

APROVEITAMENTO NÃO-POTÁVEL DE ÁGUA DE CHUVA PARA USO INDUSTRIAL NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR)

Felipe de Arruda Troyner¹ & Adelena Gonçalves Maia²

RESUMO --- O presente trabalho estuda o dimensionamento de um reservatório destinado a armazenar água de chuva para fins não potáveis em uma indústria na região de Ponta Grossa (PR). O dimensionamento do reservatório foi realizado pelo método da simulação, para uma confiabilidade de 90%, considerando diferentes taxas de crescimento de demanda. Os reservatórios foram dimensionados em 250, 300, 400 e 850 m³, para as demandas de 4,39; 4,61; 4,83 e 5,05 m³.dia⁻¹. Foi ainda estudado um outro critério de dimensionamento, a disponibilidade do sistema, que apresentou os valores de 3,99; 4,17; 4,37 e 4,57 m³.dia⁻¹, para os reservatórios de 250, 300, 400 e 850 m³. A disponibilidade apesar de não ser um critério decisivo para o dimensionamento do reservatório, nos fornece em termos médios a quantidade de água disponível para o atendimento da demanda, podendo auxiliar na escolha do tamanho do reservatório mais adequado, em função de uma análise econômica do sistema.

ABSTRACT --- This paper studies the design of a reservoir to store rainwater for non-drinking in an industry in the region of Ponta Grossa (PR). The reservoir sizing was carried out by the method of simulation, for a reliability of 90%, considering different rates of demand growth. The reservoir was measured at 250, 300, 400 and 850 m³ for the demands of 4.393, 4.612, 4.832 and 5.052 m³.dia⁻¹. It was also studied another criterion for reservoir sizing, availability of the system, which showed values of 3.99, 4.17, 4.37 and 4.57 m³.dia⁻¹, for the reservoir sizes of 250, 300, 400 and 850 m³. The availability although it was not a decisive criterion for the sizing of the reservoir, provides on average the amount of water available to meet demand and may help in choosing the most appropriate size of the reservoir, according to an economic analysis of the system.

Palavras-chave: Reservatório, água de chuva, dimensionamento.

¹ Acadêmico de Engenharia Ambiental, UNICENTRO, UNICENTRO/DENAM, PR 153, Km 7, Cx. Postal 21, Riozinho, CEP: 84.500-000; felipetroyner@interponta.com.br.

² Professora Adjunta do Curso de Engenharia Ambiental da UNICENTRO. UNICENTRO/DENAM, PR 153, Km 7, Cx. Postal 21, Riozinho, CEP: 84.500-000, Irati – PR; adelena@irati.unicentro.br.

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento vital à sustentação da vida na Terra, não só pelo fato de ser o principal constituinte do ser humano, fundamental para o funcionamento do organismo, mas também por ser parte principal de muitos processos produtivos, industriais ou não. A escassez de água no mundo vem se agravando nos últimos anos; com as mudanças climáticas, a intensidade, a frequência e a quantidade de água precipitada vem se alterando, afetando a recarga de aquíferos subterrâneos e a disponibilidade das águas superficiais. A distribuição espacial dos recursos hídricos também é um fator a ser considerado para o estudo de atendimento das demandas, segundo Marinowski e Ghisi (2008) muitas das regiões mais densamente povoadas são justamente as que tem menor disponibilidade de recursos hídricos. Como exemplo temos a região Sudeste do Brasil, onde se concentra 43% do total de habitantes do país, maior concentração de indústrias e somente 6% do total das águas disponíveis; em situação oposta encontra-se a região Norte onde concentra-se 69% do total dos recursos hídricos nacionais e somente uma parcela de 8% da população brasileira.

Segundo FIESP/CIESP (2004) nota-se que as indústrias, grandes consumidoras de recursos hídricos, instalam-se em regiões densamente urbanizadas, este fator pode ser limitante para o uso de água potável pela população que circunda essas áreas. Deste entrave percebe-se que as indústrias, que tem elevado consumo em seus processos produtivos, devem minimizar seus gastos de água tratada; como solução a este problema pode-se utilizar outras fontes de água bem como a reciclagem de águas.

O uso da água para fins industriais pode ser feito de forma direta, como matéria prima, ou de forma indireta, como elemento resfriador, em caldeiras, para limpeza de recipientes, entre outros usos. Segundo Moruzzi e Fracassi (2008) o setor industrial apresenta-se como grande consumidor de água e por isso tem maior potencial de implantação de sistemas que captem e utilizem águas de chuva.

A água de chuva é um recurso usado há muito tempo pelas civilizações, e hoje pode ser fator de economia de recursos hídricos e por conseqüência de recursos financeiros. De acordo com Nobrega (2004) conservar a água e ampliar a eficiência de seu uso pode representar direta ou indiretamente o aumento de disponibilidade para mais usuários, podendo-se atender à crescente demanda urbana bem como à industrial, além de conservar o meio ambiente. Métodos mais eficientes como descargas que utilizem menos água ou novas tecnologias que maximizem seu uso, conscientização dos usuários, utilização de outras fontes mesmo que não potáveis para fins não nobres, podem ser medidas decisivas na conservação de mananciais e na diminuição de racionamentos de água nos grandes centros urbanos.

Resguardar o uso de água potável e tratada para fins nobres como a dessedentação humana, pode representar uma economia significativa. Como é um elemento dotado de valor econômico, a XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

utilização da água de chuva para fins não nobres torna-se uma saída para obter economia de água tratada no setor industrial.

A utilização de água no setor industrial segundo FIESP/CIESP (2004) pode ser:

1. consumo humano: ambientes sanitários, cozinhas, refeitórios, bebedouros e equipamentos de segurança;
2. matéria prima: quando incorporada ao produto final;
3. fluido auxiliar: lavagens, resfriamento, preparação de suspensões e soluções químicas;
4. uso para geração de energia: transformação da energia cinética, potencial ou térmica;
5. fluido de aquecimento ou resfriamento: água com papel de veículo transportador de calor.
6. outros usos: combate a incêndio, rega de plantas ou incorporação a diversos subprodutos gerados nos processos industriais.

As indústrias usam água para seus vários processos produtivos, e para cada processo é exigido um nível de qualidade. A qualidade exigida para a produção de algum bem, não é necessariamente a mesma de uma água utilizada para a lavagem de tanques de mistura, por exemplo. Os diferentes níveis de qualidade exigidos no uso industrial é uma característica importante que justifica o uso de águas pluviais não potáveis para o atendimento destas demandas; e ainda com o tratamento devido das águas as mesmas podem ainda atender aos usos mais restritivos. Como o reaproveitamento de águas de chuva, além da conservação dos recursos hídricos visa reduzir gastos, o sistema deve ser bem dimensionado para não haver desperdícios financeiros com reservatório ocioso ou com o subdimensionamento do reservatório, em detrimento ao atendimento da demanda.

Um sistema de uso de águas pluviais é constituído por área de contribuição, calhas condutoras, um sistema de descarte inicial, tubulações por onde a água coletada seja conduzida até o reservatório onde aguardará seu consumo, e em alguns casos um sistema de bombeamento e tratamento das águas.

Existem vários métodos de dimensionamento de reservatório, dentre eles os citados na ABNT (2007), como o método de Rippl, método da simulação, método prático brasileiro, método prático alemão, método prático inglês e o método prático australiano, os quais para uma mesma situação geram resultados diferentes, pois levam em considerações parâmetros diferentes em seu dimensionamento.

Amorin e Pereira (2008) relevam a importância do correto dimensionamento do reservatório que pode ser a parte mais onerosa do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Por ser caro, esta é a maior barreira para a disseminação da utilização de água de chuva em vários setores da sociedade civil.

Vários fatores devem ser levados em conta para a realização do dimensionamento de um reservatório, dentre eles o histórico de chuvas na localidade, o consumo de água previsto, o

escoamento superficial e o descarte inicial. O trabalho que será apresentado se refere ao dimensionamento do reservatório para aproveitamento de águas pluviais na Forward Indústria Química localizada em Ponta Grossa-PR, para tanto será utilizado o método de simulação, onde a escolha do tamanho do reservatório deve ser realizada através do parâmetro confiabilidade. Estes resultados serão confrontados com os dados de disponibilidade do sistema, parâmetro indicado para embasar a escolha do tamanho final do reservatório, a partir da avaliação do aumento da demanda.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo será realizado na Forward Indústria Química, fundada em 1996, e fabricante de produtos químicos na área de manutenção e processos industriais, higienização pessoal e produtos de uso domiciliar. A planta industrial em estudo é composta de dois barracões com telhado de fibro-amiante totalizando uma área de coleta potencial de 1.657,76 m².

Os dados de consumo de água não potável dentro da instalação industrial foram coletados durante todo o mês de junho de 2008 e são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Consumo de água não potável na indústria.

Categoria de Uso	Demanda(L/dia)
Jardinagem	1158,00
Limpeza Geral	135,00
Limpeza Planta Industrial	657,20
Higiene e saneamento	2.443,20
Total	4.393,40

2.2 Dimensionamento do reservatório

A indústria objeto de estudo está situada no Distrito Industrial de Ponta Grossa, que apresenta clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa) com chuvas regulares durante todo o ano, neste caso o reservatório terá uma função muito mais armazenadora do que regularizadora. Apesar disto, vale salientar que a região tem passado por alguns períodos prolongados de estiagem, períodos estes em que a capacidade regularizadora do reservatório será de grande utilidade.

O Método Prático Australiano (ABNT, 2007), também conhecido como método da simulação, leva em consideração mais variáveis que outros métodos citados, incluindo o parâmetro “confiabilidade”. Este é o método que será utilizado neste trabalho, onde será adotada uma confiabilidade mínima de 90%. A simulação da operação do reservatório foi realizada através de um programa desenvolvido no Visual Basic aplicado aos objetos do Excel, sendo o seu fluxograma deste programa apresentado na Figura 1.

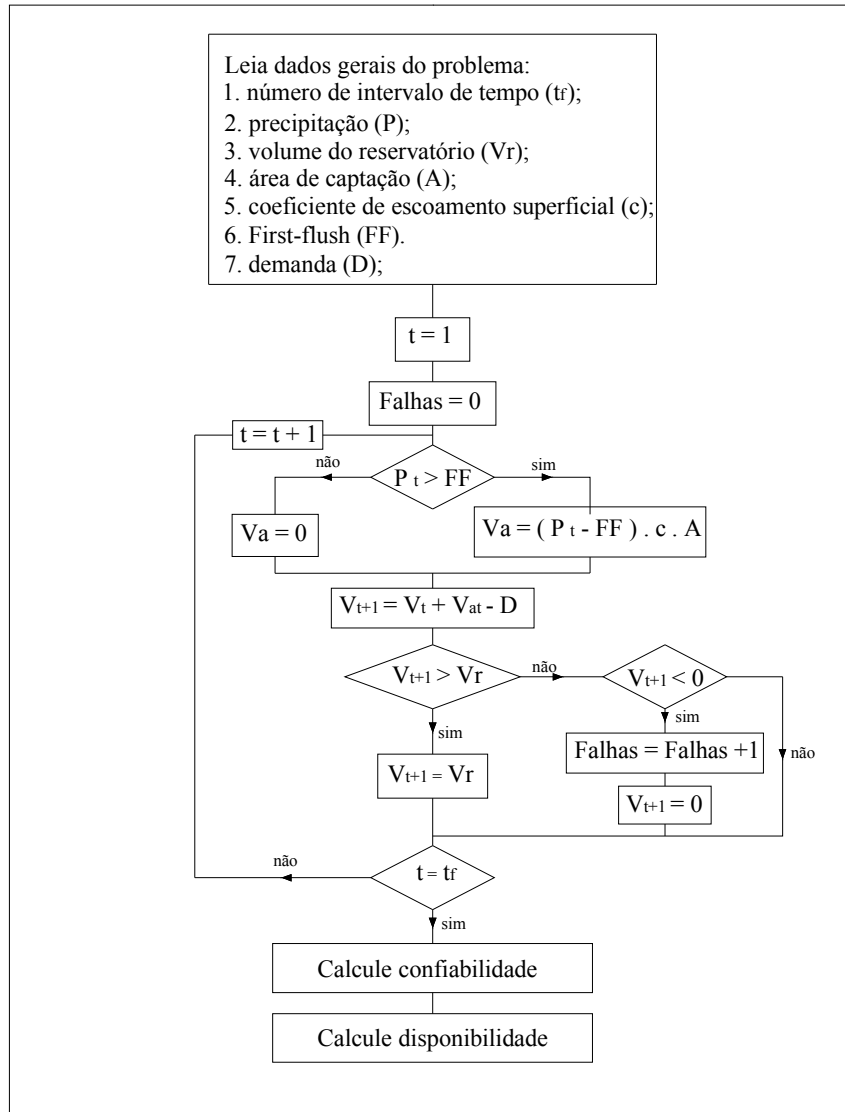


Figura 1 - Fluxograma da simulação da operação do reservatório.

O índice de confiabilidade pode ser definido pela equação 1, apresentada a seguir.

$$\text{Confiabilidade} = 1 - \frac{\text{n}^\circ \text{ de valores simulados na zona insatisfatória}}{\text{n}^\circ \text{ de períodos simulados}} \quad (1)$$

No caso da operação de um reservatório de abastecimento a falha ocorre toda vez que a demanda atendida é menor do que a necessária, no nosso caso de $4,393 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, sendo assim é considerado que o valor se encontra na zona insatisfatória.

O índice de disponibilidade pode ser calculado através da curva de permanência, sendo a equação utilizada para o cálculo do mesmo apresentada a seguir (equação 2).

$$\text{Disponibilidade} = \sum_{j=1}^n x_j \cdot e_j \quad (2)$$

Consideram-se os valores discretos da variável de performance x_1, \dots, x_n , que são as demandas atendidas, e e_j é a probabilidade de ocorrência de x_j , sendo n o número total de simulações

O valor de descarte inicial (first-flush) foi considerado 2 mm. A necessidade deste descarte se dá porque a água da chuva lava a atmosfera e a superfície de coleta, transportando muitos contaminantes. Segundo Tomaz (2003) não é obrigatório o uso de descarte inicial, isso ficará a critério do projetista em função da qualidade da água requerida no processo.

A série histórica de precipitação diária foi obtida através da ANA (2009), para a estação meteorológica de Vila Velha em Ponta Grossa –PR a mais próxima da região da indústria, considerando os dados diários de um período de janeiro de 1954 a dezembro de 2002. Esta estação é monitorada pelo IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) e está localizada na latitude 25°13'00" S e na longitude 50°01'00" W e sua altitude é de 800 m.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir de dados pluviométricos, área de telhado e estudo de consumo hídrico da empresa baseado no ano de 2008, considerando um descarte inicial de 2 mm, um coeficiente de escoamento superficial de 80%, foram realizadas varias simulações para reservatórios de 150 a 450 m³. Os resultados são apresentados na Figura 2.

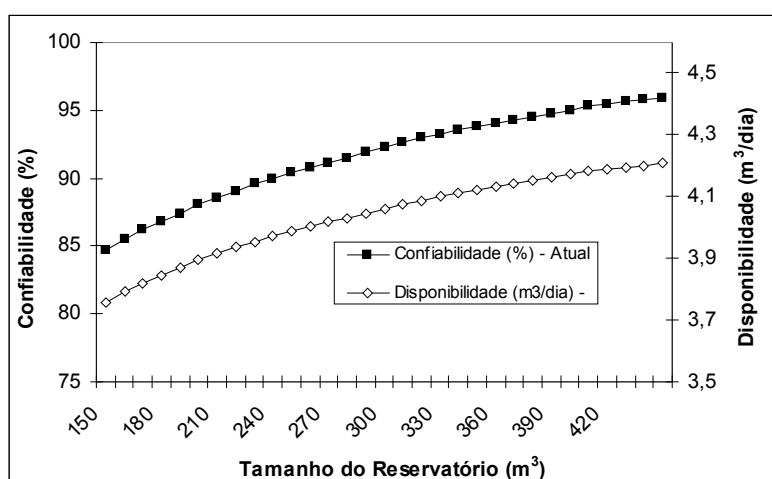


Figura 2 – Confiabilidade e disponibilidade do sistema para diferentes tamanhos de reservatório.

A ABNT (2007) determina que o dimensionamento de reservatório pelo Método Prático Auatraliano, mais conhecido como Método da Simulação, deve ser realizado para uma confiabilidade do sistema de 90 a 99%. Os resultados das simulações apresentam uma confiabilidade de 90,42% para o reservatório de 250 m², podendo ser este o tamanho de reservatório indicado, de acordo com o método utilizado. Para o reservatório de 250 m² a disponibilidade encontrada foi de 3,99 m³.dia⁻¹.

A variação do tamanho dos reservatório simulados foi de 10 m³ e para aumento dos mesmos foram calculados os aumentos, em percentual, da confiabilidade e da disponibilidade. A figura 3 apresenta estes resultados.

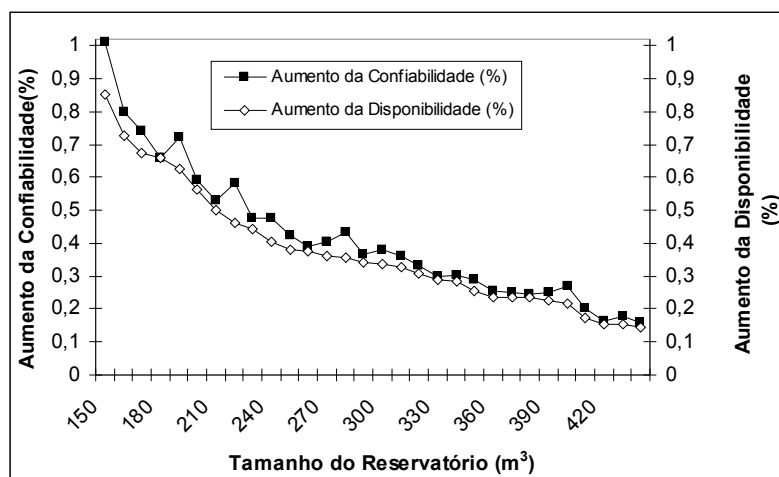


Figura 3 – Variação dos aumentos de confiabilidade e disponibilidade em função do aumento do reservatório.

Os aumentos da confiabilidade estão quase sempre acima dos aumentos da disponibilidade, sendo assim, quando se dimensiona o tamanho do reservatório considerando a variação do parâmetro de confiabilidade, o reservatório pode ser superdimensionado. O parâmetro disponibilidade é que nos fornece o valor de referência mais adequado para a determinação da demanda a ser atendida pelo sistema e é a partir do qual pode ser feita uma análise econômica do sistema para a determinação do tempo de retorno do capital investido.

Nas figuras 4 e 5 são apresentadas as variações da confiabilidade e da disponibilidade considerando o aumento da demanda, em função do aumento da produção da indústria. Os aumentos de demanda considerados foram de 5, 10 e 15 %. A demanda atual apresenta o valor de $4,393 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, e as demandas, considerando os aumentos percentuais supracitados, apresentam os valores de $4,612$; $4,832$ e $5,052 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, respectivamente.

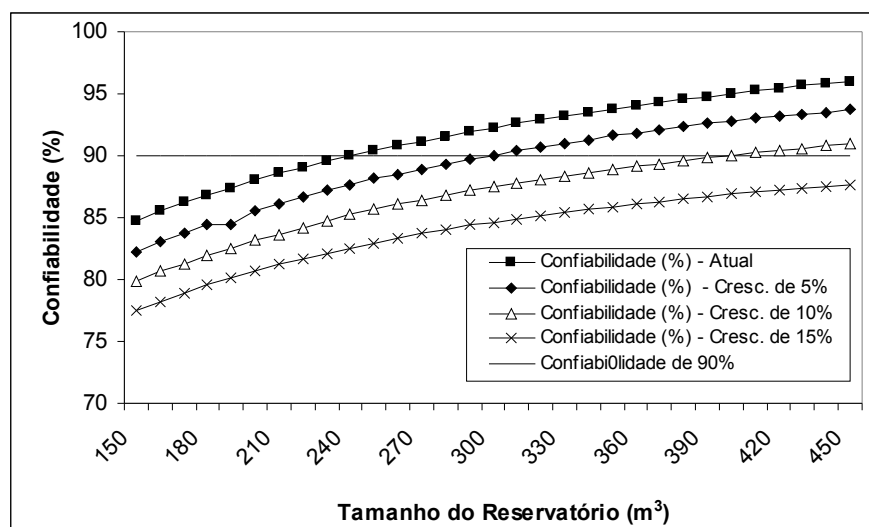


Figura 4 – Confiabilidade do sistema para diferentes tamanhos de reservatório, considerando o crescimento da demanda.

Considerando a confiabilidade mínima de 90% para o sistema, os valores de tamanho dos reservatórios encontrados foram de 250, 300, 400 e 850 m³, para as demandas atual e com os aumentos de 5, 10 e 15%, respectivamente. O valor encontrado de tamanho de reservatório de 850 m³ não é apresentado na figura 4. Tendo em vista o potencial de crescimento da indústria o aumento da demanda é outro fator a ser considerado para a definição do tamanho de reservatório a ser adotado ou para o planejamento do aumento do volume reservado para o atendimento de uma demanda crescente.

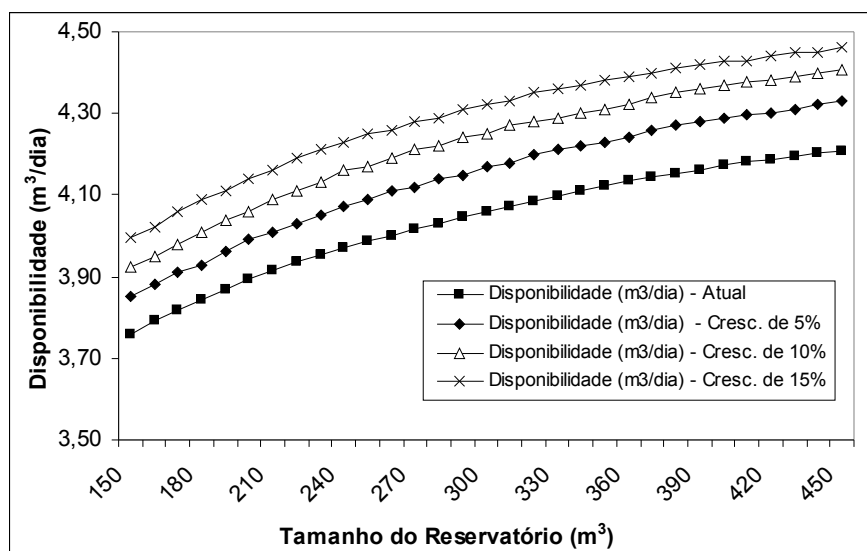


Figura 5 – Disponibilidade do sistema para diferentes tamanhos de reservatório, considerando o crescimento da demanda.

A disponibilidade do sistema apresentou os valores de 3,99; 4,17; 4,37 e 4,57 m³.dia⁻¹, para os reservatórios de 250, 300, 400 e 850 m³. Através da análise da figura 5 pode-se observar que para um mesmo tamanho de reservatório, o aumento da demanda favorece o aumento da disponibilidade dos sistema. Com o aumento da demanda o sistema se torna mais exigente e retira toda a água disponível para o seu atendimento total ou parcial, esta característica fez com que em termos médios a demanda atendida fosse maior, ou seja, a disponibilidade fosse maior. Com base nestes resultados, apesar de não terem sido feitas simulações considerando a economia de água, pode-se concluir que a demanda será melhor satisfeita quando o atendimento for feito integralmente. Este comportamento demonstra que, no estudo realizado, quando se necessita de água é melhor atender toda a demanda e não economizar água para períodos de menor disponibilidade. Vale salientar que estes resultados foram obtidos para uma região que apresenta uma boa distribuição sazonal de precipitações.

4. CONCLUSÕES

Considerando o método da simulação, para uma confiabilidade do sistema de 90%, o reservatório foi dimensionado em 250, 300, 400 e 850 m³, para as demandas atual e com os aumentos de 5, 10 e 15%, respectivamente. Como pode-se observar há uma grande variação do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

volume do reservatório em função da variação da demanda, sendo assim, indica-se que o reservatório seja dimensionado para o atendimento das demandas em um curto prazo de planejamento e que sejam estudadas as ampliações ou construções de novos reservatórios para o aumento da capacidade de armazenamento do sistema, em função do aumento da demanda.

O dimensionamento do tamanho de um reservatório pode ser realizado a partir de diversos métodos apresentados em norma específica da área, no entanto a escolha adequada do critério de dimensionamento utilizados pelo projetista pode fazer uma grande diferença no atendimento da demanda pretendida. A análise de outro critério como a disponibilidade do sistema pode ser de grande valia para a análise da viabilidade econômica do projeto e para auxiliar o tomador de decisão a escolher o tamanho de reservatório mais indicado, em função do capital inicial disponível para investimento e do tempo de retorno deste capital.

BIBLIOGRAFIA

ABNT (2007) - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007). “*Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*”. NBR 15527/ set 2007.

AMORIM, S. V. ; PEREIRA, D. J. A. (2008). “*Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial*”. Ambiente Construído. v. 8, n. 2, pp. 53-66.

ANA. Agência Nacional da Águas. Biblioteca Virtual. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/> . Acesso em 26 de maio de 2009.

FEDERAÇÃO E CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP/CIESP). (2004). “*Manual de Conservação e Reúso de Água: manual de orientações para o setor industrial*”. FIESP/CIESP: São Paulo.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. (2008). “*Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC*”. Ambiente Construído. v. 8, n. 2, pp. 67-84.

MINIKOWSKI, M., MAIA, A. G. (2007). “*Sistemas de aproveitamento de água de chuva no município de Irati-Pr*”. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati.

MORUZZI, R. B. ; FRACASSI, C.C. (2008). “*Avaliação da potencialidade do uso de água pluvial no processo de troca de calor de uma indústria*” in Anais do III Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável, Santos - SP.

NOBREGA, R. L. B. (2004). “*Desenvolvimento de um sistema regional para captação de água pluvial com a revitalização/construção de cisternas*”. Universidade Federal de Campina Grande- Campina Grande – PB.

TOMAZ, P. (2003). Aproveitamento de Água de Chuva. *Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. Navegar Editora. São Paulo, SP. 180 p.