



II-318 - DIAGNÓSTICO DO USO DA ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE SÃO PAULO (AISP) ATRAVÉS DE MONITORAMENTO REMOTO DO CONSUMO

Elaine Nolasco Ribeiro⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES (1999). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES (2002). Doutora em Biotecnologia Industrial pela Universidade de São Paulo – USP (2008). Bolsista de pós-doutorado da CAPES no Programa de Engenharia de Infra-Estrutura do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA.

Wilson Cabral de Sousa Júnior

Oceanólogo pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG (1996). Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (1999). Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas (2003) e Phd Sandwich pelo Institute Of Latin American Studies - University of London (2002). Professor adjunto do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Eliana Cristina de Sousa

Graduada em Economia.

Gustavo Bezerra de Paula Pessoa

Graduado em Engenharia Civil-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA (2007).

Fábio Anderson Batista dos Santos

Graduado em Engenharia Civil-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA (2007).

Endereço⁽¹⁾: Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Div. de Eng. Civil – Lab. de Geomática, sala 2125 – Prç. Marc. Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias – CEP 12228-900 – São José dos Campos-SP – Brasil – e-mail: enolasco@ita.br; wilson@ita.br, Brasil - Tel: +55 (12) 3947-6880 - Fax: +55 (12) 3947-6970.

RESUMO

O Aeroporto Internacional de São Paulo em Guarulhos possui um consumo anual de água da ordem de 658.000 m³, média 2000 a 2008, sendo que os equipamentos que respondem pelo maior consumo são: bacia sanitária (51%), ar condicionado (19,4%), torneira (15,3%) e mictório (6,8%). Embora o AISP já possua equipamentos economizadores de água em todos os seus sanitários, existem algumas tecnologias não utilizadas pelo mesmo, que podem gerar uma economia ainda mais significativa no consumo de água, como são os casos das válvulas de descarga com duplo acionamento e do sistema de esgoto a vácuo (EVAC). Com a instalação de alguns equipamentos economizadores de águas, disponíveis no mercado, é possível fazer uma economia de 75% no consumo total do aeroporto. Do lado da oferta, a possibilidade de utilização de água de precipitação, aproveitando a grande área coberta (1.942.134,5 m²), além de sistemas otimizados de tratamento de água para fins intermediários (por exemplo, o tratamento com ozônio para reuso da água), ampliaria em muito a oferta sem a necessidade de exploração excessiva dos recursos existentes. Como o consumo médio do aeroporto é de 658.000 m³/ano, pode-se potencialmente suprir toda a demanda de água com apenas 44% do potencial de aproveitamento de água de chuva sem considerar os fins de utilização, pois parte da água potencialmente aproveitável tem restrições de utilização devido a sua qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: diagnóstico de consumo, água de chuva, aeroportos

INTRODUÇÃO

Os aeroportos com elevados movimentos anuais de passageiros são participantes importantes no consumo de água nas regiões em que se encontram instalados. Pode-se tomar como exemplo o Aeroporto Internacional Hartsfield-Jackson em Atlanta, que possui um dos maiores movimentos de passageiros e aeronaves do mundo, sendo classificado como o oitavo maior consumidor de água do estado da Geórgia, Estados Unidos, de acordo com Tharpe (2007). Este aeroporto consome quase 3,5 milhões de litros de água diariamente.

Autoridades administradoras de aeroportos em vários países, especialmente nos países mais ricos e desenvolvidos, têm demonstrado interesse em diminuir o consumo de água em seus aeroportos. Alguns exemplos são: o aeroporto de Adelaide na Austrália, Beijing na China, Bruxelas na Bélgica e Recife/Guararapes no Brasil. A principal causa disso são os períodos de estiagem pelos quais várias regiões do



globo passam todos os anos. De acordo com Brisbane Airport Corporation Press Release (2006), a “Brisbane Airport Corporation”, responsável pela administração do Aeroporto de Brisbane, Austrália, por exemplo, anunciou em outubro de 2006 uma série de medidas visando a um uso mais eficiente e diminuição do consumo de água nesse aeroporto. A decisão de implantação dessas medidas ocorreu, principalmente, devido ao maior período de estiagem dos últimos 100 anos na Ilha da Rainha e ao fato de o aeroporto supracitado ser um dos maiores consumidores de água da região. Dentre as medidas anunciadas, destacam-se: a) instalação de tanques para a captação de água da chuva capazes de coletar 1 milhão de litros de água por semana, o suficiente para suprir três vezes a população total de Brisbane por um ano inteiro. b) introdução de um sistema de alta tecnologia de monitoramento e um programa detecção para diminuir de maneira drástica a perda de água em vazamentos. c) auditorias sobre o consumo de água nas instalações prediais do aeroporto visando à economia de aproximadamente 60.000 litros de água por ano. d) captura e reuso de água da torre de condicionamento de ar, para economizar cerca de 60 milhões de litros de água potável por ano.

No Brasil o aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre foi projetado e construído sob uma concepção ecológica. Segundo a INFRAERO (2007), a água proveniente da condensação do sistema de refrigeração é aproveitada para uso nas descargas das bacias sanitárias. Além disso, o sistema de esgoto existente, a vácuo, gera uma economia no consumo de água de 30%. Segundo a empresa supracitada, em vez de 10 litros consumidos em média a cada descarga pelo sistema convencional, são utilizados apenas 1,2 litros.

A estimativa para o consumo mensal do aeroporto é de 21.400 m³, uma redução considerável em relação aos 30.600 m³ que seriam gastos pelo sistema convencional. As águas de chuva são uma das últimas fontes de abastecimento para o planeta.

Entretanto, o maior aeroporto do Brasil e segundo maior da América Latina, o Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro, conhecido também como Aeroporto Internacional de São Paulo (AISP), situado no município de Guarulhos, carece de um plano de gestão dos seus recursos hídricos. Este aeroporto opera atualmente com dois terminais de passageiros, TPS-1 e TPS-2, e quatro terminais de carga. Os terminais TPS-1 e TPS-2, projetados inicialmente para atender 15 milhões de passageiros por ano, operam atualmente com a carga de 17 milhões de passageiros por ano, e consumo médio de água em torno de 658.000 m³/ano (média de 2000-2008) (INFRAERO, 2007). Atualmente todo este volume de água é captado de nove poços profundos situados no próprio sítio aeroportuário e tem por agravante o fato de que o aeroporto foi construído numa área pantanosa da várzea do rio Baquirivu-Guaçu, contendo uma seqüência de camadas argilosas próximas da superfície. Estas camadas produzem uma acentuada impermeabilização natural. Como consequência, é lenta a recarga natural do aquífero sedimentar, constituído por camadas arenosas, situadas em posição topográfica e estratigráfica inferior às camadas argilosas (Diniz, 1996). Segundo estudo realizado por Okpala (2005), a extração excessiva de água no sítio aeroportuário do AISP pode causar o rebaixamento do solo, que por sua vez poderia abalar as estruturas do aeroporto. Situação semelhante tem vivido a Cidade do México, que foi construída sob um aquífero e a imensa quantidade de poços distribuídos em toda a sua região metropolitana têm levado a subsidência do solo.

Diante da situação em que se encontra o AISP, visando uma gestão sustentável desse empreendimento, é que se propõe o uso racional da água para este aeroporto. Para se atingir este objetivo são necessárias a adoção de algumas medidas e procedimentos. Segundo Oliveira (1999) o uso racional da água em instalações prediais considera duas opções operacionais: redução do consumo, com instalação de equipamentos economizadores, e estabilização do consumo de água, através do monitoramento sistemático do consumo e manutenção adequada do sistema predial. Em edificações públicas como os terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, o uso da água é muito semelhante às edificações comerciais, porém o uso dos ambientes sanitários é bem mais significativo, variando de 35 a 50% do consumo total.

Ainda considerando essa abordagem de sustentabilidade, deve-se explorar também novas fontes para abastecimento, dentre elas, o aproveitamento das águas de chuva, que são uma das fontes mais limpas para o abastecimento. Elas podem absorver gases como dióxido de carbono, oxigênio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre a partir da atmosfera podendo também capturar fuligem e outras partículas microscópicas quando caem. No entanto, a água de chuva é quase 100% pura até passar por uma superfície que pode conter: folhas com herbicidas e pesticidas em sua superfície, fezes de animais, microrganismos em geral, patogênicos ou não, que podem comprometer o aspecto visual dessas águas e representar risco de manipulação aos usuários, se não forem tratadas adequadamente conforme os usos previstos. Dentre esses usos estão: reservas



de incêndio, descarga em bacias sanitárias, regas de áreas verdes, efeito decorativo, lavagem de ruas e pátios, usos esses compatíveis com águas de qualidade inferior.

O objetivo deste trabalho é diagnosticar o uso da água no AISP, a partir do monitoramento do consumo, com os equipamentos atualmente instalados, e fazer uma projeção de economia com a substituição desses equipamentos pelos economizadores de água. Propõe-se também a análise do potencial de aproveitamento da água de chuva no aeroporto considerando seu consumo atual e o potencial de utilização dessas águas. O presente trabalho faz parte do projeto Hidroaer - Uso Eficiente de Águas em Aeroportos.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Terminal 2 do Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos, São Paulo, Brasil. Esse aeroporto foi inaugurado em 1985 e ocupa uma área de aproximadamente 11.9 milhões de m² (Vitalux, 2006). Anexo ao aeroporto, ao sul, encontra-se a Base Aérea de São Paulo (BASP), do Ministério da Aeronáutica, a qual utiliza as mesmas pistas e ocupa um terreno de aproximadamente 2 milhões de m², compondo, do ponto de vista físico-operacional, um único conjunto.

Para o diagnóstico do consumo foram levantadas informações sobre perfis de consumo, padrões de demanda dos setores usuários e dos equipamentos economizadores de água já instalados no AISP. Esses dados foram obtidos através de contatos diretos com a equipe de engenharia da INFRAERO e os relatórios do Plano de Gestão dos Recursos Hídricos/Guarulhos (PGRH) de 2006, também fornecidos pela INFRAERO. Foram obtidas informações sobre alguns equipamentos e estudos de redução do consumo de água, disponíveis no mercado e fornecidos pelos fabricantes desta categoria, a partir dos quais diagnosticou-se a existência de aparelhos com a utilização mínima de água e com possibilidade de aplicação no AISP.

Verificou-se também a possibilidade de economia, através da captação e aproveitamento das águas pluviais de superfícies externas como telhados e pátio das aeronaves, utilizando-se informações das plantas de engenharia do projeto do AISP e suas ampliações. Os cenários foram estabelecidos com base em referências secundárias de uso eficiente da água baseados em programas de gestão de demanda e implantação de equipamentos economizadores, além de experiências exitosas em outras plantas aeroportuárias de porte similar.

Para análise de qualidade das águas foram realizados dois experimentos. O primeiro, uma simulação de chuva, ocorreu em setembro de 2008 na área do pátio das aeronaves em uma área delimitada de 335 m², no Terminal 1. Foram utilizados 15.000 L de águas aspergidos durante 35 min. Vinte litros de amostras foram coletadas ao final do ensaio. Metade desse volume foi utilizado para tratamento com ozônio, com dose empregada de 30 mg/L de O₃ e fluxo de oxigênio de 1 L/min durante 25 min. O segundo experimento foi realizado em janeiro de 2009 num telhado de fibrocimento com área de 54 m² no Terminal 2 do AISP. Foram coletados 20 L de amostras após 25 minutos de chuva. O descarte das primeiras águas teve por objetivo limpar o telhado e obter águas com melhor qualidade. Em ambos os ensaios, logo após a coleta, as amostras foram mantidas sob refrigeração até o início das análises. Uma empresa contratada realizou as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas de acordo com APHA (2005). Os parâmetros analisados e as metodologias empregadas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros analisados e métodos analíticos empregados nos experimentos.

| PARÂMETROS | TÉCNICA ANALÍTICA | UNIDADE |
|--------------------------------------|---------------------------------|------------|
| pH | SMWW 4500H ⁺ A e B | - |
| Turbidez | SMWW 2130 A e B | UT |
| Cor aparente | SMWW 2120 A e C | PtCo |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) | SMWW 5210 A e B | mg/L |
| Nitrato | SMWW 4500-NO ₃ A e E | mg/L |
| Nitrito | SMWW 4500-NO ₂ A e B | mg/L |
| Fósforo (P) | SMWW 4500P A | mg/L |
| Sólidos Totais em Suspensão (STS) | SMWW 2540 A, B, C, D, E, F e G | mg/L |
| Sólidos Totais Dissolvidos (STD) | SMWW 2540 A, B, C, D, E, F e G | mg/L |
| Coliformes termotolerantes | SMWW 9222 B, D e G | NMP/100 mL |
| Coliformes totais | | NMP/100 mL |



RESULTADOS OBTIDOS

Diagnóstico do consumo

Atualmente o AISP possui mais de 200 sanitários, além de outros sistemas intensivos em uso da água, como a Central de Água Gelada e o setor de alimentação. O monitoramento do consumo de água nas dependências do aeroporto é baixo, se limitando à hidrometração da Central de Água Gelada e do setor de alimentação – este possui pequenos hidrômetros destinados ao consumo por unidade usuária. A ausência ou imprecisão destes dados compromete o investimento eficiente no uso racional da água.

De acordo com dados levantados pela empresa Vitalux (2006), o consumo de água no AISP é dado pelo volume de água captada nos poços. A somatória das médias mensais de água produzida pelos 9 poços no período de janeiro a dezembro de 2005 foi de 49.907 m³/mês. A distribuição do consumo é apresentado na Tabela 1. A partir de dados mais atuais, fornecidos pela própria INFRAERO foi possível estimar que a média de captação/consumo de água no AISP entre os anos de 2000 a 2008 foi de 658.000 m³/ano ou 54.833 m³/mês. Como se pode observar na Tabela 2, o maior consumo de água fica por conta das descargas de bacias sanitárias seguidas pelo sistema de ar condicionado, torneiras e mictórios.

Tabela 2: Demandas de água no AISP para o ano de 2005.

Tabela 2: Demandas de água no FIESP para o ano de 2005.

| CONSUMO DA POPULAÇÃO AEROPORTUÁRIA | | | | | |
|------------------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------|---------------|--------------|
| DESCRIÇÃO | QTDES | CONSUMO DE ÁGUA (m³/mês) | | | |
| | | TORNEIRAS | CHUVEIRO | BACIA | MICTÓRIO |
| Funcionários com banho | 350 | 37 | 693 | 304 | 26 |
| Funcionários sem banho | 21.718 | 1.906 | 0 | 15.780 | 1.361 |
| Passageiros | 43.181 | 4.534 | 0 | 6.257 | 1.619 |
| Visitantes | 107.953 | 1.134 | 0 | 3.128 | 405 |
| Totais (m³/mês) | | 7.611 | 693 | 25.469 | 3.411 |
| CONSUMOS DIVERSOS | | | | | |
| DESCRIÇÃO | CONSUMO (m³/mês) | | | | |
| Ar condicionado | 9.677 | | | | |
| Irrigação | 144 | | | | |
| Lavagem | 216 | | | | |
| Restaurante | 1.140 | | | | |
| Outras Lanchonetes | 1.447,5 | | | | |
| RESUMO DOS CONSUMOS | | | | | |
| DESCRIÇÃO | CONSUMO (m³/mês) | CONSUMO TOTAL DO AEROPORTO (m³/mês) | PERCENTUAL (%) | | |
| Torneira | 7.611 | 49.907 | 15,3 | | |
| Chuveiro | 693 | | 1,4 | | |
| Bacia Sanitária | 25.469 | | 51,0 | | |
| Mictório | 3.411 | | 6,8 | | |
| Ar condicionado | 9.677 | | 19,4 | | |
| Irrigação | 144 | | 0,3 | | |
| Lavagem | 216 | | 0,4 | | |
| Restaurante | 1.140 | | 2,3 | | |
| Outras Lanchonetes | 1.447,5 | | 2,9 | | |

Fonte: Vitalux (2006).

Dada a necessidade de uma gestão eficiente do uso de água no AISP, encontra-se em fase de implantação uma rede de monitoramento remoto para o diagnóstico preciso do consumo da água. Vários hidrômetros foram instalados em dois sanitários, masculino e feminino, no Terminal 2 do AISP, para análise de consumo de alguns equipamentos sanitários, descarga, torneiras e mictórios. Um sensor de presença também será instalado nesses sanitários para contagem de usuários. No desenvolvimento da rede de monitoramento remoto, estão sendo utilizados módulos eletrônicos acoplados a hidrômetros que geram pulsos a uma relação de saída (pulso/"x" litros) determinada. Nestes módulos, um microcontrolador interno avalia os sinais recebidos,



reconhece a direção da vazão de água (fluxo ou refluxo) e calcula os valores de medição baseados na quantidade de pulsos gerados em um determinado intervalo de tempo. Os dados são armazenados localmente e também transmitidos para uma central remota, utilizando o padrão de comunicação sem fio IEEE 802.15.4, através de redes *ZigBee*.

Com os dados obtidos pretende-se levantar os perfis de consumo e de padrões de demanda dos usuários e a determinação do uso da água nas diversas faixas de operação para se efetuar a seleção e dimensionamento dos equipamentos economizadores a serem instalados. Ainda buscando a gestão eficiente da água no AISP, será feito também uma verificação e manutenção das instalações atuais, de forma a corrigir eventuais vazamentos e perdas de água e análise contínua dos dados de monitoramento para avaliação das técnicas empregadas. Com a realização deste trabalho espera-se diagnosticar com eficiência a demanda de água no AISP e reduzir o seu consumo.

Equipamentos hidrossanitários existentes no AISP

Diversas soluções tecnológicas são hoje disponíveis para a implementação de ações de gestão de demanda no AISP, em especial voltadas para o uso eficiente da água. O uso de mecanismos economizadores (bacias sanitárias de baixo consumo, mictórios e torneiras automáticas, aeradores, redutores de pressão, etc.) associados a um sistema de monitoramento contínuo do consumo de água pode garantir economias que chegam a 50% da demanda. Embora o AISP já possua equipamentos economizadores de água em todos os seus sanitários, existem algumas tecnologias não utilizadas pelo mesmo, que podem gerar uma economia ainda mais significativa no consumo de água, como são os casos das válvulas de descarga com duplo acionamento e do sistema de esgoto a vácuo (EVAC). Na Tabela 3 são apresentados os equipamentos sanitários economizadores de água existentes no AISP.

Tabela 3: Caracterização dos equipamentos hidrossanitários do AISP.

| EQUIPAMENTO | TIPO DE FUNCIONAMENTO | VOLUME ESTIMADO | DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO QUE O ALIMENTA |
|---|--|-----------------|--------------------------------------|
| Torneiras | Acionamento por sensor de presença | * | 3 / 4 " |
| Bacias sanitárias | Válvula de descarga de ciclo seletivo | 6 | 1 1/2 " |
| Mictórios Individuais | Válvula de descarga por sensor de presença | 1,5 | 1 1/2 " |
| Não se conhece um valor médio de volume de água dispendido por usuário(uso)uma vez que é totalmente dependente do mesmo.F | | | |

Fonte: INFRAERO – Superintendência Regional do Sudeste – Gerência de Engenharia de Manutenção, 2007.

Projeção de economia de água no AISP

Conforme demonstrado na Tabela 1, os valores do consumo de água para três importantes equipamentos de uso sanitário são: 25.470 m³/mês para as bacias sanitárias; 3.412 m³/mês para mictórios e 7.670 m³/mês para torneiras (vazão de 6L). Com a instalação de alguns equipamentos economizadores de águas, disponíveis no mercado, é possível fazer uma economia de até 100%, no caso de instalação de mictórios sem água, Tabela 4.

Tabela 4: Eficiência de economia no AISP com instalação de equipamentos economizadores.

| CÁLCULO DAS POSSIBILIDADES DE ECONOMIA DO USO ÁGUA NO AISP | | | | |
|--|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | USO MASCULINO | | USO FEMININO | |
| | % de Economia | Volume Economia | % de Economia | Volume Economia |
| Bacia segregadora | 90% | - | 90% | 18.338 |
| Bacia a vácuo | 75% | 3.821 | 75% | 15.282 |
| Mictório – sem água | 100% | 3.412 | 100% | 16.301 |
| Torneira – vazão de 4 litros | 37,50 | 1.427 | 37,50 | 1.427 |

Supondo a instalação de alguns desses equipamentos economizadores, o novo cenário de consumo água no AISP seria de 11.199,6 m³/mês ao invés de 44.222 m³/mês, o que representaria uma economia de 75%, Tabela 5.

**Tabela 5: Estimativa de economia de água no AISP com implantação de equipamentos economizadores.**

| EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS | CONSUMO ATUAL (m³/mês) | | CONSUMO TOTAL (m³/mês) | % DE ECONOMIA COM INSTALAÇÃO DE NOVOS EQUIPAMENTOS | NOVA PREVISÃO DE CONSUMO (m³/mês) |
|----------------------------|------------------------|----------|------------------------|--|-----------------------------------|
| | MASCULINO | FEMININO | | | |
| Bacias sanitárias | 5.094 | 20.376 | 25.470 | 75% ^A | 6.367,5 |
| Mictórios | 3.412 | - | 3.412 | 100% ^B | 0 |
| Torneiras | 7.670 | | 7.670 | 37,50 ^C | 4.832,1 |
| Consumo Total | 16.176 | 28.046 | 44.222 | 75% | 11.199,6 |

Legenda: A: bacia a vácuo; B: mictório sem água; C: torneira (vazão de 4 L).

Análise do potencial de aproveitamento da água de chuva

Águas com qualidade para potabilidade vêm sendo utilizadas para fins menos nobres como, rega de áreas verdes, descargas de sanitários, eventuais lavagens de pátios, pistas e estacionamento de veículos, entre outras. Para estas aplicações, seria possível a utilização de água com qualidade inferior, atendendo ao princípio de substituição das fontes, que recomenda o uso de águas de melhor qualidade para fins mais nobres. Além do mais, o AISP utiliza atualmente uma fonte de captação de água que vem demonstrando constrições em sua disponibilidade e com a redução do consumo de água, visa-se reduzir também os custos operacionais. Diante da necessidade do desenvolvimento sustentável desse aeroporto em relação à utilização das águas, é que se propõe o aproveitamento das águas de chuva, para fins que não requeiram águas com padrão de potabilidade. A viabilidade de implantação dessa proposta foi avaliada através de um levantamento de algumas variáveis envolvidas nesse processo e que são apresentadas a seguir.

Para se ter uma estimativa do volume de água de chuva que pode ser captado é necessário conhecer os índices de pluviosidade para o local em questão e do potencial de aproveitamento das águas captadas. Os dados de pluviometria que serão usados para o cálculo do potencial de água a ser aproveitada foram fornecidos pela estação de tratamento do AISP Guarulhos. A partir da precipitação acumulada durante os anos de 2002 a 2006 (dados não apresentados), calculou-se a média de precipitação anual para este período, Tabela 6.

Tabela 6: Precipitações e média anual de chuva de 2002 a 2006

| ANO | PRECIPITAÇÃO ANUAL (mm) |
|-------|-------------------------|
| 2002 | 994 |
| 2003 | 877 |
| 2004 | 1.256 |
| 2005 | 1.324 |
| 2006 | 1.521 |
| Média | 1.194 |

As chuvas na região do Aeroporto de Guarulhos são mais concentradas entre os meses de outubro e março. Esse período é o ideal para que seja aproveitada a água de chuva, pois, com chuvas periódicas, as superfícies de captação acumulam menos poluição e a água captada é de melhor qualidade além de se ter um maior volume. Por isso recomenda-se que o aproveitamento de água seja realizado principalmente neste período. Contudo, deve-se manter um sistema de abastecimento em paralelo para situações em que a água de chuva falte.

Segundo Tomaz (2003), precisa-se descartar 1 mm de chuva por m² de telhado. Dessa forma, considerando-se apenas dias com pluviosidade acima de 1 mm e o descarte do primeiro milímetro de cada chuva, tem-se a seguinte quantidade de chuva aproveitável na Tabela 7.

**Tabela 7: Quantidade de precipitação aproveitável nos telhados.**

| ANO | PRECIPITAÇÃO (mm) |
|-------|-------------------|
| 2002 | 904 |
| 2003 | 789 |
| 2004 | 1.146 |
| 2005 | 1.213 |
| 2006 | 1.399 |
| Média | 1.090 |

Para o caso de pátios e pistas, como a superfície é bem mais poluída, considerou-se chuvas com precipitações apenas acima de 2mm e que seriam descartados os 2 mm iniciais de cada chuva. Deste modo, as precipitações aproveitáveis estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8: Quantidade de precipitação aproveitável nos pátios e pistas.

| ANO | PRECIPITAÇÃO (mm) |
|-------|-------------------|
| 2002 | 827 |
| 2003 | 712 |
| 2004 | 1.056 |
| 2005 | 1.121 |
| 2006 | 1.300 |
| Média | 1.003 |

O cálculo do potencial de aproveitamento das águas de chuvas está apresentado na Tabela 9. Utilizou-se coeficientes de run-off conservadores, de modo a minimizar o risco de superestimar o potencial de água para aproveitamento. No caso dos telhados (de amianto), há menor absorção e evaporação que nos pátios e pistas (Concreto e CBUQ), tanto pelo material quanto pelas temperaturas de superfície. Por isso, foram considerados coeficientes de run-off baixos (0,8-0,75).

Tabela 9: Cálculo do volume de escoamento potencial por ano.

| LOCAL | ÁREA (m ²) | COEFICIENTE DE RUN-OFF | I (mm) | VOLUME DE ESCOAMENTO/ANO (m ³) |
|--------------------|------------------------|------------------------|--------|--|
| Telhados | 201.981,60 | 0,8 | 1.090 | 176.127,96 |
| Pátio de aeronaves | 867.487,50 | 0,75 | 1.003 | 652.567,47 |
| Pistas | 872.665,40 | 0,75 | 1.003 | 656.462,55 |
| Total | | | | 1.485.157,97 |

Como o consumo médio do aeroporto é de 658.000 m³/ano (média 2000-2008) nota-se que, potencialmente pode-se suprir toda a demanda com apenas 44% do potencial de aproveitamento de água de chuva sem considerar os fins de utilização, pois parte da água potencialmente aproveitável tem restrições de utilização devido a sua qualidade. Então, pode-se utilizar toda a água do telhado (que tem melhor qualidade) e parte das águas dos pátios e pistas.

Qualidade da água de chuva captada

A qualidade da água antes de tocar o solo depende de uma série de fatores como posição geográfica, frequência de chuvas, duração da chuva, presença ou não de emissores de poluição na região analisada, entre outros. Os telhados contêm uma série de impurezas que se acumulam no período em que a chuva não incide sobre eles. Nesse período, há acúmulo de poeira (poluentes, partículas sólidas, materiais provenientes do ar em geral), bactérias, excrementos de aves, ratos, insetos, etc. Isso causa uma considerável proliferação de microorganismos e substâncias nocivas à saúde humana. A chuva é o agente de limpeza desses telhados e, é por isso, que a primeira água de chuva deve ser descartada, dado que ela lava o telhado carregando todo o grosso dessas impurezas mencionadas anteriormente.

Apesar de possuírem boa qualidade as águas de chuva necessitam de tratamento. O método mais difundido no Brasil é a cloração pelo seu baixo custo associado além de sua boa aplicabilidade, conferindo à água um bom nível de qualidade. A cloração, entretanto, quando é aplicado em águas que contêm matéria orgânica natural, que é o caso da água de chuva captada dos telhados, favorece a formação de trihalometanos (THMs) além

de outros subprodutos da desinfecção, que pode resultar na formação de íons brometo na água em tratamento. Alguns THMs, como o clorofórmio, têm sido identificados como substâncias cancerígenas, segundo dados do Instituto Nacional de Câncer dos EUA. No Brasil, a concentração máxima permitida para os padrões de potabilidade de água de trihalometanos é de 100 g L⁻¹.

No cenário atual, há um interesse crescente pelo uso de métodos de tratamento alternativos que minimizem a formação de trihalometanos. Os mais conhecidos são o tratamento com ozônio (O₃), o permanganato de potássio (KMnO₄) e o dióxido de cloro (ClO₂), entre outros. No Brasil, não se tem feito uso de agentes desinfetantes alternativos tais como ozônio, dióxido de cloro, permanganato de potássio e peroxônios, sendo que estes vêm sendo utilizados somente em universidades, para fins de pesquisa. Não tem havido investimento em desinfetantes alternativos ao uso do cloro, por este apresentar o mais baixo custo, mantendo ainda alguma eficiência.

No presente trabalho, foram realizados ensaios no Terminal 2 do AISP para avaliar a qualidade das águas de chuva após escoamento por uma seção de telhado e em uma área de pista. O método escolhido para tratamento das águas de chuvas coletadas foi a ozonização, devido ao fato de que este tipo de tratamento já vem sendo estudado pelo grupo de trabalho envolvido neste estudo. Os resultados obtidos antes e após tratamento são apresentados na Tabela 10 juntamente com algumas diretrizes brasileiras que recomendam valores mínimos de qualidade em função dos usos.

Tabela 10: Comparação dos valores dos parâmetros avaliados com algumas diretrizes brasileiras para aproveitamento de água.

| PARÂMETROS | COLETA NO PÁTIO SEM TRATAMENTO | COLETA NO PÁTIO APÓS 25 MIN. DE TRATAMENTO | ÁGUAS PLUVIAIS SEM TRATAMENTO | ÁGUAS TELhado APÓS 15 MIN. DE TRATAMENTO | CLASSE 1* | PADRÃO NBR 15527 |
|------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|--|----------------|------------------|
| pH | 8,07 | 7,06 | 7,44 | 6,81 | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 8,0 |
| Turbidez (UNT) | 5,13 | 10 | 1,92 | 0,96 | < 2 | < 2 ou < 5 |
| Cor (µH) | 59 | 79 | 21 mg/L ⁻¹ PtCo | 8,0 mg/L ⁻¹ PtCo | < 10 | < 15 |
| DBO (mg/L) | 10 | 10 | 10 | 10 | < 10 | |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L) | - | - | - | - | ≤ 20 | |
| Nitrato (mg/L) | 0,26 | 0,57 | 0,25 | 0,27 | < 10 | |
| Nitrito (mg/L) | 0,042 | 0,003 | < Lq | < Lq | < 1 | |
| Fósforo (mg/L) | < Lq | < Lq | < Lq | < Lq | < 0,1 | |
| STS (mg/L) | 42 | 36 | 7,0 | 2,0 | < 5 | |
| STD (mg/L) | 170 | 150 | 4,0 | 7,0 | < 500 | |
| Coli. Termotolerantes (NMP/100 mL) | Não detectado | Não detectado | 47 | Não detectado | Não detectável | - |
| Coli. Fecais (NMP/100 mL) | - | - | - | - | Não detectável | |
| Coli. Total (NMP/100 mL) | Não detectado | Não detectado | 5,4X10 ² | Não detectado | Não detectável | Ausente |

Legenda: * Valores recomendados pelo Manual de conservação e reuso de água em edificações (2005) para águas de Classe 1, utilizadas para descarga sanitária, lavagem de pisos, veículos, roupas e fins ornamentais.

Os resultados obtidos indicaram que o nível de contaminação nas amostras coletadas após ensaio de simulação de chuva no pátio e coleta de água de chuva após escoamento por telhado, é relativamente baixo e o tratamento com ozônio foi eficiente em reduzir a concentração de alguns parâmetros, mas também aumentou outros. Tal resultado pode ser atribuído a algumas interferências durante o tratamento. De qualquer forma, a tecnologia de tratamento com ozônio, após alguns ajustes metodológicos, pode ser utilizada com eficiência para tratamento das águas de chuva. Nota-se também na Tabela 9 que mesmo sem qualquer tratamento alguns parâmetros enquadraram-se nos valores recomendados pelas diretrizes comparadas. Como a contaminação das águas pluviais está sujeita a diversas fontes e pode variar com o tempo, estações mais secas ou chuvosas, é recomendável a adoção de mais um tratamento, tipo filtração, até mesmo para aumentar a eficiência da ozonização.



CONCLUSÕES

A perspectiva de instalação de equipamentos economizadores de água com tecnologias ainda não utilizadas no AISP, pode gerar uma economia significativa no consumo, cerca de 75%, caso sejam instaladas bacias sanitárias a vácuo, mictórios sem água e torneiras de vazão reduzida, 4 L ao invés de 6 L. Ressalta-se também que após a divulgação do PGRH do AISP, com dados até 2006, a administração do AISP efetuou mudanças nos equipamentos como, troca das torneiras em todos os sanitários, gerando novos dados de consumo de água não descritos neste trabalho. Outra possibilidade que surge para a redução do consumo de água, e que se mostra bastante viável, é o aproveitamento da água de chuva, 44% das águas captadas a partir das superfícies de coletas consideradas neste trabalho, podem suprir até 100% da demanda de água no AISP, sem considerar os fins de utilização. A partir das informações obtidas, pode-se concluir que a instalação dos equipamentos economizadores e o suprimento das demandas do AISP com águas de chuvas são alternativas viáveis para redução do consumo de água. Além disso as águas coletadas após escoamento pelo pátio e telhado apresentaram boa qualidade, mesmo assim carecem de algum tratamento, antes da sua utilização. O tratamento com ozônio é uma possível alternativa para tratamento das águas de chuva no aeroporto desde que seja complementado com filtração ou pré-sedimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO E SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Conservação e Reuso em Edificações. Prol ed. São Paulo. 2005.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos. Rio de Janeiro. 2007.
3. APHA - American Public Health Association, American Water Works Association Water Pollution Control Federation. 21 ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
4. DINIZ, H. N. **Estudo do potencial hidrogeológico da bacia hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, municípios de Guarulhos e Arujá, São Paulo.** Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
5. INFRAERO. **Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre.** Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/link_gera.php?lgi=83&menuid=aero>. Acesso em: 27 nov.2007.
6. Okpala W. O. (2005). *Prospecção de tecnologias para a implantação da prática de reúso de água no Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro em Guarulhos. (Technologies Prospection for water reuse implantation at Governador André Franco Montoro International Airport in Guarulhos).* Dissertation, Engineering Group, University of São Paulo, São Paulo, Brazil.
7. OLIVEIRA, L. H. Metodologia para implantação de programa de uso racional de água em edifícios. São Paulo: EPUSP, 1999.
8. THARPE, J. **Airport hoping to flush away less water.** Atlanta: The Atlanta Journal- Constitution, 2007. Disponível em: <http://www.ajc.com/metro/content/metro/atlanta/stories/2007/10/28/airportdrought_1029.html>. Acesso em: 20 set.2007
5. TOMAZ, P. Aproveitamento da água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar. 180p., 2003.
6. VITALUX, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA LTDA. 2006. Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – Governador André Franco Montoro – Relatório do Plano de Gestão de Recursos Hídricos. (International Airport of São Paulo - Governador André Franco Montoro - Report of Management Plan for Water Resources). Contrato 0053-ST/2005/0057.