositivo de comando manualmente e o fechamento se dá após um determinado tempo de funcionamento. Esses (ciclo de funcionamento) podem variar em função da finalidade do equipamento. O destinado a chuveiro ou ducha é maior que o de uma torneira, em função das atividades distintas que neles ocorrerão.

A automatização do fechamento de aparelhos reduz o tempo de acionamento refletindo em menores volumes de água consumida, na diminuição do desperdício com a demora ou eventual não fechamento do aparelho. A Figura 8 mostra modelos de torneiras com entrada de água na horizontal e na vertical.

Segundo a NBR 13 713/1996, “Aparelhos hidráulicos acionados manualmente e com ciclo de fechamento automático”, da ABNT, o tempo máximo de fechamento para torneiras automáticas para lavatório é de 15 segundos, salvo aplicações especiais. E a vazão mínima deve ser de 0,05L/s.

Figura 8 – Torneiras automáticas: entrada de água na horizontal e na vertical



Fonte: Alves, Rocha e Gonçalves, 2006

Segundo Alves, Rocha e Gonçalves (2006), a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), através do Programa Pura (Programa para o Uso racional da Água), realizou medições em torneiras de lavatórios com acionamento hidromecânico em sanitários instalados em um de seus prédios. Os dados apontaram para vazão mínima de funcionamento de 0,07L/s, com um tempo máximo de fechamento de 8,9s, e um volume teórico de consumo por uso de 0,72L.

TORNEIRA DE FUNCIONAMENTO SOB COMANDO

Alguns equipamentos hidráulicos apresentam controle do fluxo de água de funcionamento sob comando, geralmente do tipo infravermelho. Esses apresentam uma unidade anexa eletrônica onde ocorre a leitura de informações e a emissão do comando de abertura do fluxo de água. Geralmente, o sensor emite continuamente um sinal à espera de um usuário que, quando identificado, inicia-se o ciclo de funcionamento, e quando o sensor não identifica mais a presença do usuário em seu raio de ação, o fluxo de água é interrompido.

A torneira de acionamento fotoelétrico, ou de sensor, (Figura 9), tem sido empregada, com frequência, em edifícios de uso público. Possui a vantagem de permitir ao usuário que mantenha o aparelho em funcionamento no tempo de uso adequado à sua necessidade. Não existe uma norma brasileira para esse produto.

Ainda, segundo Alves, Rocha e Gonçalves (2006), a SABESP realizou medições em torneiras, com acionamento fotoelétrico, em sanitários instalados em um de seus prédios. Os dados apontaram para uma vazão mínima de funcionamento de 0,05L/s, com um tempo máximo de fechamento de 3,9s e um volume teórico máximo de consumo por uso de 0,42L.

Figura 9 - Torneira de acionamento fotoelétrico.



Fonte: Alves, Rocha e Gonçalves, 2006.

Capítulo 3

MATERIAL E MÉTODOS

A produção técnico-científica ora apresentada sintetiza a experiência vivenciada pela mestrandia, no período de agosto de 2007 a dezembro de 2009, como pesquisadora e coordenadora técnica do Projeto de Pesquisa Cooperativa Aguaero: Racionalização do Uso da Água no Aeroporto Internacional de Salvador-Ba.

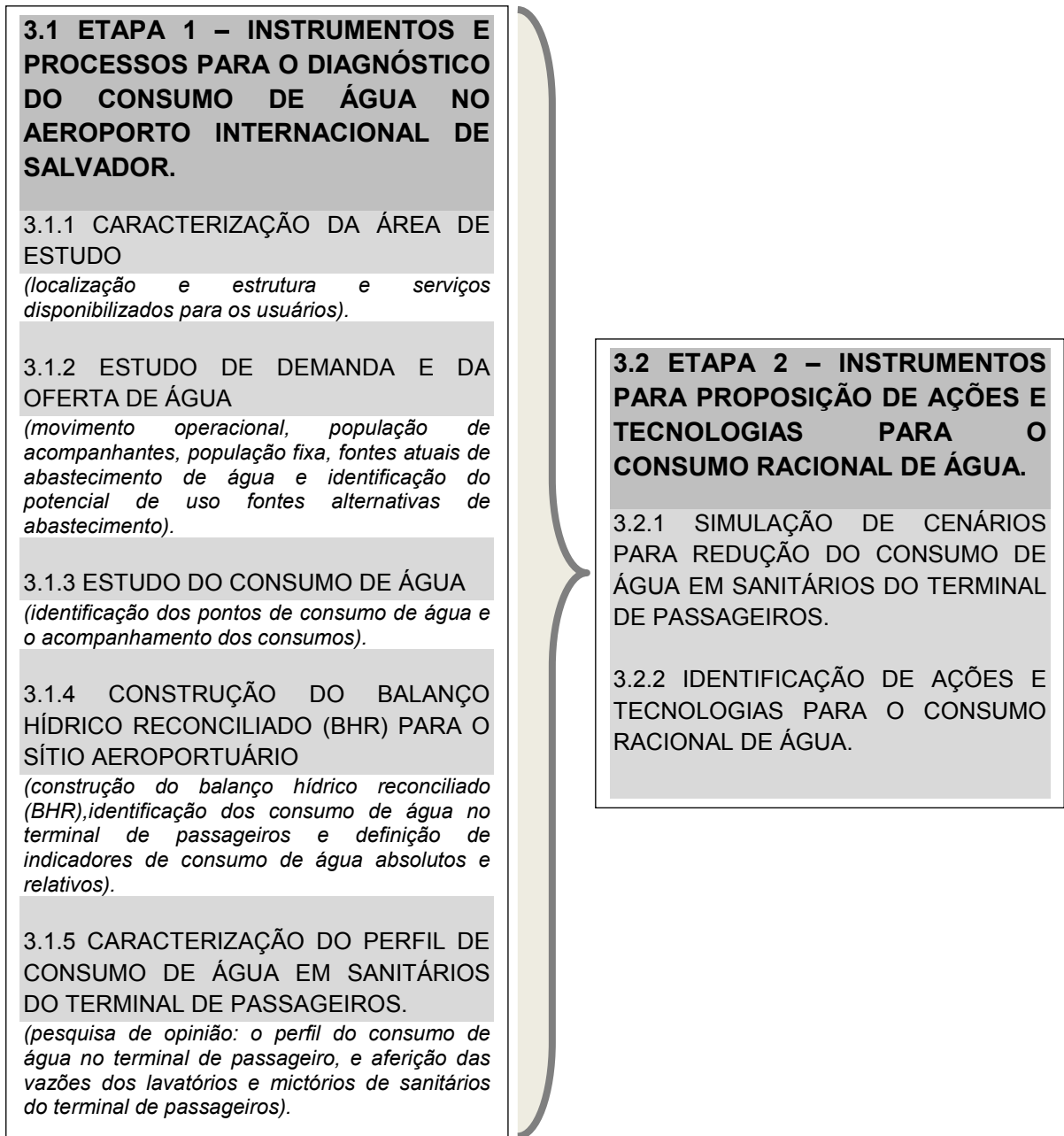
O Projeto Aguaero foi desenvolvido, conjuntamente, pela Rede de Tecnologias Limpas da Escola Politécnica, da Universidade Federal da Bahia (Teclim/UFBA) e pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero), em atendimento ao Convênio de Chamada Pública: MCT/Finep/CT-Hidro – Águas em Aeroportos nº3677/05, firmado entre a Financiadora de Estudos e Projetos – Finep e a Fundação de Apoio à Pesquisa e à Extensão – Fapex/BA.

Nesse projeto o grupo teve como objetivo geral avaliar o desempenho ambiental do aeroporto nas questões relativas ao consumo de água, e propor melhorias, através de mecanismos, procedimentos e tecnologias voltadas para o uso racional da água. Para isso, procurou-se incluir os conceitos de Produção Mais Limpa (P+L), dentro da lógica onde se priorizam esforços para executar ações relacionadas à redução dos desperdícios de água no terminal de passageiros, ou seja, na fonte geradora, para em seguida focar na utilização de fontes alternativas de abastecimento. Foram adaptados métodos desenvolvidos, pela Rede de Pesquisa Teclim, ao longo de dez anos com projetos de pesquisa cooperativa visando à otimização do uso da água em unidades industriais.

As atividades desenvolvidas para o Projeto Aguaero foram agrupadas em duas etapas, apresentadas na Figura 10 em forma de fluxograma, e detalhadas em seguida. A **ETAPA 1 - Instrumentos e Processos para o Diagnóstico do Consumo de Água no Aeroporto Internacional de Salvador**, composta por cinco atividades: caracterização da área de estudo; estudo da demanda e oferta de água; estudo do consumo de água; a construção do balanço hídrico reconciliado; e a caracterização do perfil de consumo de água em sanitários. E a **ETAPA 2 – Instrumentos para Proposição de Ações e Tecnologias para o Consumo**

Racional de Água no Aeroporto Internacional de Salvador, composta por duas atividades: a simulação de cenários para a redução do consumo de água; e a identificação de ações e tecnologias para o consumo racional de água.

Figura 10 – Fluxograma Metodológico: estratégia para o diagnóstico do consumo de água e proposta para o consumo racional de água no Aeroporto Internacional de Salvador.



Fonte: A autora, 2011

3.1 ETAPA 1 – INSTRUMENTOS E PROCESSOS PARA O DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR

Nessa Etapa1 foi elaborado o diagnóstico do consumo de água no Aeroporto Internacional de Salvador a partir da caracterização da área objeto de estudo, dos estudos com foco na demanda, oferta e no consumo de água das edificações, identificadas no sítio aeroportuário. Para tanto, os estudos específicos realizados, são mostrados a seguir.

3.1.1 Caracterização da área de estudo

Foi realizada a caracterização da área objeto de estudo - o Aeroporto Internacional de Salvador, abordando a sua localização e estrutura e os serviços disponibilizados para os seus usuários.

3.1.2 Estudo da demanda e da oferta de água

Para o estudo da demanda de água foi realizado levantamento do movimento operacional do terminal de passageiros, da população de acompanhantes que levam ou buscam os passageiros e a população fixa – funcionários da Infraero e das empresas terceirizadas e concessionárias.

Para o estudo da oferta de água foram identificadas as atuais fontes de abastecimento de água no sítio aeroportuário, bem como as principais fontes alternativas com potencial de abastecimento do sítio, com destaque para o uso de água subterrânea e da captação direta da chuva.

Foram realizadas inspeções técnicas de campo e reuniões com técnicos da Infraero e suas empresas terceirizadas para o levantamento de dados sobre a movimentação de passageiros, a identificação e cadastramento das fontes de abastecimento de água, do sistema de condicionamento de ar, das áreas de pista e telhado e demais dados necessários para o estudo da demanda e da oferta de água

do Aeroporto Internacional de Salvador. Os dados foram analisados para o período de 2006 a 2009.

3.1.3 Estudo do consumo de água

A partir da identificação do prédio com maior demanda de água no sítio aeroportuário realizou-se o estudo de consumo de água. Para isso, foram definidos indicadores específicos de consumo de água nessa edificação, entre 2006 e 2009. O período foi definido em função da disponibilidade dos dados de consumo diário pela Infraero. Foram examinados os dados de consumo de água da edificação e a movimentação de usuários considerando-se os passageiros e a população fixa que é formada pelos funcionários “orgânicos” da Infraero, e funcionários das concessionárias e empresas terceirizadas.

Definidos os volumes de controle (VC) e a partir disso identificados os pontos de consumo de água do sítio aeroportuário.

O acompanhamento do consumo de água ocorreu com a implantação do Sistema Agupura Vianet desenvolvido pela Rede Teclim, acessível no endereço eletrônico www.teclim.ufba.br, que permite o acompanhamento diário do consumo da água.

Para o acompanhamento e registro do consumo de água através do Agupura foram identificadas e cadastradas as áreas de consumo e seus respectivos dados de consumo. Na Figura 11, é apresentada a página principal desse sistema com uma visão geral do consumo diário (D) e mensal (M) de unidades da UFBA (NAKAGAWA, 2009).

Figura 11 – Sistema Aguapura: monitoramento do consumo de água em unidades da UFBA.

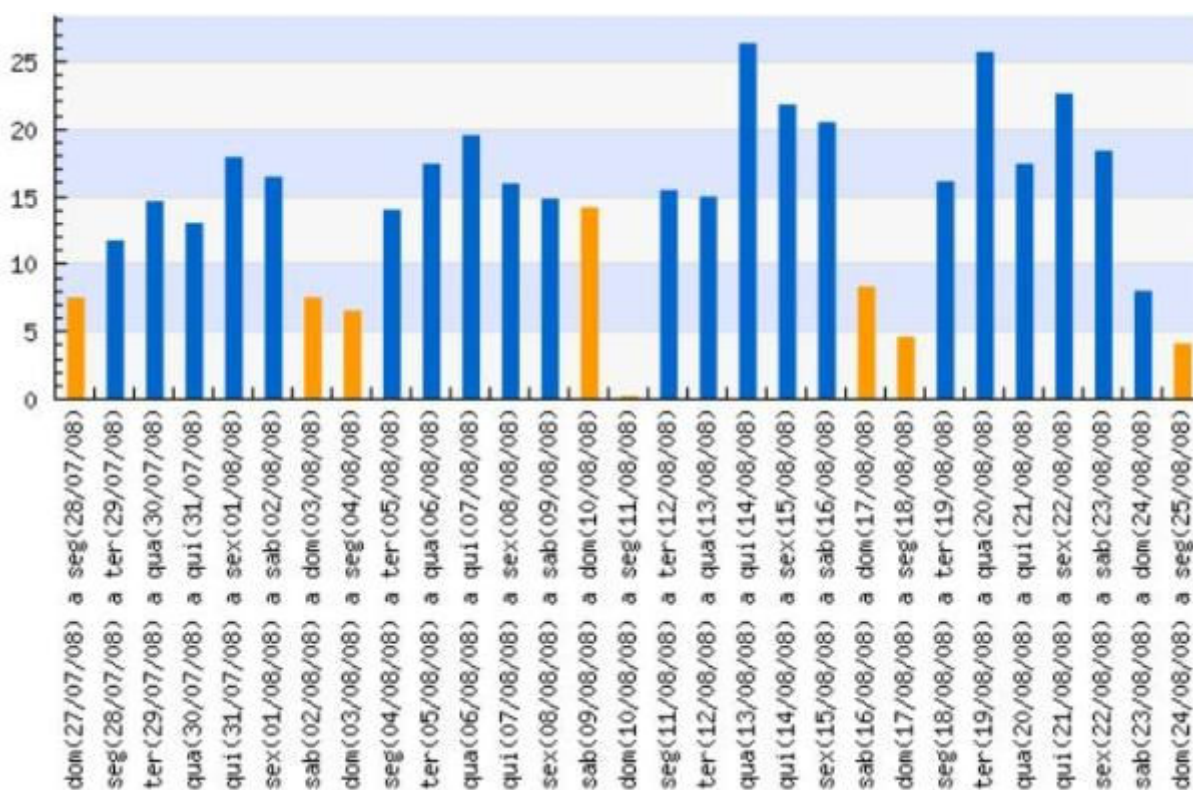
		Nov/2007	Dez/2007	Jan/2008	Fev/2008	Mar/2008	Abr/2008	Mai/2008
Arquitetura	D	4.24	4.27	5.28	10.29	6.67	4.65	4.26
	M	127.07	128.16▲	158.30▲	308.62▲	200.12▼	139.39▼	127.88▼
Belas Artes	D	4.42	3.47	1.48	2.17	2.27	2.72	2.92
	M	132.65	103.96▼	44.27▼	65.07▲	68.00▲	81.48▲	87.75▲
Biblioteca / Centro de Convivência	D	5.76	5.73	6.13	6.05	10.12	6.86	6.60
	M	172.70	171.98▼	184.04▲	181.40▼	303.46▲	205.73▼	197.92▼
Biologia	D	15.97	17.97	12.79	21.85	14.56	17.81	11.93
	M	479.13	539.17▲	383.57▼	655.36▲	436.67▼	534.25▲	357.78▼
Cantina da Escola Politecnica	D	1.94	1.39		1.56	1.86	1.84	1.74
	M	58.24	41.65▼		46.79▲	55.70▲	55.33▼	52.14▼
Cantina de Veterinária	D	1.34	1.14		0.89	1.13	1.52	
	M	40.11	34.20▼		26.60▲	33.95▲	45.51▲	
Cantina do PAF I	D	4.47	5.57	3.75	3.49	4.98		
	M	134.18	167.08▲	112.56▼	104.70▼	149.27▲		
CEAO (Afro Oriental)	D							
	M							

Fonte: Nakagawa, 2009

No sistema, o monitoramento pode ser descentralizado ou centralizado fomentando a participação dos usuários dos sistemas prediais a terem conhecimento do consumo praticado no prédio (QUADROS, KALID E KIPERSTOK, 2010). A cada inserção de dados, é gerado um histograma na tela do computador e, a partir da análise deste, podem-se identificar problemas existentes e informar, pela internet, à equipe de manutenção solicitando providências. A Figura 12 é um modelo de histograma gerado a partir das leituras em uma unidade de ensino da UFBA. As barras em cor azul representam as leituras em dias úteis e, em cor laranja, o consumo nos finais de semana (NAKAGAWA, 2009).

Para o acompanhamento diário dos dados de consumo de água no sistema, realizou-se treinamento com os técnicos da Infraero responsáveis por estas atividades.

Figura 12 – Sistema Aguapura: Média diária das 30 últimas leituras em m³/dia de uma unidade de ensino da UFBA.



Fonte: Nakagawa, 2009

3.1.4 Construção do balanço hídrico reconciliado (BHR) para o sítio aeroportuário

A falta de medição setorizada no sítio aeroportuário dificultou a melhor compreensão do seu perfil de consumo. Para vencer essa dificuldade construiu-se o balanço hídrico reconciliado (BHR), instrumento desenvolvido pela Rede Teclim, como suporte para os diversos projetos de otimização ambiental em plantas industriais.

A metodologia para a construção do BHR descrita por Fontana *et al.*(2005), e Martins *et al.* (2010), foi adaptada para o Aeroporto Internacional de Salvador, por Freire *et al.*, (2010). Divide-se em seis etapas: o mapeamento dos pontos de consumo de água e geração de efluentes; a construção da topologia do balanço em planilha eletrônica; a medição ou estimativa das vazões, a definição da Qualidade da

Informação (QI) e, montagem do banco de dados; a reconciliação dos dados do BH, a partir da formulação típica de Crowe; análise e interpretação dos dados para validação; e a melhoria da QI (Figura 13).

Figura 13 - Fluxograma metodológico para construção do balanço hídrico reconciliado



Fonte: Freire *et al.*, 2010

ETAPA I (EI) - Mapeamento dos pontos de consumo de água e geração de efluentes no sítio aeroportuário.

Após a definição dos volumes de controle (VC), nos estudos de consumo de água (item 3.1.3), foram identificados e mapeados os pontos de consumo de água e de geração de efluentes. Esses, doravante, serão denominados por correntes aquosas de entrada e saída. As informações foram obtidas com os técnicos da Infraero e em visitas de campo.

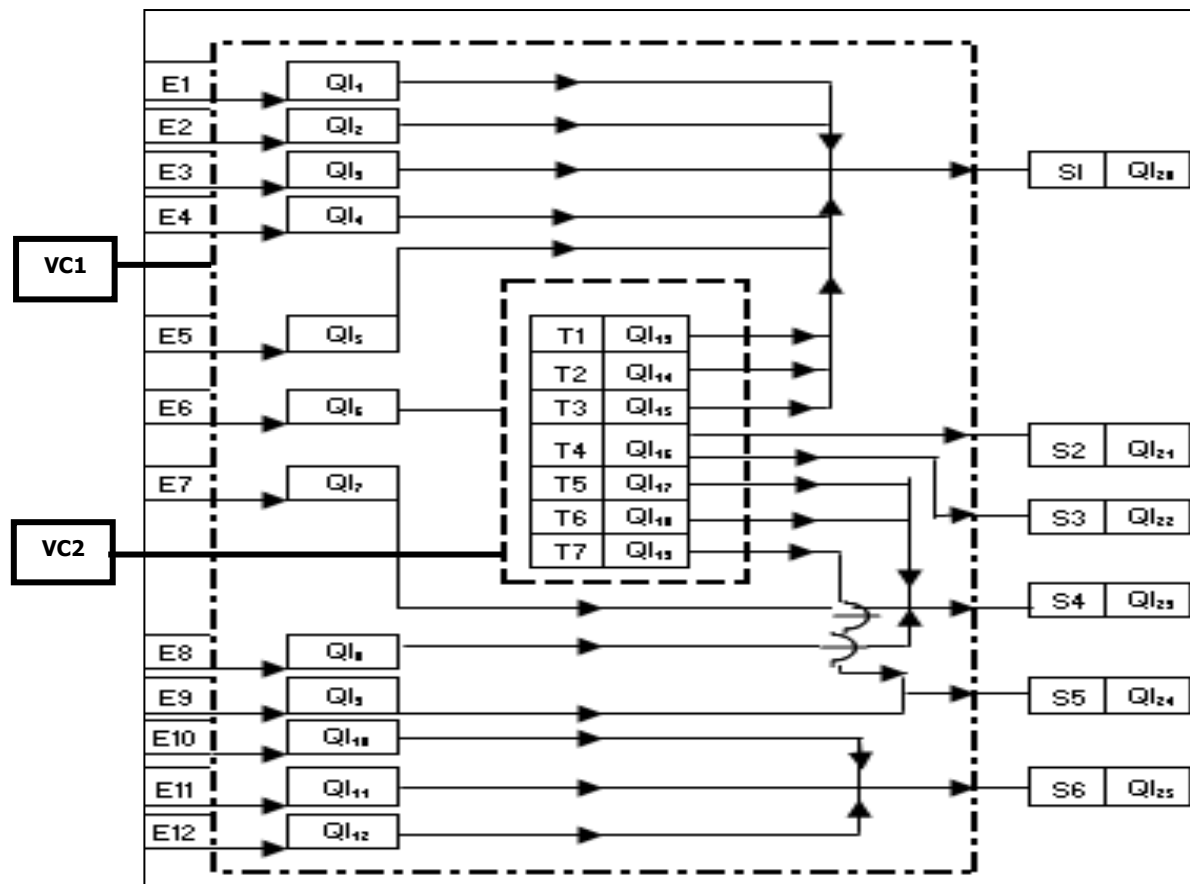
ETAPA II (EII) - Construção da topologia do balanço hídrico (BH) em planilha eletrônica (Figura 14).

A partir da identificação das correntes aquosas de entrada e saída do sítio aeroportuário e de seus fluxos, foi desenvolvida a topologia do balanço hídrico em planilha eletrônica do MSExcel®. As unidades de consumo de água ou geração de

efluentes foram representadas por diagramas de bloco. Os fluxos das correntes de entrada e saída são representadas por linhas que conectam os blocos, e as direções dos fluxos são representadas por setas.

Figura 14 - Topologia do balanço hídrico do Sítio Aeroportuário de Salvador.

E1 a E12: correntes de entrada de água no sítio aeroportuário; QI: qualidade da informação.
T 1 a T7: correntes de entrada de água no TPS.
S 1 a S6: correntes de saída do sítio e do TPS.



Fonte: Freire *et al.*, 2010

ETAPA III (EIII) - Medição e/ou estimativa das vazões das correntes, definição da Qualidade da Informação (QI) e montagem do banco de dados do balanço.

Após a construção da topologia do balanço hídrico do sítio aeroportuário, partiu-se para a medição e/ou estimativa das vazões das correntes identificadas. Porém, em função da falta de medidores de vazão em todos os pontos identificados os dados foram obtidos de diversas fontes: leitura dos hidrômetros; estimativas grosseiras; entrevistas; dados de projetos e experimentos de campo, dados de literatura. Mas, para Tan *et al.* (2007 *apud* Martins *et al.* 2010), a combinação de

diferentes fontes de dados pode revelar uma inconsistência dos mesmos durante o seu tratamento. Para resolver este problema, Martins *et al.* (2010) desenvolveram uma metodologia para a construção de balanços hídricos associados aos dados de reconciliação. Nesse para cada dado de vazão é atribuído um grau de confiabilidade, ou qualidade da informação (QI), a partir do conhecimento empírico da área estudada.

A qualidade da informação (QI) é utilizada para representar o nível de incerteza relacionada ao dado de vazão, e é atribuída em função de sua obtenção. Ou seja, para cada tipo de fonte utilizada na obtenção do dado lhe é atribuído um valor. Quanto mais confiável a fonte da informação maior é o valor atribuído a QI.

Para Martins *et al.* (2010), a vantagem desta metodologia é que ao contrário da reconciliação de dados clássica que exige a vazão medida, pode-se aproveitar todo tipo de informação mapeada, sem se preocupar, em um primeiro momento, com as vazões desconhecidas. Sendo, útil na identificação de vazões mesmo nos casos em que se têm poucas medições. Nessa situação, encontra-se o sítio aeroportuário.

Após o levantamento de dados da vazão foi construída uma escala crescente com os valores da qualidade da informação (QI), considerando-se que quanto mais confiável a fonte de informação, maior o valor da QI.

Para a criação do banco de dados do balanço hídrico do sítio aeroportuário foram elaboradas três planilhas eletrônicas no Microsoft Excel: uma com o balanço avaliado no volume de controle (VC) em estudo (considerando-se que a soma total das correntes de entrada é igual à soma total das correntes de saída) e o valor da vazão da corrente mapeado ou estimado; outra igual à anterior, porém, a célula que contém o valor da vazão é substituída pelo valor da QI associada a cada vazão; e uma planilha relatório, com as correntes de entrada e saída dos volumes de controle, o valor das vazões mapeadas e reconciliadas e a QI correspondente.

A partir da construção da topologia do balanço hídrico (BH) para o sítio aeroportuário, considerando-se os seus volumes de controle VC_1 (sítio aeroportuário) e VC_2 (terminal de passageiros) apresentada na Figura 14, foram definidas as equações, que representassem o balanço do sítio aeroportuário da melhor forma.

ETAPA IV (EIV) - Reconciliação dos dados do balanço hídrico a partir da formulação típica de Crowe (1986).

A falta de medição setorizada nas instalações do sítio aeroportuário dificultou a compreensão do seu perfil de consumo. Para vencer essa dificuldade, utilizou-se a metodologia para a construção do balanço hídrico reconciliado (BHR), desenvolvida pela Rede Teclim, como suporte para projetos de otimização ambiental de plantas industriais (Martins *et al.*, 2010).

Realizou-se a reconciliação de dados, para fechamento do balanço hídrico com o maior nível de confiança possível, pois, os balanços de massa baseados nas vazões medidas e/ou estimadas, inicialmente, não fecharam. Logo, para conseguir o fechamento dos balanços (ímbalços igual à zero), utilizou-se da reconciliação de dados, para encontrar novos valores que satisfizessem as equações do balanço (restrições do problema) através de técnicas de otimização usando a programação matemática. Procurou-se minimizar a função objetivo, reduzindo as diferenças entre os valores das vazões mapeadas (medidas ou estimadas) e os valores reconciliados.

A construção de balanços hídricos associados aos dados de reconciliação com base na QI, proposta por Martins *et al.* (2010), utiliza a formulação típica de Crowe (1986), para os problemas de reconciliação de dados, com redundância de dados medidos, expressa pelas Equações (7 e 8).

Na Equação 7 está representada a expressão da função objetivo do problema de reconciliação quando há redundância de dados; e na Equação 8 estão as restrições de igualdade equivalentes ao balanço de massa global do volume de controle avaliado.

$$\min_{V_R} \sum_{i=1}^N \frac{(V_{Ri} - V_{Mi})^2}{\sigma_i^2} \quad \text{Equação (7)}$$

Para os fluxos $i = 1, \dots, N$. Onde: V_{Ri} = vazões reconciliadas; V_{Mi} = vazões medidas; σ_i^2 = variância (associada ao grau de incerteza do medidor).

$$\text{s.a.} \sum_{l=1}^L (V_{Rl})_{in_k} - \sum_{m=1}^M (V_{Rm})_{out_k} = 0 \quad \text{Equação (8)}$$

para $k=1, \dots, K$

Para $k = 1 \dots K$ volumes de controle ou unidades.

Para os fluxos $i = 1, \dots, L$. Onde: V_{Ri} = vazões reconciliadas; V_{Mi} = vazões medidas; in = correntes de entrada; out = correntes de saída; k = referente ao volume de controle (unidade); K = número de volumes de controle envolvidos (unidades); l = referente as correntes de entrada no volume de controle k; L = número de correntes de entrada de cada unidade; m = referente as correntes de saída do volume de controle k; M = nº de correntes de saída de cada unidade k.

Martins *et al.* (2010), propuseram para sistemas sem redundância de dados medidos, uma nova formulação da função objetivo de Crowe (Equação 7). Considerando a QI inversamente proporcional à variância, como é apresentada na Equação 9, onde M_i representa correntes mapeadas que podem ser tanto medidas como estimadas.

$$\min_{V_R} \sum_{i=1}^N \frac{QI_i^2}{V_{M_i}^2} (V_{R_i} - V_{M_i})^2 \quad \text{Equação (9)}$$

Para os fluxos $i = 1, \dots, N$. Onde: V_{R_i} = vazões reconciliadas; V_{M_i} = vazões medidas ou estimadas; QI = qualidade da informação (associada ao grau de confiabilidade da medição).

Para a reconciliação das vazões do BH utilizou-se o *software* MATLAB, com a rotina *Fmincon do toolbox* de otimização. Os dados de vazão e QI foram importados das planilhas eletrônicas do relatório do MSEXcel®. Como o número de correntes aquosas consideradas no balanço do foi pequeno, utilizou-se, também, a ferramenta *solver* do MSEXcel®, com resultados satisfatórios quando comparados aos dados gerados a partir do MATLAB.

ETAPA V (EV) - Análise e interpretação dos dados para validação do BHR.

Após as análises e interpretação dos novos dados de vazão gerados, a partir da terceira reconciliação realizada, optou-se por validá-los, por se mostrarem mais consistentes e que melhor representam os diversos consumos de água do sítio aeroportuário. Após a validação dos dados reconciliados das correntes aquosas de entrada calculou-se os consumos de água da área tanto em termos absolutos como de consumo específico, por passageiro e usuários.

ETAPA VI (EVI) - Melhoria da Qualidade da Informação (QI).

Após as duas primeiras reconciliações, quando os dados das vazões reconciliadas foram comparados aos das vazões mapeadas, verificaram-se algumas discrepâncias entre eles que poderiam ser minimizadas a partir de uma nova escala de valores para a QI. Dessa forma, foram propostas mais duas escalas de valores para a QI, e realizadas outras duas reconciliações. A escala apresentada no Quadro 6 (subitem 4.1.4.3) foi a utilizada na terceira reconciliação de dados e, a que gerou os melhores valores – para as vazões reconciliadas quando comparadas às mapeadas – para o balanço do sítio aeroportuário.

3.1.5 Caracterização do perfil de consumo de água em sanitários do terminal de passageiros

3.1.5.1 Elaboração e aplicação da “pesquisa de opinião: o perfil do consumo de água no terminal de passageiros.”

ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Os dados de consumo de água do terminal de passageiros (TPS) do Aeroporto Internacional de Salvador apontam os sanitários como os maiores consumidores. Sendo assim, visando identificar o perfil de consumo de água nesses ambientes e sua parcela de contribuição no consumo total do TPS, realizou-se uma pesquisa de opinião com os passageiros, na sala do embarque doméstico.

O instrumento utilizado na pesquisa foi o questionário com uma abordagem de possíveis situações, atitudes e comportamentos dos passageiros nos sanitários. Na definição do tamanho da amostra, considerou-se aceitável um erro de 5%.

Visando o planejamento para aplicação dos questionários e uma avaliação mais precisa e consistente dos dados, foi realizado pré-teste e, posteriormente, as correções necessárias para o fechamento definitivo dos questionários.

Os questionários em suas versões definitivas tiveram perguntas que abrangeram não apenas as atitudes dos usuários em relação ao consumo de água, mas também opiniões sobre o projeto e o uso consciente da água. Dentre as perguntas: tempo de permanência no aeroporto; utilização do sanitário; opinião sobre o design e altura dos mictórios; opinião sobre a quantidade de água nos sanitários; importância do projeto desenvolvido pela empresa; disposição das mulheres para o uso do mictório feminino (apresentou-se foto); disposição para o uso da água reciclada; utilização da água de forma consciente, etc. Ao final do questionário foi inserido um formulário avulso solicitando sugestões para o uso racional da água na área de estudo.

DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DE PASSAGEIROS PARA APLICAÇÃO DA PESQUISA

Para a determinação da amostra foram utilizados parâmetros estatísticos que apresentaram o número de questionários representativos da população, para um erro amostral tolerável (E), previamente estabelecido, de 5%. Para o tamanho da população (N), considerou-se a do mesmo período em 2007, ou seja, junho de 2007 (15 498 ±1 808)passageiro/dia. O tamanho da amostra (n), a ser pesquisada, teve como base a Equação 10 obtida em Barbetta (2006), que utiliza uma amostra aproximada (n_0), calculada a partir da Equação 11.

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0} \quad \text{Equação (10)}$$

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \quad \text{Equação (11)}$$

Onde:

n_0 = primeira aproximação do tamanho da amostra

E = erro amostral tolerável

N = tamanho da população

n = tamanho da amostra

A aplicação dos questionários com os passageiros foi realizada no período de 13 a 20/06/2008, no embarque doméstico. Apesar de a amostra definir 391 entrevistas, para o erro de 5%, foram realizadas 473 entrevistas. Destas, 209 realizadas com passageiros do sexo feminino e 264 com passageiros do sexo masculino.

3.1.5.2 Aferição das vazões dos lavatórios e mictórios de sanitários do terminal de passageiros

Para o desenvolvimento de pesquisas na área de racionalização do uso da água no meio urbano é importante ter o conhecimento detalhado da composição do consumo de água na edificação em estudo, principalmente nos sanitários, vez que

estes se caracterizam como um dos grandes consumidores de água predial. Como a maioria dos usos nos sanitários públicos é para urinar, tem-se aqui um grande desperdício, pois, o volume hoje praticado nestas peças é muito maior que o necessário para o simples transporte da urina (KAMMERS, 2004).

Para subsidiar na elaboração de proposições para o uso racional da água nos sanitários do terminal de passageiros, foi fundamental conhecer o consumo de água nesses ambientes. E na ausência de dados, foram desenvolvidos métodos específicos para as medições do consumo nos aparelhos instalados nos sanitários, com destaque para os mictórios e os lavatórios. Salienta-se que para as bacias sanitárias, como não se conseguiu evoluir em um método de fácil utilização, assumiu-se o valor de 12 litros de água por descarga.

EXPERIMENTO (MICTÔMETRO) PARA AFERIÇÃO DO VOLUME DA DESCARGA DO MICTÓRIO

Na medida em que não existiam informações sobre o consumo de água nos sanitários e diante da raridade do registro de dados na literatura, foram realizadas medições nos mictórios dos sanitários do terminal de passageiros. Os dados ora obtidos, junto com aqueles obtidos nas pesquisas de opinião, foram utilizados para compor a estimativa do consumo de água nos sanitários.

Para os mictórios, desenvolveu-se um método que pudesse ser facilmente replicado pelas equipes de manutenção da Infraero em suas rotinas operacionais. O método consiste na medição através de um desentupidor de pia graduado, denominado de “mictômetro”. O “mictômetro” foi posto no local do ralo para impedir a passagem de água da descarga. Após o acionamento da descarga foi realizada a leitura do volume de água de acordo com a graduação do “mictômetro.” O tempo foi medido por cronômetro (Figura 15).

A graduação do “mictômetro” foi realizada em um mictório vazio adicionando-se volumes conhecidos de água e fazendo as devidas marcações dos volumes correspondentes. Para testar o método, coletou-se a água da descarga do mictório com uma pêra de sucção colocou-a em um becker graduado, e comparou-se as leituras.

Figura 15 – Aferição do volume da descarga do mictório



Fonte: A autora, 2010.

EXPERIMENTO PARA AFERIÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DA TORNEIRA DO LAVATÓRIO DE SANITÁRIOS

Para determinar os volumes de água utilizados pelas torneiras dos lavatórios, realizou-se a coleta da água em um béquer graduado e cronometrou-se o tempo (Figura 16). Realizaram-se dois experimentos em 2008. O primeiro nos dias 10 e 18 de julho, em 15 mictórios e 20 lavatórios distribuídos em 5 sanitários de grande movimentação do TPS para testar o “mictômetro”. E o segundo experimento ocorreu nos dias 21 e 28 de novembro, em 48 mictórios e 72 lavatórios de 24 sanitários do TPS.

Figura 16 – Aferição do volume de água nos lavatórios



Fonte: A autora, 2010

3.2 ETAPA 02 – INSTRUMENTOS PARA PROPOSIÇÃO DE AÇÕES E TECNOLOGIAS PARA O CONSUMO RACIONAL DA ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR

A partir dos dados do cadastramento dos sanitários e de peças hidrossanitárias; da pesquisa de opinião para identificação dos padrões de consumo de água nos sanitários; do balanço hídrico reconciliado; e das medições dos volumes de água dos mictórios e dos lavatórios, pôde-se obter um melhor conhecimento da forma como ocorre o consumo de água no aeroporto internacional de Salvador e identificar os seus grandes consumidores.

A partir deste conhecimento propõe-se a inserção de procedimentos na manutenção e regulagem periódicas dos aparelhos hidrossanitários de forma a mantê-los nas vazões previamente estabelecidas; alteração no *design* dos sanitários a partir da redistribuição do número de mictórios e bacias sanitárias e incremento do número de mictórios.

Para se conseguir a redução do consumo de água nos sanitários do TPS é imprescindível a execução dos planos:

- ✦ *Plano de manutenção contemplando a manutenção preditiva, preventiva e corretiva para o sistema hidrossanitário do Aeroporto Internacional de Salvador.* Este deverá contemplar além das medidas recomendadas para os cenários, a seguir, ações de treinamento e capacitação dos técnicos responsáveis do setor.
- ✦ *Plano de sinalização, em inglês e português, para os sanitários masculinos e femininos identificando as vazões e os devidos usos dos aparelhos hidrossanitários, dentre outras informações, visando estímulo ao uso adequado dos aparelhos. O plano deverá atentar para a linguagem a ser utilizada considerando-se a existência de preconceitos com relação ao tema em questão.*
- ✦ *Plano de monitoramento diário do consumo de água nos sanitários.* Este deverá contemplar atualização das plantas das instalações hidráulicas dos sanitários e a instalação de hidrômetros, com sistema de telemedição, para o acompanhamento do consumo de água no sanitário e nos aparelhos instalados.

3.2.1 Proposição de cenários para simulação visando à redução do consumo de água em sanitários do terminal de passageiros.

Foram propostos seis cenários visando a simulação da redução do consumo de água nos sanitários do TPS. A cada cenário proposto, somaram-se os resultados que seriam atingidos com os cenários anteriores.

Os cenários propostos contemplaram: a inserção de procedimentos na manutenção e regulagem periódicas dos aparelhos hidrossanitários de forma a mantê-los nas vazões previamente estabelecidas; a alteração no *design* dos sanitários masculinos com o incremento de mictórios a partir da redistribuição do número de mictórios e bacias sanitárias; e a substituição do atual modelo dos mictórios para os de maior tamanho, visando mais conforto ao usuário.

No Quadro 2 é apresentada uma síntese dos seis cenários e respectivas ações para a redução do consumo de água nos sanitários masculinos e femininos do terminal de passageiros do AIS.

Quadro 2 - Cenários (C) com as ações propostas para redução do consumo de água nos sanitários do TPS

CENÁRIOS (C)	AÇÕES PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NOS SANITÁRIOS
C00	SITUAÇÃO ATUAL: o consumo atual sem nenhuma intervenção. Média de 22 491 passageiros/dia (dezembro/2009). Considerando-se o consumo de água dos sanitários obtidos no balanço hídrico reconciliado para dezembro de 2009 de 200m ³ /dia (T2) apresentado na Tabela 16 do subitem 4.1.4.5.
C01	C00 + REGULAGEM nas descargas dos MICTÓRIOS dos sanitários MASCULINOS e nos LAVATÓRIOS MASCULINOS E FEMININOS para 0,25L/descarga e ou acionamento . Para o mictório o valor é um pouco menor que o volume mínimo proposto na revisão da NBR 13 713 (0,28L/acionamento), e para o lavatório considerou-se o mesmo valor.
C02	C01 + SUBSTITUIÇÃO em 80% dos usos da bacia sanitária MASCULINAS para urinar pelo MICTÓRIO (3,0L/descarga) (incentivo ao uso do mictório). Valor adotado para o fluxo de descarga para dejetos líquidos para as bacias sanitárias de duplo acionamento.
C03	C02 + REGULAGEM de 50% das descargas das bacias MASCULINAS para urinar com volume correspondendo a 1/4 de 12,0L/descarga (3,0L/descarga) . Valor adotado para o fluxo de descarga para dejetos líquidos para as bacias sanitárias de duplo acionamento.
C04	C03 + REGULAGEM de 20% das descargas das bacias sanitárias FEMININAS para urinar com volume correspondendo a 1/4 de 12,0L (3,0L) . Valor adotado para o fluxo de descarga para dejetos líquidos para as bacias sanitárias de duplo acionamento.
C05	C04 + REGULAGEM de 50% das descargas das bacias sanitárias FEMININAS com volume de 3,0L/descarga para URINAR (simulando a instalação do mictório feminino). Valor adotado para o fluxo de descarga para dejetos líquidos para as bacias sanitárias de duplo acionamento.
C06	C05 + SUBSTITUIÇÃO de 50% das descargas das bacias sanitárias MASCULINAS e FEMININAS para de DUPLO ACIONAMENTO (3,0 e 6,0) L/descarga , para urinar e defecar, respectivamente.

Fonte: A autora, 2011.

3.2.2 Identificação de ações e tecnologias para o consumo racional de água

Após a análise dos dados do diagnóstico relativos à demanda, oferta e consumo de água; aos dados do balanço hídrico reconciliado e à definição dos padrões de consumo de água no terminal de passageiros, foram identificadas e propostas as ações e tecnologias para o consumo racional da água no Aeroporto Internacional de Salvador.

Capítulo 4

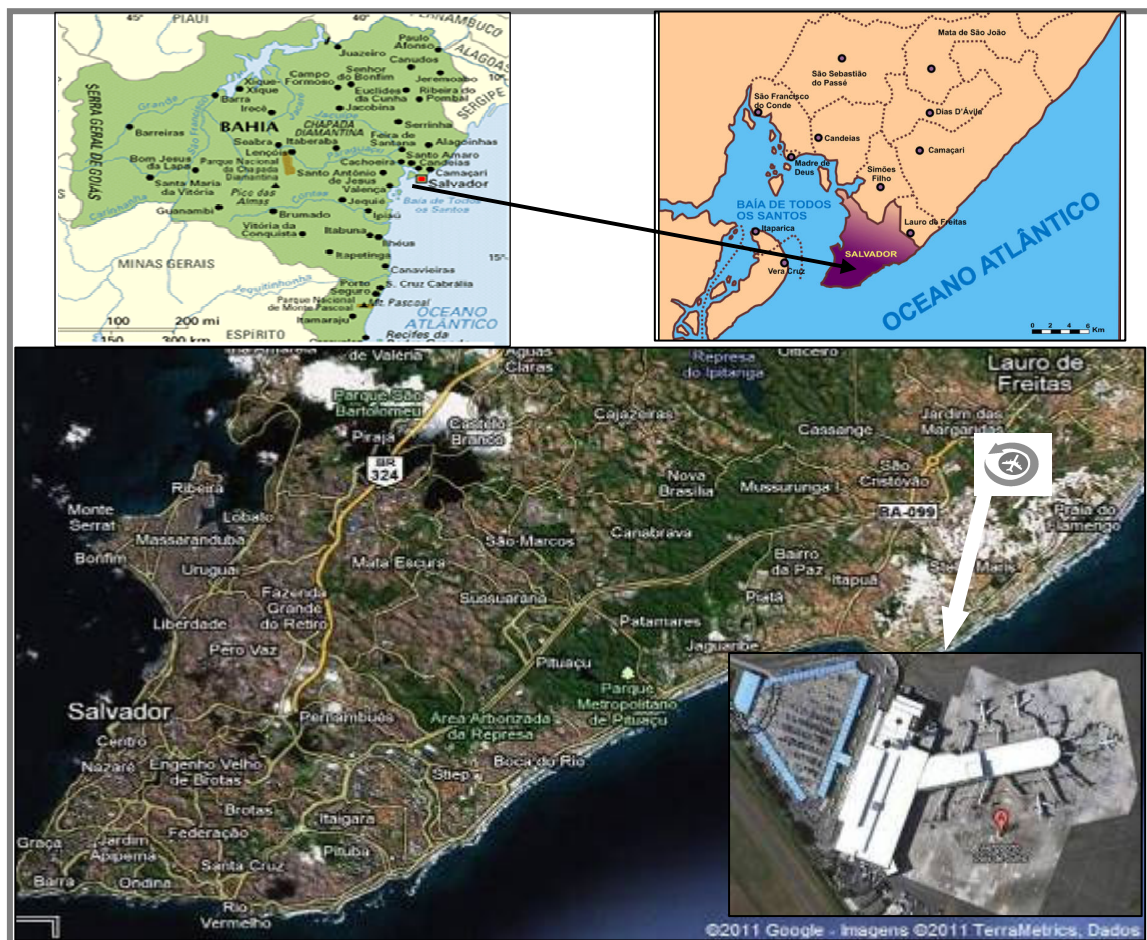
RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ETAPA1 – O DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR

4.1.1 Caracterização do Aeroporto Internacional de Salvador

O Aeroporto Internacional de Salvador (AIS) situa-se na Cidade do Salvador, capital do Estado da Bahia. Salvador faz parte da Região Metropolitana de Salvador (RMS), com mais doze municípios. Tem como limites físicos os municípios de Lauro de Freitas, Candeias e Simões Filho; e o Oceano Atlântico (Figura 17).

Figura 17 – Localização do Aeroporto Internacional de Salvador – Bahia



Fonte: Adaptado de: <http://www.viagemdeferias.com/mapa.bahia>; Google imagens 2011 TerraMetrics

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/2010), a RMS possui cerca de 3,6 milhões de habitantes, sendo a terceira mais populosa do Nordeste, e a sétima do Brasil. Salvador com cerca de 3 milhões de habitantes é a terceira capital mais populosa do Brasil.

O sítio aeroportuário de Salvador situa-se em uma área de cerca de 7 milhões de metros quadrados (Quadro 3). Seu acesso viário ocorre por um corredor de 800m cercado de bambus. Atualmente o aeroporto é responsável por mais de 30% da movimentação de passageiros da Região Nordeste do Brasil.

Quadro 3 – Principais características do sítio aeroportuário de Salvador.

Sítio aeroportuário	6 847 192m ²
Pátio das aeronaves	211 000m ²
Pista	(3 005 x 45)m e (1 520 x 45)m
Terminal de passageiros - TPS	69 750m ²
Estacionamento	1 350 vagas
Estacionamento de aeronaves	24 posições (podem ser alteradas conforme mix de aeronaves)

Fonte: www.infraero.gov.br, dezembro, 2010a

No Quadro 4 estão apresentadas as edificações administradas pela Infraero e seus serviços prestados. Destaca-se o terminal de passageiros, responsável pelo transporte de passageiros, serviços administrativos e pelos serviços de utilidade pública aos passageiros e a população em geral que frequenta o aeroporto.

Quadro 4 – Edificações da Infraero no sítio aeroportuário de Salvador e serviços prestados

EDIFICAÇÕES	SERVIÇOS PRESTADOS
Terminal de Passageiros (TPS)	Transporte de passageiros, serviços administrativos, e prestação de serviços de utilidade pública.
Prédio de apoio	Manutenção do aeroporto, almoxarifado, incinerador de resíduos.
Setor de Combate a Incêndio (SCI)	Caminhões de combate a incêndio.
Terminal de carga (TECA) Internacional	Importação e exportação de carga internacional.
Terminal de carga (TECA) Nacional	Importação e exportação de carga nacional.
Cascata ornamental	Cascata ornamental na entrada do TPS.
Subestação KF	Fornecimento de energia.
Guaritas: Hangares, Cabeceira 28 Elevada e Eixo 3	Segurança do sítio aeroportuário.

Fonte: Infraero - Gerência de manutenção – SVMN, 2007

Diariamente circulam no terminal de passageiros do aeroporto cerca de 40 mil pessoas, entre passageiros, funcionários e acompanhantes. Mais de 16 mil empregos diretos e indiretos são gerados para atender a uma média diária de 19 mil passageiros, e 240 pousos e decolagens com vôos domésticos e internacionais. Para atender as atuais demandas, o aeroporto possui um terminal de passageiros (TPS) com cerca de 70 000m² e uma área comercial, denominada por *Aeroshopping*, com 112 lojas, uma praça de alimentação com 490 lugares e um estacionamento para 1 350 vagas diárias (INFRAERO, 2010).

Como resultado dessa grande movimentação de passageiros e das diversas facilidades disponibilizadas à comunidade, tem-se uma demanda cada vez maior pelos serviços de infraestrutura com destaque, para o abastecimento de água, atualmente 100% fornecida pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento do Estado da Bahia (Embasa). Exatamente por esse motivo o TPS foi selecionado como a área objeto da pesquisa ora apresentada.

Para atender a demanda dos usuários no TPS estão instalados mais de 120 sanitários, além do sistema de refrigeração e o setor de alimentação. A falta de medição setorizada no terminal dificulta o entendimento do padrão de consumo comprometendo na definição de ações voltadas para o consumo racional da água em suas instalações.

4.1.2 A demanda e a oferta de água

4.1.2.1 A demanda de água no terminal de passageiros

LEVANTAMENTO DA MOVIMENTAÇÃO DE PASSAGEIROS

Os dados de movimentação de passageiros (pax) obtidos para o terminal do Aeroporto Internacional de Salvador correspondem aos voos domésticos, nacionais e internacionais considerando-se os embarques, desembarques e as conexões realizadas, para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2009 (Tabela 11).

A partir dos dados da Tabela 11 e da Figura 18, observa-se um crescimento, para o período estudado, de 30% na movimentação de passageiros em 2009 com 7 051 558pax, em relação a 2006 com 5 425 747pax. A esse crescimento atribuem-

se, dentre outros fatores: as constantes ações empreendidas pelas companhias aéreas, com destaque para os preços competitivos das passagens em relação às de ônibus; as constantes promoções e facilidades de pagamento.

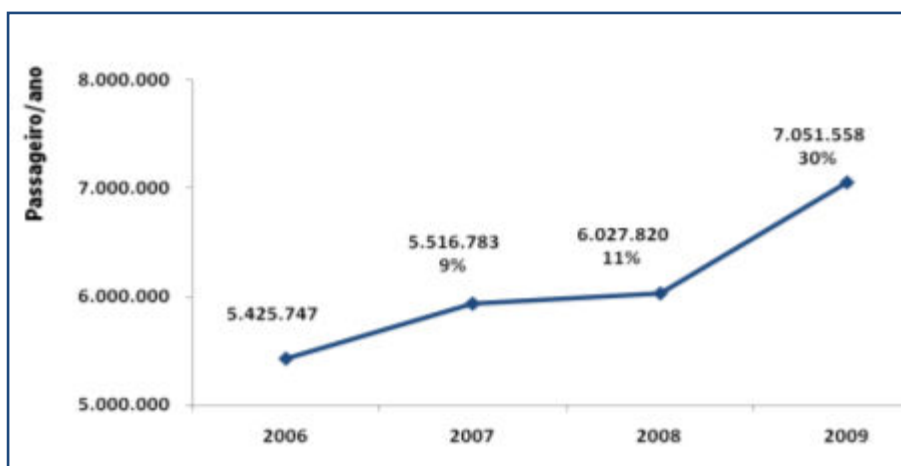
Tabela 11 - Movimento operacional no Aeroporto Internacional de Salvador (2006-2009)

MÊS	2006		2007		2008		2009	
	Pax*/mês	Pax/dia	Pax/mês	Pax/dia	Pax/mês	Pax/dia	Pax/mês	Pax/dia
Janeiro	524 534	16 920	622 467	20 080	633 055	20 421	687 106	22 165
Fevereiro	406 369	14 513	515 926	18 426	511 370	17 633	520 370	18 585
Março	418 977	13 515	459 492	14 822	511 695	16 506	517 779	16 703
Abril	445 237	14 841	521 331	17 378	498 930	16 631	534 742	17 825
Mai	435 884	14 061	465 028	15 001	507 051	16 356	499 914	16 126
Junho	448 700	14 957	464 936	15 498	488 882	16 296	546 815	18 227
Julho	484 414	15 626	487 508	15 726	491 667	15 860	657 638	21 214
Agosto	460 426	14 852	424 499	13 694	459 051	14 808	539 823	17 414
Setembro	457 636	15 255	452 166	15 072	440 589	14 686	579 608	19 320
Outubro	452 031	14 582	480 409	15 497	465 476	15 015	658 782	21 251
Novembro	406 561	13 552	487 507	16 250	463 470	15 449	611 756	20 392
Dezembro	484 978	15 644	551 405	17 787	556 584	17 954	697 225	22 491
Total	5 425 747	-	5 932 674	-	6 027 820	-	7 051 558	-
MÉDIA								
(PAX/dia)	(14 860±952)		(16 269±1 808)		(16 468±1 616)		(19 309±2 159)	

Fonte: Infraero - Gerência Operacional, 2007- 2009

*Pax – forma abreviada de passageiro no contexto da aviação.

Figura 18 – Evolução do movimento anual de passageiros de 2006 a 2009

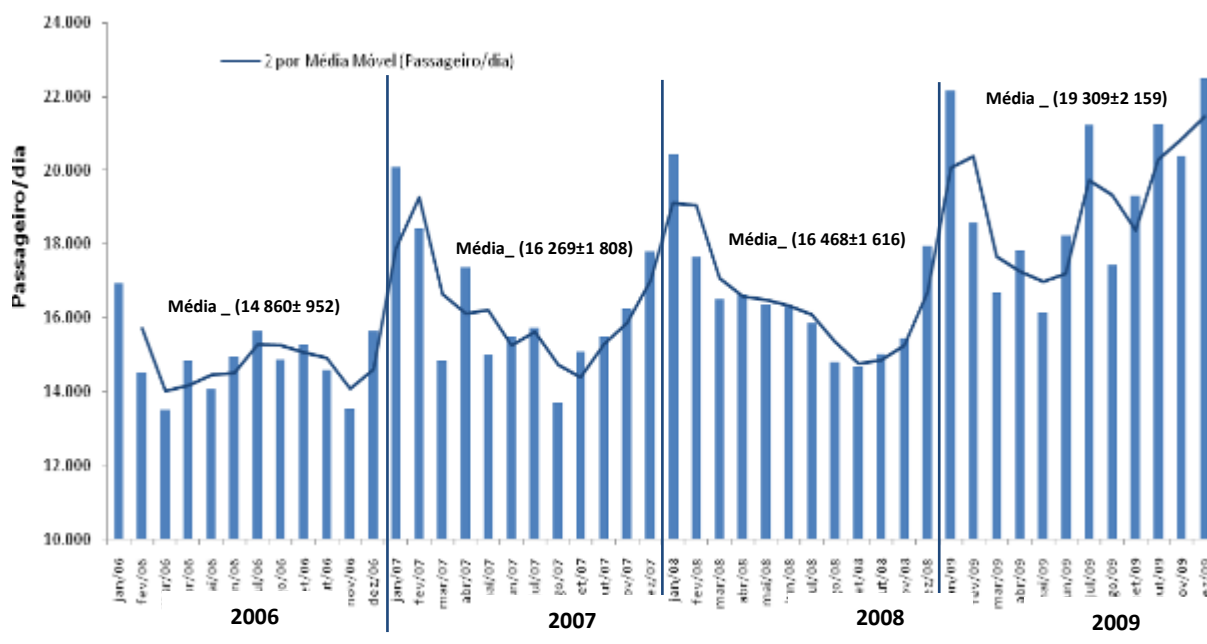


Fonte: Elaborado a partir dos dados da Infraero – Gerência Operacional, 2007-2009.

A partir da Figura 19 observa-se a evolução mensal da movimentação de passageiros no terminal de aeroporto (TPS). Os dados de 2006 apontam para uma média de $(14\ 860 \pm 952)$ pax/dia. Nesse ano a maior movimentação ocorreu no mês de janeiro, período de alta estação, com 16 920pax/dia e a menor ocorreu em março com 13 515pax/dia. Em 2007 a média de passageiros no TPS ficou em $(16\ 269 \pm 1\ 808)$ pax/dia, representando um aumento de 9% em relação a 2006. O mês que apresentou o maior movimento continuou sendo janeiro com 20 080pax/dia e o agosto com 13 694pax/dia foi o mês que apresentou a menor movimentação do ano.

Para 2008 os dados apontaram para uma média de $(16\ 468 \pm 1\ 616)$ pax/dia, com um leve aumento em relação a 2007. Janeiro continuou como o mês com o maior movimento com 20 421pax/dia. O mês que apresentou o menor número de passageiros foi setembro com 14 686pax/dia. Em 2009 houve um aumento de 17% na movimentação de passageiros em relação a 2008, a média ficou em $(19\ 309 \pm 2\ 159)$ pax/dia. No ano de 2009 o mês que apresentou o maior movimento de passageiros foi dezembro com 22 491pax/dia, não muito diferente de janeiro com 22 165pax/dia. Maio foi o mês com a menor movimentação de passageiros, em média 16 126pax/dia. A média de passageiros para todo o período, de 2006 a 2009 foi de $(16\ 727 \pm 2\ 311)$ pax/dia.

Figura 19 – Movimento anual, médio, de passageiros de 2006 a 2009 (pax/dia)



Fonte: Elaborado a partir dos dados da Infraero – Gerência Operacional, 2007-2009.

ESTIMATIVA DO NÚMERO DE ACOMPANHANTES DOS PASSAGEIROS

Na ausência de dados referentes ao número de acompanhantes por passageiros que embarcam no Aeroporto Internacional de Salvador, realizou-se uma estimativa para estes usuários, a partir dos dados apresentados em pesquisa realizada pela Infraero sobre o perfil de passageiros no Aeroporto Internacional de Salvador no período de 25 a 30 de março de 2007 (INFRAERO, 2007).

Para o cálculo da estimativa considerou-se as seguintes perguntas da pesquisa: no embarque (Tabela 12) quantas pessoas o trouxeram até o aeroporto; no desembarque (Tabela 13) – se mais alguém veio buscar esse passageiro (pergunta feita ao acompanhante).

Tabela 12- Número de acompanhantes dos passageiros embarcados.

Quantas pessoas o trouxeram até o aeroporto?	Frequência	Percentual (%)
Nenhum acompanhante	392	37,5
Apenas um acompanhante	451	43,2
Dois acompanhantes	98	9,4
Três acompanhantes	51	4,9
Quatro acompanhantes	14	1,3
Acima de quatro acompanhantes	19	1,8
NS/NB	20	1,9
TOTAL	1045	100,0

Fonte: Segundo Relatório Estatístico da Infraero - Pesquisa de perfil de passageiros para diversos aeroportos da Infraero. Gerência de Operações – INFRAERO, 2007

De acordo com os dados apresentados na Tabela 12, em torno de 38% dos passageiros no embarque chegaram ao aeroporto sem acompanhantes e 2% não informaram. Dos 60% dos passageiros que chegaram acompanhados, 43% informaram que estavam acompanhados por uma pessoa, 9% acompanhados por duas pessoas, 5% estavam acompanhados por três pessoas e 3% chegaram acompanhados por quatro ou mais pessoas.

Ainda de acordo com a pesquisa, 60% dos entrevistados que foram buscar o passageiro estava sozinho e 40% acompanhados. Desses 33% estavam com uma ou duas pessoas a mais e 7% com três ou mais pessoas (Tabela 13).

Tabela 13 – Número de acompanhantes dos passageiros desembarcados.

Mais alguém veio buscar esse passageiro? (pergunta feita ao acompanhante)	Frequência	Percentual (%)
Não	44	60,3
1 ou 2 pessoas	24	32,9
3 ou mais pessoas	5	6,8
TOTAL	73	100,0

Fonte: Segundo Relatório Estatístico da Infraero - Pesquisa de perfil de passageiros para diversos aeroportos da Infraero. Gerência de Operações – INFRAERO, 2007

Foi perguntado, também, qual o meio de transporte a ser utilizado pelos passageiros para deixar o aeroporto. De acordo com as respostas foram consideradas as seguintes premissas para a estimativa de acompanhantes dos passageiros: passageiros SEM acompanhante: 51% (táxi, ônibus de grupo de turismo, ônibus especial e de linha; carro alugado). E passageiros COM acompanhantes: 49% (carona, veículo próprio e da empresa em que trabalha).

Na Tabela 14 são apresentados os dados com a estimativa do número de acompanhantes dos passageiros para o período de 2006 a 2009. Esses foram calculados a partir dos dados apresentados nas Tabelas 12 e 13 e das informações sobre o meio de transporte a ser utilizado pelos passageiros para deixar o aeroporto.

Tabela 14 – Estimativa do número de acompanhantes dos passageiros (2006-2009).

MÊS	ACOMPANHANTE/DIA			
	MÉDIA 2006	MÉDIA 2007	2008	2009
Janeiro	20 305	24 095	24 505	26 598
Fevereiro	17 416	22 111	21 160	22 302
Março	16 218	17 787	19 808	20 043
Abril	17 809	20 853	19 957	21 390
Maio	16 873	18 001	19 628	19 352
Junho	17 948	18 597	19 555	21 873
Julho	18 752	18 871	19 032	25 457
Agosto	17 823	16 432	17 770	20 896
Setembro	18 305	18 087	17 624	23 184
Outubro	17 498	18 596	18 018	25 501
Novembro	16 262	19 500	18 539	24 470
Dezembro	18 773	21 345	21 545	26 989
MÉDIA				
(Acompanhante/dia)	(17 832±1 143)	(19 523±2 170)	(19 762±1 939)	(23 171±2 591)

Fonte: Elaborado a partir dos dados da Infraero – Gerência Operacional, 2007-2009.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 14, a média de acompanhantes estimada para 2006 foi de $(17\ 832 \pm 1\ 143)$ acompanhantes/dia, em 2007 esse número passou para $(19\ 523 \pm 2\ 170)$. Em 2008 a média ficou em $(19\ 762 \pm 1\ 939)$ acompanhantes/dia e permaneceu constante em relação a 2007. E em 2009 a média diária de acompanhantes foi de $(23\ 171 \pm 2\ 591)$, apresentando um aumento de cerca de 30% em relação a 2006.

A média para o período estudado, de 2006 a 2009, ficou em $(20\ 072 \pm 2\ 774)$ acompanhantes/dia. Comparando-se os dados apresentados na Tabela 14 com os dados da movimentação de passageiros no terminal de passageiros apresentados na Tabela 11, verifica-se que a relação entre passageiro/acompanhante é de 1,2. Isto é, um passageiro diariamente vai acompanhado para o aeroporto por em média 1,2 acompanhantes.

POPULAÇÃO FIXA DO TERMINAL DE PASSAGEIROS

A população fixa é aquela formada pelos funcionários da Infraero denominados por “orgânicos”, e pelos funcionários das suas empresas terceirizadas e concessionárias que desenvolvem, diariamente, atividades nas instalações aeroportuárias, em jornada de trabalho que atenda aos seus cargos e funções.

Na Tabela 15 é apresentada a média mensal, em funcionário/dia, da população fixa de 2006 a 2009. Segundo dados da Infraero, a média diária, dos seus funcionários “orgânicos”, para esse período foi de 300 funcionários, ou seja, os demais funcionários pertencem às empresas terceirizadas e às concessionárias. Destaca-se aqui que a oscilação dessa população ocorre em função da movimentação de passageiros e das demandas por serviços no terminal de passageiros.

De acordo com os dados apresentados, na Tabela 15, tem-se que a média da população fixa em 2006 foi de $(5\ 012 \pm 71)$ funcionários/dia, em 2007 passou para $(5\ 667 \pm 187)$ funcionários/dia, em 2008 este número passou para $(5\ 895 \pm 109)$ funcionários/dia e, em 2009, chegou em $(6\ 586 \pm 219)$ funcionários/dia, representando um aumento de cerca de 30% em relação a 2006. A média diária de funcionários do sítio aeroportuário para o período de 2006 a 2009 foi de $(5\ 790 \pm 589)$.

Comparando-se os dados da Tabela 11 com os da Tabela 15, percebe-se que com o aumento na movimentação de passageiros, aumenta a demanda por serviços no aeroporto, e, por conseguinte, na população de funcionários contratados nas diversas áreas profissionais para atender a estas demandas dos passageiros e seus acompanhantes.

Tabela 15– População fixa do Aeroporto Internacional de Salvador (2006-2009).

MÊS	POPULAÇÃO FIXA _ MÉDIA DIÁRIA			
	2006	2007	2008	2009
Janeiro	4 921	5 183	5 928	6 326
Fevereiro	4 906	5 443	5 819	6 371
Março	4 935	5 641	5 752	6 391
Abril	4 978	5 700	5 788	6 478
Maio	5 025	5 720	5 811	6 525
Junho	5 085	5 688	5 837	6 404
Julho	5 139	5 645	5 892	6 485
Agosto	5 095	5 716	5 899	6 643
Setembro	5 020	5 786	5 917	6 763
Outubro	5 021	5 786	5 908	6 784
Novembro	5 016	5 840	6 059	6 898
Dezembro	5 003	5 852	6 128	6 965
MÉDIA				
(Funcionário/dia)	(5 012±71)	(5 667±187)	(5 895±109)	(6 586±219)

Fonte: Infraero - Gerência Operacional, 2007- 2009

POPULAÇÃO DIÁRIA TOTAL DO SÍTIO AEROPORTUÁRIO (USUÁRIO/DIA)

A população diária total, aqui considerada como usuário/dia, do terminal de passageiros (Tabela 16), corresponde à população diária de passageiros somada à população de seus acompanhantes diários e população fixa que diariamente desenvolve suas atividades TPS.

A partir dos dados apresentados na Tabela 16 e na Figura 20, observa-se que a população diária total do terminal de passageiros em 2006 foi de (37 704±2 099) usuários/dia, tendo um pequeno acréscimo em 2007, quando a população total de passageiros circulantes no TPS passou de (41 459±3 859)usuários/dia. Em 2008 o

número de usuários no terminal teve um pequeno, quase imperceptível aumento, pontuando $(42\ 125 \pm 3\ 565)$ usuários/dia e, finalmente em 2009, esta população chegou a $(49\ 067 \pm 4\ 8424)$ usuários, representando um aumento de 30% em relação à população diária total usuária do TPS em 2006. A média para o período de 2006 a 2009 foi de $(42\ 589 \pm 5\ 435)$ usuários/dia.

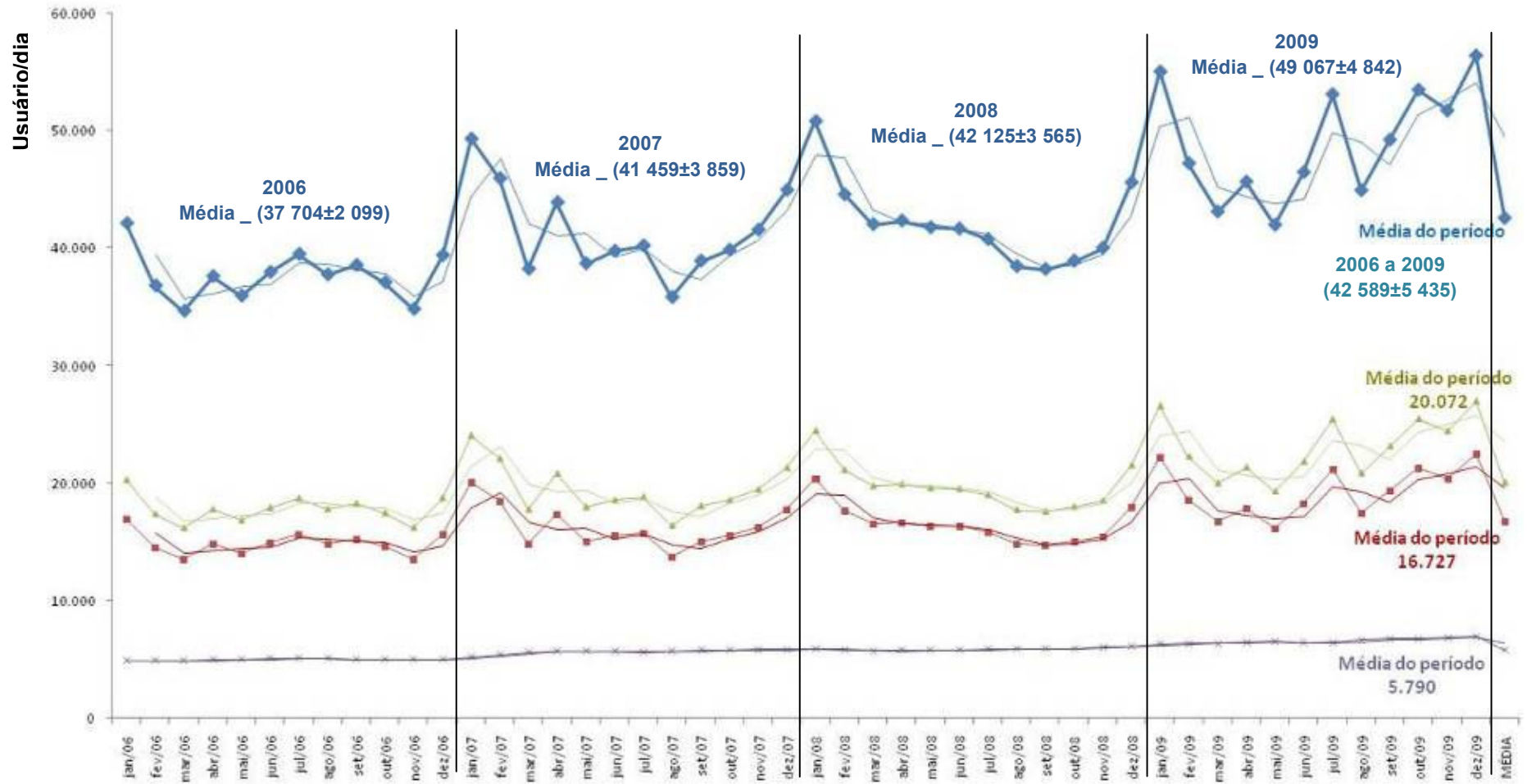
Tabela 16 – População total, ou usuária, do Aeroporto Internacional de Salvador (2006-2009)

MÊS	POPULAÇÃO TOTAL - MÉDIA DIÁRIA			
	2006	2007	2008	2009
Janeiro	42 146	49 358	50 854	55 088
Fevereiro	36 835	45 980	44 613	47 257
Março	34 669	38 250	42 066	43 137
Abril	37 629	43 931	42 376	45 692
Maio	35 959	38 722	41 795	42 003
Junho	37 990	39 783	41 688	46 504
Julho	39 517	40 242	40 784	53 156
Agosto	37 770	35 842	38 477	44 953
Setembro	38 580	38 945	38 227	49 268
Outubro	37 101	39 880	38 942	53 536
Novembro	34 830	41 591	40 047	51 760
Dezembro	39 421	44 984	45 628	56 445
MÉDIA				
(Usuário/dia)	(37 704±2 099)	(41 459±3 859)	(42 125±3 565)	(49 067±4 842)

Fonte: Elaborado a partir dos dados da Infraero – Gerência Operacional, 2007-2009.

Figura 20 – População total (usuários/dia) do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Salvador, 2006 a 2009.

- População total (usuário/dia)
- Passageiro/dia
- ▲— Acompanhante/dia
- x— População fixa
- 2 por média móvel (população total)
- 2 por média móvel (passageiro)
- 2 por média móvel (acompanhante)



Fonte: Elaborado a partir dos dados da Infraero – Gerência Operacional, 2007-2009.

4.1.2.2 A oferta de água no sítio aeroportuário

Além do levantamento de dados sobre a atual situação da oferta de água para o sítio aeroportuário, no Projeto Aguaero (TECLIM, 2008) foram realizados estudos visando a possibilidade de aproveitamento de fontes alternativas para o abastecimento do sítio. Salienta-se que esses estudos não foram objeto desta dissertação.

O estudo para a captação de água de chuva identificou uma área de aproximadamente $0,69\text{km}^2$. Desses, $0,63\text{km}^2$ correspondem às áreas de piso do Edifício Garagem e do pátio de estacionamento das aeronaves, das pistas principal e de taxiamento secundário. E os outros $0,06\text{km}^2$ correspondem às áreas de telhado dos prédios de apoio, do terminal de cargas (TECA) e do terminal de passageiros (TPS).

Foi realizado, também, um estudo preliminar visado a possibilidade de aproveitamento da água do aquífero local, a partir da identificação de um poço perfurado na entrada do TPS e de quatro poços, em funcionamento, na Base Aérea de Salvador, instalada ao lado do aeroporto (TECLIM, 2010).

RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO

Em relação à oferta de água, o sítio aeroportuário, atualmente, é abastecido pela rede do sistema de abastecimento de água da concessionária local, a Empresa Baiana de Águas e Saneamento do Estado da Bahia (Embasa).

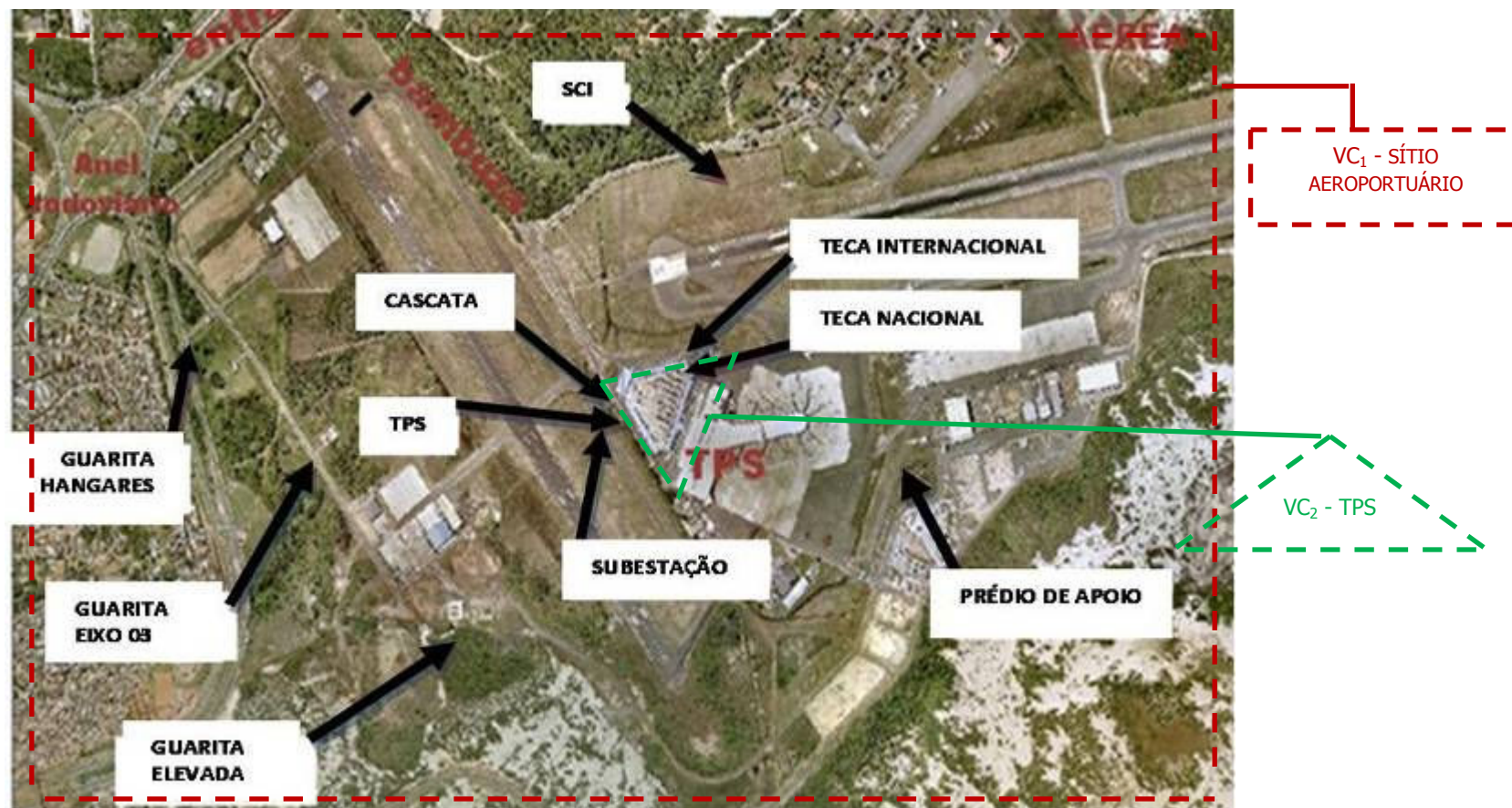
As instalações da Infraero no sítio aeroportuário são abastecidas por 15 reservatórios de água com capacidade total de armazenamento de $2\ 800\text{m}^3$. Desses, dois reservatórios cada um com capacidade de armazenamento de $1\ 000\text{m}^3$ são semienterrados e recebem a água direto da rede da Embasa. O outro reservatório, com capacidade de 800m^3 , está instalado no terraço do TPS para o seu abastecimento interno. Os demais são pequenos reservatórios de $0,25\text{m}^3$ e $0,50\text{m}^3$ que abastecem o prédio da manutenção, as guaritas e os terminais de carga.

4.1.3 O consumo de água

O consumo de água do sítio aeroportuário foi avaliado para o período de fevereiro de 2006 a dezembro de 2009, considerando-se dois níveis de abrangência, ou áreas de interesse de estudo, aqui denominadas de volumes de controle (VC). Na Figura 21 apresenta os volumes de controle definidos para este estudo.

O volume de controle VC₁ abrange o consumo de água do sítio aeroportuário incluindo o terminal de passageiro (TPS), o prédio de apoio, o prédio do setor de combate a incêndio (SCI), os terminais de logística de carga (TECA) Internacional e Nacional, o prédio da subestação KF, os prédios das guaritas, e a cascata ornamental na estrada do TPS. Para esse VC₁ utilizou-se os dados de consumo de água a partir das leituras diárias dos 10 hidrômetros instalados pela Embasa e inseridas no Sistema Aguapura Vianet. Observa-se que esses aparelhos não estão sujeitos a um plano de manutenção periódica, o que compromete o nível de certeza das medições.

Figura 21 – Volumes de controle (VC) definidos para o estudo de consumo de água no sítio



Fonte: Elaborado a partir da Imagem Google, 2011 TerraMetrics, Dados

O volume de controle VC₂ abrange toda a área do terminal de passageiros (TPS), incluindo as torres de resfriamento, os pontos de abastecimento (QTA) e de limpeza (QTU) das aeronaves, os concessionários, os sanitários, as copas e os bebedouros, o ponto temporário de teste dos carros de combate de incêndio e a área do jardim interno. Para definição dos consumos no VC₂ foram utilizados dados do Sistema Aguapura e os dados gerados a partir da construção do balanço hídrico reconciliado do sítio aeroportuário.

4.1.3.1 O consumo de água no sítio aeroportuário (VC₁)

A partir da definição do sítio aeroportuário como um dos volumes de controle (VC₁) para a definição dos consumos de água, foram identificados e cadastrados 10 prédios que fazem parte desse volume e os seus respectivos consumos, para o período de fevereiro de 2006 a dezembro de 2009.

Como já exposto, a Infraero já realizava o acompanhamento diário do consumo de água, nos hidrômetros instalados pela Embasa, registrando-o em planilha eletrônica no Microsoft Excel. Esses dados foram tratados estatisticamente para retirada de dados espúrios e posteriormente inseridos no Sistema Aguapura.

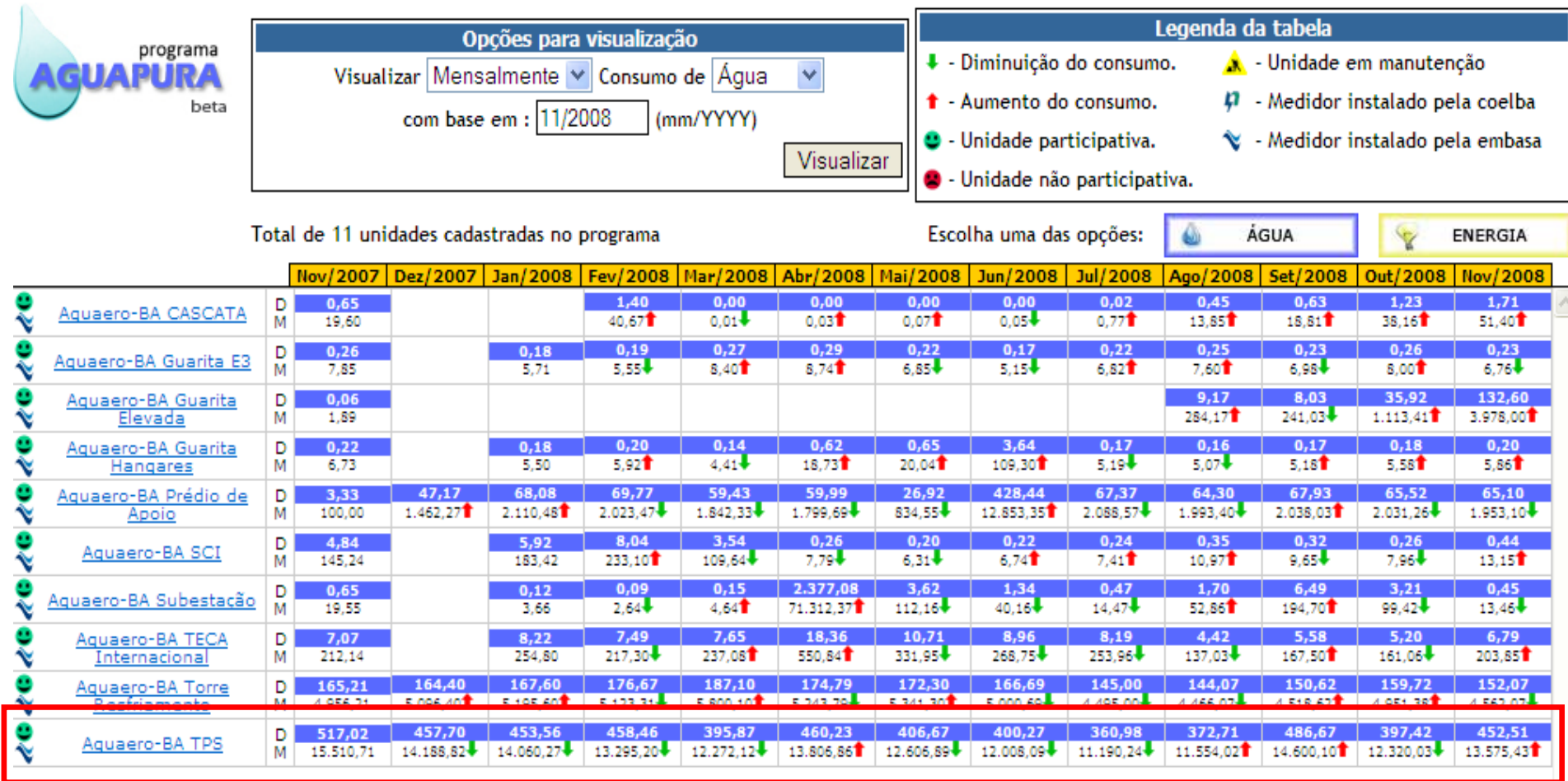
A título de exemplo, e para melhor visualização de como os dados são apresentados pelo sistema, na Figura 22 tem-se a tela principal do sistema com uma visão geral do consumo de água diário (D) em m³/dia, e total do mês (M), em m³/mês, dos prédios que compõem o VC₁, para o período de novembro de 2007 a novembro de 2008.

Destaca-se aqui o consumo de água do TPS para o período apresentado, identificado como o maior consumidor de água do sítio, dentre todos os consumos identificados. Verifica-se que dos 13 meses de acompanhamento apresentados, em oito houve uma redução do consumo de água, indicada pelas setas em cor verde e nos outros cinco meses houve um aumento no consumo de água, indicado pelas setas em cor vermelha.

Na Figura 23 observam-se os histogramas gerados pelo Sistema Aguapura a partir dos dados de consumo de água do TPS. No primeiro estão apresentadas as médias diárias do consumo de água, de novembro de 2009, variando entre (250 e 600)m³/dia. O segundo com as médias mensais do consumo nos 24 últimos meses, (400 e 550)m³/mês.

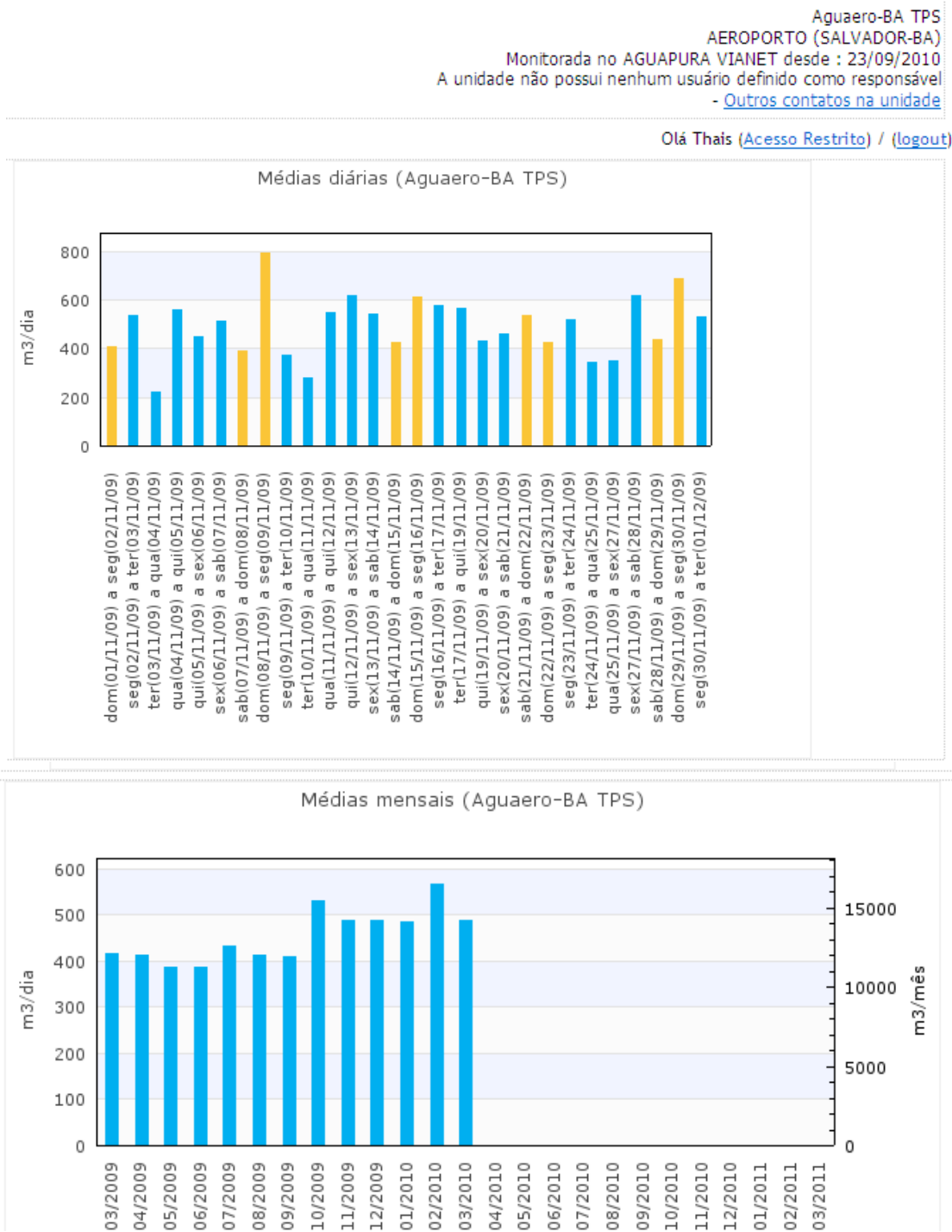
As barras em cor laranja representam o consumo no final de semana e as de cor azul, o consumo de água nos dias úteis.

Figura 22 - Consumo diário (m³/dia) e mensal (m³/mês) do TPS. Novembro de 2007 à novembro 2008



Fonte: Sistema Aguapura Vianet. www.teclim.ufba.br/aguapura.

Figura 23 - Histogramas com o consumo diário (m³/dia) e mensal (m³/mês) do terminal de passageiros. Novembro de 2009.

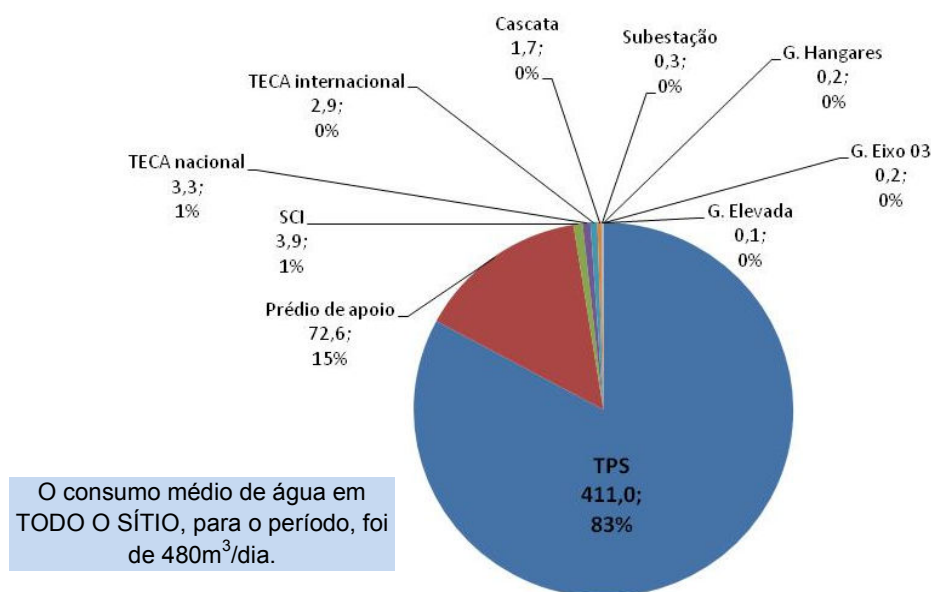


Fonte: Sistema Aguapura Vianet. www.teclim.ufba.br/aguapura.

Na Figura 24 é apresentada a distribuição do consumo médio diário do sítio a partir dos dados do Sistema Aguapura, para o período de fevereiro de 2006 a dezembro de 2009. O consumo médio de água do sítio aeroportuário, nesse

período, foi de 480m³/dia. O TPS foi responsável por 83% deste consumo, seguido pelo prédio de apoio com 15%. Os outros 2% estão distribuídos entre os prédios do setor de combate a incêndio (SCI) e da subestação, na cascata ornamental do TPS, nos terminais de carga (TECA) internacional e nacional, e nas 3 guaritas localizadas na área do sítio.

Figura 24 – Consumo médio de água no sítio aeroportuário, em m³/dia e percentuais



Fonte: Elaborada a partir dos dados do Sistema Aguapura Vianet. www.teclim.ufba.br/aguapura.

4.1.3.2 O consumo de água do terminal de passageiro (VC₂)

O volume de controle VC₂ abrange toda a área do terminal de passageiros (TPS). A partir dos dados de consumo do sítio aeroportuário (VC₂), identificou-se que a contribuição do terminal de passageiros (VC₂) no consumo médio diário do sítio (480m³) corresponde a mais de 80% (393m³).

A falta de medição setorizada e de um plano de hidrometração nos pontos de consumo de água no TPS dificultou o conhecimento do seu padrão de consumo. Logo, como proposto no item **3. Material e Métodos**, para vencer esta dificuldade foi construído o balanço hídrico reconciliado (BHR) instrumento desenvolvido pela Rede de Pesquisa Teclim. Os resultados obtidos estão a seguir apresentados.

4.1.4 O balanço hídrico reconciliado (BHR) do sítio aeroportuário

O balanço hídrico reconciliado (BHR) para o sítio aeroportuário, considerando-se os volumes de controle VC_1 (sítio aeroportuário) e VC_2 (o terminal de passageiros) foi construído a partir da metodologia descrita detalhadamente no **Capítulo 3. Material e Métodos**, item 3.1.4. Sendo assim, para a construção do BHR foram desenvolvidas as seis etapas propostas:

4.1.4.1 ETAPA I - Mapeamento dos pontos de consumo de água e geração de efluentes no sítio aeroportuário.

Na Etapa I foram identificados e mapeados 25 pontos de consumo de água e de geração de efluentes no sítio aeroportuário e no TPS. Desse total, 19 são caracterizados como correntes aquosas de entrada, sendo que 13 possuem hidrômetro instalado. E os outros seis são correntes de saída, todos sem medição do consumo de água (Quadro 5).

Quadro 5 – Correntes aquosas de entrada e saída do sítio aeroportuário (VC_1)

PONTOS DE CONSUMO DE ÁGUA		MEDIDOR	
CORRENTES AQUOSAS DE ENTRADA		SIM	NÃO
E1	ÁREA INDUSTRIAL		X
E2	TECA INTERNACIONAL	X	
E3	TECA NACIONAL	X	
E4	PRÉDIO DE APOIO	X	
E5	SUBESTAÇÃO	X	
E6	TERMINAL DE PASSAGEIROS (TPS)	X	
E7	ÁGUA CONDENSADA (FAN-COILS)		X
E8	SCI	X	
E9	CASCATA	X	
E10	GUARITA HANGARES	X	
E11	GUARITA EIXO 03	X	
E12	GUARITA ELEVADA	X	
TPS1	CONCESSIONÁRIOS MEDIDOS	X	

Continua

Continuação Quadro 5

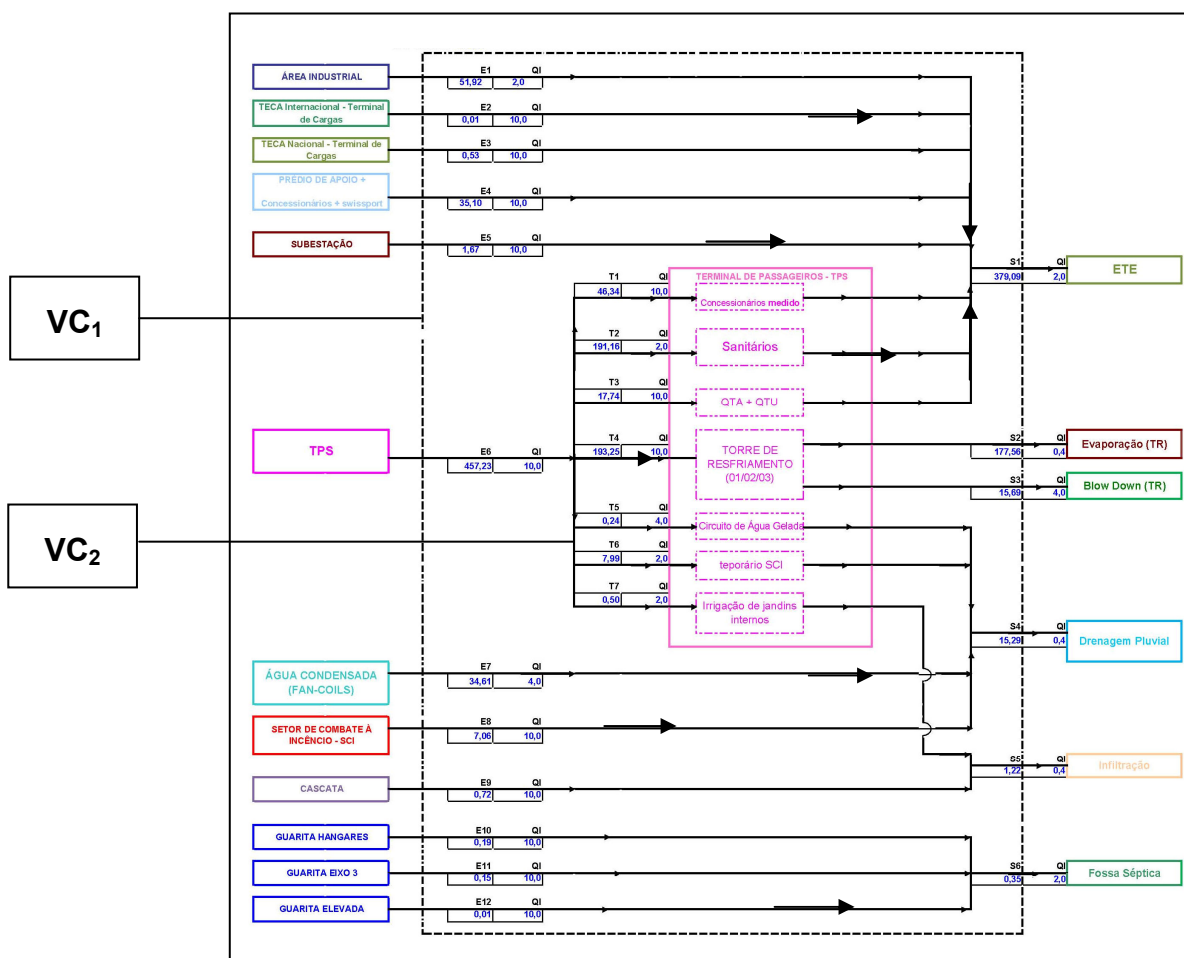
PONTOS DE CONSUMO DE ÁGUA		MEDIDOR	
CORRENTES AQUOSAS DE ENTRADA		SIM	NÃO
TPS2	Sanitários		X
TPS3	QTA + QTU (aeronaves)	X	
TPS4	Torre de Resfriamento (TR)	X	
TPS5	Circuito de Água Gelada		X
TPS6	Temporário SCI		X
TPS7	Irrigação de Jardins Internos		X
CORRENTES AQUOSAS DE SAÍDA		SIM	NÃO
S1	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)		X
S2	EVAPORAÇÃO DA TR		X
S3	PURGA DA TR		X
S4	DRENAGEM PLUVIAL		X
S5	INFILTRAÇÃO NO SOLO		X
S6	FOSSA SÉPTICA DAS GUARITAS		X

Fonte: A autora, 2011

4.1.4.2 ETAPA II - Construção da topologia do balanço hídrico (BH) em planilha eletrônica.

Nessa Etapa II foi construída a topologia do BHR em planilha eletrônica utilizando o software MSEXCEL®. As unidades de consumo de água e de geração de efluentes foram representadas por diagramas de blocos. E os fluxos das correntes aquosas foram representados por linhas e as suas direções de entrada e saída por setas (Figura 25).

Figura 25 – Topologia do balanço hídrico do sítio aeroportuário (VC₁) e do terminal de passageiros (VC₂).



Fonte: A autora, 2011

4.1.4.3 ETAPA III - Medição e/ou estimativa das vazões das correntes, definição da Qualidade da Informação (QI) e montagem do banco de dados do balanço.

Após a construção da topologia do balanço hídrico do sítio aeroportuário, partiu-se para a medição e/ou estimativa das vazões das correntes identificadas. Porém, em função da falta de medidores de vazão em alguns dos pontos identificados, alguns dados de vazão foram obtidos de diversas fontes: leitura dos hidrômetros; estimativas grosseiras; entrevistas; dados de projetos e experimentos de campo, dados de literatura.

Após o levantamento de dados da vazão construiu-se uma escala crescente com os valores da qualidade da informação (QI), considerando-se que quanto mais confiável a fonte de informação, maior o valor da QI (Quadro 6). Atribuiu-se uma QI ao dado de cada uma das vazões das correntes identificadas.

Para a criação do banco de dados do balanço hídrico foram elaboradas três planilhas eletrônicas no Microsoft Excel: uma com o balanço avaliado no volume de controle (VC) em estudo (considerando-se que a soma total das correntes de entrada é igual à soma total das correntes de saída) e o valor da vazão da corrente mapeado ou estimado. A segunda planilha é igual à anterior, porém, a célula que contém o valor da vazão é substituída pelo valor da QI associada a cada vazão. E a terceira planilha relatório com as correntes de entrada e saída dos volumes de controle, o valor das vazões mapeadas e reconciliadas e a QI correspondente.

Quadro 6 - Qualidade da Informação (QI) e fontes de informações para o AIS

QI – QUALIDADE DA INFORMAÇÃO	FONTES DE INFORMAÇÃO
0,4 - IPC (Pouco Confiável)	Estimativa grosseira sem muita consistência.
2,0 - ICB (Nível de Confiança Baixo)	Literatura existente, projetos antigos e simulações.
4,0 - ICM (Nível de Confiança Médio)	Experimentos de campo e estimativa confiável a partir de medições existentes e informações de operadores do sistema.
10,0 - ICA (Nível de Confiança Alto)	Hidrômetros instalados. Apesar de não estarem calibrados foi a melhor fonte disponível. Os dados foram tratados estatisticamente para retirada dos espúrios.

Fonte: Freire *et al.*, 2010

A partir da construção da topologia do balanço hídrico (BH) para o sítio aeroportuário, considerando-se os seus volumes de controle VC_1 (sítio aeroportuário) e VC_2 (terminal de passageiros), apresentada na Figura 25, foram definidas as Equações (12 a 18) que representassem da melhor forma o balanço hídrico do sítio aeroportuário e do terminal de passageiros.

$$E1+E2+E3+E4+E5+E6+E7+E8+E9+E10+E11+E12=S1+S2+S3+S4+S5+S6 \quad \text{Equação (12)}$$

$$E1+E2+E3+E4+E5+T1+T2+T3= S1 \quad \text{Equação (13)}$$

$$T1+T2+T3+T4+T5+T6+T7= E6 \quad \text{Equação (14)}$$

$$T4= S2+S3 \quad \text{Equação (15)}$$

$$T5+T6+E7+E8= S4 \quad \text{Equação (16)}$$

$$T7+E9= S5 \quad \text{Equação (17)}$$

$$E10+E11+E12= S6 \quad \text{Equação (18)}$$

4.1.4.4 ETAPA IV - Reconciliação dos dados do balanço hídrico utilizando-se da nova formulação de Martins *et al.*, 2010 proposta a partir da formulação típica de Crowe (1986).

A partir da formulação (Equação 9) proposta por Martins *et al.* (2010), para sistemas sem redundância de dados medidos, foi realizada a reconciliação dos dados.

$$\min_{V_R} \sum_{i=1}^N \frac{QI_i^2}{V_{Mi}^2} (V_{Ri} - V_{Mi})^2 \quad \text{Equação (9)}$$

Para os fluxos $i = 1, \dots, N$. Onde: V_{Ri} = vazões reconciliadas; V_{Mi} = vazões medidas ou estimadas; QI = qualidade da informação (associada ao grau de confiabilidade da medição).

Para a reconciliação das vazões do BH utilizou-se o *software* MATLAB, com a rotina *Fmincon do toolbox* de otimização. Os dados de vazão e QI foram importados das planilhas eletrônicas do relatório do MSEXcel®. Como o número de correntes aquosas consideradas no balanço foi pequeno, utilizou-se, também, a ferramenta *solver* do MSEXcel®, com resultados satisfatórios quando comparados aos dados gerados a partir do MATLAB (APÊNDICE A).

Para o sítio aeroportuário foram construídos 47 balanços hídricos reconciliados mensais de fevereiro de 2006 a dezembro de 2009. A título de exemplo a Tabela 17 apresenta as correntes de entrada (E) e saída (S); as vazões mapeadas (V_M); a qualidade da informação (QI); as vazões reconciliadas (V_R); e as discrepâncias encontradas entre as vazões mapeadas e as reconciliadas, para dezembro de 2009. E na Figura 26 é apresentado o fluxograma do balanço hídrico reconciliado para dezembro de 2009, com os dados da Tabela 17, a partir da topologia apresentada na Figura 25.

4.1.4.5 ETAPAS V e VI – Análise e interpretação dos dados para validação do BHR e melhoria da Qualidade da Informação (QI).

Após as análises e interpretação dos novos dados de vazão gerados, a partir da terceira reconciliação realizada, optou-se por validá-los, por se mostrarem mais

consistentes e que melhor representam os diversos consumos de água do sítio aeroportuário.

Após as duas primeiras reconciliações, quando os dados das vazões reconciliadas foram comparados aos das vazões mapeadas, verificaram-se algumas discrepâncias que poderiam ser minimizadas a partir de uma nova escala de valores para a QI. Dessa forma, foram propostas mais duas escalas de valores para a QI, e realizadas outras duas reconciliações. A escala apresentada no Quadro 6 foi a utilizada na terceira reconciliação de dados e, a que gerou os melhores valores – para as vazões reconciliadas quando comparadas às mapeadas – para o balanço do sítio aeroportuário.

Após a validação dos dados reconciliados das correntes aquosas de entrada calculou-se os consumos de água da área tanto em termos absolutos como de consumo específico, por passageiro e usuários.

Das 25 correntes consideradas, 19 são de entrada (E/TPS) e 6 de saída (S), e apenas 13 do total destas têm medidor, porém sem manutenção/calibração periódica. Os dados de dezembro de 2009 apontam o maior consumo de água para o TPS (E6) com 460m³/dia do total de consumo de 590m³/dia do sítio aeroportuário. Deste consumo total, 50m³/dia são da área industrial, não sendo monitorado, pela Infraero. Como os seus efluentes são lançados na estação de tratamento de esgoto (ETE) da Infraero, para o fechamento do BHR os dados de consumo desta área foram considerados.

Tabela 17 - Vazões mapeadas (V_M), qualidade da informação (QI), vazões reconciliadas (V_R), e discrepâncias. Balanço hídrico reconciliado de dezembro de 2009

CORRENTES	V _M	QI	V _R	DISCREPÂNCIA	
					(%)
E1 ÁREA INDUSTRIAL	52,99	2,00	51,90		2,02
E2 TECA INTERNACIONAL	0,01	10,00	0,00		0,00
E3 TECA NACIONAL	0,53	10,00	0,500		0,00
E4 PRÉDIO DE APOIO	35,12	10,00	35,10		0,05
E5 SUBESTAÇÃO	1,67	10,00	1,70		0,00
E6 TERMINAL DE PASSAGEIROS (TPS)	455,97	10,00	457,20		-0,28
E7 ÁGUA CONDENSADA (FAN-COILS)	34,73	4,00	34,60		0,33
E8 SCI	7,06	10,00	7,10		0,00
E9 CASCATA	0,72	10,00	0,70		0,00

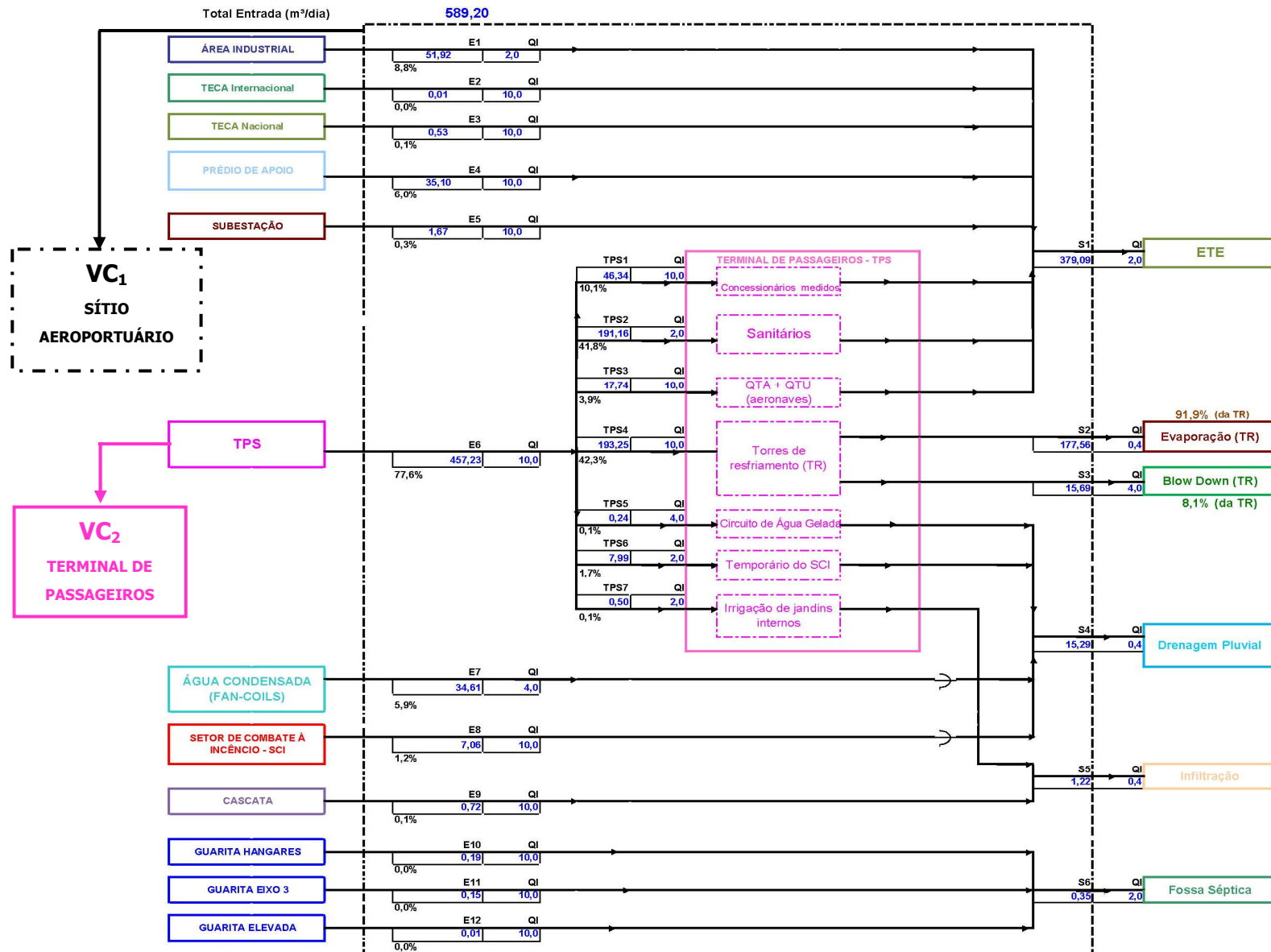
Continua

Continuação tabela 17

CORRENTES		V_M	QI	V_R	DISCREPÂNCIA
					(%)
E10	GUARITA HANGARES	0,19	10,00	0,20	0,00
E11	GUARITA EIXO 03	0,15	10,00	0,20	0,00
E12	GUARITA ELEVADA	0,01	10,00	0,00	0,00
TPS1	Concessionários Medidos	46,39	10,00	46,30	0,01
TPS2	Sanitários	216,05	2,00	191,20	11,52
TPS3	QTA + QTU (aeronaves)	17,75	10,00	17,70	0,04
TPS4	Torre de Resfriamento (TR)	193,50	10,00	193,30	0,13
TPS5	Circuito de Água Gelada	0,24	4,00	0,20	0,00
TPS6	Temporário SCI	8,00	2,00	8,00	0,12
TPS7	Irrigação de Jardins Internos	0,50	2,00	0,50	0,01
S1	Estação de tratamento de esgoto (ETE)	336,00	2,00	379,10	-12,82
S2	Evaporação da TR	168,03	0,40	177,60	-5,67
S3	Purga da TR	15,69	4,00	15,70	-0,00
S4	Drenagem Pluvial	15,30	0,40	15,30	0,06
S5	Infiltração no solo	1,22	0,40	1,20	0,00
S6	Fossa Séptica das guaritas	0,35	2,00	0,40	0,00

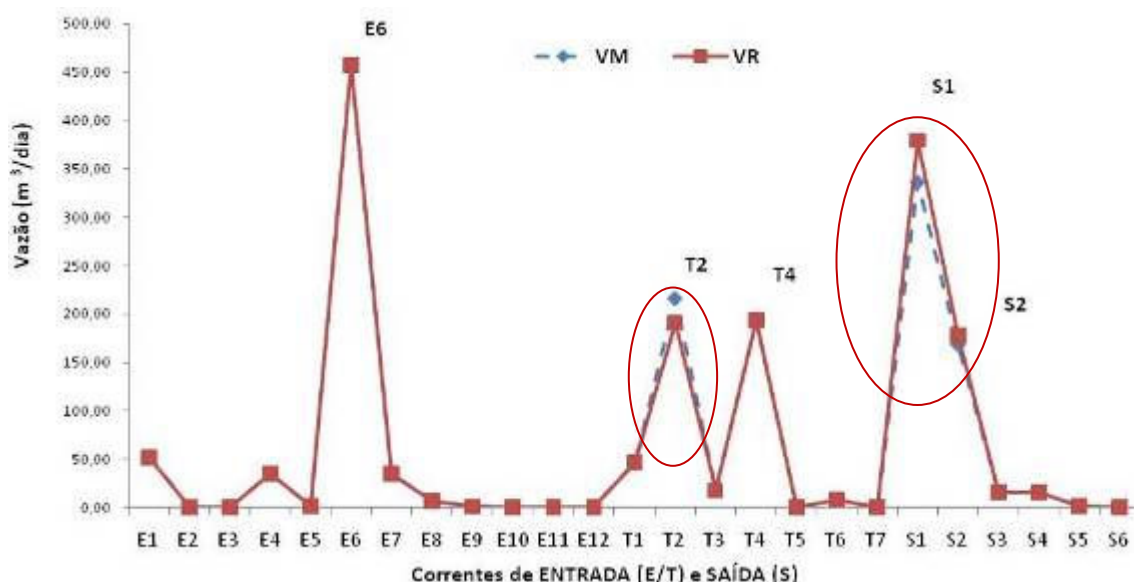
No volume de controle VC_2 , as correntes referentes aos sanitários (T2) e às torres de resfriamento (T4) tiveram um consumo diário de $190m^3$, cada, caracterizando-se como os maiores consumidores de água do TPS. Os valores encontrados para as vazões reconciliadas (V_R) das correntes T2 (sanitários), S1(ETE) e S2 (purga das torres de resfriamento) apresentaram as maiores discrepâncias quando comparadas com as respectivas vazões mapeadas (V_M) (Figura 27). Pode-se atribuir a esse fato os baixos valores atribuídos à qualidade da informação de cada corrente, em função da informação obtida para as suas estimativas.

Figura 26 - Balanço Hídrico RECONCILIADO (m³/dia) do Sítio Aeroportuário de Salvador Dezembro de 2009



Fonte: A Autora, 2011

Figura 27 – Vazões mapeadas (V_M) e reconciliadas (V_R). Dezembro/2009



Fonte: Freire *et al.*, 2010

4.1.4.6 O Consumo de Água no terminal de passageiros (VC_2) a partir do balanço hídrico reconciliado do sítio aeroportuário (BHR)

DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO TPS

A partir da construção do balanço hídrico reconciliado - BHR do sítio aeroportuário, aqui denominado de VC_1 , para o período de 2006 à 2009, pôde-se conhecer, com mais propriedade a distribuição do consumo de água no sítio, com destaque para o terminal de passageiro, maior consumidor de todo o sítio (Figura 28).

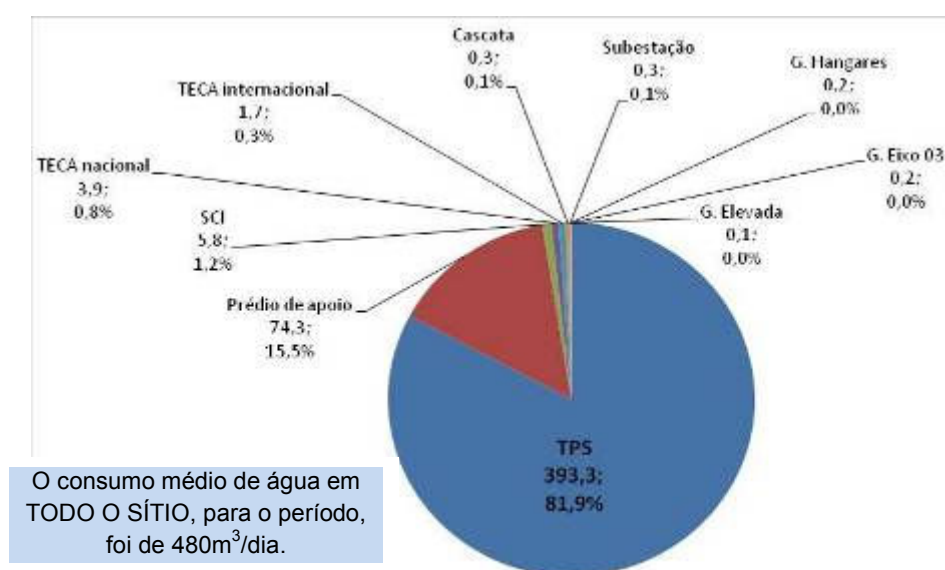
A distribuição do consumo médio de água no sítio a partir do BHR não apresentou grandes variações quando comparada com a realizada a partir dos dados do Sistema AGUAPURA (Figura 24). O que já era esperado, pois se trata justamente dos pontos de consumo que têm medição.

Os dados apontam que o consumo médio de água do TPS passou de 83% para 82% em relação ao consumo de todo o sítio, o prédio de apoio passou de 15% para 15,5%, e os outros 2,5% estão distribuídos entre os prédios do SCI e da

subestação KF, na cascata ornamental na entrada do TPS, no TECA nacional e internacional, e nas 3 guaritas do sítio.

A atribuição de vazões para os diversos consumos, dentro do TPS, foi conseguida através do Balanço Hídrico Reconciliado. O conjunto dos sanitários (47,5%) e as torres de resfriamento (41,0%) se apresentam como os principais consumidores (Tabela 18).

Figura 28 – Consumo médio de água no sítio aeroportuário, em m³/dia e percentuais, a partir do balanço hídrico reconciliado (2006-2009).



Fonte: A Autora, 2011

Tabela 18 - Consumo de água por usos no terminal de passageiros, médias anuais em m³/dia.

Período	Consumo total do TPS (m ³ /dia)	Sanitários (m ³ /dia) – (%)	Torres de resfriamento + outros* (m ³ /dia) – (%)	Torres de resfriamento (m ³ /dia) – (%)	Outros (m ³ /dia) – (%)
Fev a dez/2006	352,7	139,3 - 39,5	213,4 - 60,5	-	-
Jan a dez/2007	376,7	176,5 - 49,6	200,2 - 53,1	137,3 - 36,4	40,0 - 10,6
Jan a dez/2008	411,0	203,4 - 49,5	207,6 - 50,5	165,2 - 40,2	42,3 - 10,3
Jan a dez/2009	429,4	215,4 - 50,2	213,9 - 49,8	164,0 - 68,2	50,0 - 11,6
Fev/2006 a dez/2009	393,3	184,6 - 46,9	208,7 - 53,1	159,1 - 40,4	44,9 - 11,4
Percentual em relação ao TPS (%)	100,0	47,5	52,5	41,0	11,5

* outros consumos: concessionárias (praça de alimentação), irrigação de jardins internos ao TPS, testes dos equipamentos móveis de combate a incêndio, e abastecimento e higienização de aeronaves.

Fonte: A Autora, 2011.

A partir dos dados apresentados na Tabela 18 e na Figura 29, observa-se uma oscilação no consumo médio anual do TPS entre 353m³/dia e 429m³/dia, de fevereiro de 2006 a dezembro de 2009. O consumo de água nos sanitários apresentou uma variação de 139m³/dia a 215m³/dia, representando de 40% a 50% do total do TPS. E a média para todo o período total foi de 185m³/dia, representando 47% da média para o período.

Essa parcela de 40% a 50% de participação do sanitário no consumo de água total do TPS, também ocorre em outros aeroportos, a exemplo do de Sidney, na Austrália. Os dados levantados apontam que essa parcela equivale a 56% do consumo total de água do aeroporto – média em torno de 2 830m³/dia, em 2008, tornando-o um dos maiores consumidores de água do estado (SIDNEY AIRPORT, 2009).

No Brasil, estudos realizados para o Aeroporto Internacional de São Paulo, com mais de 200 sanitários instalados – o dobro do número de instalados no AIS - , apontaram um consumo médio anual, de cerca de 658 000m³, representando em torno de 1 830m³ /dia, para o período de 2002-2008. Para esse consumo, apenas as bacias sanitárias respondem por 51%, o consumo das torneiras representa em torno de 15% e dos mictórios em torno de 7% (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Os dados de uma pesquisa realizada por Hoppe Filho *et al.* (2003), em *shopping center* na cidade de São Paulo (SP), também, ambiente de grande circulação de pessoas, verificou-se que os dados apontaram para a média do consumo de água em torno de 650m³/dia, e desses, 260m³ (40%) foram consumidos nos banheiros.

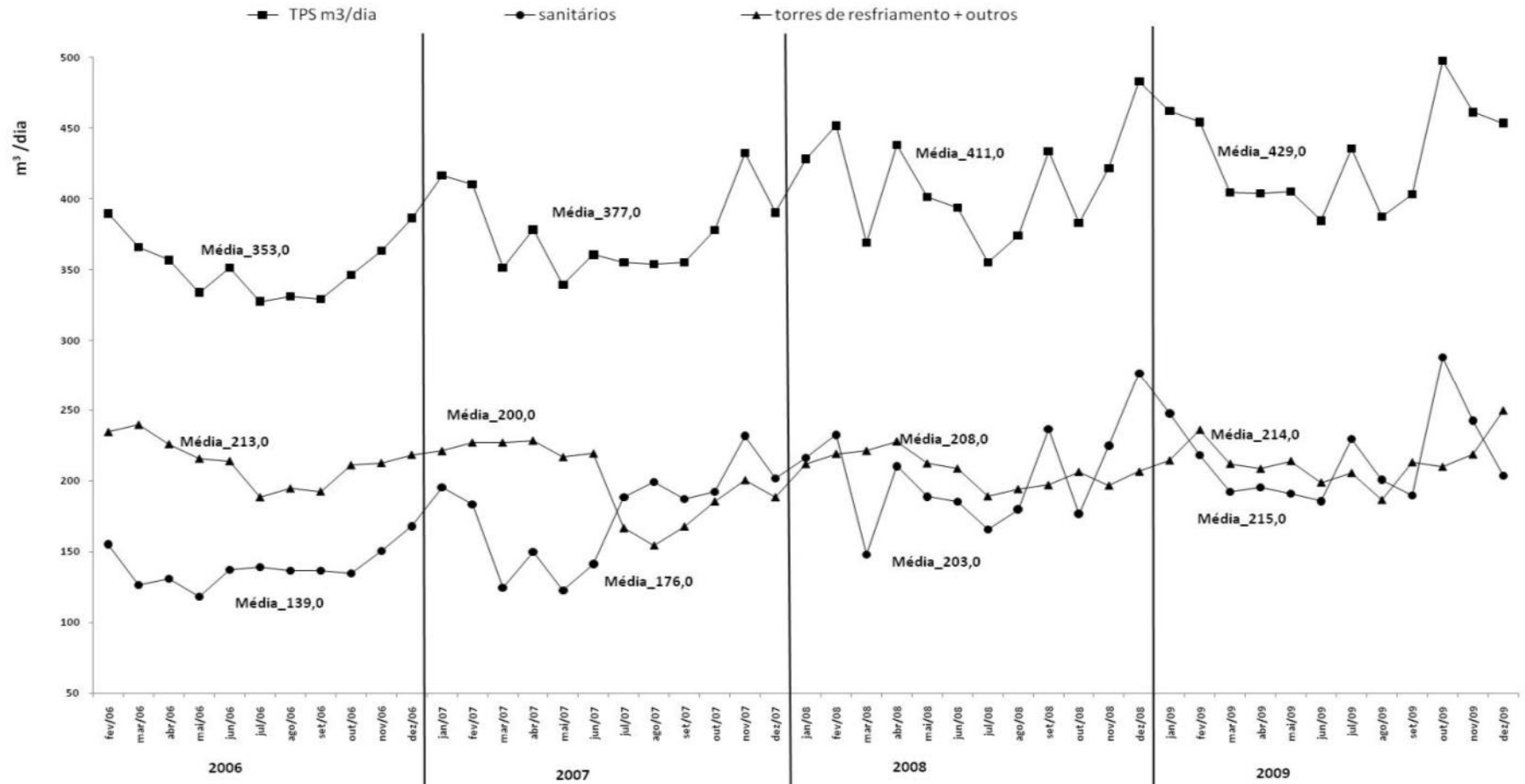
Em relação ao consumo de água pelas torres de resfriamento, somado a outros internos ao TPS, não apresentou significativas variações, ficou em torno de (213 a 214)m³/dia, aproximadamente 53% do total do TPS. Para o Aeroporto Internacional de São Paulo, esta contribuição foi em torno de 19%, muito abaixo do percentual encontrado para o AIS. Na pesquisa realizada por Hoppe Filho *et al.* (2003), os dados obtidos para o consumo de água para o sistema de refrigeração foi de 130m³ (20%), de um total de 650m³/dia. Inicialmente, pode-se atribuir a esses percentuais, dentre outros fatores, questões relacionadas com o clima de São Paulo e a operação do sistema de refrigeração do aeroporto e do *shopping center* estudado.

Na Figura 30, observa-se o consumo de água pelas torres de resfriamento a partir de julho de 2007, discriminados dos demais consumos (praça de alimentação, irrigação de jardins, teste dos caminhões de combate a incêndio e o abastecimento e higienização das aeronaves). De acordo com os dados apresentados, o consumo das torres variou de $137\text{m}^3/\text{dia}$ a $164\text{m}^3/\text{dia}$, representando cerca de 40% do consumo do TPS.

Salienta-se que o consumo de água pelas torres pode não ter aumentado significativamente com o aumento do movimento de passageiros em função de problemas operacionais vivenciados nesses equipamentos. Das três torres que compõem o sistema de refrigeração do TPS, apenas duas têm funcionado. Ou seja, estão trabalhando com uma sobrecarga que pode, eventualmente, comprometer o seu papel no sistema de refrigeração do terminal de passageiros.

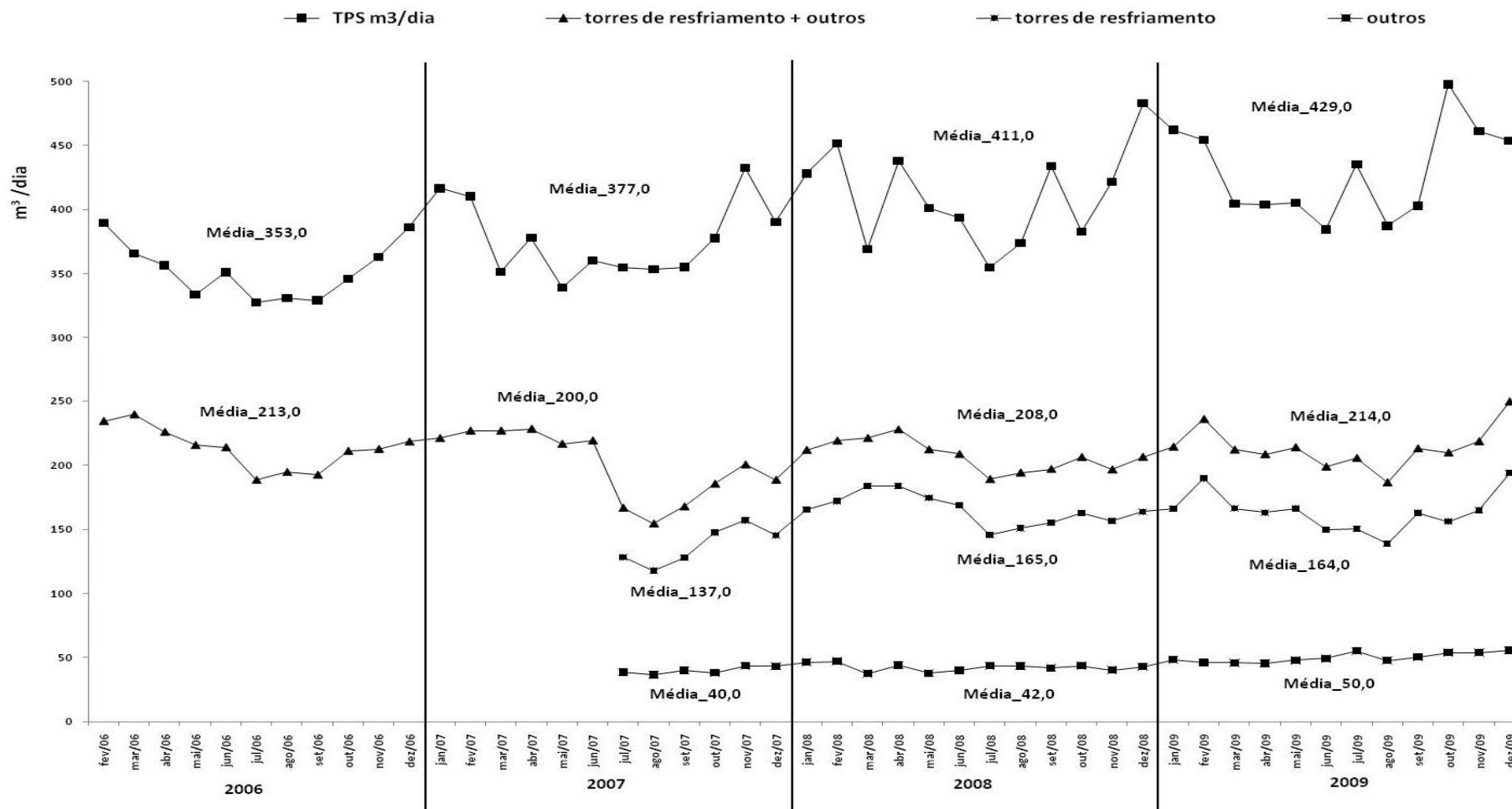
A partir dos dados apresentados na Tabela 18 e nas Figuras 29 e 30, fazendo-se uma aproximação inicial é possível entender as flutuações dos consumos como normais e relacionadas com a variação do número de passageiros, com fatores sazonais e climáticos. Contudo, uma avaliação mais detalhada poderá permitir uma maior riqueza de conclusões.

Figura 29 - Consumo de água para diversos usos no TPS: sanitários, torres de resfriamento e outros usos. Médias mensais em m³/dia.



Fonte: A Autora, 2011.

Figura 30 - Consumo das torres de resfriamento e outros usos no terminal de passageiros. Médias mensais em m³/dia.



Fonte: A Autora, 2011

4.1.4.7 O consumo de água por usuário (passageiros, funcionários, e concessionários).

Os aeroportos modernos comportam uma variedade de atividades que vão além da sua função precípua. Além do embarque e desembarque de passageiros, funcionam como *shopping centers* atendendo não apenas aos passageiros e acompanhantes como também ao público local. Em aeroportos como o de Salvador, de fácil acesso à vizinhança, estas atividades ocorrem corriqueiramente.

Nesse sentido, a utilização de indicadores relativos, como os de consumo por passageiro e consumo por usuário, podem não ser suficientemente precisos para comparar o desempenho do AIS com o de outros aeroportos. Todavia, esses números fornecem uma ordem de grandeza do desempenho dos mesmos e são importantes para desenvolver a sensibilidade necessária ao gerenciamento do consumo da água de um aeroporto.

Sendo assim, a partir dos dados dos estudos de demanda e consumo de água, foram definidos alguns indicadores relativos para os passageiros e usuários. Denomina-se aqui de usuários à soma dessas categorias. Na categoria funcionários estão incluídos os funcionários do quadro da Infraero (denominados de “orgânicos”) assim como das concessionárias e firmas prestadoras de serviços, tanto para a Infraero como para as companhias de aviação e concessionários. Saliencia-se que enquanto os passageiros permanecem entre duas e três horas nas instalações, alguns funcionários podem permanecer acima de 8 horas por dia.

Para o cálculo da população de acompanhantes dos passageiros, apresentados na Tabela 14 deste capítulo, verificou-se que a relação entre passageiro/acompanhante é de 1,2. Isto é, um passageiro diariamente vai acompanhado para o aeroporto por em média 1,2 acompanhantes.

A Tabela 19 apresenta uma síntese da evolução do número de passageiros, acompanhantes e funcionários do AIS, denominados de usuários; da média anual do consumo de água no TPS (L/dia); do consumo de água para passageiro (pax/dia) e para usuário (L/usuário.dia), para o período de 2006 a 2009. E na Figura 31 é apresentada a evolução mensal do consumo relativo de fevereiro de 2006 a 2009.

Segundo dados da Infraero, apresentados na Tabela 19 e na Figura 31, o número de passageiros e de acompanhantes cresceu 31,6% de 2006 a 2009 e o número total de funcionários variou em 31,2% no mesmo período.

Tabela 19 - Evolução do número de passageiros e usuários do AIS e do consumo relativo de água (médias anuais em l/pessoa.dia) 2006-2009.

Média do período	Pax/dia	Acompanhantes* /dia	Funcionários** Infraero, terceirizadas, concessionárias/dia	Usuários*** / dia	Consumo TPS (L/dia)	Consumo passageiros (L/pax.dia)	Consumo de água dos usuários (L/usuário.dia)
Fev a dez/2006	14 673	17 607	5 020	37 300	352 746	24,1	9,5
Jan a dez/2007	16 269	19 523	5 667	41 459	376 692	23,3	9,1
Jan a dez/2008	16 468	19 762	5 895	42 125	411 012	25,1	9,8
Jan a dez/2009	19 309	23 171	6 586	49 067	429 353	22,3	8,8

* Corresponde a 1,2 passageiros. O cálculo considerou os dados da pesquisa de perfil de passageiros para diversos aeroportos da Infraero, de 25 a 30 de março de 2007 (Tabela 13).

** Funcionários estão incluídos os funcionários da Infraero, denominados de "orgânicos", das concessionárias e firmas prestadoras de serviços, para a Infraero, companhias de aviação e demais concessionárias do aeroporto.

***Considera-se aqui usuário a população total, formada pela soma de passageiros e seus acompanhantes, dos funcionários da Infraero e suas terceirizadas e das concessionárias.

Quanto à evolução do consumo por passageiro, os dados da Figura 31 mostram que não houve modificação significativa no período. Contudo, pode ser notada uma leve tendência de queda desse indicador ao longo de 2009.

A partir dos dados apresentados, verifica-se um crescimento de 31,6% no número de passageiros de 2009 em relação a 2006. Com relação ao consumo de água por passageiro, verifica-se um pequeno decréscimo (7,5%) em 2009 com relação a 2006, passando de 24,1L/pax.dia para 22,3L/pax.dia

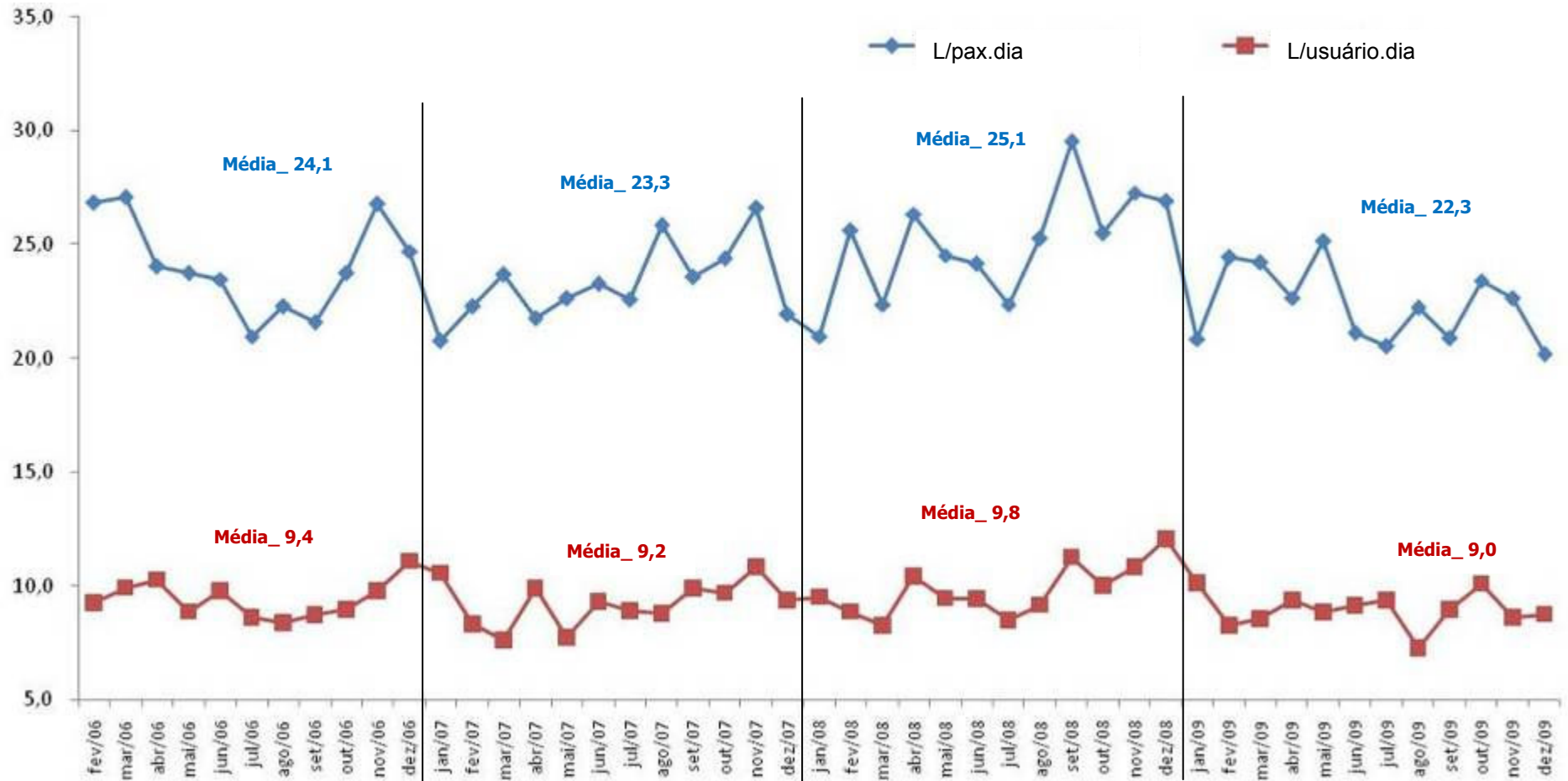
Ao analisar os dados encontrados para o Aeroporto Internacional de Salvador (AIS) juntamente com os dados de outros, observa-se que esses estão muito abaixo dos encontrados para outros aeroportos, principalmente os instalados fora do Brasil. Como exemplo tem-se o Aeroporto de Sidney na Austrália que em 2008 teve uma movimentação média diária de 90 000 passageiros e o consumo per capita de 31,4L/pax (SIDNEY AIRPORT, 2009). No Japão, no Aeroporto de Narita, em 2009 a movimentação diária girou em torno de 130 000 passageiros, e o *per capita* em torno de 48,2L/pax (NARITA AIRPORT, 2010).

Na Europa, o aeroporto de Frankfurt que é um dos mais movimentados, apresentou em 2009 uma movimentação diária em torno de 140 000, e o *per capita* anual de 20,0L/pax. Em 2008 esse valor foi de 21,4L/pax – para cerca de 150 000 pax/dia, e em 2007 o *per capita* ficou em torno de 20,0L/pax – para 153 000pax/dia (FRAPORT AG, 2009).

No Brasil os estudos realizados para o Aeroporto Internacional de São Paulo apontaram para um *per capita* médio de 38,7L/pax, para uma movimentação média em torno de 47 200pax/dia (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Após realizar essa análise, salienta-se que uma comparação mais apurada, com dados conclusivos, demanda de informações detalhadas sobre o comportamento dos usos e costumes, e da forma como ocorre o consumo de água nesses aeroportos. Como exposto anteriormente, esses números fornecem uma ordem de grandeza do desempenho dos aeroportos e são importantes para desenvolver a sensibilidade necessária ao gerenciamento do consumo da água nestes ambientes.

Figura 31 - Evolução do consumo médio mensal de água: L/pax.dia e L/usuário.dia (2006-2009), a partir dos dados de consumo do balanço hídrico reconciliado.



Fonte: A Autora, 2011

4.1.5 O perfil de consumo de água em sanitários do terminal de passageiros

4.1.5.1 O perfil dos usuários e opiniões sobre o consumo de água.

Na definição da amostra de passageiros a serem entrevistados, considerou-se um erro amostral tolerável (E) de 5%. E para o tamanho da população de passageiros (pax) no terminal de passageiros (N), considerou-se a do mesmo período em 2007, ou seja, junho de 2007 ($15\,498 \pm 1\,808$) pax.dia. Obteve-se uma amostra de 390 entrevistados. O número da amostra foi obtido pela Equação 10, no **Capítulo 3. Material e Métodos**. Foram elaborados dois questionários, um para o público masculino e outro para o feminino.

RESULTADO DA APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS.

A aplicação dos questionários com os passageiros foi realizada no período de 13 a 20/06/2008, no embarque doméstico. Apesar de a amostra definir 391 entrevistas, para o erro de 5%, foram realizadas 473 entrevistas. Destas, 209 foram realizadas com passageiros do sexo feminino e 264 com passageiros do sexo masculino (Figura 32).

Dos 264 passageiros entrevistados, 69% (181) utilizaram os sanitários 258 vezes. Com relação à frequência desses usos pelos entrevistados, 67% utilizaram uma vez, 29% duas vezes e, 4% três ou mais vezes.

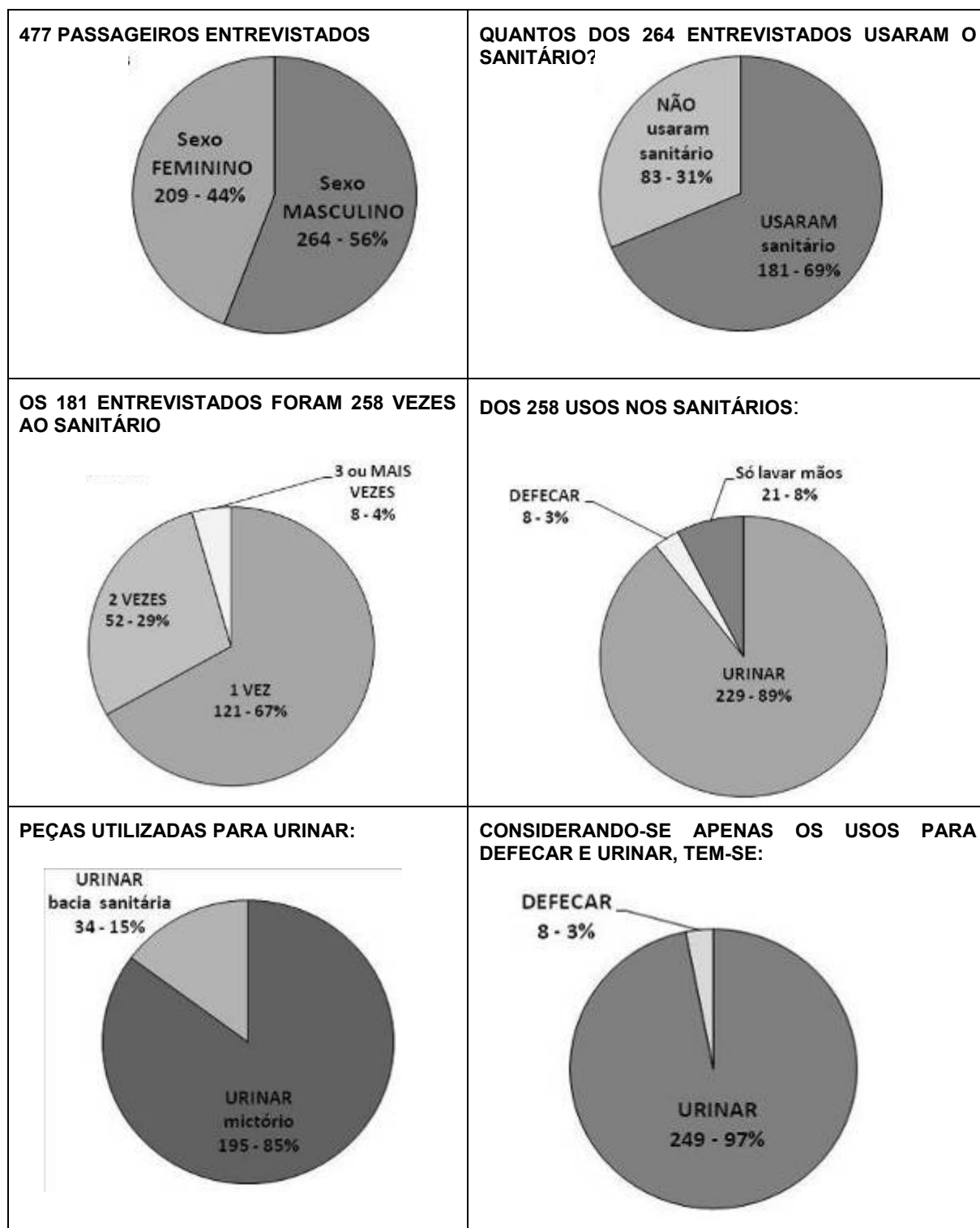
Das 258 vezes que os sanitários foram utilizados pelos homens, 84% foram para urinar e lavar as mãos; 5% só urinar; 3% defecar e lavar as mãos; e 8% só para lavar as mãos. Considerando-se o total de usos para urinar e defecar, tem-se que 96% foram para urinar e 3% para defecar. Dos usos para urinar, 85% ocorreram em mictórios e, 15% em bacias sanitárias. Do total de usos das bacias sanitárias pelos homens, 80% foram para urinar (Figura 33).

Figura 32 - Pesquisa de opinião, junho/2008.



Fonte: A Autora, junho/2008.

Figura 33 - Usos dos sanitários pelos passageiros (sexo masculino).



Fonte: A Autora, 2011.

Em relação à privacidade, foram inseridas fotografias com diferentes tamanhos de divisórias entre os aparelhos. Mais de 80% dos entrevistados preferiram o mictório com divisória maior, proporcionando maior privacidade, Situação 1 (Figura 34). Contudo, a divisória adotada nos sanitários do TPS, é a apresentada na situação 3.

Figura 34 - Preferência pelo uso dos mictórios

Situação 1 – 54% (prefere)



Situação 2 – 30% (prefere)



Situação 3 – 16% (usaria)

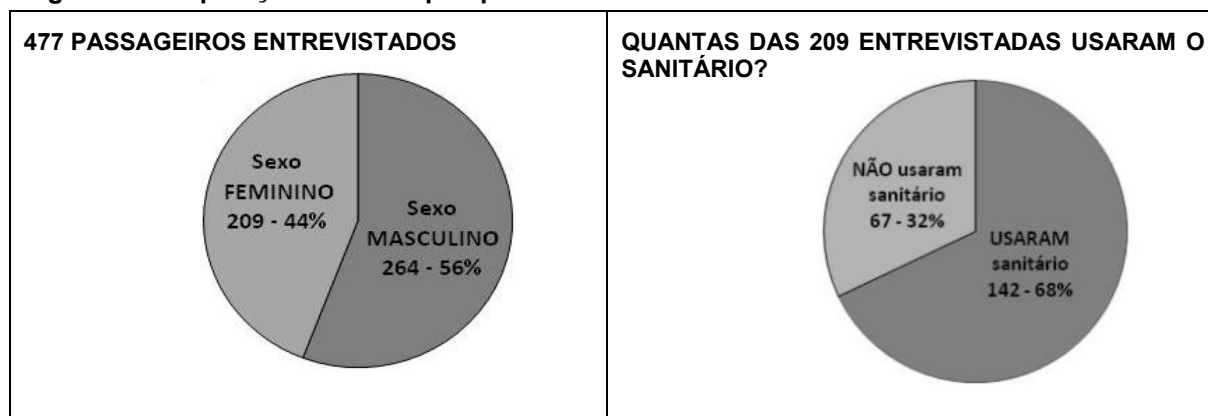


Fonte: A Autora, 2011

Da pesquisa feita com as mulheres os dados dos 209 questionários, apontaram que 68% (142) usaram os sanitários 184 vezes (Figura 35). Em relação à frequência na procura desses, tem-se que: 74% utilizaram o sanitário uma vez, 24% duas vezes e, 2% três ou mais vezes (Figura 36).

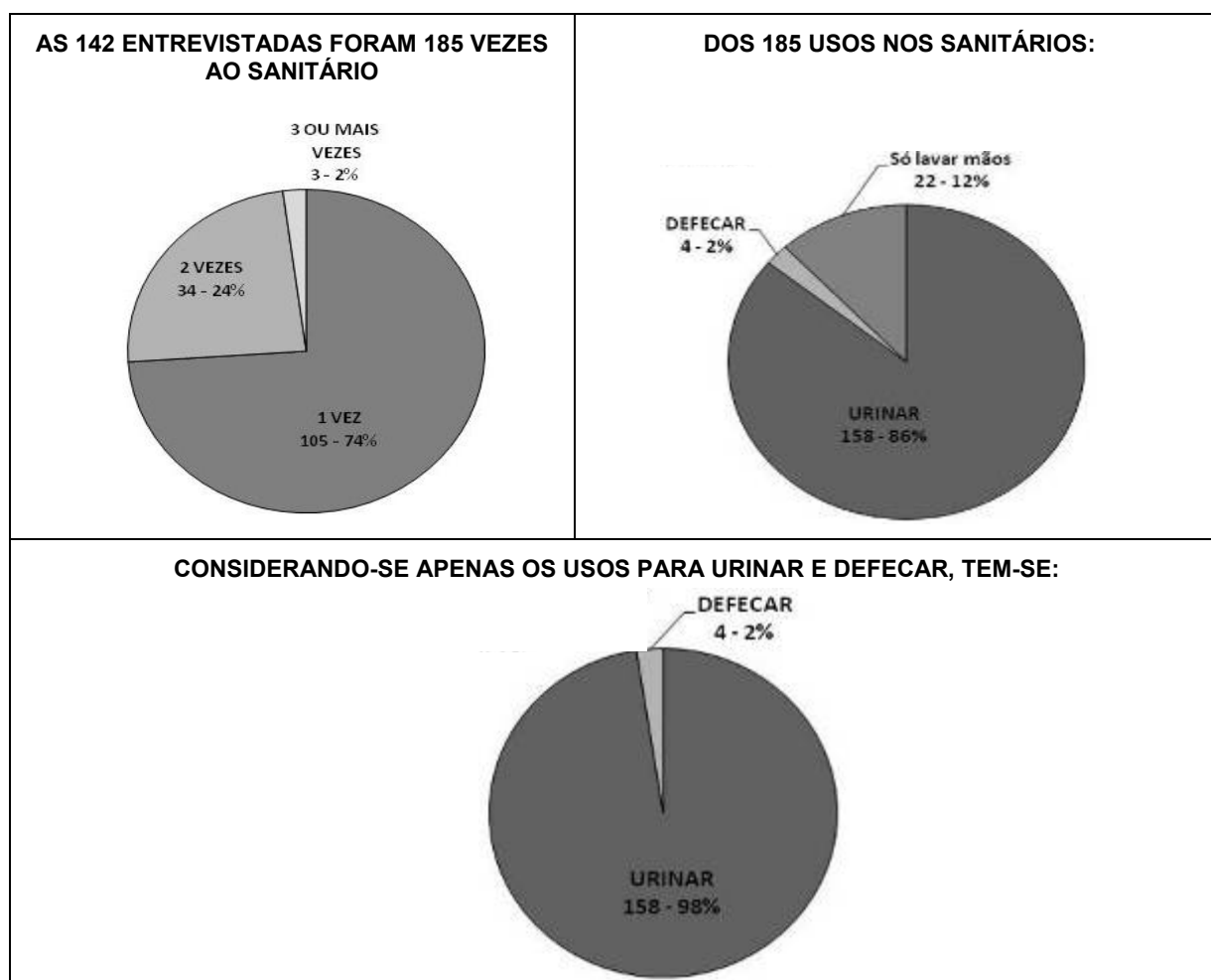
Do total dos usos, 82% foram para urinar e lavar as mãos; 4% só urinar; 2% para defecar e lavar as mãos; e 12% só lavar as mãos. Do total de usos para urinar e defecar tem-se que 98% foram para urinar e, 2% para defecar. Os resultados das entrevistas estão apresentados na Figura 36.

Figura 35 - População feminina pesquisada



Fonte: A Autora, 2011.

Figura 36 - Usos dos sanitários pelos passageiros (sexo feminino)



Fonte: A Autora, 2011.

Quanto à possibilidade de uso do mictório feminino, com a apresentação dos modelos da Figura 37, 85% das entrevistadas afirmaram estar dispostas a utilizá-lo. Isso tem importância maior ao considerar-se que a pesquisa aponta para 98% dos acionamentos das bacias sanitárias, pelas mulheres, para afastamento de urina.

Figura 37 - Modelos de mictórios femininos - pesquisa de Opinião, 2008



Fonte: MÖLLRING (2003).

4.1.5.2 As vazões dos mictórios e dos lavatórios de sanitários do terminal de passageiros

Com a aferição das vazões dos mictórios em sanitários do terminal de passageiros, além dos valores médios encontrados, foi possível identificar, também, uma variação significativa dos volumes de descarga dos mictórios medidos, entre (0,05 e 2,50)L/descarga.

No primeiro experimento foram medidos os volumes das descargas de 21 mictórios em sete sanitários, e no segundo em 52 mictórios de 20 sanitários do terminal de passageiros. Todos os mictórios são da marca Deca com sifão acoplado, e acionamento através de sensor de presença.

Na Tabela 20 é apresentada uma síntese dos dados obtidos nos experimentos com os mictórios, por sanitários. De acordo com os dados, foram realizadas 395 medições em 73 mictórios distribuídos em 20 sanitários. Cada mictório foi medido 5,41 vezes, nos dois experimentos. O volume de água mínimo encontrado nas descargas dos mictórios variou de 150,0mL a 1 650,0mL; e o volume máximo de 200,0mL a 2 100,0mL.

Ainda segundo dados dos experimentos, o volume médio de água da descarga nas 395 medições foi $(1,07 \pm 0,64)$ L; e a vazão média $(0,20 \pm 0,12)$ L/s, para um tempo médio de descarga de $(5,45 \pm 0,44)$ s.

Tabela 20 – Medição dos volumes das descargas dos mictórios dos sanitários do terminal de passageiros, julho e novembro de 2008

SANITÁRIO	Nº mictórios medidos*	Nº medições nos mictórios	Volume (mL)			Tempo (s)		Vazão média (L/s)	
			Mín.	Máx.	Médio	Mín.	Máx.		Médio
Panorâmico	5	27	300,00	500,00	347,78±62,78	4,00	13,71	6,43±3,40	0,07±0,03
Desembarque doméstico	6	34	900,00	1 700,00	1 250,00±240,89	3,19	5,84	4,80±0,69	0,26±0,03
Pipoqueira	6	34	600,00	1 500,00	1 158,82±226,46	3,37	6,83	5,22±1,03	0,22±0,03
Banco do Brasil	6	32	350,00	2 100,00	1 033,44±648,10	1,68	6,92	3,80±1,74	0,25±0,07
Embarque doméstico (2º)	7	35	1 000,00	2 000,00	1 594,29±331,61	4,40	9,18	7,64±1,56	0,21±0,03
Em frente a GOL	3	18	300,00	1 300,00	750,00±403,30	3,23	5,23	4,16±0,62	0,18±0,08
Ao lado da Farmácia Santanna	5	26	300,00	1 500,00	746,54±406,60	4,73	8,13	6,54±1,15	0,11±0,05
Embarque doméstico (1º)	5	28	500,00	1 250,00	935,71±226,43	3,35	5,33	4,37±0,53	0,21±0,05
Praça de alimentação	3	17	1 100,00	1 500,00	1 276,47±101,73	3,92	5,78	4,94±0,44	0,26±0,03
Ao lado de Arte Elza	2	12	1 000,00	1 750,00	1 425,00±334,73	3,47	5,96	4,58±0,97	0,31±0,04
Ao lado do Chocolate Caseiro	3	12	700,00	1 250,00	1 136,11±195,39	4,52	10,71	6,81±2,55	0,19±0,08
Tax Free	2	12	1 400,00	1 650,00	1 537,50± 82,92	6,34	8,53	7,64±0,81	0,20±0,02
Administração INFRAERO (corredor)	3	17	800,00	1 500,00	1 238,24±173,68	3,88	6,60	5,47±0,84	0,23±0,02
Auditório interno INFRAERO	3	12	500,00	1 200,00	794,44±221,55	3,07	5,71	4,53±0,90	0,18±0,05
Administração INFRAERO 1º interno	2	12	150,00	200,00	175,00±26,11	3,93	6,17	4,84±0,81	0,04±0,01
Pátio Fiscalização INFRAERO (térreo)	3	18	1 000,00	1 500,00	1 258,33±140,64	7,11	9,28	8,30±0,87	0,15±0,01
Desembarque internacional (1º sanit)	3	18	150,00	1 250,00	698,89±543,32	2,68	9,02	6,23±2,30	0,11±0,08
Desembarque internacional (2º sani)	3	15	1 650,00	2 000,00	1 640,00±197,48	4,79	8,90	6,06±1,44	0,28±0,03
No check in da GOL (1º sanit.)	2	10	750,00	1 300,00	990,00±252,54	3,32	5,60	4,49±0,56	0,22±0,06
Administração INFRAERO (2º)	1	6	1 000,00	1 250,00	1 158,00±124,00	4,51	5,43	5,09±0,31	0,23±0,03
SOMA	73	395							
MÉDIA	5,41 medições por mictório				(1,07±0,64)			5,45±0,44	0,20±0,12

Fonte: A Autora, 2011

*número de mictórios medidos com repetições, ou seja, como foram realizados dois experimentos, alguns mictórios foram medidos mais de uma vez. E considerou-se, aqui, cada vez, como se fosse um mictório. O primeiro experimento foi realizado nos dias 10 e 18 de julho de 2008, e o segundo nos dias 21 e 28 de novembro de 2008.

Nos lavatórios, em um primeiro experimento foram medidos os volumes dos acionamentos de 23 lavatórios instalados em sete sanitários do terminal, e no segundo em 73 lavatórios de 22 sanitários. Os lavatórios são da marca Deca com acionamentos por pressão e sensor.

Na Tabela 21 é apresentada uma síntese dos dados obtidos nos experimentos com os lavatórios por sanitários amostrados. Ressalta-se que, para um entendimento mais geral de como se comportam os volumes dos acionamentos dos lavatórios instalados nos 22 sanitários amostrados, no terminal de passageiros, os dados apresentados não estão separados por tipo de acionamento dos lavatórios, eles apresentam uma média por sanitários.

De acordo com os dados da Tabela 21, nos 22 sanitários foram realizadas 543 medições dos acionamentos de 96 lavatórios, tem-se, então que cada lavatório foi medido 5,66 vezes, nos dois experimentos. O volume de água mínimo nos acionamentos dos lavatórios variou de 200,00mL a 800,00mL; e o volume máximo de 700,00mL a 2 500,00mL.

Ainda segundo dados dos experimentos, o volume médio de água dos acionamentos dos lavatórios nas 543 medições foi de $(0,76 \pm 0,22)$ L; e a vazão média dos acionamentos $(0,14 \pm 0,04)$ L/s, para um tempo médio de $(5,89 \pm 1,84)$ s.

Os dados dos volumes de água nos acionamentos dos lavatórios e nas descargas dos mictórios, juntamente com os obtidos na pesquisa de opinião, foram utilizados na estimativa do consumo de água nos sanitários, para alimentar o balanço hídrico reconciliado, anteriormente apresentado.

Tabela 21 - Medição dos volumes dos acionamentos dos lavatórios dos sanitários do terminal de passageiros, julho e novembro de 2008

SANITÁRIO	Nº lavatórios medidos	Nº medições nos lavatórios	Volume (mL)			Tempo (s)		Vazão média (L/s)	
			Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo		Médio
Panorâmico	5	28	600,00	1 250,00	799,64±163,00	5,25	11,24	7,07±1,44	0,11±0,01
Desembarque doméstico	9	66	650,00	1 290,00	884,09±181,45	3,09	9,71	6,04±1,45	0,15±0,04
Pipoqueira	5	36	530,00	2 500,00	843,55±77,78	4,40	20,13	6,55±0,93	0,13±0,03
Banco do Brasil	4	22	490,00	1 890,00	1 011,82±425,56	2,18	13,89	6,92±3,80	0,14±0,04
Embarque doméstico (2º)	9	49	280,00	1 200,00	756,53±219,35	2,13	9,69	5,94±1,93	0,13±0,02
Em frente a GOL	3	18	580,00	1 400,00	848,93±260,18	4,07	9,77	6,35±1,76	0,13±0,02
Ao lado da Farmácia Santanna	8	44	470,00	1 220,00	721,14±176,39	3,25	9,92	6,12±1,58	0,12±0,02
Embarque doméstico (1º)	6	36	800,00	1 650,00	1 098,33±218,09	5,19	11,93	7,68±1,37	0,15±0,03
Praça de alimentação	3	9	500,00	1 300,00	743,33±268,10	2,82	9,60	4,37±2,38	0,18±0,05
Ao lado de Arte Elza	3	9	200,00	1 000,00	613,33±278,88	2,40	6,93	4,73±1,59	0,13±0,04
Ao lado do Chocolate Caseiro	3	9	300,00	700,00	530,00±115,87	3,03	7,56	5,19±1,82	0,11±0,05
Tax Free	6	36	620,00	1480,00	942,22±224,73	4,97	9,83	6,77±1,28	0,14±0,04
Administração INFRAERO (corr.)	3	18	500,00	750,00	622,33±60,33	4,66	7,32	5,56±1,98	0,12±0,03
Auditório interno INFRAERO	4	24	430,00	720,00	703,00±177,82	4,46	7,49	5,02±1,39	0,12±0,03
Administração INFRAERO 1º	4	24	560,00	1 060,00	755,83±134,39	4,07	10,19	6,05±1,52	0,13±0,02
Pátio Fiscalização INFRAERO	3	9	530,00	1 100,00	737,78±194,21	5,79	14,14	8,60±2,56	0,09±0,01
Desembarque internacional (1º)	4	24	380,00	1 200,00	673,33±205,06	2,83	6,46	5,04±0,97	0,14±0,05
Desembarque internacional (2º)	5	30	440,00	850,00	682,67±133,29	3,36	6,29	4,87±0,93	0,14±0,01
No check in da GOL (1º sanit.)	2	12	480,00	1 300,00	808,33±255,16	3,62	9,47	6,99±2,91	0,15±0,09
No check in da GOL (2º sanit.)	3	16	500,00	1 000,00	692,00±191,00	4,70	9,57	6,65±1,85	0,01±0,00
Área de exposição no terraço	3	18	640,00	1 320,00	858,33±198,80	4,55	7,19	6,36±1,13	0,14±0,03
Administração INFRAERO (2º)	1	6	600,00	1 100,00	845,00±209,45	4,23	6,09	5,11±0,91	0,16±0,01
SOMA	96	543							
MÉDIA	5,66 medições por lavatório					(0,76±0,22)		5,89±1,84	0,14±0,04

Fonte: A Autora, 2011

*número de lavatórios medidos com repetições, ou seja, como foram realizados dois experimentos, alguns lavatórios foram medidos mais de uma vez. E considerou-se, aqui, cada vez, como se fosse um lavatório.

O primeiro experimento foi realizado nos dias 10 e 18 de julho de 2008, e o segundo nos dias 21 e 28 de novembro de 2008.

4.2 ETAPA 2 – AÇÕES E TECNOLOGIAS PARA O CONSUMO RACIONAL DE ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR

A partir dos dados obtidos nos experimentos de verificação das vazões nos aparelhos hidrossanitários, na pesquisa de opinião e no balanço hídrico reconciliado, pôde-se ter um conhecimento melhor da forma como ocorre o consumo de água, mais especificamente, nos sanitários e identificar os seus grandes consumidores.

Como um dos principais resultados destaca-se, aqui, o consumo de água nos sanitários do TPS que representou cerca de 50% do consumo total identificado nesta edificação, no período de 2006 a 2009.

A partir daí foram propostos seis cenários visando a redução do consumo de água nos sanitários do TPS, os quais contemplaram: a inserção de procedimentos na manutenção e regulagem periódicas dos aparelhos hidrossanitários de forma a mantê-los nas vazões previamente estabelecidas; a alteração no *design* dos sanitários masculinos com o incremento de mictórios a partir da redistribuição do número de mictórios e bacias sanitárias; e a substituição do atual modelo dos mictórios para os de maior tamanho, visando mais conforto ao usuário.

4.2.1 Cenários propostos para a redução do consumo de água nos sanitários do terminal de passageiros.

A partir do melhor conhecimento da forma como se dá o consumo de água no aeroporto AIS e visando o consumo racional nos sanitários do TPS, propõe-se: inserção de procedimentos na manutenção e regulagem periódicas dos aparelhos hidrossanitários de forma a mantê-los nas vazões previamente estabelecidas; alteração no *design* dos sanitários a partir da redistribuição do número de mictórios e bacias sanitárias e incremento do número de mictórios.

A partir dos seis cenários propostos e detalhados no **Capítulo 3. Material e Métodos**, item 3.2.1 realizou-se a simulação para a redução do consumo de água em sanitários do terminal e passageiros.

4.2.1.1 Inserção de procedimentos na manutenção e regulagem periódicas dos aparelhos hidrossanitários de forma a mantê-los nas vazões previamente estabelecidas ao seu uso real.

O Cenário C00 corresponde à situação atual, sem nenhuma intervenção, considerando-se o consumo nos sanitários segundo os dados do balanço hídrico reconciliado para dezembro de 2009 (Tabela 17), em torno de $200\text{m}^3/\text{dia}$ (corrente de entrada TPS2), e os dados das medições dos volumes obtidos através dos experimentos realizados nos mictórios e lavatórios.

De acordo com os dados das 395 medições em 73 mictórios instalados nos 22 sanitários de maior movimentação do terminal de passageiros, verifica-se uma considerável variação nos volumes de água das descargas dos mictórios. Os dados da Tabela 19 apontam para um volume de água mínimo de descarga dos mictórios variando de 150mL a 1 650mL; e o volume máximo entre 200mL e 2 100mL.

Ainda segundo dados dos experimentos, o volume médio de água da descarga nas 395 medições foi $(1,07 \pm 0,64)\text{L}$; e a vazão média das descargas $(0,20 \pm 0,12)\text{L/s}$, para um tempo médio de $(5,45 \pm 0,44)\text{s}$.

Com relação ao volume de água dos acionamentos dos lavatórios, os dados da Tabela 21 apontam uma variação, também, considerável. Nas 543 medições de 96 lavatórios instalados em 22 sanitários do terminal de passageiros, os dados apontam para um volume de água mínimo variando entre 200mL e 800mL; para o volume máximo a variação foi de 700mL a 2 500mL. O volume de água médio dos acionamentos dos lavatórios nas 543 medições foi de $(0,76 \pm 0,22)\text{L}$; e a vazão média $(0,14 \pm 0,04)\text{L/s}$, para um tempo médio de $(5,89 \pm 1,84)\text{s}$.

Conforme visto anteriormente, observou-se uma grande variação dos volumes de acionamento dos mictórios de 50,0mL a 2,5L e dos lavatórios de 200,0mL a 2,5L.

Para o **Cenário C01**, a partir dos dados do Cenário C00, propõe-se, então, a regulagem do volume de água dos acionamentos dos lavatórios dos sanitários masculinos e femininos, e dos mictórios para 0,25L/acionamento ou descarga.

Salienta-se que esta regulagem requer um acompanhamento sistemático para verificação do comportamento de funcionamento dos aparelhos, das instalações e do nível de satisfação dos usuários.

Esse volume está de acordo com o Projeto de Revisão ABNT/CE – 02:110 10-021 de setembro/2008, da ABNT 13 713/96, aprovado em julho de 2009. Para os

lavatórios, a NBR estabelece de (0,16 a 0,40)L/ciclo, e um volume máximo de água por ciclo de 1,2L. Para os mictórios, este valor encontra-se um pouco abaixo do estabelecido na NBR que varia de (0,28 a 700,00)L/ciclo, e um volume máximo de água por ciclo de 1,5L (Tabela 22).

Tabela 22 – Temporização do ciclo de funcionamento, vazão mínima e volume máximo de água por ciclo.

Tipo de aparelho automático acionado mecanicamente	Tempo de ciclos		Vazão (L/s)	Volume máximo de água por ciclo (L)
	Mín.	Máx.	Mín.	
Válvula para mictórios	4	10	0,07	1,5
Aparelhos automáticos para lavatório	4	10	0,04	1,2

Fonte: ABNT/CE – 02:110.10-021 Projeto Revisão ABNT 13713 Setembro, 2008 Instalações hidráulicas prediais – Aparelhos hidráulicos acionados mecanicamente e com ciclo de fechamento automático – Requisitos e métodos de ensaio.

4.2.1.2 Substituição e regulagem de equipamentos e novo design de banheiros visando maior uso de mictórios e redução do consumo de água no afastamento da urina.

O principal motivo dos usuários das instalações aeroportuárias procurarem os sanitários é para atender às suas necessidades de urinar. Isso foi constatado e quantificado, na pesquisa de opinião realizada. Em função disso foram propostas ações voltadas para o uso mais racional da água nesses ambientes.

É sabido que a maior parte dos equipamentos aí instalados não atende, de forma correta, às atuais demandas para urinar. Ressalta-se, também, a ausência de mictórios nos sanitários femininos forçando o uso da bacia sanitária com grandes descargas de água para o afastamento da urina.

No **Cenário C02** considerou-se a reforma dos sanitários para tornar o uso dos mictórios masculinos mais atrativos aos usuários. Essa proposta se fundamenta no fato que mais de 80% dos usos dados às bacias sanitárias se referem apenas ao afastamento de urina. Essa proposta pode ser conseguida principalmente se aumentado o número de mictórios em relação ao número de bacias sanitárias e provendo os primeiros de maior privacidade com o aumento das divisórias entre os aparelhos e localização mais atrativa. Considerou-se que somente 4/5 dos usuários

acima passariam a usar os mictórios. Propõem-se, para o C02 as ações do C01 acrescidas da regulagem do volume das descargas de 80% das bacias sanitárias masculinas para 3,0L (simulando a instalação de bacias sanitárias de duplo acionamento).

Para o **Cenário C03**, tendo em vista que 1/5 dos usuários masculinos continuariam usando as bacias sanitárias para urinar, considerou-se a instalação de bacias sanitárias de dupla descarga para produzir uma redução adicional do uso da água para afastamento de urina. Propõem-se as ações do C02 acrescidas da regulagem dos volumes das descargas de 50% das bacias sanitárias masculinas, restantes, para 3,0L.

No **Cenário C04** se estende a redução de consumo no afastamento de urina para os sanitários femininos. Propõem-se então, as ações do C03 acrescidas da regulagem dos volumes das descargas, de 50% das bacias sanitárias femininas para 3,0L (simulando a instalação da descarga de duplo acionamento).

Para o **Cenário C05** considera-se a regulagem de bacias sanitárias femininas para urinar. Propõe-se então as ações do C04 acrescidas da regulagem de 50% das bacias para descargas de 3,0L, devidamente sinalizadas (simulando a instalação de mictórios femininos).

E para o **Cenário C06** considerou-se a ampliação da redução do consumo de água para os sanitários masculinos e femininos considerando-se os usos urinar e defecar. Propõem-se no C06 as ações do C05 acrescidas da regulagem do volume do restante das bacias sanitárias nos sanitários masculinos e femininos, sendo 50% destas para 3,0L/descarga e 50% para 6,0L/descarga.

A partir das medidas sugeridas nos seis cenários (C) propostos foram realizadas as estimativas das possíveis reduções para o consumo de água em sanitários do TPS. Recomenda-se que todas as ações propostas sejam executadas com um plano de sinalização para o uso adequado das peças junto aos usuários e o acompanhamento do desempenho hidráulico das peças reguladas.

4.2.2 As possíveis reduções do consumo de água nos sanitários do terminal de passageiros a partir da simulação dos cenários propostos

A Tabela 23 apresenta os valores das reduções em m³/dia e os respectivos percentuais das reduções alcançáveis do consumo de água nos sanitários do terminal de passageiros. Salienta-se que todas as medidas sugeridas para os seis cenários deverão ser executadas em conjunto com planos de sinalização, sensibilização e monitoramento visando acompanhar o funcionamento das peças e instalações hidrossanitárias, e os níveis de satisfação dos usuários.

A partir dos dados apresentados na Tabela 23 verifica-se que, para dezembro de 2009 no **Cenário C00** – situação atual, o consumo estimado de água foi de 200m³/dia, para os sanitários do TPS. Desses, 138m³/dia (69%) ocorreram nos sanitários femininos, e 62m³/dia (31%) nos sanitários masculinos.

A necessidade de intervenções nesses ambientes justifica-se em função do uso majoritário para a função urinar, tanto nos sanitários masculinos, quanto nos femininos. A pesquisa realizada com os passageiros – masculinos e femininos – na sala de embarque do TPS apontou que cerca de 70% desses, utilizam os sanitários do terminal de passageiros. Dentre os usos nos sanitários masculinos e femininos, para as funções urinar e defecar tem-se que em torno de 97% são para urinar e 3% para defecar.

Tabela 23 - Reduções do consumo de água nos sanitários do TPS que podem ser atingidos com as sugestões dos cenários (C) apresentados.

CENÁRIOS	C00	C01	C02	C03	C04	C05	C06
Consumo sanitário MASCULINO (m ³ /dia)	62	39	20	18	18	18	15
REDUÇÃO do Consumo (m ³ /dia)	-	23	42	44	44	44	47
REDUÇÃO (%)	-	37	68	71	71	71	75
Consumo sanitário FEMININO (m ³ /dia)	138	128	128	128	83	54	31
REDUÇÃO do Consumo (m ³ /dia)	-	10	10	10	54	83	107
REDUÇÃO (%)	-	7	7	7	40	61	77
CONSUMO TOTAL (m ³ /dia) (Masculino + feminino)	200	167	148	146	101	72	46
REDUÇÃO do Consumo TOTAL (m ³ /dia)	-	33	52	54	99	128	154
REDUÇÃO TOTAL (%)	-	17	26	27	49	64	77
REDUÇÃO CONTA DE ÁGUA (Mil R\$/Ano)	-	120	190	190	350	450	550

Fonte: A Autora, 2011.

Para o **Cenário C01**, os dados da simulação apontam a possibilidade de uma economia de $23\text{m}^3/\text{dia}$ no consumo de água nos sanitários masculinos, promovendo uma redução em torno de 37% do seu consumo total, através da regulação do volume das descargas dos mictórios e nos acionamentos dos lavatórios para 250mL. E para os sanitários femininos, a economia de $10\text{m}^3/\text{dia}$ promoverá a redução de 7% do seu consumo total, com a regulação do volume dos acionamentos dos lavatórios.

Salienta-se que a inserção de procedimentos na rotina da manutenção e regulação periódicas nos aparelhos hidrossanitários, – para mantê-los nas vazões necessárias e previamente estabelecidas ao seu real uso, possibilita uma economia em torno de $33\text{m}^3/\text{dia}$, promovendo uma redução em torno de 17% no consumo total de água nestes ambientes, ou seja, o consumo total de água nos sanitários passaria de $200\text{m}^3/\text{dia}$ para $167\text{m}^3/\text{dia}$.

A simulação para os **Cenários C02 e C03** apontam para um acréscimo em torno de 10% nas reduções alcançadas no Cenário C01, ou seja, a redução do consumo de água seria em torno de 26% e 27%, respectivamente, em relação ao consumo total dos sanitários, com a execução de medidas de regulação nos volumes das descargas de bacias sanitárias, apenas nos sanitários masculinos. Mas, em relação ao consumo de água nos sanitários masculinos, esse percentual de redução alcançaria cerca de 70%, do consumo total. Ou seja, passaria de $69\text{m}^3/\text{dia}$ para $18\text{m}^3/\text{dia}$. Logo, com as medidas previstas para os cenários C01, C02 e C03, apenas nos sanitários masculinos atingiria uma economia de $44\text{m}^3/\text{dia}$.

Para o **Cenário C04**, os dados da simulação apontam a possibilidade de um acréscimo de 22% em relação às reduções já alcançadas com os cenários anteriores. Ou seja, o percentual de redução passaria a ser 49%, promovendo uma economia de $99\text{m}^3/\text{dia}$ do consumo total dos sanitários, o qual ficaria em torno de $101\text{m}^3/\text{dia}$.

Nesse cenário não houve intervenção nos sanitários masculinos, logo, o seu percentual de redução permaneceu o mesmo já alcançado no cenário C03 (71%). Mas, salienta-se, a grande participação dos sanitários femininos, que tiveram o seu percentual de redução elevado de 7% para 40%, a partir das intervenções com a regulação no volume das descargas das bacias sanitárias, para 3,0L/descarga, simulando o uso do mictório feminino. Esses 40% de redução representam uma

economia em torno de $54\text{m}^3/\text{dia}$ do total de consumo dos sanitários femininos, que passaria de $138\text{m}^3/\text{dia}$ para $83\text{m}^3/\text{dia}$.

Para o **Cenário C05**, os dados apontam para a possibilidade de redução em torno de 64%, ou seja, há um incremento de 15% em relação aos cenários anteriores. O consumo total de água nos sanitários passaria de $200\text{m}^3/\text{dia}$ para $72\text{m}^3/\text{dia}$. Nesse cenário, também, não houve intervenção nos sanitários masculinos, logo, o seu percentual de redução permaneceu o mesmo já alcançado no cenário C03 (71%).

Em relação ao consumo de água nos sanitários femininos, a continuidade na execução da regulagem do volume das descargas das bacias sanitária para 3,0L/descarga promoveria uma economia em torno de $83\text{m}^3/\text{dia}$ (61%) em relação ao cenário atual (C00), ficando o seu consumo total em $54\text{m}^3/\text{dia}$, nesse Cenário C05.

E finalmente, para o **Cenário C06**, espera-se uma possível redução de 77% do consumo total de água nos sanitários, ou seja, $154\text{m}^3/\text{dia}$. Ainda de acordo com os dados da Tabela 23, a partir das medidas propostas para os seis cenários, verifica-se que os cerca de $200\text{m}^3/\text{dia}$ de água consumidos, atualmente, nos sanitários do terminal podem ser reduzidos para $46\text{m}^3/\text{dia}$ – $15\text{m}^3/\text{dia}$ (33%) a serem consumidos nos sanitários masculinos, e $31\text{m}^3/\text{dia}$ (67%) a serem consumidos nos sanitários femininos.

Observa-se que da redução total, tem-se que $154\text{m}^3/\text{dia}$ (70%) ocorreriam nos sanitários femininos e $47\text{m}^3/\text{dia}$ (30%) nos sanitários masculinos. Todavia, essa redução só será atingida, com a continuidade das ações dos cenários anteriores, acrescidas da instalação de bacias sanitárias com dupla descarga (3,0 e 6,0)L, nos sanitários masculinos e femininos. Recomenda-se, inicialmente, que se realize uma regulagem nas bacias existentes, para esses volumes e acompanhamento do desempenho delas por um período. E, em momento seguinte, com os dados desse monitoramento e os estudos de viabilidade econômica seja então efetivada a substituição proposta nos cenários.

Estimou-se, também, o potencial de redução de consumo de água com a substituição de todas as bacias sanitárias por bacias com descarga a vácuo, com 1,2L/acionamento para afastamento tanto da urina quanto das fezes. Os dados apontaram para uma redução de 84% do consumo. Essa redução representa apenas 7% a mais do que se conseguiria com as ações executadas nos seis

cenários propostos, com a regulagem dos aparelhos hidrossanitários existentes para o uso majoritário urinar tanto nos sanitários masculinos quanto femininos.

Em relação ao uso da bacia sanitária à vácuo, chama-se atenção, aqui, para os seguintes aspectos: os altos investimentos na readequação do sistema existente; a aquisição das novas peças; e a introdução de novas rotinas de operação e manutenção. Outro aspecto a analisar é que mesmo com o volume de 1,2L/descarga, poder-se-ia pensar em desperdício, pois as pesquisas apontam para o uso majoritário dos sanitários, masculinos e femininos, para urinar.

A Tabela 23 apresenta, também, as possíveis reduções dos valores da conta de água, para a concessionária EMBASA, para os cenários propostos, considerando-se os valores pagos em junho de 2009 de, aproximadamente, R\$9,8R\$/m³. Os dados apontam para uma possível economia anual variando de R\$120 000,00 (cento e vinte mil reais) a R\$ 550 000,00 (quinhentos e cinquenta mil reais). Salienta-se que, para essa possível economia não foram incluídos os custos referentes à execução das medidas propostas para os seis cenários. Porém, como a maioria das ações está relacionada com a manutenção e regulagem de aparelhos, e ao plano de comunicação e sinalização, esses custos não devem ser muito elevados. Recomenda-se, portanto, um estudo de viabilidade técnica financeira para a execução das medidas propostas para os cenários.

4.2.3 Fontes alternativas de abastecimento de água

Os aeroportos em geral demandam grande quantidade de água em suas atividades, e em função dos grandes problemas enfrentados com a disponibilidade de água. Para tanto, em muitos aeroportos no Brasil e no exterior, várias medidas estão sendo adotadas, com vistas para o uso racional da água em suas instalações aeroportuárias. Essas medidas vão desde o uso de fontes alternativas de abastecimento de água até o reúso.

Na Austrália, o Aeroporto de Sidney adotou o reúso da água nos banheiros, nas torres de resfriamento e no paisagismo promovendo a economia de mais de um milhão de litros de água potável por dia, pelos próximos 20 anos (SIDNEY AIRPORT, 2009).

No Japão, o Aeroporto Internacional de Narita utiliza cerca de 1 500m³/dia de água de chuva nos sistemas de resfriamento e aquecimento geral do aeroporto, e nos sanitários do terminal de passageiros. Além dos efluentes tratados das cozinhas dos restaurantes do terminal de passageiros, para descargas nos sanitários que suprem em torno de 15% da demanda de água total do aeroporto (NARITA AIPORT ENVIRONMENT REPORT, 2010).

Na Alemanha, o aeroporto de Frankfurt capta a água de chuva em períodos de seca juntamente com a água tratada do Rio Main para utilização nos equipamentos sanitários e de combate a incêndio. Essa medida em conjunto a outras tem promovido uma economia de milhares de metros cúbicos de água por ano (FRAPORT AG, 2009).

No Brasil, o novo Aeroporto Internacional do Recife (PE) / Guararapes – Gilberto Freyre – a água resultante da condensação do sistema de refrigeração é reaproveitada para uso nas descargas das bacias sanitárias (RIBEIRO *et al.*, 2009). E para o Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos, atualmente abastecido por água subterrânea, estudos indicaram que as demandas do aeroporto poderiam ser supridas em 40% através da utilização da captação de água de chuva. Os estudos indicam que em função dos períodos de estiagem na região, outras fontes de abastecimento devem ser estudadas (RIBEIRO *et al.*, 2009).

No Rio de Janeiro, o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão) é o quarto maior em movimento de passageiros do país. A exploração de água subterrânea foi a primeira fonte alternativa de água a ser implantada no Galeão. A água é utilizada para limpezas, descargas de banheiros, reserva de incêndio, torre de ar condicionado, limpeza das pistas, irrigação, entre outros. Outra fonte é a captação direta de água de chuva, implantada desde 2009. Atualmente é feita em uma área em torno de 13 000m², e o volume de água captado em torno de 1 500m³/mês, utilizado como água de processo no sistema de reúso de água.

No Galeão, outra medida, considerada como a mais importante, pela empresa responsável pelo gerenciamento dos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto na área de jurisdição da Infraero, é a reutilização do efluente da ETE, pois, além de reduzir a utilização de água potável no Galeão impede que uma parcela do esgoto gerado, embora tratado, seja despejada na Baía de

Guanabara. Em torno de 45% da água consumida pelo Galeão provêm de fontes alternativas próprias (CDN, 2011).

Para o Aeroporto Internacional de Salvador foram realizados dois estudos visando a possibilidade da captação direta de água de chuva e o aproveitamento do aquífero freático local, visando identificar o potencial de utilização de fontes alternativas de abastecimento de água para os seus usos não potáveis, em suas instalações, com menor impacto ambiental possível (TECLIM, 2008 e TECLIM, 2010).

Após análise preliminar desses estudos, apontou-se para o uso de água do aquífero local, como o mais adequado, considerando-se dois aspectos principais: os custos estimados com a implantação dos poços serem bem menores que o sistema de captação e reservação de água de chuva; e a sinergia existente entre essa função e a redução do nível estático do aquífero que em determinados pontos do sítio aeroportuário aflora criando pequenas lagoas. Essas lagoas geralmente se constituem no *habitat* de organismos que servem de alimento para aves que colocam em risco o tráfego aéreo.

Salienta-se que esses estudos não foram objeto desta dissertação, mas, considerando a sua importância no conjunto das ações para o consumo racional da água no sítio aeroportuário, optou-se por apresentar uma síntese de dois estudos realizados, no Projeto Aguaero com a participação da mestrandia.

4.2.3.1 Caracterização das condições de aproveitamento de água de chuva

Os estudos consideraram a possibilidade do aproveitamento de água de chuva no aeroporto AIS, utilizando-se apenas a água a ser captada no telhado do terminal de passageiros, para o atendimento aos usos não potáveis, tais como: descargas das bacias sanitárias, alimentação das torres de resfriamento, teste dos carros do combate a incêndio, alimentação da cascata ornamental e irrigação de jardins internos ao TPS. As vazões das demandas consideradas foram obtidas dos resultados preliminares do balanço hídrico reconciliado (BHR) para o período de janeiro a julho de 2008 (TECLIM, 2008).

Para o cálculo dos volumes de reservação foi utilizado o programa desenvolvido pela Rede Teclim descrito por Cohim, Kiperstok e Garcia (2007). No

Programa são inseridos os dados de demanda, da série de precipitação diária, da área de captação disponível, do coeficiente de captação e dos volumes de reservatórios. Como resposta tem-se a taxa de atendimento à demanda anual, a partir do cálculo do balanço hídrico diário no sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva.

O algoritmo foi desenvolvido seguindo uma lógica de cálculo, considerando que, enquanto o reservatório de água pluvial estiver cheio, a demanda não potável será atendida por este. Mas, nos casos de estiagem prolongada ou consumo acima da capacidade de captação, o abastecimento do reservatório de água de chuva se dará a partir da rede existente (COHIM, GARCIA E KIPERSTOK, 2007).

Na Tabela 24 é apresentada uma síntese da simulação realizada, a partir do sistema desenvolvido por Cohim, Garcia e Kiperstok (2007). Observa-se que, considerando-se a água captada para todos os usos, um reservatório de 100m³ possui pequena capacidade para abastecer tais usos, refletindo em uma pequena satisfação (9,2%). Representa, porém, uma redução de cerca de 10% do consumo total previsto para o TPS. Com um reservatório de 1 500m³ a redução seria de 17%, ou seja, aumentar 15 vezes o volume do reservatório implicaria numa diferença de apenas 7% no volume substituído.

Tabela 24 - Resultado das simulações dos cenários de aproveitamento de água de chuva

CENÁRIO PARA APROVEITAMENTO DA ÁGUA CAPTADA APENAS NO TELHADO DO TPS (AC= 23 311m ²)						
Volume do Reservatório (m ³)	Usos	Caminhões de combate à incêndio	Cascata e jardim	Bacia sanitária	Torre de resfriamento	Todos
	Vazão (m ³ /dia)	8,24	0,52	164,81	170,31	343,88
100,0	¹ Satisfação (%)	92,9	100,0	19,1	18,5	9,2
	² Eficiência do sistema (%)	8,0	1,0	46,0	46,0	54,0
250,0	Satisfação (%)	98,6	100,0	32,6	31,8	15,5
	Eficiência do sistema (%)	9,0	1,0	60,0	60,0	70,0
500,0	Satisfação (%)	100	100,0	38,1	37,2	21,1
	Eficiência do sistema (%)	9,0	1,0	70,0	71,0	81,0
1.000,0	Satisfação (%)	100,0	100,0	44,0	42,8	23,4
	Eficiência do sistema (%)	9,0	1,0	81,0	81,0	90,0
1.500,0	Satisfação (%)	100,0	100,0	47,2	46,0	24,5
	Eficiência do sistema (%)	9,0	1,0	87,0	87,0	94,0

¹ Satisfação = % da demanda reservada à água pluvial atendida com o sistema calculado.

² Eficiência = relação entre o volume de água possível de captado e aquele realmente utilizado.

Fonte: TECLIM, 2008

Os estudos apontaram que a utilização de um reservatório de 500m³ para um sistema que atenda às maiores demandas – descargas das bacias sanitárias ou das torres de resfriamento – seria possível substituir cerca de 40% da água potável direcionada a estes usos, o que representaria uma redução de aproximadamente 20% do consumo total previsto para o TPS.

Recomenda-se uma avaliação técnica e financeira contemplando os custos de adequação do sistema existente para o de captação de água de chuva incluindo a captação, instalações prediais, etc. Faz-se necessário, também, a realização de um estudo com a possibilidade do uso conjunto com outras alternativas para atender as demandas do TPS.

4.2.3.2 Potencial de aproveitamento de água do aquífero local

Os aquíferos também se constituem em importantes fontes de abastecimento de água utilizada, principalmente, para usos não potáveis em edificações residenciais e comerciais. Porém, a possibilidade de exploração da água subterrânea, varia muito de local para local, dependendo das condições climáticas, e das características dos aquíferos.

O estudo para aproveitamento de água do aquífero local considerou a possibilidade de atendimento às demandas do TPS para os usos potáveis e não potáveis, com um consumo em torno de 500m³/dia.

O estudo foi realizado, a partir do levantamento de dados de poços tubulares na área de influência do sítio aeroportuário, cadastrados pelo Governo do Estado. Os dados desses poços identificaram uma vazão média de 5m³/hora que foi utilizada como o potencial de vazão de novos poços a serem perfurados na área. Dentre os poços cadastrados, foram identificados cinco na área de influência direta do AIS. Um deles, localizado na entrada do TPS, foi utilizado para irrigação de áreas verdes, embora se encontrasse desativado na época do estudo. A vazão média desses cinco poços foi de 4,64m³/h, muito próxima de 5,0m³/h, confirmando a vazão encontrada nos demais poços da região (TECLIM, 2010).

O sítio aeroportuário está inserido no Domínio Aquífero das Coberturas Rasas, que recobre 73 556Km² do território do Estado, com potencial explorável da ordem de 233m³/s e vazões variando entre (0 e 15)m³/h. Comparando-se esses dados aos encontrados nos poços (4,64 e 5,0)m³/h, aqui utilizados como referência, para os novos a serem perfurados, confirma-se a potencialidade preconizada para esse aquífero.

Com os dados apresentados e a demanda do TPS, inicialmente, estimada em 500m³/dia, pôde-se indicar a perfuração de 5 poços com vazão de 5m³/h. Para a produção dos 500m³/dia, recomenda-se o bombeamento diário de 20 horas. Porém, para a utilização do aquífero como fonte alternativa de água para o TPS será necessário o desenvolvimento de estudos detalhados visando determinar a profundidade do embasamento e a qualidade da água dos poços a serem utilizados.

Capítulo 5

CONCLUSÕES

Os aeroportos estão ampliando os seus serviços, não se limitando apenas ao transporte de passageiros e cargas, mas também, aos serviços de utilidade, lazer, e recreação, tornando-se, assim, importantes consumidores de água. Urge, portanto, a necessidade da implantação de medidas que promovam o consumo racional da água em edificações desta tipologia.

Com o presente trabalho, foi possível adaptar instrumentos utilizados, pela Rede de Pesquisa Teclim, visando a otimização do uso da água em unidades industriais, para o Projeto Aguaero e desenvolver uma metodologia específica voltada para o consumo intrapredial de água, inserindo-se a lógica da Produção Mais Limpa (P+L).

A inclusão da lógica da P+L, com a qual se priorizam as medidas de redução de desperdícios de água, na sua origem, para em seguida dirigir o foco na utilização de fontes alternativas de abastecimento, foi fundamental para a avaliação do desempenho ambiental do consumo de água e a proposição de ações para o seu consumo racional no terminal de passageiros (TPS) do Aeroporto Internacional de Salvador (AIS).

Com a execução de medidas que promovam a redução do desperdício de água, na sua origem, é possível ampliar significativamente o seu uso de forma racional no TPS do Aeroporto Internacional de Salvador.

A partir dos estudos desenvolvidos pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- ✦ Os dados dos estudos de demanda de água apontaram para um aumento na movimentação de passageiros de 30% em 2009 em relação a 2006.

Para a população total usuária do TPS (passageiros, acompanhantes e população fixa), nesse mesmo período, o percentual de aumento na movimentação, também, foi de 30%.

- ✦ O estudo de oferta de água identificou que o atual abastecimento de água nas instalações aeroportuárias é realizado apenas pela concessionária local, a Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA).

✈ Foram avaliados os consumos de água por tipo de uso, considerando-se os seus volumes de controle (VC); e definidos indicadores específicos.

Para o sítio aeroportuário (VC₁) os dados apontaram para um aumento nos consumos médios anuais no triênio 2006 a 2009, ficando a média para esse período em 480,0m³/dia. O terminal de passageiros (VC₂) foi responsável por 82% (393,0 m³/dia) do consumo médio total do sítio.

Os sanitários e as torres de resfriamento instalados no TPS foram os grandes consumidores de água, em média 47% e 41% respectivamente, do total consumido na área, no período de estudo (2006-2009).

O consumo específico de água por tipo de usuário (L/usuário.dia), na soma das populações de passageiros, acompanhantes e funcionários indicaram uma queda de cerca de 7% em 2009 comparado ao mesmo período no ano de 2006. E para os passageiros (L/pax.dia), nesse mesmo período, o decréscimo no consumo foi de 7,5%.

✈ A Metodologia desenvolvida, pela Rede Teclim, com a ferramenta qualidade da informação (QI) permitiu a elaboração e utilização do balanço hídrico reconciliado (BHR) como um importante instrumento de apoio à gestão do consumo de água no Aeroporto Internacional de Salvador, que tem apenas 52% das suas principais correntes aquosas medidas.

O mapeamento das principais correntes de entrada e saída do sítio permitiu o conhecimento, com mais propriedade, dos principais usos e os respectivos consumos da água no terminal de passageiros.

Os dados obtidos a partir dos balanços hídricos reconciliados subsidiaram na identificação e instalação de 15 (quinze) hidrômetros para o acompanhamento do consumo diário de água pelas bacias sanitárias, mictórios e lavatórios dos 6 sanitários (3 masculinos e 3 femininos) mais movimentados do TPS. As medições obtidas destes instrumentos serão analisadas em futuros trabalhos.

Estes dados subsidiaram, também, a proposição de ações voltadas para a gestão do consumo racional de água no aeroporto.

✈ Em relação à caracterização do perfil de consumo de água em sanitários no TPS, conclui-se que a percepção da importância da água utilizada exclusivamente para afastar urina nos sanitários masculinos e femininos só foi possível a partir da pesquisa de opinião com os passageiros. Os dados apontaram que mais de 90% das visitas aos sanitários, para o público masculino e feminino, foi para urinar, o que ocorre na grande maioria, em bacias sanitárias, promovendo assim um gasto de água acima do necessário. Somente a partir da quantificação dessa informação foi possível propor alternativas simples para a redução do desperdício de água nos sanitários.

Em relação à privacidade ao urinar nos sanitários para o público masculino, dados da pesquisa apontaram que mais de 80% dos entrevistados preferiram o mictório com divisória maior, proporcionando maior privacidade.

Em relação a possibilidade do uso do mictório feminino, mais de 85% das entrevistadas afirmaram estar dispostas a utilizá-lo. Essa informação tem importância maior ao considerar-se que mais de 90% das descargas das bacias sanitárias femininas são para o afastamento de urina.

✈ Na falta de dados da literatura técnica e científica, o desenvolvimento de método específico (“mictômetro”) para aferição do volume da descarga dos mictórios em sanitários do terminal de passageiros constituiu-se em importante instrumento para o maior conhecimento desses valores e conseqüente subsídio na simulação dos cenários propostos para o consumo racional da água nestes ambientes. Os dados das aferições apontaram para grandes oscilações dos volumes de descargas em um curto período para o mesmo equipamento.

✈ O conhecimento da forma como ocorre o consumo de água no aeroporto e da identificação dos seus grandes consumidores permitiu a proposição de cenários para a simulação visando à redução do consumo de água em sanitários do TPS.

Como principal conclusão dos dados obtidos a partir das simulações dos cenários, tem-se que é possível reduzir substancialmente o consumo de

água em sanitários no TPS a partir da aplicação de medidas muito simples, sem grandes investimentos. Essas reduções podem variar de 17% a 77% do consumo de água nos sanitários do TPS. Isto representa uma economia em torno de 32% do consumo diário de água em todo o sítio aeroportuário.

Concluiu-se, também que as reduções acima identificadas poderão ocorrer a partir da execução das seguintes medidas:

- Inserção, na rotina de trabalho da equipe de manutenção, de procedimentos na manutenção e regulagem periódica dos aparelhos hidrossanitários de forma a mantê-los nas vazões previamente estabelecidas para seu uso real;
 - Realização de estudo para alteração no design dos sanitários masculinos visando o incentivo maior ao uso dos mictórios e a promoção da privacidade ao seu uso; e a utilização das bacias sanitárias em função dos seus reais usos.
 - Realização de estudo para implantação de mictórios femininos e, em curto prazo, a regulagem do volume de bacias sanitárias femininos visando o atendimento apenas a necessidade de urinar.
 - Realização de treinamento periódico para os profissionais envolvidos com a instalação, operação e manutenção das peças hidrossanitárias, visando incorporação de novos procedimentos e atitudes relacionados ao uso racional da água, na rotina de trabalho.
 - Divulgação contínua, junto aos diversos usuários e à comunidade aeroportuários sobre a importância do uso racional da água.
 - Realização de um estudo de viabilidade técnica financeira para a execução das medidas propostas para os cenários.
- ✦ Dados de estudos preliminares, (não objeto dessa dissertação) realizados no Projeto Aguaero, visando a possibilidade da utilização de fontes alternativas para o abastecimento de água para os usos não potáveis, no sítio aeroportuário, com menor impacto ambiental possível, apontaram, para o

uso de água do aquífero local, como o mais adequado, em detrimento a captação de água de chuva. Para tal foram considerados dois aspectos principais: os custos estimados com a implantação dos poços serem bem menores que o sistema de captação e a reservação de água de chuva; e a sinergia existente entre essa função e a redução do nível estático do aquífero que em determinados pontos do sitio aflora criando pequenas lagoas. Essas lagoas geralmente se constituem no *habitat* de organismos que servem de alimento para aves que colocam em risco o tráfego aéreo.

- ✈ A partir da execução de medidas que promovam o consumo racional da água em outros setores do Aeroporto Internacional de Salvador, e da utilização de novas fontes de água, a exemplo do aproveitamento de água subterrânea, pode-se vislumbrar a possibilidade de o aeroporto não depender da água fornecida pela Companhia de Saneamento do Estado, única fonte atualmente utilizada. Para tanto, é necessário realizar estudos mais detalhados.
- ✈ Para melhor gestão da água é fundamental dispor de informações acerca do seu consumo, as mais específicas e detalhadas possíveis, em relação aos pontos onde esse ocorre. Sendo assim, tornam-se necessários a medição setorizada e um plano de hidrometração para as edificações prediais.
- ✈ Além dos resultados apresentados especificamente para o AIS, esse projeto apresentou alguns instrumentos que podem ser aproveitados para estudar o consumo de água de outros aeroportos.
- ✈ As principais recomendações geradas neste estudo, e encaminhadas aos gestores da Infraero, foram incorporadas ao processo licitatório, da Concorrência – 004/ADCE-3/SRCE/2010, em que um dos objetos é a reforma do terminal de passageiros do aeroporto. Logo, conclui-se que este estudo contribuiu na proposição de ações para apoio à Infraero na gestão do consumo racional da água no Aeroporto Internacional de Salvador.
- ✈ Finalmente, é importante ressaltar que o desenvolvimento de projetos de pesquisa cooperativo como este desenvolvido, aproximando a Infraero (poder público) com as universidades, abre importantes perspectivas de inovação a serviço da sustentabilidade ambiental.

Capítulo 6

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A execução de ações voltadas para o consumo racional da água em equipamento público, do porte e capacidade de movimentação de um aeroporto, constitui-se em um importante exemplo e fator motivador para outros setores, públicos e privados, considerados grandes consumidores de água.

Visando a continuidade do trabalho desenvolvido, no Aeroporto Internacional de Salvador (AIS), o grupo de pesquisa recomenda à Infraero:

- ✈ Realizar estudo detalhado para a identificação de indicadores específicos de consumo de água considerando-se os usuários passageiros, funcionários da Infraero e de suas terceirizadas e concessionárias.
- ✈ Analisar os dados dos 16 hidrômetros instalados em 06 sanitários do terminal de passageiros para definição dos padrões de consumo de água dos mictórios, lavatórios e bacias sanitárias.
- ✈ Aproveitar a realização da reforma no TPS para executar a medição setorizada no terminal de passageiros. E, se possível, nos demais prédios administrados pela Infraero e os localizados no sítio aeroportuário.
- ✈ Com a execução da reforma no terminal de passageiros (TPS) e, especificamente, nos sanitários, recomenda-se o acompanhamento das medidas implantadas e a definição de indicadores visando confirmar os cenários simulados nesta pesquisa.
- ✈ Detalhar os estudos realizados, pelo projeto Aguaero, visando a possibilidade de aproveitamento do aquífero freático local e a utilização da captação direta de água de chuva, para os seus usos não potáveis, em suas instalações, com menor impacto ambiental possível.
- ✈ Estudar, também, a possibilidade de reúso de água, para fins não potáveis.

Capítulo 7

PRODUTOS ACADÊMICOS ORIUNDOS DO PROJETO

Ao longo do curso, esta profissional teve a oportunidade de participar de diversas atividades técnicas, acadêmicas e científicas, esperadas na formação de mestrado na área e vinculadas à Rede de Pesquisa TECLIM:

- ✦ Capacitação e orientação de 17 estudantes dos cursos de graduação em engenharia sanitária e ambiental, engenharia química (UFBA) e geoprocessamento, e de uma engenheira ambiental (UFBA) em atividades de iniciação científica, nos Projetos de Pesquisa Cooperativos: Aguaero: “Racionalização do uso da água no Aeroporto Internacional de Salvador/Bahia”; *Análise do consumo de água na EPUFBA - Escola Politécnica da UFBA*; e *Diretrizes para o uso eficiente da água e aproveitamento dos nutrientes em ambientes comerciais: Estudo de caso em aeroporto e shopping Center em Salvador*.
- ✦ Elaboração junto com os seus orientadores Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Ricardo de Araújo Kalid do capítulo: *Tecnologias Poupadoras: Inovação, aspectos socioculturais e manutenção*, pra o livro, *Uso Eficiente da Água em Aeroportos* (no prelo), organizado pelo Prof. Dr. Wilson Cabral de Sousa Júnior, dentro do Projeto FINEP/HIDROAER/ITA.
- ✦ Elaboração e apresentação dos trabalhos: *O uso racional da água em aeroportos – o estudo de caso nos sanitários do Aeroporto Internacional de Salvador/BA*, no I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental – I Cobesa/julho de 2010 (APÊNDICE B). E *Balanço hídrico reconciliado como instrumento de apoio à gestão do consumo de água em instalações aeroportuárias: O estudo de caso do Aeroporto Internacional de Salvador-Bahia/Brasil* no XXXII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental – AIDIS/novembro de 2010 (APÊNDICE C);
- ✦ Elaboração da proposta do projeto: *Diretrizes para o uso eficiente da água e aproveitamento dos nutrientes em ambientes comerciais: Estudo de caso em aeroporto e shopping center em Salvador*, Edital MCT/CNPq/CT-HIDRO Nº

021/2009, sob a orientação e coordenação do Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Caiuby Alves. O projeto está em desenvolvimento pela mestranda sob a orientação dos professores acima citados.

- ✦ Participação em atividades de formação de estudante de graduação na elaboração de estudos de eficiência energética para o sistema de abastecimento de água do Aeroporto Internacional de Salvador, tendo como resultado o trabalho de conclusão de curso (TCC): *Análise de medidas de eficiência energética e economia de água no Aeroporto Internacional de Salvador*, apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UFBA.
- ✦ Participação em banca examinadora de Trabalho Final de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica (UFBA), intitulado: *Eficiência Energética Predial: Estudo de caso em Grande Shopping Center de Salvador*, de autoria de um bolsista do Projeto *Diretrizes para o uso eficiente da água e aproveitamento dos nutrientes em ambientes comerciais: Estudo de caso em aeroporto e shopping Center em Salvador*.
- ✦ Ações de capacitação em Produção Mais Limpa (P+L) e de sensibilização e treinamentos para os funcionários da Infraero e seus concessionários.
- ✦ As principais instruções e sugestões geradas nesse projeto e passadas aos gestores do Aeroporto foram incorporadas ao processo licitatório, em andamento pela Infraero, conforme publicado oficialmente na Concorrência – 004/ADCE-3/SRCE/2010, Anexo XV – Termos de Referência cujo objeto é:

Contratação de empresa para execução de serviços técnicos especializados de elaboração dos projetos de engenharia, nas etapas de serviços e estudos preliminares de projetos básicos, projetos executivos e serviços complementares para reforma do terminal de passageiros, reforma e ampliação de pátio de estacionamento de aeronaves, reforma e ampliação do edifício garagem com construção de passarela de interligação do terminal de passageiros e demais obras complementares, do Aeroporto Internacional de Salvador Deputado Luís Eduardo Magalhães (INFRAERO, 2010).
- ✦ No documento licitatório, INFRAERO 2011, Anexo XV – Termos de Referência: SV.01/000.75/09224/01, Memorial Descritivo – Projeto Executivo, a Infraero estabelece: *“Como diretriz inicial do projeto, a Contratada deverá utilizar os projetos existentes, relatório COMLOC, projeto Aguaero, relatório CICE....”* . Esse documento encontra-se acessível em: www.infraero.gov.br.

REFERÊNCIAS

ALVES, W.C., ROCHA A.L, GONÇALVES, R.F. Aparelhos sanitários economizadores. In: GONÇALVES, R. F.(Cord). **O uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Projeto PROSAB, Edital 4.

ALVES, W.C., KIPERSTOK, A., ZANELLA,L., PHILLIPI,L.S., SANTOS,M.F.L., *et al.* Tecnologias de conservação em sistemas prediais. In: GONÇALVES, R. F.(Cord). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Projeto PROSAB.

AQUIM, P. M. **Balanco de Massa**: uma ferramenta para otimizar os processos de ribeira e curtimento nos processos de ribeira e curtimento. 2004. 181f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.281**: torneira de pressão – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.713/96**: aparelhos hidráulicos acionados manualmente e com ciclo de fechamento, Rio de Janeiro, 1996

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/CE-02:110.10-021**: projeto revisão ABNT NBR 13713. Rio de Janeiro, 2008

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada a ciências sociais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

CAL, P., BERNDT, L., KIPERSTOK, A., VIARO, V. L. **Racionalização do uso de água em prédios públicos**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 2., 2009, Curitiba, Anais... .Curitiba, 2009.

CHEUNG, P.B., KIPERSTOK, A., COHIM, E., ALVES, W.C., PHILIPPI, L.S., ZANELLA, L., ABE, N., GOMES, *et al.* Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F.(Cord). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v.5, p. 70-76, cap.2. Projeto PROSAB.

CLARKE, R.; KING,J. **O atlas da água**. São Paulo: Publifolha, 2005.

COHIM, E; GARCIA, A. P. A; KIPERSTOK, A.. **Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis**. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24. Belo Horizonte. Rio de Janeiro: ABES, 2007. 13p.

COHIM E., KIPERSTOK A. Produção limpa e eco-saneamento. In: Kiperstok, A. (Org.) **Prata da Casa**: construindo produção limpa na Bahia. Salvador: rede de tecnologias limpas da Bahia. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2008. cap.7, p 319-332.

COHIM, E., KIPERSTOK, A., PHILIPPI, L.S., ALVES, W.C., GONÇALVES, R.F.. Perspectivas futuras: água, energia e nutrientes. In: GONÇALVES, R. F.(Cord). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v.5, p. 295-350, cap.6. Projeto PROSAB.

COPENHAGEN Airport. Environmental Report 2006. Management's statement. Disponível em: < <http://www.cph.dk/>>. Acesso em: 10 mar 2011

CROWE, C. M.,1986. Reconciliation of process flow rates by matrix projection. **AIChE Journal**. v.32, nº4, p.616-623,1986.

EMPRESA Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO). **Segundo Relatório Estatístico da Infraero, referente à Pesquisa de perfil de passageiros para diversos aeroportos da Infraero**, Gerência de Operações do Aeroporto Internacional de Salvador/Ba, 2007.

_____ Gerência Operacional. **Movimento Operacional** – SBSV – 2006. Documento interno.

_____ Gerência Operacional. **Movimento Operacional** – SBSV – 2007. Documento interno.

_____ Gerência Operacional. **Movimento Operacional** – SBSV – 2008. Documento interno.

_____ Gerência Operacional. **Movimento Operacional** – SBSV – 2009. Documento interno.

_____ Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br>>. Acesso em: 03, dez. 2010

_____ **Editais de concorrência – 004/ADCE-3/SRCE/2010**. Anexo XV - Termos de referência SV.01/000.75/09224/01- Memorial Descritivo – Projeto Executivo. Salvador/Bahia, 2010.

FARIA, A. DA S.; KIPERSTOK A.; MEDEIROS, Y.D.P. Aproximação dos conceitos de gestão de recursos hídricos e produção limpa, utilizando a abordagem gestão da demanda. In: CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, I., 2010 . Salvador. **Anais...** Salvador: ABES, 2010. 5p.

FEDERAÇÃO das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

FONTANA, D., KALID, R., KIPERSTOK A. Methodology for wastewater minimization in the Petrochemical Complex. In: 4TH CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING AND 2TH MERCOSUR CONGRESS ON PROCESS SYSTEMS ENGINEERING. 2005. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro::ABEQ, 2005. 10p.

FONTOURA K., DIAS M.C., KIPERSTOK A., COHIM E. A influência do design dos sanitários públicos no comportamento dos usuários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2005, Recife. **Anais...** Recife: Abes. 10 p. 2005

FRAPORT AG. Frankfurt Airport Services Worldwid. *Connecting ustainably- Sustainability Report 2009. Disponível em:* <http://www.fraport.com/cms/sustainability/dokbin/418/418232.fraport_sustainability_report2009.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2011.

FREIRE M.T.M., KALID R.A., AMORIM G.J.S., KIPERSTOK A. Balanço hídrico reconciliado como instrumento de apoio à gestão do consumo de água em instalações aeroportuárias: o estudo de caso do Aeroporto Internacional de Salvador-Bahia/Brasil. In: 32º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Punta Cana, República Dominicana. **Anais...AIDIS**, 2010. 8 p.

GLEICK, P.H. Water use. Annual review of environmental and resources, **Califórnia**: Water International, v.28, p. 275-314, 2003.

GONÇALVES, O.M; PRADO, R.T; OLIVEIRA L.H; PETRUCI A.L. **Programa nacional de combate ao desperdício de água - PNCDA. DTA – B3**: medidas de racionalização do uso da água para grandes consumidores. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, secretaria especial de desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, 1999.

HOPPE FILHO, J.; LOURENÇO, P. F. B.; BERTOLO, R.S.; NASCIMENTO, R.A. **Sustentabilidade no ambiente construído – PCC 5100**: parâmetros que influem na sustentabilidade de shopping centers. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

KAMMERS, P. C. **Usos finais de água em edifícios públicos**: estudo de caso em Florianópolis. Relatório de Iniciação Científica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

KIPERSTOK A., O papel da Universidade e da rede teclim na introdução de práticas de produção limpa na Bahia. In: Kiperstok, Asher (Org.) **Prata da casa**: construindo produção limpa na Bahia. Salvador: Rede de Tecnologias Limpas da Bahia-Teclim/Universidade Federal da Bahia 2008. 446p. il.

KIPERSTOK. A. **Proposta técnica e financeira em atendimento ao edital MCT/CNPq/CT-Hidro nº 21/2009** : tecnologias poupadoras de água. (Documento interno). Salvador: Rede de Tecnologias Limpas da Bahia Teclim/ Universidade Federal da Bahia, setembro de 2008.

MARTINS, M.A.F., AMARO, C., SOUZA, L., KALID, R., KIPERSTOK. A. New objective function for data reconciliation in water balance from industrial process. **Journal of Cleaner Production**. v. 18, p. 1184-1189, 2010

MAYER, P.W., DEODORO, W.B. **Residential end uses of water**. Denver, CO: AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 1999.

MÖLLRING, B., **Toiletten und Urinale für Frauen und Männer**: die Gestaltung von Sanitär-objekten und ihre Verwendung in öffentlichen und privaten Bereichen. 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais), Universidade das Artes de Berlim, Berlim.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários**: o caso da UFBA. 2009. 183f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

NARITA Airport Environment report. Disponível em:
<http://www.naa.jp/en/environment/pdf_2010/kankyo_report2010.pdf>. Acesso em: 14 mar.2011.

NASCIMENTO, Luis Felipe; LEMOS, Ângela D. C.; MELLO, Maria C. A. Produção mais limpa. [Rio Grande do Sul]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2002.1 Cd-Rom. Disponível em:
<http://www.portalga.ea.ufrgs.br/prod_limpa.htm>. Acesso em: dia fev. 2011.

NUNES, R. T. S. Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reuso em shopping Center. 2006. 144f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COOPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PEZON C. Demand-side water management in Los Angeles and San Diego. In: MAKSIMOVIC, C., BUTLER, D., MEMON, F.A., (Eds.). **Advances in Water Supply Management**. Holland: Cedo Maksimovic, David Butler, Fayyaz Ali Memon, Balkema 2003.

QUADROS A.A.S., KALID R.A., KIPERSTOK A. Sistema de apoio gestão da demanda de água e uso racional da água em edificações públicas: AGUAPURA VIANET. In: 32º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Punta Cana – República Dominicana: AIDIS, 2010.

REDE de Tecnologias Limpas da Universidade Federal da Bahia. Projeto de Pesquisa Cooperativo Aguaero - “Racionalização do Uso da Água no Aeroporto Internacional de Salvador/ BA”. Meta Física 09 – Caracterização das condições de aproveitamento de água de chuva no Aeroporto Internacional de Salvador. Outubro/2008.

_____ Projeto Aguaero - “Racionalização do Uso da Água no Aeroporto Internacional de Salvador/ BA”. Projeto conceitual: uso de água subterrânea para usos não potáveis. Junho, 2010.

RIBEIRO, E.N., SOUSA JÚNIOR, W.C., Sousa; W., DOUSA, E.C., PESSOA, *et al.* Diagnóstico do uso da água no aeroporto internacional de São Paulo (AISP) através de monitoramento remoto do consumo. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 25., 2009, Recife. **Anais...** Recife: ABES, 2009.

SÁNCHEZ, A.S. **Análise de medidas de eficiência energética e economia de água no Aeroporto Internacional de Salvador**. 2010. 140 f. Graduação (Curso de Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SANTO, G. E.; SANCHEZ, J. G. Caracterização do uso da água em shopping centers da região metropolitana de São Paulo. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 21., 2001, João Pessoa. **Anais....** João Pessoa: ABES, 2001.

SCHMIDT W. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD. DTA – F2: produtos economizadores de água nos sistemas prediais. Revisão. Brasília. 2004.

SERVIÇOS de Água e Esgoto S/A. Disponível em: <<http://www.cdngaleao.com.br>>. Acesso em: dia 05 fev. 2011.

SHIKLOMANOV, I.A. **World water resources – a new appraisal and assessment for the 21 st century**. Paris: United Nations, 1998.

SIDNEY Airport Preliminary Draft Sydney Airport Environment Strategy 2010 – 2015. Disponível em: <<http://www.sydneyairport.com.au>>. Acesso em: 10 set 2009

SILVA R.T., CONEJO J.G.L., GONÇALVES O. M. **Apresentação do programa.(DTA A1). Programa nacional de combate ao desperdício de água PNCDA**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 1999.

SOARES, S. R. **Gestão e planejamento ambiental**. Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, 2003.

TEIXEIRA, A.C. **Reconciliação de dados de processos e detecção de erros grosseiros em sistemas com restrições não-lineares**. 1997. 290f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas ,Campinas/SP.

VICKERS, A. **Handbook of water use and conservation**. Massachusetts: WaterPlow Press, 2001

WORLD Business Council For Sustainable Development –WBCSD; United Nations Environment Program - UNEP. Eco-Efficiency and Cleaner Production – Charting the Course for Sustainability. Paris: UNEP, 1997

APÊNDICES

APÊNDICE A - BALANÇO HÍDRICO RECONCILIADO. MATRIZ DE INCIDÊNCIA: MATLAB

16/03/11 12:19 K:\BALANCO_HIDRICO\BALANCOS R...\Aguas_do_ALEM_2009_12_FINAL.m 1of3

```

clear all
close all hidden
clc
% Matriz incidência
% +1 para entradas e -1 para saídas
% Para 2006, 2007 e 2008

% E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9 E10 E11 E12 T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 S1
S2 S3 S4 S5 S6

A= [+1 +1 +1 +1 +1 0 +1 0 0 0 0 0 +1 +1 +1 0 0 0 0 -1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 +1 0 0 0 0
-1 -1 0 0 0 0 0 0 0 +1 0 0 0 0 0 0 +1 +1 0 0
0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 +1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 +1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 +1 0
0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 +1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 ] ;

Fm = [
52.99
0.01
0.53
35.12
1.67
455.97
34.73
7.06
0.72
0.19
0.15
0.01
46.39
216.05
17.75
193.50
0.24
8.00
0.50
336.00
168.03
15.69
15.30
1.22
0.35
] ;
QI = [
2.0
100.0/10
100.0/10
100.0/10

```

16/03/11 12:19 K:\BALANCO_HIDRICO\BALANCOS R...\Aguas_do_ALEM_2009_12_FINAL.m 2of3

```

100.0/10
100.0/10
4.0
100.0/10
100.0/10
100.0/10
100.0/10
100.0/10
100.0/10
2.0
100.0/10
100.0/10
4.0
2.0
2.0
2.0
0.4
4.0
0.4
0.4
2.0
] ;

```

```
% Cálculo numérico COM restrições de desigualdade
```

```

Limite_inferior = 0.5 * Fm ;
% Limite_inferior(2) = 0.0100;
% Limite_inferior(3) = 0.5300;
% Limite_inferior(4) = 35.1198;
% Limite_inferior(5) = 1.6700;
% Limite_inferior(6) = 455.9864;
% Limite_inferior(8) = 7.0600;
% Limite_inferior(9) = 0.7200;
% Limite_inferior(10) = 0.1900;
% Limite_inferior(11) = 0.1500;
% Limite_inferior(12) = 0.0100;
% Limite_inferior(13) = 46.3895;
% Limite_inferior(15) = 17.7499;
% Limite_inferior(16) = 193.4968;

```

```

Limite_superior = 1.5 * Fm ;
% Limite_superior(2) = 0.0100;
% Limite_superior(3) = 0.5300;
% Limite_superior(4) = 35.1198;
% Limite_superior(5) = 1.6700;
% Limite_superior(6) = 455.9864;
% Limite_superior(8) = 7.0600;
% Limite_superior(9) = 0.7200;
% Limite_superior(10) = 0.1900;
% Limite_superior(11) = 0.1500;
% Limite_superior(12) = 0.0100;
% Limite_superior(13) = 46.3895;
% Limite_superior(15) = 17.7499;
% Limite_superior(16) = 193.4968;

```

```

%-----
%          Processamento          16/03/11          12:19          K:\BALANCO_HIDRICO\BALANCOS
R...\Aguas_do_ALEM_2009_12_FINAL.m 3of3

```

```
I = eye(size(A,2)) ;
```

```

u2 = diag((Fm./QI).^2) ;
u2_1 = inv(u2) ; % Inversa da variância

% Cálculo analítico SEM restrições de desigualdade
FRa = ( I - u2 * A' / (A*u2*A') * A ) * Fm ;

H = 2 * u2_1 ;
f = -2 * Fm' * u2_1 ;
Aeq = A ;
beq = zeros(size(A,1),1) ;
opcoes = optimset('Display','iter') ;
[FRn , FO , EXITFLAG,OUTPUT,LAMBDA ] =
quadprog(H,f,[],[],Aeq,beq,Limite_inferior,
Limite_superior,Fm,opcoes) ;

disp(' ')
disp(' Fm QI FRa FRn (Fm-FRa) (Fm-FRn) %a %n')
disp([ Fm QI FRa FRn (Fm-FRa) (Fm-FRn) (Fm-FRa)./Fm*100 (Fm-FRn)./Fm*100])

% Fim do arquivo

```

16/03/11 12:22 MATLAB Command Window 1 of 1

Warning: Large-scale method does not currently solve this problem
formulation,
using medium-scale method instead.
> In quadprog at 263
In Aguas_do_ALEM_2009_12_FINAL at 118
Optimization terminated.

Fm	QI	FRa	FRn	(Fm-FRa)	(Fm-FRn)	%a	%n
52.9900	2.0000	51.9182	51.9182	1.0718	1.0718	2.0226	2.0226
0.0100	10.0000	0.0100	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.5300	10.0000	0.5300	0.5300	0.0000	0.0000	0.0008	0.0008
35.1200	10.0000	35.1012	35.1012	0.0188	0.0188	0.0536	0.0536
1.6700	10.0000	1.6700	1.6700	0.0000	0.0000	0.0025	0.0025
455.9700	10.0000	457.2303	457.2303	-1.2603	-1.2603	-0.2764	-0.2764
34.7300	4.0000	34.6149	34.6149	0.1151	0.1151	0.3314	0.3314
7.0600	10.0000	7.0600	7.0600	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
0.7200	10.0000	0.7200	0.7200	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
0.1900	10.0000	0.1900	0.1900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1500	10.0000	0.1500	0.1500	0	0.0000	0	0.0000
0.0100	10.0000	0.0100	0.0100	0	0.0000	0	0.0000
46.3900	10.0000	46.3441	46.3441	0.0459	0.0459	0.0989	0.0989
216.0500	2.0000	191.1598	191.1598	24.8902	24.8902	11.5206	11.5206
17.7500	10.0000	17.7433	17.7433	0.0067	0.0067	0.0379	0.0379
193.5000	10.0000	193.2528	193.2528	0.2472	0.2472	0.1277	0.1277
0.2400	4.0000	0.2400	0.2400	0.0000	0.0000	0.0009	0.0009
8.0000	2.0000	7.9904	7.9904	0.0096	0.0096	0.1199	0.1199
0.5000	2.0000	0.5000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0075	0.0075
336.0000	2.0000	379.0914	379.0914	-43.0914	-43.0914	-12.8248	-12.8248
168.0300	0.4000	177.5620	177.5620	-9.5320	-9.5320	-5.6728	-5.6728
15.6900	4.0000	15.6908	15.6908	-0.0008	-0.0008	-0.0053	-0.0053
15.3000	0.4000	15.2904	15.2904	0.0096	0.0096	0.0627	0.0627
1.2200	0.4000	1.2200	1.2200	0.0000	0.0000	0.0031	0.0031
0.3500	2.0000	0.3500	0.3500	0	0.0000	0.0000	0.0000

>>

APÊNDICE B - O USO RACIONAL DA ÁGUA EM AEROPORTOS – O ESTUDO DE CASO NOS SANITÁRIOS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR/BA, NO I CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – I COBESA/2010.

Maria Thaís Menezes Freire⁽¹⁾

Engenheira sanitária (1990/UFBA), especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos (2007/UFBA). Mestranda em Engenharia Industrial pelo programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial – PEI/UFBA. Pesquisadora da Rede de Tecnologias Limpas - TECLIM/UFBA.

Asher Kiperstok⁽²⁾

Eng.º Civil, Technion, 1974; Mestrado, 1994 e Doutorado, 1996, em Engenharia Química /Tecnologias Ambientais, UMIST, Reino Unido; Coordenador da Rede de Tecnologias Limpas-Teclim, Departamento de Engenharia Ambiental, PPG em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

Ricardo de Araújo Kalid⁽³⁾

Engenheiro Químico (1988/UFBA), mestre em Engenharia Química (1991/UFBA). Doutor em Engenharia Química (1999/USP). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Escola Politécnica da UFBA (www.PEI.ufba.br) e professor Associado 1 da Escola Politécnica da UFBA.

George Juliano Santos de Amorim⁽⁴⁾

Graduando em engenharia química (UFBA), bolsista de iniciação tecnológica industrial (CNPq) do Projeto AGUAERO, desenvolvido pelo PECLIM/UFBA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Aristides Novis, nº 04, Escola Politécnica, 4º andar – TECLIM – Federação – Salvador – Bahia-CEP:40.210-630-Brasil-Tel:+55(71)3283-9892-Fax: +55(71)3235-4436 - e-mail: mariaatmf@gmail.com

RESUMO

O Aeroporto Internacional de Salvador/BA responde por mais de 30% da movimentação de passageiros no Nordeste do Brasil, prestando não somente serviços de transporte aéreo de passageiros e cargas, mas também, de utilidades, lazer e recreação para os usuários e moradores do seu entorno. Pesquisa desenvolvida neste aeroporto apontou o terminal de passageiros – TPS como o maior consumidor do sítio com 84% (380m³/dia) do total da área (cerca de 460m³/dia), para o período de 2006 a 2009. No TPS os maiores consumidores são as torres de resfriamento com 45% (170m³/dia) e os sanitários com 40% (155m³/dia). A partir dos dados de consumo nos sanitários foram elaborados cenários que apontam para reduções significativas no consumo atual de água, variando de 17% a 50%, sem grandes investimentos, apenas com a regulação das bacias sanitárias, mictórios e lavatórios e inserção desses procedimentos nas rotinas da equipe de manutenção. Esta redução pode chegar até 80% com ações que vão desde a redistribuição do número de mictórios e bacias sanitárias; a instalação de bacias sanitárias de dupla descarga, até a instalação de mictórios femininos.

PALAVRAS-CHAVE: aeroporto, uso racional da água, tecnologia limpa.

I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental - I COBESA

INTRODUÇÃO

Os aeroportos estão, cada vez mais, ampliando seus serviços, não se limitando ao transporte de passageiros e cargas, mas também, prestando serviços de utilidades, lazer e recreação para os usuários e moradores do seu entorno. Um exemplo é o Aeroporto Internacional de Salvador, onde foi desenvolvido o Projeto de Pesquisa Cooperativo AGUAERO – “Racionalização do Uso da Água no Aeroporto Internacional de Salvador/ BA”. O aeroporto é responsável por mais de 30% da movimentação de passageiros do Nordeste do Brasil, onde, diariamente, circulam 35 mil pessoas pelo terminal de passageiros, e existem 120 lojas instaladas na área comercial.

Segundo LAMBERTS, 2004 para o desenvolvimento de pesquisas na área de racionalização do uso da água no meio urbano é importante ter o conhecimento detalhado da composição do consumo de água na edificação em estudo, principalmente nos sanitários, vez que pesquisas nacionais e internacionais indicam que o maior consumo de água decorre do uso da peças hidrossanitárias. E como a maioria dos usos nos sanitários públicos é para urinar, tem-se aqui um grande desperdício, pois, o volume hoje praticado nestas peças é muito maior que o necessário para o simples transporte da urina.

Ressalta-se que, a quantidade de água potável consumida em aparelhos sanitários é função de um grande número de variáveis onde devem ser considerados desde a instalação predial e tecnologias envolvidas, até a cultura humana e seus hábitos (ALVES, 2006).

Para KIPERSTOK 2009, o consumo de água predial decorre de **cinco principais aspectos** que devem ser analisados visando às ações para sua minimização. O **primeiro** diz respeito aos mecanismos de controle do consumo de água: a medição, a consciência e a cobrança. O **segundo aspecto**, o consumo efetivo se refere ao fornecimento de água para viabilizar o seu uso e atender as *necessidades* básicas dos usuários. Mas, a água atende, também, a outros *desejos* que não podem ser desconhecidos: o *consumo efetivo desejado* ou que atende a desejos conscientes do usuário. O **terceiro aspecto** está associado ao desperdício de água e, relacionado ao consumo não necessário ou desejado pelo usuário provocado por ele ou induzido pelo aparelho. O **quarto aspecto** se refere às perdas físicas nas instalações provocadas por vazamentos, visíveis ou não. E o **quinto aspecto** é a qualidade ambiental do prédio definida como conjunto de atributos que permitem ou favorecem o uso mais racional da água, através de fontes alternativas de menor impacto ambiental e energético.

OBJETIVO DO TRABALHO

Esse trabalho apresenta um dos estudos desenvolvidos no Projeto AGUAERO, relacionado ao consumo de água nos sanitários do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Salvador, com proposição de cenários que possibilitam a redução desse consumo, sem grandes investimentos financeiros.

METODOLOGIA OU MÉTODOS UTILIZADOS

Visando uma caracterização mais detalhada sobre o consumo de água e à identificação de medidas que levem ao uso racional da água, nos sanitários no TPS e, considerando os aspectos preconizados por KIPERSTOK 2009, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Cadastramento dos sanitários e peças hidrossanitárias instaladas em cada sanitário.
- Pesquisa de opinião com os passageiros sobre o consumo de água, com aplicação de 473 questionários, na sala de embarque nacional. Na definição da amostra considerou-se um erro de 5%.
- Experimentos para medir os volumes de água nos mictórios e lavatórios dos sanitários masculinos, em julho e novembro/2008. Como não foi encontrado equipamento próprio para as medições nos mictórios, foi desenvolvido método para impedir a passagem da água pelo ralo desses e, medido o volume para cada descarga dada. Para testar o método e certificar os dados obtidos, o mesmo experimento, foi realizado retirando a água do mictório com uma pêra de sucção, e o volume medido

I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental - I COBESA

em um bquer graduado. Para os lavatórios, usou-se um bquer graduado e cronômetro para medir o tempo de enchimento do recipiente. Os dados foram tratados estatisticamente.

- Elaboração de cenários (C), considerando em 2008, 16 468 passageiros/dia circulando no TPS. O C00 – representa a situação atual, com a média dos valores encontrados nos experimentos: mictório: 1,08 L/descarga e; lavatório: 0,71L/acionamento. Considerou-se para os lavatórios: 02 acionamentos por vez e, para a bacia sanitária - 12,0L/descarga.
C01 - Redução nas descargas dos mictórios e lavatórios dos sanitários masculinos para 0,25L/descarga e ou acionamento.
C02 - C01 + a substituição de 80% dos usos das bacias sanitárias masculinas para urinar pelos mictórios com 0,25L/descarga.
C03 - C02 + a substituição de 50% das bacias sanitárias masculinas para urinar com volume correspondendo a ¼ de 12,0L/descarga, ou seja, 3,0L/descarga.
C04 - C03 + a substituição de 50% das bacias sanitárias femininas para urinar com volume correspondendo a ¼ de 12,0L/descarga, ou seja, 3,0L/descarga.
C05 - C04 + a substituição de 50% das bacias sanitárias femininas somente para urinar com volume de 0,25l/descarga. (simulação do mictório feminino).
C06 - C05 + a substituição de 50% das bacias sanitárias masculinas e femininas com dupla descarga: 6,0l/descarga para defecar e, 3,0l/descarga para urinar.
C07-Troca todas as bacias sanitárias com descarga a vácuo, com 1,2L/descarga.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Os dados do balanço hídrico (BH) reconciliado, para o período de 2006 a 2009, apontaram o TPS como o maior consumidor de água do sítio, com 84% (380m³/dia) do consumo total da área (média de 460m³/dia), sendo que no TPS, os maiores consumidores são as torres de resfriamento com 45% (170m³/dia) e os sanitários com cerca de 40% (155m³/dia).
- Foram cadastrados e mapeados 126 sanitários, com 662 peças hidrossanitárias, sendo 83 mictórios; 233 bacias sanitárias, 264 lavatórios, 47 duchas e, 35 chuveiros. Verifica-se, aqui uma grande desproporção entre o número de mictórios e bacias sanitárias.
- Na pesquisa de opinião, 68% (322) dos entrevistados utilizaram o sanitário, sendo 56% masculinos e 44% femininos e, do total, 97% utilizaram o sanitário para urinar e 3% para defecar. Com relação aos usos da bacia sanitária, 97% das mulheres a utilizaram para urinar e, 3% para defecar. Do total de homens que utilizaram a bacia, 84% foi para urinar e, 16% para defecar. Na pesquisa, 95% dos homens afirmaram que usam mictórios, porém, 15% usaram a bacia sanitária para urinar, justificando pela falta de mictórios livres, de privacidade e de higiene no local. Com relação às mulheres, 85%, responderam positivamente para o uso do mictório feminino (com ajuda de fotografias de aparelhos disponíveis no mercado internacional), dado importante, pois, somente 3% utilizaram o sanitário para defecar.
- Os dados dos experimentos apontam para vazões médias de 0,15L/s e 0,21L/s para os mictórios e 0,14L/s para os lavatórios. Os volumes médios dos mictórios foram 0,9L e 1,1L e, dos lavatórios 0,7L. Os tempos médios de acionamento dos mictórios de 6s e 5s e, para os lavatórios de 5s, nas campanhas de julho e novembro de 2008, respectivamente.
- Os resultados dos cenários com o potencial de redução de água estão na Tabela 1, a seguir, onde observa-se: o consumo estimado de água nos sanitários somente pelos passageiros em 2008 foi de 109m³/dia (C00); a redução do consumo de água pode variar de 17% (C01) a 50% (C02), apenas com a regulação nos volumes das descargas das bacias, mictórios e lavatórios. O C06 com redução de até 77% propõe a instalação de bacias sanitárias com dupla descarga, porém, recomenda-se que, inicialmente, seja feita uma regulação em bacias existentes, para os volumes destas

I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental - I COBESA

peças para, posteriormente, as novas bacias serem adquiridas. Já o C07 apresenta uma redução de 84% do consumo com a instalação de bacias com descarga a vácuo, porém chama-se atenção para: os altos investimentos na readequação do sistema existente; na aquisição das peças e; na operação e manutenção do sistema, não apresentando viabilidade no sistema atual, apesar da redução de 84%.

Tabela 1: Cenários com Redução do Consumo de Água nos Sanitários do TPS.

CENÁRIOS	CONSUMO DE ÁGUA (l/dia)	REDUÇÃO DO CONSUMO (l/dia)	REDUÇÃO DO CONSUMO (%)
C00	109 456	Situação atual	Situação atual
C01	91 225	18 231	17%
C02	80 827	28 629	26%
C03	79 831	29 625	27%
C04	55 528	53 928	49%
C05	39 663	40 168	50%
C06	25 383	84 073	77%
C07	17 092	92 364	84%

CONCLUSÃO

Após análise dos resultados obtidos, pode-se concluir na possibilidade da redução do consumo de água nos sanitários do TPS, em relação ao consumo atual com uma economia variando entre 20m³/dia e 84m³/dia, a partir:

- Da definição e execução de procedimentos para verificação e regulagem das peças hidrossanitárias e, da inserção desses procedimentos na rotina de trabalho da equipe de manutenção.
- Da realização de estudo para definição do número adequado de mictórios e bacias sanitárias, em função dos usos reais dos sanitários e das peças instaladas.
- Da realização de estudo para implantação de mictórios femininos e, em curto prazo, a regulagem do volume de algumas bacias sanitárias femininos visando o atendimento apenas a necessidade de urinar.
- Da realização de treinamento periódico para os profissionais envolvidos com a instalação, operação e manutenção das peças hidrossanitárias, visando incorporação de novos procedimentos e atitudes relacionados ao uso racional da água, na rotina de trabalho.
- Da divulgação contínua, junto aos diversos usuários e à comunidade aeroportuários, o sobre a importância do uso racional da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.0 ALVES, W. C., ROCHA, A. L., GONÇALVES, R. F.(2006) – Aparelhos Sanitários Economizadores, Cap.6. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB.
- 2.0 CHUENG P.B., KIPERSTOK, A.(2009) - Consumo de água – Cap. 2., Vol.5 – Uso Racional de Água e Energia - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB
- 3.0 LAMBERTS, R., GHISLE, KAMMERS, P.C.(2004) – Usos Finais de Água em Edifícios Públicos: Estudo de Caso em Florianópolis/SC. 2004

APÊNDICE C - BALANÇO HÍDRICO RECONCILIADO COMO INSTRUMENTO DE APOIO À GESTÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM INSTALAÇÕES AEROPORTUÁRIAS: O ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR-BAHIA/BRASIL NO XXXII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL – AIDIS/2010.

Reconciled water balance as a support tool for water management in airport facilities: A case study of the International Airport of Salvador-Bahia/Brazil



Maria Thaís Menezes Freire⁵

Ricardo de Araújo Kalid⁶

George Juliano Santos de Amorim²

Asher Kiperstok²

Endereço⁽¹⁾: Rua Aristides Novis, nº 2, Escola Politécnica, 4º andar – Departamento de Engenharia Ambiental/TECLIM – Federação – Salvador – Bahia CEP: 40.210.630 – Brasil - Tel.:+55(71)3235-4436 – Fax: +55(71)3283-9892. e-mail: thais@ufba.br.

ABSTRACT

This article discusses water consumption at the International Airport of Salvador, Bahia, Brazil. For this purpose a reconciled water balance (RWB) was used as a support tool for water consumption management. The RWB was built based on TECLIM's (Clean Technology Network, Federal University of Bahia, Brazil) methodology developed for the environmental optimization of industrial sites. This methodology allowed the construction of the water balance with only a small part of the water flows having metering devices. Initially, any identified or mapped source of information of water flow rates was considered, being either measured or estimated. A value representing the Quality of the Information used (QI) was attributed to each of these information. A data reconciliation methodology was then used considering QI as inversely proportional to the measurement or estimative uncertainty. With this mathematical programming technique, new values are identified that, attending the problem restrictions (mass balance equations), minimize the objective function, reducing the differences between the values of the initially mapped flow rates (measured or estimated) and the reconciled values. Results obtained for December 2009 show that the passengers terminal (TPS) consumed 460m³/day of the total airport site consumption (550m³/day). Inside the TPS, cooling towers and toilets represented 190m³/day each. Data obtained supported various proposals to reduce water consumption. These include the redistribution of the number of urinals and water closets; procedures for measuring and the regulation of these equipments and water tabs, in regular maintenance activities. Other measures were also indicated. These include the use of new water sources such as the local aquifer, cooling towers blow-down and the cooling system fan-coils condensation water.

KeyWords: Airport, data reconciliation, quality of information, water balance, water management.

⁵ Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM). Engenheira sanitária (1990/UFBA), especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos (2007/UFBA). Mestranda em Engenharia Industrial – Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial – PEI/UFBA. Pesquisadora da Rede TECLIM (www.teclim.ufba.br). (thais@ufba.br).

⁶ Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. TECLIM, PEI/UFBA.

BALANÇO HÍDRICO RECONCILIADO COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM INSTALAÇÕES AEROPORTUÁRIAS: O ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SALVADOR - BAHIA/BRASIL

Resumo

Este artigo apresenta um estudo sobre o comportamento dos fluxos hídricos do Aeroporto Internacional de Salvador (AIS) através da construção do balanço hídrico reconciliado (BHR), utilizado como uma ferramenta de apoio à gestão do consumo de água no aeroporto. O BHR foi construído, a partir da adequação da Metodologia TECLIM (Rede de Tecnologias Limpas / Universidade Federal da Bahia, Brasil), desenvolvida para a otimização ambiental de plantas industriais, com foco na produção mais limpa. Esta metodologia permitiu a construção do BHR com apenas uma pequena parcela das correntes hídricas medidas, portanto sem redundância de dados medidos. A Metodologia TECLIM aproveita inicialmente, toda fonte de informação identificada ou mapeada, seja medição ou estimativa. A cada uma dessas informações se atribui um valor representativo da Qualidade da Informação (QI). Considerando-se a QI como inversamente proporcional à incerteza da medição ou estimativa, utilizou-se a técnica da reconciliação de dados; essa técnica de programação matemática, buscam-se novos valores que, satisfazendo as restrições do problema (equações dos balanços de massa) minimizem a função objetivo, diferenças entre os valores das vazões mapeadas inicialmente (medidas ou estimadas) e os valores reconciliados. Os resultados obtidos, para dezembro de 2009, apontam para o terminal de passageiros (TPS) como o maior consumidor de água do sítio aeroportuário com 460 m³/dia do total de 550m³/dia. Dentro do TPS, as torres de resfriamento e os sanitários representaram os maiores consumos com 190m³/dia, cada um. Estes dados subsidiaram, também, a proposição de ações voltadas para a gestão do consumo de água no AIS que incluem, dentre outras, a redistribuição do número de mictórios e bacias sanitárias; procedimentos para regulação dos mictórios, lavatórios e bacias sanitárias na rotina da manutenção. Apontou-se ainda para o aproveitamento de novas fontes de água, como o aquífero local, a purga das torres de resfriamento e o condensado das serpentinas do sistema de resfriamento.

Palavras chaves: Aeroporto, balanço hídrico, gestão da água, qualidade da informação, reconciliação de dados.

1.0 Introdução

Os aeroportos, além das suas atividades fins, estão, cada vez mais, ampliando suas atividades prestando serviços de utilidades e lazer aos usuários, tornando-se, assim, importantes consumidores de água da região onde se localizam. Um exemplo é o Aeroporto Internacional de Salvador (AIS) localizado em Salvador, capital do Estado da Bahia, que responde por mais de 30% da movimentação de passageiros na Região Nordeste do Brasil. Cerca de 40 mil pessoas circulam, diariamente, pelo terminal de passageiros (TPS), que conta com uma área comercial, com 100 lojas. Mais de 16 mil empregos diretos e indiretos são gerados para atender a uma média diária de 19 mil passageiros com vôos domésticos e internacionais.

Este artigo apresenta um estudo sobre o comportamento dos fluxos hídricos do AIS, parte integrante do Projeto de Pesquisa Cooperativo AGUAERO “Racionalização do Uso da Água no Aeroporto Internacional de Salvador-Ba”, desenvolvido pela Rede de Tecnologias Limpas da Universidade Federal da Bahia (TECLIM/UFBA) e a Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO), cujo objetivo é avaliar e melhorar o desempenho ambiental do aeroporto através de mecanismos, procedimentos e tecnologia voltados para o uso racional da água e minimização de efluentes, com foco na produção limpa (PL).

A busca por maior eco-eficiência extrapola os esforços individuais de pessoas e instituições. Neste sentido, desde 1997 a Rede TECLIM/UFBA vem desenvolvendo a Metodologia TECLIM, com foco na produção limpa (PL), para otimização ambiental de processos industriais com base nos instrumentos: trabalhos cooperativos com os parceiros; treinamento dos funcionários e líderes das organizações em conceitos de Produção mais Limpa (P+L); montagem do banco de idéias e desenvolvimento de projetos conceituais; métodos de integração de massa e energia e a construção do balanço hídrico reconciliado.

Para o desenvolvimento do Projeto AGUAERO a Metodologia TECLIM foi adaptada considerando-se as características e atividades desenvolvidas no AIS e, os conceitos e atividades preconizados no saneamento ambiental.

Segundo Cohim e Kiperstok (2008), para se alcançar a sustentabilidade considerando o saneamento ambiental e atingir as metas do milênio, será preciso um novo paradigma: projetar os sistemas para não gerarem resíduos. Porém, os serviços prestados pelo setor saneamento, trabalham em ciclos abertos desperdiçando água e os nutrientes inseridos nos efluentes (Kiperstok,2008). Sendo assim, torna-se imprescindível a inserção da lógica da gestão da demanda priorizando, inicialmente, ações para o uso racional da água e o reuso, em nível coletivo ou individual, para em um segundo momento, se pensar na exploração de novas fontes de abastecimento de água e, no tratamento e disposição dos efluentes gerados.

Pensando na eficiência do uso da água em edificações públicas e comerciais, pelos usuários, seguindo os pressupostos da produção limpa (PL), Kiperstok apud Cheung *et al.*, (2009) preconiza que a mesma depende de uma série de fatores que devem ser, antes de mais nada, conhecidos. A partir deste conhecimento é que se poderão estruturar propostas de atuação concretas. Quando se aborda o problema na fonte, conforme orienta a concepção da PL, surge a necessidade de se estudar e compreender os *cinco fatores* determinantes do consumo de água predial. O *primeiro* diz respeito aos mecanismos de controle: medição, consciência e a cobrança; o *segundo fator*, é relativo ao consumo efetivo necessário ou desejado, que se refere ao fornecimento de água para atender não só às *necessidades* básicas dos usuários, mas também, a outros desejos conscientes do usuário; o *terceiro* está associado ao desperdício de água e relacionado ao consumo efetivo não necessário ou desejado pelo usuário, conscientemente. O *quarto fator* se refere às perdas físicas nas instalações provocadas por vazamentos; e o *quinto fator* diz respeito à qualidade ambiental do prédio definida como conjunto de atributos que permitem ou favorecem o uso mais racional da água, através de fontes alternativas de menor impacto ambiental e energético.

A realização do estudo ora apresentado, justifica-se vez que as ações voltadas para a gestão do consumo de água no AIS só terão resultados satisfatórios, se propostas e implementadas a partir de um prévio e detalhado conhecimento dos usos e consumos de água praticados no aeroporto. Isso foi conseguido a partir do estudo dos fluxos hídricos, com a construção do balanço hídrico reconciliado (BHR).

2.0 Objetivo Geral

Apresentar uma metodologia desenvolvida para a construção do balanço hídrico reconciliado do Aeroporto Internacional de Salvador e sua contribuição como instrumento de apoio à gestão do consumo de água do aeroporto.

3.0 Metodologia

A metodologia desenvolvida para o balanço hídrico reconciliado (BHR) do Aeroporto Internacional de Salvador (AIS), foi adaptada de Fontana *et al.* (2005) e Martins *et al.*(2010), e está dividida em 6 etapas, a seguir descritas:

- **(I) Mapeamento dos pontos de consumo de água e geração de efluentes no sítio aeroportuário.**

Realizou-se o mapeamento dos pontos a partir das informações levantadas pela equipe do TECLIM junto aos técnicos da INFRAERO e, de visitas de campo. Foram identificados os pontos de consumo de água e geração efluentes, suas interações e a leitura dos medidores nos pontos identificados. Estes pontos doravante são denominados de correntes aquosas de entrada e saída.

- **(II) Construção da topologia do balanço hídrico.**

A partir da identificação das correntes e de seus fluxos, foi desenvolvida a topologia do balanço hídrico em planilha eletrônica EXCEL. Os diagramas de bloco representaram as unidades e/ou equipamentos de consumo de água ou geração de efluentes, linhas que conectam os blocos representaram o fluxo das correntes e, as setas as direções de entrada e saída dos fluxos, vide Figura 1, a seguir.

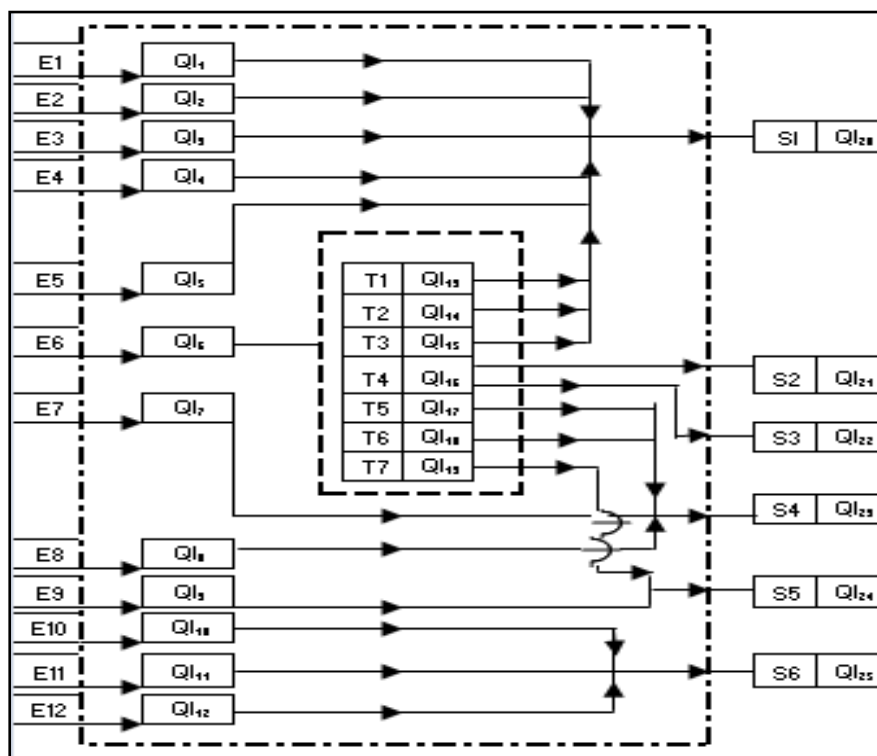


Figura 1: Topologia do balanço hídrico do AIS

- **(III) Mapeamento das vazões das correntes com a definição da Qualidade da Informação (QI) e, montagem do banco de dados.**

Após a topologia definida partiu-se para o mapeamento das vazões das correntes, seja através de medições ou estimativas. Foi atribuída uma certa Qualidade de Informação (QI) a cada vazão mapeada. Destaca-se que uma das dificuldades encontradas na construção do balanço hídrico é a aquisição dos dados, pois, a maioria das correntes não possui medidor e, os existentes, não possuem manutenção adequada. Para superar esta dificuldade, na metodologia TECLIM, os dados podem ser levantados de diversas maneiras: medidores fixos, medidores portáteis, calculados através de balanços de massa e energia, via dados de projeto, estimados por especialistas, simulações, entrevistas de campo, etc. (FONTANA *et al.*, 2005).

No aeroporto, os dados das vazões foram obtidos de várias formas. A cada vazão foi associada uma nota ou valor relacionado ao grau de confiabilidade do método utilizado na sua obtenção. Esta nota foi denominada de qualidade da informação – QI. A QI é inversamente proporcional à incerteza da medida ou estimativa, e existe uma constante de proporcionalidade que relaciona as duas. Uma das vantagens da QI é poder construir o balanço hídrico com os dados de vazões disponíveis sejam elas medidas ou estimadas (Martins *et al.*, 2010).

A escala proposta por Martins *et al.*(2010), atribui, inicialmente, uma QI variando entre 0,4 e 10,0, onde a QI = 0,4 se refere a um dado obtido de forma grosseira, ou pouco confiável (IPC) e, a QI = 10,0 aos casos em que existe sistema de medição calibrado, com nível de confiança alto (ICA). Neste trabalho, utilizou-se a mesma escala, mas com significados adaptados à realidade do AIS, vide Quadro 1, adaptado de Martins *et al.*(2010).

Quadro 1: Escala da Qualidade da Informação (QI) e fontes de informações utilizadas no AIS.

QI	FONTES DE INFORMAÇÕES
0,4 – IPC (Informação Pouco Confiável)	Estimativa grosseira sem muita consistência.
2,0 – ICB (Informação com nível de Confiança Baixo)	Literatura existente, projetos antigos e simulações.
4,0 – ICM (Informação com nível de Confiança Médio)	Experimentos de campo e estimativa confiável a partir de medições existentes e informações de operadores do sistema.
10,0 – ICA (Informação com nível de Confiança Alto)	Hidrômetros instalados. Apesar de não estarem calibrados, caracterizou-se como a melhor fonte disponível no momento. Os dados foram tratados estatisticamente para retirada dos dados espúrios.

O banco de dados do balanço hídrico é composto por três planilhas: o balanço avaliado no volume de controle da unidade em estudo, onde cada corrente apresenta o valor da vazão correspondente; outra muito parecida a anterior porém, a célula que contém o valor da vazão será substituída pelo valor da QI associada a cada vazão e, uma planilha relatório contendo a descrição das correntes de entrada e saída das unidades, com o valor das vazões mapeadas e reconciliadas e a QI correspondente.

- **(IV) Reconciliação dos dados do balanço hídrico.**

Foi realizada a reconciliação de dados, para fechamento do balanço hídrico com o maior nível de confiança possível. Os balanços de massa baseados em vazões medidas ou estimadas inicialmente não fecham. Uma das ferramentas usadas, para conseguir o fechamento dos balanços (ímbalços igual a zero), é a reconciliação de dados, que busca novos valores que satisfaçam as equações do balanço (restrições do problema) através de técnicas de otimização usando programação matemática. Procura-se minimizar a função objetivo, reduzindo as diferenças entre os valores das vazões mapeadas (medidas ou estimadas) e os valores reconciliados.

Segundo Crowe, (1986) a formulação típica de um problema de reconciliação de dados, para balanço de massa, é expressa pelas equações (1) e (2). A equação (1) representa a função objetivo do problema de reconciliação quando há redundância de dados medidos e, a (2), as restrições de igualdade equivalentes ao balanço de massa global do equipamento (ou volume de controle) avaliado.

$$\min_{V_R} \sum_{i=1}^N \frac{(V_{Ri} - V_{Mi})^2}{\sigma_i^2} \quad \text{equação (1)}$$

$$\text{s. a.} \sum_{l=1}^L (V_{Rl})_{in_k} - \sum_{m=1}^M (V_{Rm})_{out_k} = 0 \quad \text{equação (2)}$$

Para os fluxos $i = 1, \dots, N$. Onde: V_{Ri} = vazões reconciliadas; V_{Mi} = vazões medidas; σ_i^2 = variância (associada ao grau de incerteza do medidor); in = correntes de entrada; out = correntes de saída; k = referente a ao volume de controle (unidade); K = número de volumes de controle envolvidos (unidades); l = referente as correntes de entrada no volume de controle k; L = número de correntes de entrada de cada unidade; m = referente as correntes de saída do volume de controle k; M = n° de correntes de saída de cada unidade k.

Para $k = 1..K$ volumes de controle ou unidades

Contudo, no sistema em estudo não há redundância de medição e, apenas 52% das correntes consideradas tem medição. Para utilizar a técnica da reconciliação de dados, a Metodologia TECLIM, propõe uma nova formulação da função objetivo, considerando a QI inversamente proporcional a variância vide equação (3) (Martins *et al.*, 2010).

$$\min_{V_R} \sum_{i=1}^N \frac{QI_i^2}{V_{Mi}^2} (V_{Ri} - V_{Mi})^2 \quad \text{equação (3)}$$

Onde, agora, M_i representa correntes mapeadas que podem ser tanto medidas como estimadas.

Para a reconciliação das vazões do balanço hídrico do AIS utilizou-se o *software* MATLAB, com a rotina *Fmincon do toolbox* de otimização e, os dados de vazão e QI importados das planilhas eletrônicas do relatório Excel que contem a topologia e as vazões mapeadas do fluxo de água no AIS.

- **(V) Análise e interpretação dos dados para validação do balanço hídrico reconciliado.**

Esta etapa é de grande importância e foi realizada com a participação dos técnicos do TECLIM e da INFRAERO, que usaram do conhecimento da área para a comparação dos dados do balanço antes e após a reconciliação. Os técnicos têm a opção por validá-los ou, melhorar os dados da QI e, recomeçar todo o processo de construção de um novo balanço. O processo termina quando, para o grupo, os dados validados representam, da melhor maneira possível, a realidade do processo em estudo.

- **(VI) Melhoria da Qualidade da Informação (QI).**

Após análise dos dados da primeira reconciliação e troca de informações, entre as equipes do TECLIM e INFRAERO, concluiu-se que os valores obtidos para algumas vazões não representavam a realidade estudada sendo, então, necessária uma reavaliação da escala, originalmente, proposta para a QI, com a validação de algumas e alteração de outras. Esta etapa teve por objetivo obter dados que melhor representassem o sistema estudado.

4.0 Resultados Obtidos

Com a adequação da Metodologia TECLIM para o Projeto AGUAERO, foram montados 47 balanços hídricos reconciliados para os meses de fevereiro/2006 a dezembro/2009. A Tabela 1 apresenta os dados do balanço reconciliado de dezembro/2009 com as vazões mapeadas (V_M) e reconciliadas (V_R), a Qualidade da Informação (QI) e as discrepâncias (%) entre as vazões. Ressalta-se aqui que, os dados obtidos através dos medidores passaram por tratamento estatístico para retirada dos dados espúrios.

No BRH do sítio aeroportuário, foram mapeadas 25 correntes, 19 de entrada e 6 de saída, do total destas, 13 correntes de entrada possuem medidor. Ressalta-se aqui que, das correntes com medidores, apenas 4 estão no TPS, área de maior consumo de água de todo o sítio aeroportuário.

Tabela 1: Dados do balanço hídrico reconciliado – dezembro/2009

CORRENTES	V_M (m ³ /dia)	QI	V_R (m ³ /dia)	DISCREPÂNCIAS (%)
E1	52,99	2,00	51,93	2,02
E2	0,01	10,00	0,01	0,00
E3	0,53	10,00	0,53	0,00
E4	35,12	10,00	35,10	0,05
E5	1,67	10,00	1,67	0,00
E6	455,97	10,00	457,23	-0,28
E7	34,73	4,00	34,61	0,33
E8	7,06	10,00	7,06	0,00
E9	0,72	10,00	0,72	0,00
E10	0,19	10,00	0,19	0,00
E11	0,15	10,00	0,15	0,00
E12	0,01	10,00	0,01	0,00
T1	46,39	10,00	46,34	0,01
T2	216,05	2,00	191,16	11,52
T3	17,75	10,00	17,74	0,04
T4	193,50	10,00	193,25	0,13
T5	0,24	4,00	0,24	0,00
T6	8,00	2,00	7,99	0,12
T7	0,50	2,00	0,50	0,01
S1	336,00	2,00	379,10	-12,82
S2	168,03	0,40	177,56	-5,67
S3	15,69	4,00	15,69	-0,00
S4	15,30	0,40	15,29	0,06
S5	1,22	0,40	1,22	0,00
S6	0,35	2,00	0,35	0,00

De acordo com os dados da Tabela 1 e da Figura 2, verifica-se que em dezembro/2009, os maiores consumos no sítio ocorreram no TPS (E6) com 460m³/dia do total de consumo de 550m³/dia de todo o sítio, seguido da área industrial (E1) com 50m³, do prédio de apoio (E4) com 35m³/dia e, outros consumos com 32m³/dia. No TPS as torres de resfriamento (T4) e os sanitários (T2) tiveram um consumo diário de 190m³, cada, seguidos dos concessionários (T1) com 50 m³ e, outros pequenos consumos que somaram 27m³.

A Figura 3 apresenta o gráfico das vazões mapeadas e reconciliadas da Tabela1, onde observa-se que as correntes T2 (sanitários), S1(Estação de Tratamento de Efluentes) e S2(purga das torres de resfriamento) necessitam de uma melhoria nas suas medições, em função das discrepâncias entre os valores obtidos com a reconciliação dos dados, o que já se esperava, em função da baixa QI atribuída aos valores das suas vazões, por terem sistemas de medição pouco confiáveis.

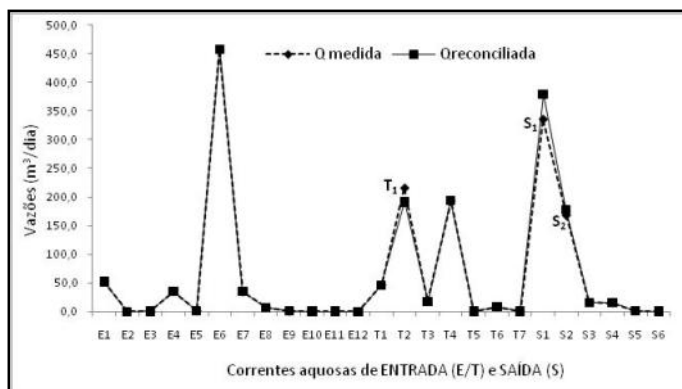


Figura 2: Vazões mapeadas e reconciliadas BHR_ dezembro/2000

5.0 Conclusões

A Metodologia TECLIM desenvolvida, com a ferramenta qualidade da informação (QI) pela rede de pesquisa TECLIM/UFBA permitiu a utilização do balanço hídrico reconciliado como um importante instrumento de apoio à gestão do consumo de água no AIS, que tem apenas 52% das suas principais correntes aquosas medidas. Ressalta-se que em outros projetos desenvolvidos e em desenvolvimento pela rede, em plantas industriais, foram construídos BHRs, também com sucesso, em situações com uma quantidade de correntes com medidores bem menor à encontrada no AIS.

O mapeamento das principais correntes aquosas de entrada e saída do sítio permitiu o conhecimento, com mais propriedade, dos principais e diversos usos e consumos da água no terminal de passageiros (TPS), subsidiando a elaboração dos projetos conceituais a seguir: redistribuição do número de mictórios e bacias sanitárias; procedimentos para regulagem dos mictórios, lavatórios e bacias sanitárias na rotina da manutenção. Apontou-se ainda para o aproveitamento de novas fontes de água, como o aquífero local, a purga das torres de resfriamento e o condensado das serpentinas do sistema de resfriamento

A medição das correntes aquosas de entrada e saída, com equipamentos calibrados periodicamente, é de grande importância para que o BHR continue sendo um importante instrumento de apoio a gestão do consumo de água no AIS, pois com o conhecimento imediato dos consumo da área, pode-se fazer uma gestão mais rápida e eficaz.

As principais dificuldades encontradas para o fechamento do balanço hídrico estão relacionadas com a falta de: medidores nas correntes de entrada e saída; de manutenção e calibração dos hidrômetros instalados; de uma rotina na leitura diária dos hidrômetros e de capacitação periódica da equipe responsável pela manutenção do aeroporto.

Os dados dos balanços hídricos reconciliados subsidiaram na identificação e instalação de 15 (quinze) hidrômetros para o acompanhamento do consumo diário de água nas bacias sanitárias, mictórios e lavatórios dos 6 sanitários (3 masculinos e 3 femininos) mais movimentados do TPS. As medições obtidas destes instrumentos serão analisadas em futuros trabalhos.

Os resultados ora apresentados não são definitivos. Com a instalação dos novos hidrômetros, espera-se, em breve, apresentar uma nova reconciliação de dados com resultados mais consistentes, que representem melhor ainda o consumo de água no TPS.

6.0 Recomendações

Após análise dos dados obtidos com a Metodologia TECLIM para a elaboração do BHR do Aeroporto Internacional de Salvador destacam-se, a seguir, algumas das recomendações na busca da continuidade e fortalecimento do estudo ora apresentado, com potencial de utilização em áreas similares.

- Realizar treinamentos periódicos para a equipe responsável pela leitura dos hidrômetros e manutenção do sistema de medição do Aeroporto Internacional de Salvador.
- Calibrar e realizar manutenção periódica nos hidrômetros instalados.

- Elaborar manual de procedimentos para manutenção e calibração dos hidrômetros instalados.
- Instalar novos hidrômetros para medição das correntes, com destaque para o terminal de passageiros, por ser o maior consumidor de todo o sítio.
- Continuar com os estudos e sua divulgação, visando aprimoramento da ferramenta balanço hídrico reconciliado, com potencial de utilização, não somente na área industrial, mas também em edificações urbanas, a exemplo do trabalho aqui apresentado.

Agradecimentos

Agradecemos a toda equipe da INFRAERO que, juntamente com a equipe do TECLIM, não mediu esforços para contornar as dificuldades encontradas no desenvolvimento do Projeto AGUAERO. Ao Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio da Financiadora de Estudos e Projetos/FINEP e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq, pelo aporte financeiro para a realização desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

CHEUNG P. B., Kiperstok, A., Cohim E., Alves W.C., Philippi L.S., Zanella L., Abe N., Gomes H.P., Silva B.C.,

PERTEL M., Gonçalves R.F. (2009). Uso Racional de Água e Energia. Vitória, ES. ABES v5, 70-76. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB).

COHIM E., Kiperstok A.,(2008). Produção limpa e eco-saneamento. In: Kiperstok, Asher(org.) Prata da Casa: construindo produção limpa na Bahia. Salvador.

CROWE, C. M.,(1986). Reconciliation of Process Flow Rates by Matrix Projection. *Alche*,v.32, nº4,p.616-623,1986.

FONTANA, D., Kalid, R., Kiperstok A.,Silva M.A.S.(2005). Methodology for wastewater minimization in the Petrochemical Complex. Proc. 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering and 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering, 14-18 August 2005, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

KIPERSTOK A., (2008). O papel da Universidade e da Rede TECLIM na introdução de práticas de produção limpa na Bahia. In: Kiperstok, Asher(org.) Prata da Casa: construindo produção limpa na Bahia. Salvador.

LAMBERTS, R., Ghisi,E., Kammers, P.C.(2004).Usos Finais de Água em Edifícios Públicos: Estudo de Caso em Florianópolis/SC.

MARTINS, M.A.F.,Amaro, C., Souza, L., Kalid R., Kiperstok. A.(2010). New objective function for data reconciliation in water balance from industrial process. *J Clean Prod* (2010), doi:10.1016/j.jclepro.201003.014.

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

