

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS NO AEROPORTO SALGADO FILHO (PORTO ALEGRE/RS - BRASIL)

Carolina Andersen¹; Elvis Carissimi²; Daniela Guzzon Sanagiotto³

Resumo – Os aeroportos consomem um grande volume de água, devido ao número de pessoas que o frequentam nos distintos serviços oferecidos. Assim, este trabalho objetivou avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis no Aeroporto Internacional Salgado Filho (AISF). Foram realizados levantamentos do consumo da água nas dependências do Aeroporto e levantamento de dados pluviométricos. Foram definidos o local de cobertura para captação, e os usos futuros, além do dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento da água da chuva. Ao final do estudo foi comprovada a viabilidade econômica de implantação do empreendimento, sendo possível demonstrar a aliança entre o desenvolvimento aeroportuário com a preocupação ambiental. Foi comprovada a viabilidade do aproveitamento das águas pluviais para fins-não-potáveis, sendo que, caso seja implementado haverá economia de 76 m³/mês de água potável e redução do custo da água em R\$ 1.683,17/mês. A viabilidade de implantação do sistema foi comprovada através da análise do investimento, pelo método de “payback”, o qual resultou em um período de retorno de 1,5 anos. Ainda, o aproveitamento da água da chuva, auxilia ainda na drenagem pluvial e diminui a quantidade de água da rede consumida para fins-não-nobres.

Palavras-Chave – Aeroporto, Água da chuva, Reaproveitamento.

Abstract – Airports consume a large volume of water due to the number of people who attend the various services offered. Thus, this study aimed to evaluate the feasibility of implementing a system of harnessing rainwater for non-potable uses in the Salgado Filho International Airport (AISF). Studies of water consumption in the Airport and rainfall data collection were carried out. The local coverage for funding were, and future uses were established in addition to scaling the system to capture and use rainwater. A study of economic feasibility of implementing the project was carried out, which could show the alliance between the airport development with environmental concerns. It was shown the feasibility of rainwater for non-potable, and if it is implemented there will be savings of 76 m³ / month of drinking water and reducing the cost of water in R\$ 1,683.17 / month. The feasibility of implementing the system was confirmed through analysis of the investment by the "payback" methodology, which resulted in a payback period of 1.5 years. Still, the rainwater use also helps to drain rainwater and reduces the amount of tap water consumed for non-noble purposes.

¹ Engenheira Ambiental da Biota-Geom Planejamento e Consultoria Ambiental Ltda. Porto Alegre/RS. E-mail: carol_engambiental@gmail.com

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGEC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av. Roraima, 1000 - Bairro Camobi- CEP.: 97105-900-Santa Maria/RS - Prédio 10 - CT - Sala 540 – E-mail: elvis.carissimi@pq.cnpq.br

³ Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGEC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av. Roraima, 1000 - Bairro Camobi- CEP.: 97105-900-Santa Maria/RS - Prédio 10 - CT - Sala 540 – E-mail: dsanagiotto@ufsm.br

INTRODUÇÃO

Os aeroportos surgiram há aproximadamente cem anos e desde então vêm sofrendo transformações. De simples construções servindo de hangar junto a um cruzamento de estradas no campo, que correspondiam às pistas de pouso e decolagem, a verdadeiros complexos que são também chamados de cidades-aeroporto devido ao seu grande porte, infraestrutura e evolução tecnológica, comparáveis à estrutura de uma cidade (TEIXEIRA e AMORIM, 2005).

Em geral, os aeroportos são os maiores equipamentos urbanos de uma cidade, e a restrição da utilização de um recurso natural tão importante como a água pode prejudicar seriamente a manutenção e a operação desse importante e caro equipamento urbano, responsável pela viabilização do transporte aéreo (REIS, 2004).

Alguns aeroportos, em função do movimento de pessoas, cargas e negócios, consomem mais água do que a própria localidade em que se encontram instalados. Quando há a necessidade de escolha de uma área para um novo aeroporto, uma das questões mais importantes que devem ser consideradas é a oferta de água para garantir o suprimento necessário para alimentar o complexo aeroportuário (REIS, 2004).

Mesmo a água sendo um recurso indispensável para o pleno funcionamento dos aeroportos, muitas vezes, estes não apresentam um plano de gestão de seus sistemas hídricos. Dessa forma, torna-se fundamental que a tão almejada sustentabilidade hídrica torne-se pauta constante nos aeroportos, pelo grande volume de água que este consome. Anualmente, há um crescimento no número de passageiros que supera a taxa de crescimento da população mundial, que contribuem enormemente no consumo de água do aeroporto, além de usos específicos, tais como: obras de adequação e ampliação, lavagem de veículos, sanitários, mictórios, lavabos, vestiários, rega de plantas, seção contra incêndio (SCI), limpeza das instalações, produção de alimentos (praça de alimentação), entre outros. Dessa forma, o gerenciamento adequado dos recursos hídricos em aeroportos é imprescindível para a economia dos recursos naturais e o desenvolvimento sustentável.

Há uma necessidade de reestruturação dos aeroportos brasileiros, com a adoção de medidas de preservação e gerenciamento dos recursos hídricos. A preservação dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade é de suma importância hoje, e também para as futuras gerações. Portanto, percebe-se a necessidade da utilização de novas técnicas de aproveitamento da água. Uma alternativa que visa suprir a demanda da água para fins não potáveis em aeroportos é o aproveitamento de água da chuva, um recurso natural amplamente disponível na maioria das regiões do Brasil.

A água da chuva coletada pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem das pistas de pouso e decolagem, de pátios de aeronaves e de automóveis, entre

outros. Através de sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos.

Diante desse cenário, este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade para o aproveitamento da água da chuva no Aeroporto Internacional Salgado Filho – AISF em Porto Alegre / RS, visando reduzir o consumo interno em distintas utilizações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido no Aeroporto Internacional Salgado Filho, que possui uma área de 3.805.810,04 m², e está localizado na região norte do Município de Porto Alegre no Estado do Rio Grande do Sul (Brasil), mostrado na Figura 1, considerada como uma região urbana concentradora de atividades econômicas e residenciais (Plano de Desenvolvimento Aeroportuário - PDA, 2002).

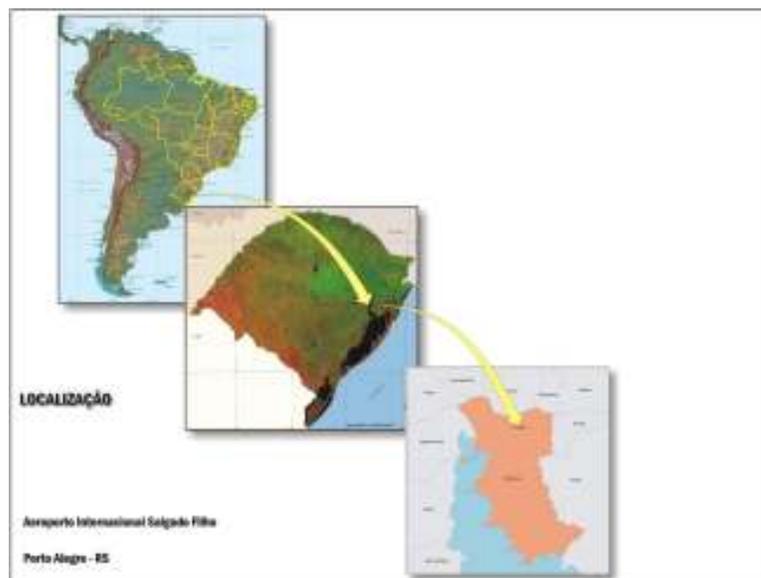


Figura 1 - Localização do Aeroporto Internacional Salgado Filho no RS.

Fonte: NEOTRÓPICA, 2008.

A INFRAERO possui 14 programas ambientais, e dentre eles está o Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos que tem como objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento nos sistemas aeroportuários sob administração da INFRAERO, estimulando a adoção de novas tecnologias que aumentem a eficiência no uso dos recursos hídricos, na construção e na operação das instalações. A Figura 2 mostra a vista aérea do complexo do Aeroporto Internacional Salgado Filho (Porto Alegre/RS).



Figura 2 - Vista Aérea do Aeroporto Internacional Salgado Filho (AISF).

Fonte: AIRLINES, 2009.

Para avaliar a viabilidade do aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis no AISF, foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas: caracterização da área de estudo, levantamento de dados referentes ao consumo de água no AISF, obtenção e análise dos dados pluviométricos da região, determinação dos locais de captação e áreas de cobertura, definição dos usos da água captada, dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva e análise econômica da viabilidade de implantação do sistema. O detalhamento da metodologia é mostrado a seguir:

Consumo de água: O consumo de água do AISF medido pelo DMAE foi obtido no Setor de Meio Ambiente do Aeroporto. Foram fornecidos os consumos mensais de água do período de Out/2007 a Maio/2010, a partir dos dados registrados nas faturas mensais do DMAE.

Levantamento e análise dos dados pluviométricos: Os dados pluviométricos foram obtidos através da estação pluviométrica operada pelo DEPV e controlada pelo ICEA – Instituto de Controle do Espaço Aéreo. A escolha desta estação pluviométrica se deu por estar localizada dentro do AISF e possuir grande volume de informação (30 anos).

Áreas de cobertura: A escolha do local de captação da água da chuva dentro do sítio aeroportuário é uma das decisões mais importantes a serem tomadas para a implantação do sistema, uma vez que diversos fatores influenciam esta tomada de decisão, tais como: os usos que serão dados à água captada, disponibilidade de espaço para locação dos reservatórios, facilidade de utilização da água para os usos pré-definidos, risco nulo de utilização da água para fins potáveis, redução de custos de implantação do sistema, entre outros. Dessa forma, a escolha do local de captação teve como base aspectos econômicos e ambientais, tendo como meta a máxima eficiência do sistema.

Definição dos usos da água captada: Para melhor definição dos usos que serão dados à água captada foi necessário considerar o local escolhido para captação da água da chuva, o grau de qualidade necessária da água para os usos pré-definidos, a facilidade de utilização do recurso, a demanda de água necessária para prover os usos e a disponibilidade de água da chuva para atender a demanda. Nesta etapa, foi prevista a quantidade de água necessária para os usos pré-estabelecidos, além de verificar se a oferta de água da chuva atenderia a demanda.

Dimensionamento das calhas e condutores: O dimensionamento das calhas e condutores foi feito conforme preconiza a Norma NBR 10844/89. Dessa forma, foram observados o período de retorno escolhido (T_r), a vazão de projeto (Q) e a intensidade pluviométrica (I).

Descarte da água de limpeza do telhado: Para o descarte dos primeiros milímetros de chuva foi utilizado um reservatório menor, dimensionado para recolher os primeiros milímetros de chuva. O volume de descarte varia bastante na literatura, foram encontrados valores que variavam de 0,01 a 1,5 L/m². O sistema de descarte funcionará da seguinte maneira: a água do telhado passará pela calha, descendo pelo coletor vertical até o condutor horizontal, chegando enfim até o reservatório de auto-limpeza, que possuirá uma bóia de nível para fechar a tubulação quando o reservatório estiver cheio, direcionando a água da chuva até o reservatório de acumulação. O reservatório será provido de uma válvula com um tubo de 25 mm para o descarte da água acumulada após a chuva.

Dimensionamento dos Reservatórios: Para o cálculo do volume do reservatório de água pluvial foi utilizado o método de Rippl (TOMAZ, 2003). Neste método foram utilizadas as séries históricas mensais. Para verificação da eficiência do sistema com o volume de reserva calculado, foi utilizado o método da simulação.

Sistema de Bombeamento: O sistema de bombeamento se faz necessário, pois o reservatório de armazenamento inferior deverá encaminhar a água para o reservatório de distribuição superior para posterior abastecimento. A escolha da potência do conjunto de moto-bombas foi realizada com auxílio de informações apresentadas em catálogos de fabricantes e através do software FAMAC Motobombas Versão 3.1. As variáveis adotadas para o cálculo da potência foram: Altura de sucção; Altura de recalque; Comprimento total da tubulação; Vazão desejada, e Material da tubulação. Depois de selecionada a potência da moto-bomba e verificada a respectiva vazão (m³/h), foi estimado o tempo de funcionamento diário e o número de dias de uso no mês.

Sistema de tratamento das águas pluviais coletadas: Após o dispositivo de descarte e antes de chegar até o reservatório, a água coletada passará por um filtro, para remover detritos, fuligem, e outras sujidades que possam estar presentes na água captada.

Análise econômica da viabilidade de implantação do sistema: A análise econômica para determinação da viabilidade de implantação do sistema será realizada considerando o potencial de

economia de água potável, os custos de implantação do sistema e o período de retorno do investimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para verificação da viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, no Aeroporto Internacional Salgado Filho (AISF) são mostrados neste capítulo.

ANÁLISE QUANTITATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NO AISF

A estimativa de custo por m³ de água tratada foi obtida através da análise das faturas do consumo de água geradas pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) – órgão fornecedor de água potável, onde foi verificado que o custo da água potável é de R\$ 4,04 multiplicado por um fator de conversão de 5,5 (custos com impostos), ou seja, o custo por m³ é de R\$ 22,22.

A Tabela 1 mostra a média do consumo de água no AISF, bem como uma estimativa de custo médio gasto pelo Aeroporto. Os dados da Tabela 1 mostram que os Terminais de Passageiros (TPS-1 e TPS-2) são os setores que representam maior consumo de água. Isso se deve principalmente à grande circulação de passageiros e funcionários, praça de alimentação e sistemas de climatização. Além de possuírem elevado número de sanitários e lavabos.

Tabela 1 - Consumo e estimativa de custo médio mensal gasto no AISF.

Local	Consumo médio mensal (m ³ /mês)	Custo médio mensal (R\$)
TPS 1	6.885,5	152.995,81
TPS 2	5.506,3	122.349,99
SCI	619,4	13.763,07
Prédio Manutenção	570,6	12.678,73
Hangar DEP	595,0	13.220,90
Cabeceira 29	32,3	717,71
CNPA	117,9	2.619,74
TOTAL	14.327,1	318.345,94

Os terminais de passageiros são locais muito visados e propícios a problemas de epidemias e pandemias, devido à grande circulação de pessoas de diversos lugares do mundo, por isso a limpeza de suas instalações é crucial para o andamento das atividades, o que acarreta um consumo ainda maior de água.

A Figura 3 mostra o consumo mensal de água gasto no AISF nos últimos dois anos, onde é possível perceber que o consumo de água vem aumentando gradativamente. Com o crescimento da economia e dos grandes centros urbanos, houve aumento do fluxo de passageiros e transporte de

cargas aéreas nos aeroportos, devido à necessidade de deslocamentos mais rápidos entre as localidades, tanto de pessoas como de cargas. A redução dos valores e facilidades de obtenção de passagens aéreas também tem influenciado este aumento. Assim, o consumo de água vem aumentando gradativamente em conjunto com a expansão e aumento de fluxo de pessoas e serviços do Aeroporto. Os dados mostram que o número de passageiros praticamente dobrou em 5 anos no Aeroporto Internacional Salgado Filho (AISF), em Porto Alegre/RS.

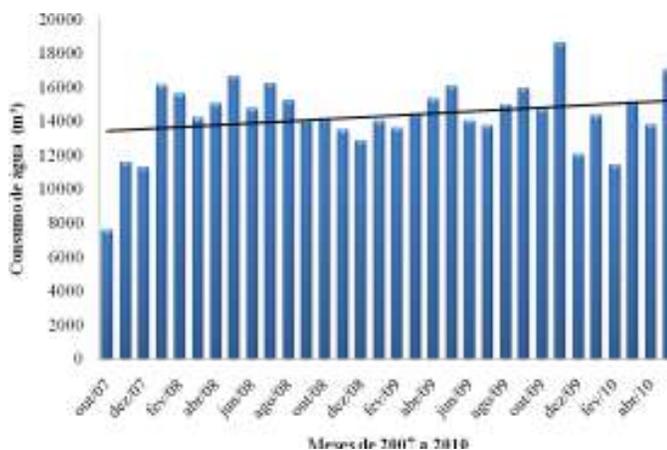


Figura 3 - Histórico do consumo de água nos últimos dois anos.

Tabela 2 - Evolução do número de Passageiros no Aeroporto Internacional Salgado Filho.

Ano	Passageiros
2006	3.846.508
2007	4.444.748
2008	4.931.464
2009	5.607.703
2010	6.676.216

ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A intensidade pluviométrica é um dos principais parâmetros que devem ser considerados na implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Os dados pluviométricos fornecidos pelo Instituto de Controle do espaço Aéreo – ICEA incluem informações sobre precipitações do ano de 1969 até o ano de 2008. Os anos de 1968, 1972, 1988, 1989, 1990, 2000, 2001 e 2002 não foram considerados, devido a falhas nas medições.

A Figura 4 apresenta a precipitação média mensal obtida através da estação climatológica localizada dentro do AISF. Os dados da Figura 4 mostram que a precipitação média mensal no AISF é razoavelmente uniforme, oscilando sempre em torno de 100 mm mensais, e não havendo períodos de seca, o que facilita a concepção de projetos.

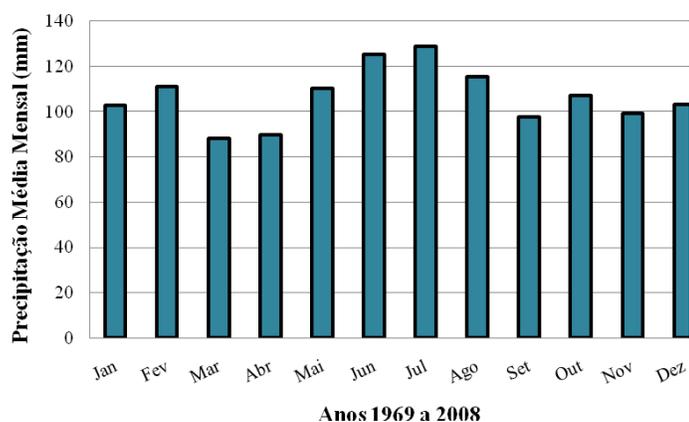


Figura 4 - Precipitação média mensal dos últimos 30 anos no AISF.

DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE COBERTURA PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL E DEFINIÇÃO DOS USOS

Para a escolha do local de captação da água dentro do AISF foram levados em consideração diversos fatores, como a disponibilidade de espaço para alocação dos reservatórios, qualidade da água, usos que poderiam ser dados à água captada, facilidade de utilização da água da chuva, entre outros. Inicialmente pensou-se em dimensionar o sistema em dois locais, na SCI (Seção Contra Incêndio), para utilização da água da chuva no combate a incêndio, e no Hangar de Manutenção, para aproveitamento da água para rega de plantas, lavagem de veículos e limpeza de piso.

O aproveitamento das coberturas dos terminais de passageiros (TPS-1 e TPS-2) para captação e aproveitamento da água da chuva também foi pensado, com o intuito de aproveitar a água para as descargas e limpeza do piso. Entretanto para a implantação do sistema nestes locais haveria necessidade de mudança na estrutura hidráulica de todo o prédio. E ainda por se tratar de um local onde pessoas de todo o mundo frequentam haveria necessidade de realizar um tratamento mais avançado da água, como um processo de desinfecção, mesmo para os fins não potáveis (lavagens de piso e descarga de vasos sanitários), tendo em vista que aeroportos são muito visados pelos Órgãos fiscalizadores, principalmente pela ANVISA, por serem passíveis de transmissão de doenças, pandemias e epidemias.

A utilização da água da chuva para utilização nos caminhões da SCI para o combate a incêndio foi descartado neste estudo, em virtude da possibilidade de corrosão dos mecanismos e consequentemente o desgaste das bombas dos caminhões, em função das partículas que a água da chuva pode carrear do telhado. Todavia, é possível utilizar a água da chuva para esta finalidade, a partir de um levantamento detalhado da qualidade da água captada, e implementação de um sistema de tratamento mais eficiente.

A utilização da água da chuva para o processo de hidrojateamento também foi descartado, tendo em vista que as bombas utilizadas são muito frágeis e as partículas que podem vir a estarem presentes na água, mesmo ao passarem pelo filtro, podem danificar a mesma.

Assim, o local escolhido para captação da água da chuva dentro do Sítio Aeroportuário foi o hangar de manutenção, uma vez que neste local há espaço para a locação dos reservatórios, bem como se utiliza a água potável para várias finalidades em que a água não necessitaria ser potável, como a lavagem de veículos e rega de plantas.

Dentro do hangar de manutenção do AISF, existem dois prédios. Um deles serve como escritório administrativo para os contratados da INFRAERO (pavimento superior), e para as atividades de oficina (térreo), o outro é o Hangar Metálico, que serve como depósito de equipamentos de grande porte inservíveis (aguardando desmobilização), que não podem ser descartados por serem bens da união e também para hangaragem de equipamentos pesados de grande porte utilizados nas atividades de infra-estrutura do Aeroporto.

A estrutura a ser utilizada para captação de água da chuva será o Hangar Metálico, mais conhecido como hangar de lata, em função do material do telhado (metálico) e da área de telhado ser maior.

CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NO HANGAR DE MANUTENÇÃO

A água pluvial captada pelo sistema será utilizada para lavagem de veículos e rega de plantas. Dessa forma, é necessário prever a quantidade de água necessária para atender esta demanda, através da previsão do consumo de água para cada uma destas finalidades, as quais serão apresentadas a seguir.

LAVAGEM DE VEÍCULOS

O AISF possui 95 veículos/equipamentos que são lavados diariamente no hangar de manutenção. Segundo Gasparim (2010) cerca de 05 veículos/equipamentos são lavados por dia, sendo que cada veículo/equipamento é lavado cerca de duas vezes por mês. De acordo com Tomaz (2003), são gastos em média, 150 litros de água para a lavagem de um veículo comum, entretanto, considerando que dentre os veículos do AISF, apenas 04 são comuns (tipo Gol), e o restante é composto por camionetas, roçadeiras, micro-ônibus, entre outros do mesmo porte, sendo considerado o consumo de 300 litros de água para lavagem de cada veículo/equipamento. Dessa forma, o volume de água para lavagem de veículos foi estimado em 57.000 L.

REGA DE PLANTAS

Segundo GOMES (2010), são gastos mensalmente 15 m³ de água para rega de plantas no sítio aeroportuário, podendo esta demanda duplicar em épocas de muito calor. Por isso, para a previsão do consumo de água, será feito um acréscimo nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, que

geralmente são os meses mais quentes do ano. Assim sendo, a demanda de água necessária para rega de plantas foi estimada em 18.750L.

A Tabela 3 mostra a quantidade de água necessária para suprir os usos identificados anteriormente.

Tabela 3 - Estimativa do consumo médio mensal e anual de água não potável no hangar de manutenção do AISF.

	Consumo médio mensal (m ³)	Consumo médio anual (m ³)
Lavagem de veículos	57	684
Rega de plantas	18,75	225
TOTAL	75,75	909

Dessa forma, são necessários 909 m³/ano de água para atender a demanda. A seguir, é apresentado o dimensionamento do sistema, bem como a verificação da viabilidade de atendimento da demanda através do sistema de captação da água da chuva.

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

O dimensionamento do sistema de captação da água da chuva proposto teve como principais parâmetros as normas NBR 10844/89 e NBR 15527/07. O detalhamento de cada uma das etapas do desenvolvimento do estudo é apresentado a seguir.

- Área de coleta

Seguindo as recomendações preconizadas pela NBR 10844/89, para o cálculo das áreas de contribuição, foi considerado a inclinação do telhado e utilizada a formulação específica para o caso. O telhado utilizado para captação da água da chuva foi dividido em duas áreas de coleta, conforme mostra a Figura 5.

Assim, as áreas do telhado foram calculadas em 1003,38 m² (A1 + A2).

- Calhas e condutores

As calhas e condutores foram dimensionados conforme recomenda a Norma NBR 10844/89. Os dados adotados foram: I = 146,1 mm/h (Intensidade pluviométrica para um tempo de retorno de 05 anos), A1 = A2 = 501,69 m², Qprojeto = 1220,78 L/min. O número de condutores verticais instalados foi definido a partir da divisão da área de coleta (A1=A2) pela intensidade pluviométrica (i), foi estimado em 4 (quatro).

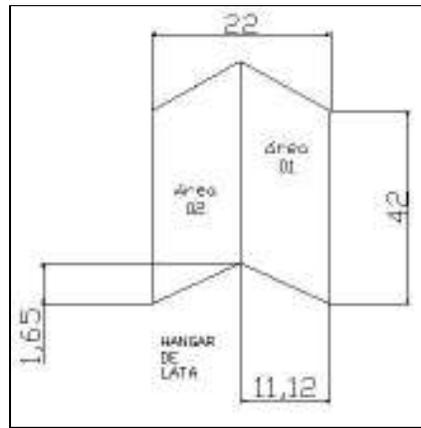


Figura5 - Dimensões do telhado do hangar de lata do AISF.

Assim, a vazão de projeto foi distribuída pelos quatro condutores verticais instalados, sendo que cada condutor terá capacidade para atender uma vazão $Q = 305,19 \text{ m}^3/\text{h}$. O diâmetro das calhas foi obtido através da fórmula de Manning-Strickler, para uma vazão de $305,19 \text{ L}/\text{min}$ e declividade de 1%, o diâmetro da calha obtido é de 125 mm, entretanto, para aumentar a margem de segurança e evitar transbordamentos, o diâmetro da calha será de 150 mm.

O diâmetro dos coletores verticais foi obtido conforme preconiza a NBR 10844/89, através dos seguintes dados: $Q = 305,19 \text{ L}/\text{min}$, $L = 3 \text{ m}$, H incógnita: D (mm). Para a determinação do “H” foi levantada uma linha vertical pela vazão $Q=305,19$ até interceptar as curvas de H e L correspondentes. Após, a intersecção foi transportada até o eixo D . Dessa forma, foi encontrado o diâmetro $D=50 \text{ mm}$. A norma NBR 10844/89 recomenda que seja adotado o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja superior ou igual ao diâmetro encontrado, por isso, neste estudo será adotado o diâmetro $D=75 \text{ mm}$.

Os condutores horizontais serão utilizados para o direcionamento da água captada até os reservatórios, por isso deverão atender à vazão total de projeto, ou seja, $1220,78 \text{ L}/\text{min}$. Para uma vazão $Q=1220,78 \text{ L}/\text{min}$ e inclinação de 1%, foi obtido o diâmetro $D=200 \text{ mm}$.

- Dispositivo de Descarte

Para o cálculo do volume do reservatório de descarte foi utilizada a relação de 4 litros de água por cada 100 m^2 de área de coleta, resultando num volume de reservatório de auto-limpeza de 50L. Esta relação foi utilizada, tendo-se em vista o material do telhado e a área em que o hangar de lata está localizado. O telhado é composto por uma estrutura metálica, que em dias quentes a alta temperatura ajuda a esterilizar a água, e está localizado em um local que não possui árvores de grande porte, sendo muito difícil o acúmulo de folhas.

O que pode impactar na qualidade da água são apenas a diluição de gases da atmosfera e o acúmulo de poeira e sujidades dos pássaros, que a princípio em 50 Litros de água, este acúmulo deva ser descartado. Deverá ser feito um ajuste na parte superior para acoplamento da tubulação. Na parte inferior possui uma válvula para descarte da água após o evento chuvoso. As dimensões do equipamento são: 55,5 cm de altura, 33 cm de diâmetro e 10 cm de diâmetro no bocal.

- Determinação do coeficiente de Runoff

Foi adotado o valor usual de 0,80, uma vez que neste coeficiente, além de estarem inclusas as perdas por evaporação, também está incluso as perdas do first flush. Este valor foi aplicado no cálculo final do volume de água a ser armazenada. Ressalta-se que para o caso do cálculo da vazão de projeto adotou-se o valor do coeficiente de Runoff de 1, ou seja, toda a água que precipitar sobre a cobertura irá escoar pelas calhas e demais componentes do sistema de coleta de águas pluviais.

- Dimensionamento dos reservatórios

Para determinação do volume do reservatório foi utilizado o método de Rippl. Inicialmente buscou-se verificar se seria possível atender a demanda utilizando-se apenas a Área 01 da cobertura para captação, ou seja, metade da vazão de projeto. A Figura 6 apresenta o resultado obtido. Os resultados da Figura 6 mostram que não é possível suprir toda a demanda de água não potável, uma vez que o volume anual demandado é da ordem de 909 m³ e a capacidade de captação é de apenas 513,76 m³. Se fosse utilizado somente esta área seria necessário alocar um reservatório de 395,24 m³, o que tornaria o projeto muito oneroso e arriscado, pois ainda assim correria o risco de a quantidade de chuva não suprir a demanda necessária.

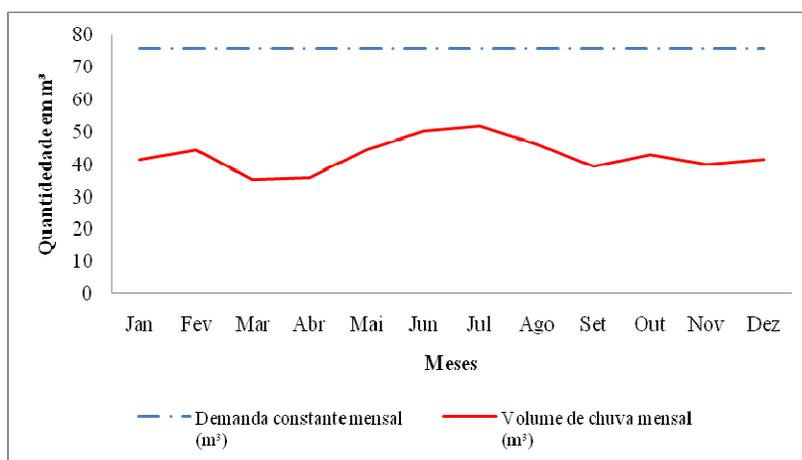


Figura 6 - Potencial de atendimento da demanda ao longo do ano em função do volume de chuva mensal (volume de reservatório de 4,5 m³).

Após a constatação de que não seria possível atender a demanda com apenas uma das áreas do telhado, buscou-se dimensionar o reservatório utilizando-se as duas áreas de captação (Figura 7). Os

resultados da Figura 7 mostram que com as duas áreas do telhado é possível suprir a demanda, pois a demanda mensal é inferior ao volume de chuva mensal que é de 1027,52 m³. Os dados mostram que a quantidade de água captada é suficiente para suprir a demanda, havendo necessidade de suprimento pela rede apenas nos meses de março e abril.

O volume do reservatório de 9 m³ atenderia apenas cerca de 3,6 dias sem chuva, uma vez que a demanda diária é de 2,5 m³. Por isso foi utilizado o método da simulação, para verificar a confiança e eficiência do sistema caso fosse implementado um reservatório com este volume. Para uma garantia da eficiência do sistema e segurança na manutenção de reserva de água da chuva, foi verificada a eficiência do sistema para um reservatório com volume de 50 m³, conforme mostra a Tabela 4.

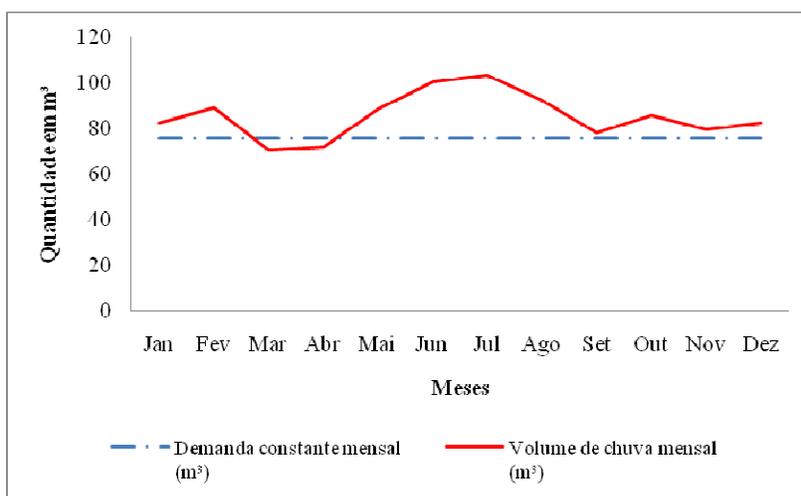


Figura 7 - Potencial de atendimento da demanda ao longo do ano em função do volume de chuva mensal (volume de reservatório de 9 m³).

Na Tabela 4 verifica-se que o volume de 50 m³ do reservatório se fez satisfatório, elevando a eficiência do sistema para 91,44 %, havendo perda de apenas 79,29 m³ de água anuais e necessitando de 8,65 m³ anuais de água da rede pública para manter o sistema. O volume de 50 m³ dimensionado para o reservatório será distribuído entre dois reservatórios interligados de 25 m³ cada.

A água acumulada nestes reservatórios será bombeada para um reservatório superior de 1 m³ a fim de distribuir a água para os usos pré-definidos. Para evitar que a sedimentação do fundo do reservatório se misture com a água, esta será canalizada até o fundo, e por meio de um freio d'água brotará para cima sem causar turbulência na base. O freio d'água será instalado no fundo da cisterna, conectado ao filtro através de um tubo de 200 mm de PVC. Uma outra parte do sistema, o conjunto flutuante de sucção (bóia-mangueira) preso ao tubo de tomada de água, sugará a água logo abaixo

da lâmina d'água, local onde ela é mais limpa, aumentando a vida útil da bomba e de todo o sistema. A mangueira será de 1" com comprimento de 5 m.

Para escoar a água excedente, será utilizado nas duas cisternas o sifão-ladrão, com saída de D=200 mm, que elimina particulados sobrenadantes e evita entrada de odores, insetos e roedores. Uma bomba de recalque alimentará os pontos de consumo (caixa d'água não potável e/ou torneiras externas de uso restrito). Em caso de consumo acima da capacidade ou estiagem, a cisterna elevada será abastecida automaticamente, mantendo-se 1/3 da capacidade do reservatório com água da rede, através de um sistema automático de realimentação.

- Tratamento da água pluvial

O sistema proposto para o tratamento das águas pluviais será composto por um filtro localizado junto ao reservatório de armazenamento, que levará a água filtrada até o reservatório. O filtro elimina continuamente as sujeiras. Possui 2 entradas de água bruta com Ø 250 mm e 1 saída de água filtrada com Ø 200 mm. Os tubos que descem das calhas serão conectados nas entradas de água bruta do filtro.

O filtro deve ser instalado em uma caixa de alvenaria ou metálica de 1,10 m comprimento x 1,0 m altura x 1,0 largura com uma saída de Ø 250 mm no fundo para o descarte de detritos e um pouco de água para a galeria pluvial, e uma saída de 200 mm na lateral para passagem do tubo de água filtrada que será ligado à cisterna. Deverá ser considerado o desnível de aproximadamente 600 mm entre as cotas dos tubos de entrada e saída.

Tabela 4 - Verificação do volume do reservatório de água da chuva – 50 m³.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de coleta (m ²)	Volume de chuva C=0,80 (m ³)	Volume do Reservatório (m ³)	Volume do Reservatório T-1 (m ³)	Volume do Reservatório T (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento (m ³)
Janeiro	102,94	76	1003,38	83	50	0	50	0	0
Fevereiro	111,17	76	1003,38	89	50	49	49	12	0
Março	88,22	76	1003,38	71	50	0	-5	0	4,9
Abril	89,74	76	1003,38	72	50	0	-4	0	3,7
Maiο	110,48	76	1003,38	89	50	47	47	10	0
Junho	125,49	76	1003,38	101	50	47	47	22	0
Julho	128,92	76	1003,38	103	50	26	26	4	0
Agosto	115,59	76	1003,38	93	50	47	47	14	0
Setembro	97,65	76	1003,38	78	50	50	50	2	0
Outubro	107,28	76	1003,38	86	50	46	46	6	0
Novembro	99,38	76	1003,38	80	50	50	50	4	0
Dezembro	103,21	76	1003,38	83	50	47	47	4	0
Total	1280,08	909,0		1027,5				79,29	8,65
Confiança no sistema = 83 %									
Eficiência do sistema = 91,44 %									

- Dimensionamento do sistema de bombeamento

Para determinar a potência adequada do conjunto de moto-bombas, foram utilizadas informações apresentadas em catálogos de fabricantes, e também foi utilizado o software FAMAC Motobombas Versão 3.1 (FAMAC, 2007). Para isso, foram adotados os seguintes valores para as variáveis de entrada do software:

Altura de sucção = 4 metros;

Altura de recalque = 1 metro;

Comprimento total da tubulação = 15 metros;

Vazão desejada = 427 litros/hora;

Bitola da tubulação = $\frac{3}{4}$ " (polegadas);

Material da tubulação = PVC.

Vale ressaltar que as informações acima foram adotadas através de estimativas, dada a dificuldade de ir até o local para fazer as medições. Assim, verificou-se que a potência indicada para a moto-bomba foi de $\frac{1}{2}$ CV e a sua respectiva vazão foi de 5,8 m³/h. Calculou-se baseado nesta vazão, que a moto-bomba deverá funcionar 0,5 hora (30 minutos) por dia para suprir a demanda diária de água pluvial (cerca de 2,56 m³). Também, estipulou-se o seu funcionamento durante 30 dias no mês. Recomenda-se adquirir duas bombas, para que caso haja algum problema ou interrupção em uma delas, o sistema continue funcionando.

AValiação da Viabilidade de Implantação do Sistema no Aeroporto Internacional Salgado Filho

Para avaliar a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento da água pluvial no AISF faz-se necessária a determinação dos custos relativos à implantação e execução do sistema, ou seja, custos com materiais, equipamentos e energia elétrica. Além da economia de água potável gerada, bem como os custos de sua utilização.

A estimativa de preços dos valores de materiais e equipamentos necessários foi realizada através de pesquisas de preços em lojas de materiais de construção e em representantes autorizados, onde se verificou as médias de preços e obteve-se o orçamento.

Os materiais orçados foram reservatórios em fibra de vidro comum com capacidade de 25 m³, reservatórios em fibra de vidro comum com capacidade de 1 m³, dispositivos para melhorar a qualidade da água da chuva e facilitar o seu deslocamento até os reservatórios, tubos e conexões, tonel de 40 L para o descarte do First Flush e motobombas de $\frac{1}{2}$ cv.

Para facilitar a instalação dos reservatórios, evitar fazer escavações no solo, e pelo fato de o lençol freático ser muito próximo à superfície, optou-se no presente estudo em instalar os

reservatórios inferiores sobre o solo, e não enterrado. Neste caso, recomenda-se ter toda a área da base do reservatório inferior assentada em uma superfície horizontal plana, lisa e nivelada, isenta de qualquer irregularidade e com área maior do que a área do fundo do reservatório. O reservatório de fibra de vidro pode ficar exposto ao sol, pois possui aditivos contra raios ultravioletas. O reservatório superior será colocado sobre uma estrutura de alvenaria com altura de 3 metros.

Para se estimar os gastos com tubulações e conexões, foi adotada uma porcentagem do montante final orçado. De acordo com a Tigre (2005), tubos e conexões custam menos de 3% do valor de uma obra. Sendo assim para o estudo em questão estabeleceu-se que depois de concluídos todos os levantamentos, serão aplicados um fator de 3% sobre o total orçado, que corresponderá ao custo de tubos e conexões.

Segundo SILVA (2010), a tarifa do custo de energia elétrica praticada pela CEEE no Aeroporto é de aproximadamente R\$ 0,41. O consumo de energia elétrica correspondente a 1 CV é 756 W, logo a potência da moto-bomba adotada, de ½ CV, é igual a 0,378 kW, que multiplicado por 0,5 hora de funcionamento diário, durante 30 dias no mês, resulta em 5,67 kWh/mês. Aplicando esses valores na Equação 9, foi obtido o custo mensal de energia elétrica relativo ao bombeamento de água pluvial. A Tabela 5 apresenta o investimento inicial do projeto.

Tabela 5 - Custo de implantação do Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva (julho 2010).

Item	Referência	Equipamento ou serviço	Quantidade	Unid.	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
1	Acqua Regia Tecnologia Ambiental LTDA	Reservatórios em fibra de vidro comum com capacidade de 25 m ³	02	Unid.	R\$ 9.600,00	R\$ 19.200,00
2	Acqua Regia Tecnologia Ambiental LTDA	Reservatório em fibra de vidro comum com capacidade 01 m ³	01	Unid.	R\$ 384,00	R\$ 384,00
3	Loja TAQI	Moto-bomba centrífuga de ½ CV	02	Unid.	R\$ 339,90	R\$ 679,80
4	Ecoracional	Filtro VF6 para 1.500 m ² de telhado	01	Unid.	R\$ 8.220,00	R\$ 8.220,00
5	AuxTrat	Freio d'água (200 mm)	01	Unid.	R\$ 346,00	R\$ 346,00
6	AuxTrat	Sifão ladrão (200mm)	02	Unid.	R\$ 486,00	R\$ 972,00
7	AuxTrat	Bóia mangueira 1"	01	Unid.	R\$ 125,00	R\$ 125,00
8	Ecoracional	Sistema Automático de Realimentação	01	Unid.	R\$ 328,00	R\$ 328,00
9	Panafone	Galão Plástico 50 Litros Com Alças, Tampa e Torneira	01	Unid.	R\$ 154,00	R\$ 154,00
10	Margirius	Chave Bóia P/ Bomba De Água Automática	01	Unid.	R\$ 27,99	R\$ 27,99
11	3 % do valor da obra	Tubulações e conexões	15	%	R\$ 600,33	R\$ 913,10
12	-	Energia elétrica (operação)	0,5	h/dia	R\$ 0,07	R\$ 2,32
Custo total =						R\$ 31.352,21

Após a determinação dos custos de implantação do sistema, foram determinados os novos custos de água potável no hangar de manutenção do AISF, considerando o potencial de economia de água gerado pelo uso da água pluvial, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Relação entre a redução do volume e do custo após a implantação do empreendimento.

	Consumo médio mensal (m³)	Custo médio mensal (R\$)
Antes	570,6	12.678,73
Depois	494,85	10.995,57
Redução	76	R\$ 1.683,17

Utilizando-se o método de “payback” e considerando o custo total do investimento e a economia mensal estimada obteve-se um período de retorno de 1,5 anos. O cálculo do período de retorno do investimento apresenta uma estimativa da viabilidade de implantação do sistema, uma vez que o aproveitamento da água da chuva depende integralmente da precipitação, que é um fenômeno natural instável, sendo impossível realizar um cálculo exato. Entretanto a previsão de retorno do investimento é de 1,5 anos, a partir desse período a INFRAERO começará a obter lucro com a implantação do sistema.

A Figura 8 apresenta o layout do sistema de aproveitamento da água da chuva dimensionado para o Aeroporto Internacional Salgado Filho. O sistema deve funcionar da seguinte forma: A água escoar pelo telhado até os condutores verticais, onde é direcionada aos condutores horizontais, passando pelo dispositivo de descarte, após passa pelo filtro e então é direcionada para os reservatórios, onde é armazenada. Uma bomba centrífuga succiona a água que é recalçada até o reservatório elevado de 1 m³, onde é distribuída para os pontos de consumo.

O dispositivo de descarte deverá possuir um volume de 50 L. Dentro deste dispositivo haverá uma bóia de fechamento automático da tubulação que impedirá a entrada de água após o enchimento deste. Após passar pelo dispositivo a tubulação será ramificada e direcionará a água para o filtro que possui duas entradas de água bruta, uma saída de água filtrada e uma saída para o residual. Percebe-se que tanto o tonel de descarte e o filtro, quanto a bomba e o reservatório estão sobre uma estrutura de alvenaria. Isso foi necessário para reduzir os custos com bombeamento, uma vez que os reservatórios de armazenamento são apoiados e não enterrados. A bomba está elevada sobre a estrutura para reduzir o trabalho de sucção e recalque, reduzindo assim a altura manométrica.

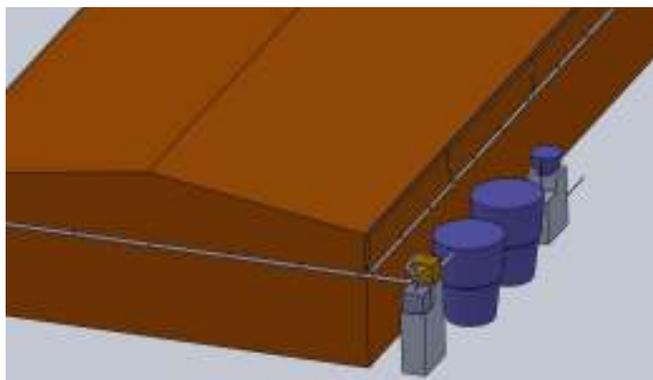


Figura 8 - Vista frontal e lateral do sistema de captação da água da chuva.

Será necessário colocar um suporte de fixação da tubulação na estrutura do hangar de lata, uma vez que os condutores horizontais são elevados. Assim, após o dimensionamento do sistema e montagem do layout, e considerando um período de retorno de investimento de 1,5 anos e um potencial de economia de água potável mensal de 76 m^3 , conclui-se que a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva no AISF é viável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram estabelecer as seguintes considerações:

- Foi avaliada a viabilidade do aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis no AISF, onde se pôde concluir que o sistema se mostrou viável, visto que caso seja implementado poderá economizar cerca de $76 \text{ m}^3/\text{mês}$ de água potável e reduzir o custo do consumo de água em cerca de R\$ 1.683,17 mensais;
- O consumo médio de água potável do AISF foi obtido, tendo-se como resultado o consumo médio de $14.327,1 \text{ m}^3$ mensais;
- Foram obtidos os dados pluviométricos mensais dos últimos 30 anos, que permitiram verificar um volume médio pluviométrico de $106,7 \text{ mm}$ mensais, sendo que a distribuição de chuvas ao longo do ano mostrou-se regular, sem períodos de seca;
- A cobertura utilizada para a captação da água da chuva foi o telhado do Hangar Metálico, que possui uma área de $1003,38 \text{ m}^2$;
- A determinação dos usos da água captada foi obtida a partir da escolha do local de captação, sendo que a água da chuva captada servirá para a lavagem de veículos e para a rega de plantas;
- A demanda de água necessária para atender aos usos propostos foi estimada em 76 m^3 mensais, sendo que o volume de água passível de ser captado foi estimado em 86 m^3 mensais, ou seja, o volume de água captado é suficiente para atender a demanda;

- O sistema de captação e aproveitamento da água da chuva foi dimensionado com base em Normas Técnicas, visando à máxima eficiência do sistema aliado ao menor custo de implantação;

A viabilidade de implantação do sistema no AISF foi comprovada através da análise do investimento, pelo método de “payback”, o qual resultou em um período de retorno de investimento de 1,5 anos, além dos benefícios ambientais obtidos com a redução do consumo de água potável. Além dos benefícios de redução do consumo de água, o aproveitamento da água da chuva, auxilia ainda na drenagem pluvial retendo boa parte da água que escoaria pelas galerias, diminuiria a quantidade de água tratada utilizada para rega de jardim, lavagem de pisos, carros entre outros.

REFERÊNCIAS

a) Livro

BRASIL/MMA/SRH/ANA. 2003. Panorama Nacional dos Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos – Documento Base de Referência. Disponível em: www.ana.gov.br.

CLARKE e KING, R., e J. O atlas da água; [tradução Anna Maria Quirino], São Paulo: Publifolha, 2005.

HEATH, R C. *Hidrologia Básica de Águas Subterrâneas*, denver: 1983. 86 p. WREGE, M e POTTER, P. (trad.) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.

NEOTRÓPICA T. A. LTDA. *Estudo de Impacto Ambiental para ampliação da pista de pouso e decolagem 11/29 e Taxiway D do Aeroporto Internacional Salgado Filho*. Porto Alegre, 2008.

PESSOA, G. B. P. (2007). *Aproveitamento da água: estudo de caso do AISP – Guarulhos. 2007. Trabalho de Graduação - Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica.*

PGRH. *Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Aeroporto Internacional Salgado Filho*. ENGEMIN. Porto Alegre, 2004.

PIEREZAN, M. *Estudo sobre o Aproveitamento de Águas Pluviais em Residências Unifamiliares. Especialização em Tecnologia Ambiental – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS, 2005.*

REIS, M. M. *Ecoeficiência na utilização dos recursos hídricos em aeroportos*. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

SETTI A. A.; LIMA J. E. F. W; CHAVES A. G. M. C; PEREIRA I. C. P. *Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Edição Multimídia. 207 pág. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

TELLES e COSTA, D. D' A., R. H. P. G. *Reúso de água: Conceitos, teorias e práticas – 1ª edição*, São Paulo: Editora Blucher, 2007.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - ABNT NBR 15527/07 - Diretrizes básicas para um projeto. 2007.*

b) Artigo em anais de congresso ou simpósio

SOUSA E. C.; JR. W. C. S.; RIBEIRO E. N.; PESSOA G. B. de P. *Uso eficiente da água: o caso do aeroporto internacional de São Paulo*. Artigo; II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2009.

TEIXEIRA, M. A.; AMORIM, C. N. D. *Avaliação ambiental para edifícios aeroportuários: elaboração de indicadores ambientais*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió. ENCAC 2005 - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2005. Aceito para publicação.

c) Normas técnicas

ABNT. NBR 10844, Associação Brasileira de Normas Técnicas – *Instalações prediais de águas pluviais*. RJ, 1989.

ABNT. NBR 15527/2007, Associação Brasileira de Normas Técnicas – *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. Rio de Janeiro. 2007.

ABNT. NBR 5626, Associação Brasileira de Normas Técnicas – *Instalação Predial de Água Fria*, 1998.

d) Sites

AIRLINES. Vista Geral do Aeroporto Salgado Filho por Paulo Rudolf Herren. Disponível em www.airliners.net. Acesso em 09/12/2009.

ANA. Agência Nacional das águas. Estação climatológica Aeroporto. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>, acesso em 14/10/2009.

ECORACIONAL. Orçamento do Filtro. Disponível em: www.ecoracional.com.br. Acesso em: 03/07/2010.

FAMAC. Software FAMAC Motobombas Versão 3.1. Disponível em: <http://www.famac.ind.br>. Acesso em 15/06/2010.

HIDROAER. *Qualidade da água da chuva*. Disponível em: <http://www.hidroaer.ita.br/sub3.asp>, acesso em 09/12/2009.

IDEC. Disponível em: http://www.idec.org.br/biblioteca/mcs_agua.pdf, acesso em 02/12/2009.

MERCADO LIVRE, Orçamento chave bóia automática. Disponível em: <http://lista.mercadolivre.com.br/Chave-Boia-%2F-Automatico-de>. Acesso em: 03/07/2010.

MERCADO LIVRE. Orçamento dispositivo de descarte. Disponível em: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-147018802-barril-galo-plastico-50-litros-com-alcas-tampa-e-torneira-_JM. Acesso em: 03/07/2010.

e) Entrevistas

GASPARIM, L. *Previsão do consumo de água para lavagem de veículos*. Porto Alegre, INFRAERO, janeiro. 2010. Comunicação Pessoal.

GOMES, A. *Previsão do consumo de água para rega de plantas*. Porto Alegre, Arte Múltipla, janeiro. 2006. Comunicação Pessoal.

SILVA, C. M. S.. *Estimativa do custo de energia elétrica na INFRAERO*. Porto Alegre, INFRAERO, Janeiro. 2001. Comunicação Pessoal.