



## IV-024 - A AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BELÉM DO PARÁ

### **Raísa Nicole Campos Cardoso<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia. Mestranda em Engenharia Civil – Modelagem de Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela programa de Engenharia Civil/COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

### **Bruno Torres Barreto**

Engenheiro Ambiental Pela Universidade do Estado do Pará. Especialista em gestão de recursos hídricos pela Faculdade Integrada Brasil Amazônia e Engenheiro Ambiental da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária, Aeroporto Internacional de Belém.

### **Aline Gorayeb Loureiro**

Engenheira Eletricista pela Universidade Federal do Pará – UFPA; Engenheira Eletricista na Coordenadoria Regional de Meio Ambiente da INFRAERO, Aeroporto Internacional de Belém.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Nossa Senhora de Copacabana , 1246 - Copacabana – Rio de Janeiro - RJ - CEP: - Brasil - Tel: (21) 85771712 - e-mail: [eng.rcardoso@hotmail.com.br](mailto:eng.rcardoso@hotmail.com.br)

### **RESUMO**

A utilização de fontes alternativas de suprimento é citada como uma das soluções para o problema de escassez da água e a preservação ambiental e econômica nas empresas. Dentre estas fontes destaca-se o aproveitamento da água da chuva, por se tratar de uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável, trazendo ainda como benefício à redução de impactos ambientais através do escoamento superficial, além do marketing de sustentabilidade empresarial. Diante da necessidade e do crescente interesse pelo aproveitamento da água da chuva, esta pesquisa promoveu uma breve caracterização da disponibilidade de água pluvial na cidade de Belém para o aproveitamento da mesma no Aeroporto Internacional de Belém. Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação, armazenamento e distribuição de água pluvial para abastecer o Terminal de Passageiros (TPS) e Torre de Resfriamento do sistema de refrigeração do ar condicionado implantado no Aeroporto Internacional de Belém/Val-de-Cans/Julio Cezar Ribeiro em Belém-Pará. Esta pesquisa contou com a utilização do método prático australiano, cálculo bastante difundido para dimensionamento de reservatórios e captação de água pluvial em edificações. Foram relacionados os dados disponíveis, tais como: regime pluviométrico no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, área de captação, demanda hídrica a atender e valores de aquisição por m<sup>3</sup> de água tratada via concessionária. De acordo com os resultados calculados através do Método Prático Australiano, seriam aproveitados, em média, 83 m<sup>3</sup> de água pluvial por ano, o que representa menos de 1% do volume de água consumida no Aeroporto (0,87%), quando consideramos o consumo do mês de Março/2012, por exemplo. De posse de análise orçamentária de mercado, a qual considerou apenas o valor do projeto básico do projeto, foi possível estimar o tempo de retorno econômico do investimento em aproximadamente 32 anos, visto que não foi considerado o investimento total do projeto, embora não estejam sendo considerados os reajustes nas tarifas de água e os possíveis benefícios para a imagem do Aeroporto. Portanto, no caso de serem criados mecanismos legais de conservação dos recursos hídricos e o aproveitamento tornar-se obrigatório em Belém, ou, em uma possibilidade remota, da relação custo benefício obter um considerável menor tempo de retorno do investimento, os cálculos deverão ser refeitos para reavivar a possibilidade da viabilidade de implantação desse sistema, saudável para o meio ambiente e para a imagem da empresa

**PALAVRAS-CHAVE:** Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Floculação.

### **INTRODUÇÃO**

O uso de fontes alternativas de suprimento para o abastecimento dos pontos de consumo de água não potável é uma importante prática na busca da sustentabilidade hídrica. Dentre as fontes alternativas pode-se citar o



aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar. estaca-se o aproveitamento da água da chuva como fonte alternativa de suprimento pelo baixo custo e simplicidade.

A precipitação da chuva é umas das etapas do ciclo hidrológico, também conhecido como ciclo da água. De toda a água precipitada, parte escoar pela superfície do solo até chegar aos rios, lagos e ao oceano, parte retorna imediatamente para a atmosfera por evaporação e parte infiltra no solo, promovendo a recarga subterrânea (GARCEZ, 1974).

crescente urbanização, realidade em grande parte do mundo, gerou uma mudança no ciclo hidrológico das áreas urbanas (ZAIKEN et al., 1999). O aumento das áreas impermeáveis provocou uma redução da função de infiltração e armazenamento de água de chuva nas camadas subterrâneas da terra. Com isso, a realidade desses centros é a diminuição da recarga dos aquíferos e aumento do escoamento superficial das chuvas, provocando enchentes e trazendo sérios problemas à população.

utilização da água da chuva além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento, reduz o escoamento superficial e dá chance à restauração do ciclo hidrológico nas áreas urbanas, sendo este extremamente necessário para garantir o desenvolvimento sustentável.

Atualmente, há uma grande preocupação da sociedade em relação à conservação dos recursos naturais. Dentre estes, a água é um dos mais preciosos recursos, uma vez que é indispensável para a vida no nosso planeta em suas diversas finalidades.

Além de ser um recurso vital insubstituível, a água é um importante fator de produção para diversas atividades, sendo essencial para que haja desenvolvimento e crescimento econômico e tecnológico nas grandes empresas, bem como os Aeroportos que devido o grande fluxo de pessoas e atividades aeroportuárias demanda cada dia um maior volume de água para suprir os serviços executados.

Apesar de a água doce ainda ser encontrada em grande quantidade no planeta, os recursos hídricos podem tornar-se escassos em algumas regiões do mundo, nas quais suprir a demanda de água já está se tornando um problema em função do acelerado crescimento populacional, principalmente urbano. De acordo com relatórios da Organização das Nações Unidas, a atual população mundial é estimada em aproximadamente 6,5 bilhões de pessoas, tendendo a alcançar a marca de 9 bilhões em 2050 (ONU, 2006), sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água.

Entretanto, existe água suficiente para atendimento de toda a população, porém o fator preocupante é a questão da má distribuição populacional em função das reservas hídricas. Segundo Ghisi (2006), os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional.

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35.732 m<sup>3</sup>/hab/ano, sendo considerado um país “rico em água”. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo. Entre os países da América do Sul, o Brasil se destaca por possuir uma vazão média de água de 177.900 km<sup>3</sup>/ano, o que corresponde a 53% da vazão média total da América do Sul (TOMAZ, 2011). Neste cenário de relativa grande disponibilidade hídrica, especialmente referente à Região Norte, está inserido o SBBE, importante representante da integração nacional na Amazônia, localizado na cidade de Belém-Pará, conhecida como uma das capitais brasileiras com maior pluviosidade.

O referido aeroporto é administrado pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), possui demanda hídrica mensal de 10.000 m<sup>3</sup>, necessários para atender aos diversos sistemas e subsistemas, tais quais, a exemplo: sistema de proteção contra incêndio, Refrigeração do TPS e sanitários do complexo; está sendo abastecido, atualmente, em sua totalidade, pela concessionária local, Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), que, por causa da grande disponibilidade hídrica, facilidade ao acesso e pequena demanda por tratamento no estado, pratica um dos menores preços por m<sup>3</sup> de água tratada do país.



É neste contexto que nasce o interesse em avaliar a viabilidade de implementar um sistema de aproveitamento de água da chuva, que compreenderá captação, armazenamento, tratamento e inserção dessa água no sistema de distribuição do Aeroporto, em complementação ao modelo de abastecimento atual, considerando, com a ativação de um poço existente, a possibilidade de futura substituição desse modelo por um misto de captação profunda com aproveitamento pluvial.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação a ser realizada será dividida nas seguintes etapas: levantamento do material bibliográfico; das bases de dados pluviométricos em órgãos oficiais do governo; realização do trabalho de campo; realização do trabalho laboratorial; elaboração das análises; relatórios e divulgação dos resultados, conforme especificação abaixo:

- Levantamento do material bibliográfico

Para efeito de criação de referencial teórico conceitual será feita uma revisão da literatura sobre os seguintes temas: Ciclo hidrológico, características ambientais da área de estudo; Índice pluviométrico na Região Metropolitana de Belém (RMB) e em bibliotecas eletrônicas científicas.

- Levantamento de dados pluviométricos

Para subsidiar a geração das informações temáticas capazes de expressar visualmente relações espaciais e temporais relacionadas a viabilidade da implantação de estação de reaproveitamento de água no aeroporto internacional de Belém serão levantados dados disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e outros.

- Levantamento de dados ambientais

Para a geração dos modelos de integração de informação temáticas serão utilizados dados secundários, contidos nas bases de dados do IBGE e outras instituições de pesquisa na área tema do estudo.

- Realização do trabalho de campo

A realização dos trabalhos de campo ocorrerá a partir de expedições ao local com intuito de levantar dados para o enriquecimento do trabalho. Realização do trabalho laboratorial.

A realização do trabalho laboratorial será dividida em dois momentos: o primeiro será a partir da utilização da técnica de Análise Temática da Informação. O segundo será realizado a partir da utilização dos recursos de processamento dos dados e interrelacionamento das variáveis pluviométricas e ambientais.

- Elaboração das análises

Para validação das informações geradas, ao longo da pesquisa, serão realizados testes operacionais e laboratoriais. Os testes laboratoriais compreenderão análises estatísticas, de dados pontuais da área de estudo.

## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste contexto, o complexo do SBBE está localizado na cidade de Belém, Estado do Pará, Brasil, nas coordenadas geográficas de 01°22'45"S, 48°28'35"W, conforme apresentado na Figura 2. Possui cerca de 33.000 m<sup>2</sup> de área construída, das quais 16.000 m<sup>2</sup> correspondem somente ao TPS. Ainda fazem parte do complexo duas pistas de pouso e decolagem, sendo a pista denominada cabeceira 02/20 de 1.830 m a transversal e a pista principal, cabeceira 06/24, de 2.798 m a horizontal.



**Figura 1: Localização da área de Estudo, aeroporto Internacional de Belém do Pará.**

A seguir é apresentado, na equação (1), o cálculo do método prático australiano, normatizado pelas normas NBR 15.525 (ABNT, 1989) e NBR 15.527 (ABNT, 2007) que tratam de aproveitamento de água pluvial em edificações para fins não potáveis, respectivamente.

$$Q = ((A \times C \times (P-I))/1000) \quad \text{Equação (1)}$$

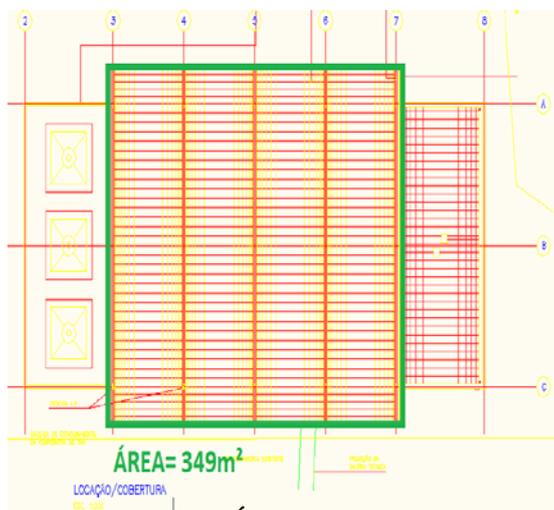
**Q= Volume mensal produzido pela chuva (m<sup>3</sup>)**

a) Precipitação (P): O volume da chuva é medido em mm por m<sup>2</sup>, sendo essencial para implantação do projeto em questão. Os dados de precipitação da cidade de Belém encontram-se disponibilizados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Na tabela 01 foram listados os dados por mês durante o ano de 2011.

**Tabela 1 – Precipitação mensal em 2011. Fonte: INMET (2012).**

Mês/Ano	Água Pluvial (mm)
jan/11	520,30
fev/11	332,40
mar/11	490,90
abr/11	579,40
mai/11	477,30
jun/11	241,50
jul/11	195,30
ago/11	179,40
set/11	60,30
out/11	139,10
nov/11	174,60
dez/11	201,70
Total	3.592,20

b) Área de captação (A): Corresponde a área da superfície onde será feita a captação da água da chuva. A área é calculada em m<sup>2</sup> e segue abaixo a vista superior da área de captação, conforme projeção da INFREARO.



**Figura 2: Área do telhado da CUT.**

- c) Coeficiente de escoamento superficial (C): O material da superfície de captação, a inclinação, o estado de conservação, a porosidade, afetam na eficiência de drenagem do telhado. Para esta análise será utilizado um coeficiente de escoamento superficial de 0,8.
- d) Perdas da interceptação da água (I): Considera-se a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação de 2mm por mês.
- e) Descarte da Água de Chuva da Cobertura: Foi considerado um volume de água de chuva descartada, que corresponde à precipitação dos primeiros minutos a qual arrasta pó, folhas e sujeira que normalmente se acumulam nas coberturas. Foi considerado o descarte de 1,0 l/m<sup>2</sup>, ou seja, 1 mm de chuva.

### SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA ÁGUA

As calhas componentes no sistema devem ser de seção semicircular de PVC rígido, com diâmetro de 200 mm e declividade longitudinal de 0,20% apoiadas no dimensionamento segundo a fórmula de Manning, a serem instaladas nas laterais do telhado da CUT.

Já os condutores verticais deverão ser de seção circular e 100 mm (4") de diâmetro, obedecendo ao dimensionamento recomendado pela norma brasileira NBR 10.844/1989.

O sistema virtual obedecerá à seguinte configuração: A água captada no telhado da CUT seguirá o percurso moldado pelas calhas, condutores verticais e horizontais, sendo transportada ao reservatório de retenção das primeiras chuvas (caixa de passagem) antes que chegue à cisterna. A caixa de passagem é útil para a retenção de materiais grosseiros e dos primeiros milímetros de água da chuva que, a priori, contém impurezas da atmosfera e da lavagem do telhado, calhas e condutores. A caixa de passagem do sistema da CUT deverá ser dimensionada para armazenar 1 litro de água para cada m<sup>2</sup> de área de captação, sendo esta, portanto, de, no mínimo, 349 litros de capacidade, conforme parâmetro de Andrade Neto (2003).

Por fim, a água captada na área de cobertura da CUT, levada por condutores verticais e horizontais e, após ser retida parte dela, chega à cisterna (ou conjunto de cisternas), a qual deverá ser de material resistente e impermeável, preferencialmente de fibra de vidro (maior resistência a intempéries), com capacidade a ser determinada, conforme estimativa baseada em cálculo pelo método prático australiano, que considera o cálculo do volume do reservatório através de tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança, conforme ilustrado abaixo na equação (2):

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Equação 2

Onde:

$Q_t$  = volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$  ( $m^3$ );

$V_t$  = volume de água que está no tanque no fim do mês  $t$  ( $m^3$ );

$V_{t-1}$  = volume de água que está no tanque no início do mês  $t$  ( $m^3$ );

$D_t$  = demanda mensal ( $m^3$ ).

No esquema abaixo (Figura 4), é apresentado um modelo simplificado de um sistema similar ao proposto, exemplificando condutores verticais, registro de gaveta, reservatório de primeiras águas, reservatório de água da chuva e extravasor.

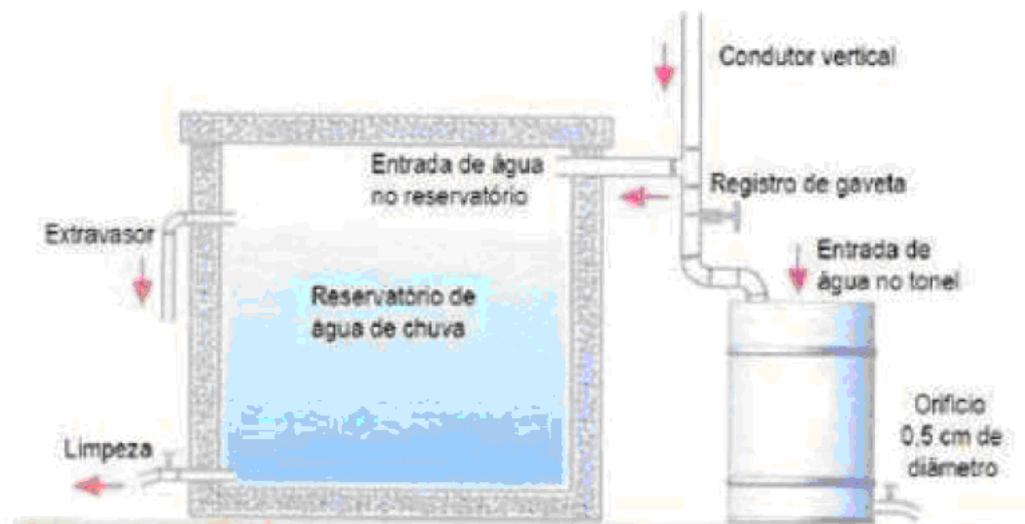


Figura 3: Esquema parcial de sistema de aproveitamento de água da chuva.

Fonte: DACACH (1990).

Como a água captada é muito inferior à demandada pelo sistema de ar condicionado, as torres de resfriamento consumirão diariamente o total de água acumulada e tratada.

Considerando os 5 meses mais chuvosos da cidade de Belém, os quais possuem uma média de precipitação mensal na ordem de 440 mm (considerando de janeiro a maio de 2011), o volume mensal de água que o telhado da CUT pode captar é de  $154 m^3$ .

A avaliação da viabilidade de instalação do sistema proposto não considerou as benéficas ambientais, uma vez que a localização geográfica do SBBE coincide, como já dito, com uma das regiões de maior índice pluviométrico do Brasil, onde é possível encontrar, em abundância, água com boa qualidade. Tais características contribuem para a pequena demanda por tratamento ou racionalização desse bem natural.

### Resultados Obtidos ou esperados

Para os cálculos de estimativa de produção de água da chuva foram consideradas as médias de precipitação anual e mensal entre os anos de 1980 a 2011, destacando, também, as médias de precipitação nos períodos chuvosos e de estiagem, bem como o tamanho da área de captação.

A média de precipitação anual dos últimos 30 anos foi de 3.075,9 mm e o total de precipitação no ano de 2011 foi de 3.592,2 mm .

A média de precipitação no período chuvoso (janeiro a maio) do ano de 2011 foi de 480,1mm. No período de estiagem (junho a dezembro) de 2011 é consideravelmente menor, correspondendo a 170,27 mm. A média de



precipitação mensal no ano de 2011 é de 299,4 mm. Com base destas informações substituem-se os valores na equação (1), utilizando o método prático australiano:

$$Q = ((A \times C \times (P-I))/1000) \quad (1)$$

Q= Volume mensal produzido pela chuva (m<sup>3</sup>)

Substituindo os valores:

$$Q = ((349 \times 0,8 \times (299,35-2))/1000) \quad (1)$$

$$Q = 83,02012 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$Q_{\text{anual}} = 83,02012 \times 12 \Rightarrow Q_{\text{anual}} = 996,24144$$

Volume descartado:  $349 \times 0,1 = 34,9 \text{ m}^3$ , portanto, substituindo os valores:

$$996,24144 - 34,9 = 961,34144 \text{ m}^3/\text{ano}$$

De forma ilustrativa, serão apresentados os cálculos de quantidades de água da chuva captadas no período de estiagem:

$$Q = ((349 \times 0,8 \times (170,27-2))/1000) \quad (1)$$

$$Q_{\text{seca}} = 49,98 \text{ m}^3/\text{mês}$$

No Período Chuvoso, obtivemos valores de:

$$Q_{\text{chuva}} = ((349 \times 0,8 \times (480,1-2))/1000)$$

$$Q = 133,48 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Como se pode observar nos cálculos apresentados, o período chuvoso é o que apresenta os maiores valores de precipitação, assim, como as quantidades de água armazenada.

A seguir são apresentados os cálculos de viabilidade econômica, equação (3), onde (F) é a fatura do mês de março (período chuvoso), do valor cobrado pela concessionária Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA; (Vo) é o Volume anual de água utilizada da concessionária no SBBE no mês de março de 2012 e o (Vm) valor médio pago em metro cúbico para a concessionárias.

Cálculo do valor médio do m<sup>3</sup> cobrado pela COSANPA:

$$F = \text{R\$ } 45.493,41 \text{ (fatura do mês de Março)}$$

$$V_o = 9.548 \text{ m}^3$$

$$V_m = F/V_o$$

Equação 3

$$V_m = 45.793,41/9.548 \text{ m}^3$$

$$V_m = \text{R\$ } 4,79$$

O cálculo da economia na taxa de água:  $\text{R\$ } 4,79 \times 961,34144 = \text{R\$ } 4.604,83$

Cálculo de retorno de investimento:  $\text{R\$ } 147.000 / 4.604,83 = 32 \text{ anos}$

De acordo com os resultados calculados através do Método Prático Australiano, que considera, dentre outras variáveis, a área de captação e o volume médio de precipitação, mensalmente, seriam aproveitados, em média, 83 m<sup>3</sup> de água pluvial, o que representa menos de 1% do volume de água consumida no SBBE (0,87%), quando consideramos o consumo do mês de Março/2012, por exemplo.

Com base nas informações acima, com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, a economia anual de água no SBBE seria de aproximadamente 962 m<sup>3</sup>, o que nos daria uma redução de gastos



em reais na ordem de R\$ 4.604,83 (quatro mil, seiscentos e quatro reais e oitenta e três centavos) de acordo com o valor pago por m<sup>3</sup> de água tratada adquirida via concessionária. Portanto, se tomarmos como referência o volume total passível de captação e armazenamento pelo sistema proposto, com base nos dados pluviométricos de 2011 e nos valores praticados pela concessionária de água local, a economia anual não chegaria a 11% do valor total cobrado.

Considerando que foram utilizados poucos parâmetros para a análise de viabilidade econômica, dentre eles, o valor estimado, através de orçamento inicial, para contratação da elaboração e implementação dos projetos, o qual ficou na ordem de R\$ 147.000,00 (cento e quarenta e sete mil reais), o retorno financeiro do sistema seria alcançado em aproximadamente 32 anos, tornando a implementação do sistema inviável no momento.

## CONCLUSÕES

Um dos grandes desafios às empresas na atualidade é a sustentabilidade empresarial. Em muitos casos as ações que visam à sustentabilidade ambiental contribuem para o alcance desse objetivo, sejam sendo utilizadas como marketing positivo, seja pela concepção ou adaptação de empreendimentos concebidos ou adaptados para redução de consumo de energia e água, menor geração de esgotos, otimização de processos e consequente redução de desperdícios. Nesse contexto nasceu no SBBE o interesse de desenvolver um projeto capaz de reduzir custos com a aquisição de água utilizando uma fonte abundante na região: a chuva. Capaz de subsidiar a administração aeroportuária a tomar a decisão mais acertada quanto à viabilidade do sistema, este estudo de levantou dados da infraestrutura atual e pretendida, relacionando-os com a média de precipitação anual na cidade de Belém, através do “Método Prático Australiano”, metodologia amplamente utilizada para dimensionamento de reservatórios de água, o qual considera, também, para efeito de cálculo, as estimativas de perdas desde a captação até o volume líquido final a ser armazenado.

De posse de análise orçamentária de mercado, a qual considerou todas as variáveis importantes para estimativa de preço médio total do projeto, desde a concepção até sua execução, bem como o resultado do cálculo que estimou o volume de água aproveitável anualmente, foi possível estimar o tempo de retorno econômico do investimento em aproximadamente 32 anos, embora não estejam sendo considerados os reajustes nas tarifas de água e os possíveis benefícios para a imagem do Aeroporto. Mesmo desconsiderando esses últimos pontos, o horizonte obtido é muito longo para se justificar um investimento no presente, uma vez que em três décadas são esperadas alternativas tecnológicas mais eficientes e baratas no aproveitamento de água pluvial, reaproveitamento de águas servidas e, até mesmo, na captação e tratamento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, que deverão, via de regra, baratear ainda mais o fornecimento de água para o aeroporto, admitindo a manutenção, durante esse período, do regime pluviométrico e abundante disponibilidade hídrica de boa qualidade no Pará.

No caso de serem criados mecanismos legais de conservação dos recursos hídricos e o aproveitamento tornar-se obrigatório em Belém, ou, em uma possibilidade remota, da relação custo benefício obter um considerável menor tempo de retorno do investimento, os cálculos deverão ser refeitos para reavivar a possibilidade da viabilidade de implantação desse sistema, saudável para o meio ambiente e para a imagem da empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DACACH, Nelson Gandur. Saneamento básico. 3ª Ed. Ver. Rio de Janeiro. 1990.
2. GARCEZ, L. N. Elementos de engenharia hidráulica e sanitária. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.
3. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso: 05 de maio de 2012.
4. ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br>. Acessado em novembro de 2006.
5. TOMAZ, P. A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2011a.
6. ZAIZEN, M. et al. The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. Urban Water, v. 4, n. 1, p. 355-359, 1999.