

Influência econômica e implicações da utilização de água pluvial nos sistemas de resfriamento evaporativo-adsortivo aplicados em condicionamento de ar

ECONOMIC INFLUENCE AND IMPLICATIONS IN THE PLUVIAL WATER USED IN THE SYSTEMS OF EVAPORATIVE-DESICCANT APPLIED IN AIR CONDITIONING

Marco Antonio Medeiros dos Santos
José Rui Camargo
Ederaldo Godoy Júnior
Universidade de Taubaté
Departamento de Engenharia Mecânica

RESUMO

O apelo mundial pela conscientização ecológica coloca os estudos de engenharia voltados para uma preocupação eco-eficiente. Este trabalho avalia o aproveitamento da água de chuva em um sistema de condicionamento de ar composto por um sistema de resfriamento evaporativo acoplado a um sistema de desumidificação por adsorção. Os sistemas de resfriamento evaporativo utilizam a evaporação da água através da passagem de um fluxo de ar, reduzindo a temperatura de bulbo seco do ar. São sistemas com grande potencial de utilização em locais onde a umidade do ar é baixa e com o emprego de um sistema de desumidificação por adsorção, torna-se também eficiente em regiões de alta taxa de umidade do ar. Essas condições ambientais, ou seja, regiões de alto índice pluviométrico favorecem a utilização da água de chuva nesses sistemas. Este trabalho analisa as implicações técnicas do sistema de aproveitamento de água pluvial e analisa também os resultados obtidos nos custos de sua implantação.

PALAVRAS CHAVE

Sistema Evaporativo-Adsorativo, Água Chuva, Resfriamento evaporativo, Desumidificação por adsorção, Conforto térmico.

ABSTRACT

The world-wide appeal for the ecological awareness, places the studies of engineering directed for the eco-efficient concern. In this paper the use of pluvial water is evaluated in an air conditioning system, composed by an evaporative cooling associated to a desiccant system. The evaporative-desiccant system uses the evaporation of water through the passage of an air flow reducing the dry bulb temperature. These systems have great potential to the use in places where the humidity of air is low and with the application of dehumidifiers of air, becoming quite enough efficient for the human comfort in regions where the relative humidity of air is high. In these conditions, that is to say, regions which of high pluviometric index, the use of the pluvial water in these systems is favored. This work analyzes the implications techniques of the system of the use pluvial water and also analyzes the results gotten in the costs of its implantation.

KEYWORDS

Pluvial Water. Evaporative cooling. Desiccant dehumidification.

INTRODUÇÃO

“O capitalismo global não terá futuro se não for projetado para ser ecologicamente sustentável e para respeitar os direitos e valores humanos” (CAPRA, 2003). É com essa consciência que esse estudo foi desenvolvido, acreditando que não só a preocupação financeira, mas também a preocupação ecológica, sejam fatores decisórios para implantação de projetos no meio industrial. Dessa forma a engenharia que se preocupa com o reaproveitamento máximo de energia e com o uso racional da água, defende o desenvolvimento sustentável “permanente” do homem no universo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Esse trabalho apresenta resultados obtidos em estudos econômicos e energéticos realizados para o emprego de água pluvial em sistemas de resfriamento evaporativo-adsortivo (SISREAD) estudados por CAMARGO (2003). SANTOS (2005), chegou a resultados comparativos entre diversos insumos utilizados como fonte de calor para reativação de dessecantes utilizados nos SISREAD's, tendo levado em consideração o aproveitamento da água de chuva. Esse trabalho visa apresentar um sistema de resfriamento evaporativo-adsortivo de uso industrial, ecologicamente correto e, que possua um bom desempenho no resfriamento de ambientes, tanto em condições de baixo como de alto índice de umidade relativa do ar, justificando o aproveitamento da água de chuva coletada pelos telhados, mostrando sua influência econômica na implantação do sistema.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

WATT (1963) realizou a primeira análise rigorosa dos sistemas evaporativos direto e indireto, enumerando suas vantagens e desvantagens, indicando suas aplicações e estabelecendo considerações sobre o projeto. Pode-se dizer que, a partir de seus trabalhos, a refrigeração evaporativa começou a ser investigada cientificamente. CAMARGO & EBINUMA (2001) apresentam os princípios básicos de funcionamento e considerações técnicas para a utilização do resfriamento evaporativo em condicionamento de ar para conforto térmico humano, discorrendo a respeito de sistemas de resfriamento evaporativo direto, indireto, multi-estágios e de sistemas híbridos. Apresentam, ainda, al-

guns benefícios ambientais e econômicos resultantes da utilização eficiente desses sistemas. Camargo (2003) apresentou um estudo dos potenciais e limitações de sistemas de condicionamento de ar por resfriamento evaporativo e evaporativo-adsortivo quando utilizados com o objetivo de propiciar conforto térmico ao homem e reduzir o consumo de energia. Concluiu-se que a aplicação de sistemas de resfriamento evaporativo acoplados a um desumidificador adsortivo apresentam perspectivas promissoras, principalmente onde existem fontes de calor residual e de baixo custo disponível. Demonstrou-se a viabilidade da utilização do sistema por ele proposto para o conforto humano em regiões de clima úmido como uma alternativa aos sistemas convencionais de condicionamento de ar, poupando energia e protegendo o meio ambiente. Santos (2005) analisa técnica e economicamente a implantação do sistema proposto por Camargo (2003), em uma instalação industrial. Assim, é analisada a utilização de insumos alternativos como fonte de calor para regeneração do adsorvente, como: a) energia elétrica; b) gás natural; c) vapor; d) condensado de vapor; e) gases de combustão de caldeira; e analisa a possibilidade do aproveitamento da água de chuva.

SISTEMA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO-ADSORTIVO

O sistema de resfriamento evaporativo-adsortivo, proposto por Camargo (2003), reúne vantagens de ordem econômica, energética e ecológica, tais como: a) redução no consumo de energia nas indústrias quando é utilizada fonte de calor residual nos processos de reativação; b) é ecologicamente correto, pois não causa nenhum impacto ambiental, já que não utiliza gás à base de CFC e HFC; c) pode ser usado em diversas regiões mesmo naquelas em que as taxas de umidade relativa do ar sejam altas; d) é de fácil manutenção, instalação e operação; e) melhor qualidade do ar interior, pois retém fungos e bactérias, eliminando a proliferação, problema constante nos sistemas convencionais de condicionamento de ar.

SISTEMAS DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

O resfriamento evaporativo é um processo no qual um meio ou produto cede calor ocorrendo a evaporação da água (REVISTA DO FRIO, 2005). A torre de resfriamento é um exemplo na qual se tem absorção de calor por uma pequena parcela de água que é induzida a evaporar, resfriando o conteúdo restante

da água por transferência de calor. No sistema estudado por Camargó (2003), o processo de resfriamento evaporativo utilizado para condicionamento de ar é induzido pela aspersão da água em uma corrente de ar, havendo a troca de calor de modo que o fluxo de ar ceda energia para a água evaporando-a, tornando a corrente de ar mais fria após a passagem pelo resfriador. O ar ao ser atravessado transversalmente pela colméia umedecida absorve a umidade chegando bem próxima da saturação. Quando o ar está saturado, ou seja, a sua capacidade de conter vapor d'água está esgotada, diz-se que a umidade relativa está a 100%. Nesse caso, os resfriadores evaporativos não têm eficiência alguma, já que o ar está em sua saturação máxima. Porém, normalmente o ar se encontra insaturado (<100%) e o resfriamento evaporativo será mais eficiente quanto mais seco for o ar, possibilitando a absorção de umidade.

Os resfriadores evaporativos se mostram mais eficientes naquelas regiões onde as temperaturas são mais elevadas combinadas com as umidades relativas do ar mais baixas justamente pelo fenômeno explicado acima. Obviamente que a diferença de temperatura entre a água e o ar e a capacidade favorável de absorção da água devida a baixa umidade justifica essa eficiência quando a necessidade de resfriamento é maior para o conforto humano. O conseqüente aumento de umidade do ar insuflado em sistemas de condicionamento de ar é benéfico para o conforto humano, evitando o ressecamento que os sistemas convencionais proporcionam. A aplicação do sistema de resfriamento evaporativo atinge uma gama de utilização muito maior que os sistemas de condicionado de ar por expansão a gás e a ventilação tradicionais, uma vez que sejam observadas as adequadas condições de temperatura e umidade, a renovação total do ar, filtragem do ar, custos de instalação e operação. Quando a água está em circulação a proliferação de fungos, algas e bactérias é bastante reduzida pela aeração da água e pela ação do oxigênio como oxidante dos microorganismos. Porém, no caso do sistema estar durante muito tempo parado é necessário que a água do reservatório seja substituída. O Ph da água deverá estar entre 7 a 8 sendo aceitável de 6 a 9. Existem sistemas de resfriamento evaporativo direto (RED) e indireto (REI). No RED, ocorre a exposição direta do ar com a água ocorrendo a redução da temperatura de bulbo seco (TBS) e também o aumento da umidade relativa do ar, mantendo constante a entalpia

(resfriamento adiabático). Assim a mínima temperatura que se pode atingir é a de bulbo úmido do ar que entra no sistema. No REI, o ar que resfria o ambiente (ar primário) é mantido sem o contato com a água, que fica separado do lado molhado, onde a água está sendo evaporada. No resfriador evaporativo indireto, o ar que é utilizado para condicionar o ambiente transfere calor ou para uma corrente de ar secundária ou para um líquido, que foram resfriados evaporativamente. A entalpia do ar do lado seco é reduzida em contraste à redução adiabática de temperatura de um resfriador evaporativo direto na qual permanece constante.

DESUMIDIFICAÇÃO POR ADSORÇÃO

Adsorção é o termo usado para descrever o fenômeno no qual moléculas de um fluido concentram-se espontaneamente sobre uma superfície sólida. O sólido sobre o qual ocorre a adsorção denomina-se adsorvente, a espécie química retida pelo adsorvente denomina-se adsorvato e o fluido em contato com a superfície denomina-se adsorvivo. Os adsorventes ou dessecantes mais utilizados são: dióxido de silício (SiO₂ - sílica gel), cloreto de lítio (ClLi) e alumina ativada (Al₂O₃). Essas substâncias são depositadas em um substrato de fibra de vidro, celulose ou alumínio. A energia calorífica para a reativação pode ser obtida por eletricidade (resistências elétricas), vapor d'água, ar quente ou outra fonte de calor.

No desumidificador tipo cilindro rotativo, estudado por Camargó (2003), o fluxo de ar externo passa através de uma parte do cilindro, impregnado de material dessecante, sendo desumidificado, enquanto o fluxo de ar de reativação, aquecido, circula em contracorrente, removendo a umidade.

SISTEMAS DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO-ADSORTIVO

Camargó (2003) apresenta uma nova proposta de um sistema evaporativo acoplado a um desumidificador, apresentando perspectivas promissoras para condicionamento de ar para conforto, mesmo naquelas regiões em que a umidade relativa do ar é alta, principalmente quando se tem calor residual em sistemas de cogeração ou energia solar e insumos com custos mais baixos.

Configuração do sistema de resfriamento evaporativo-adsorvivo (SISREAD). A figura 1 mostra a configuração do sistema proposto e utilizado neste tra

balho, que é composto por um desumidificador dessecante rotativo acoplado a dois resfriadores evaporativos diretos e a um indireto. Nesta configuração o ar externo é primeiramente misturado com ar de retorno e passa pelo desumidificador perdendo calor latente (umidade) e ganhando calor sensível (temperatura). Logo após, o ar é resfriado primeiramente em uma unidade REI e após em uma unidade RED, sendo introduzido no ambiente condicionado em condições de temperatura e umidade satisfatórias ao conforto térmico humano. O ar de reativação do adsorvente é composto também de uma mistura de ar externo com ar de retorno que primeiramente é resfriado em um RED e depois em um REI. Em seguida, recebe calor de uma fonte que pode ser elétrica, vapor ou queima direta de um combustível (normalmente gás natural

ou biogás) ou calor residual do condensado de vapor proveniente de um processo industrial para, em seguida, passar pelo desumidificador, retirando a umidade do material adsorvente. O sistema de resfriamento evaporativo, tanto direto (RED) como indireto (REI), utiliza a evaporação de água para resfriar uma corrente de ar. Assim, nesse sistema, os fluidos de trabalho são o ar e a água, neste trabalho será estudada a utilização da água proveniente da rede pública e proveniente de uma cisterna onde se armazena a água de chuva. O emprego de dessecantes nesse sistema proposto é imprescindível para que o sistema de resfriamento evaporativo seja eficiente em regiões de alto índice pluviométrico e alta umidade relativa do ar, justificando assim o estudo para aproveitamento da água de chuva.

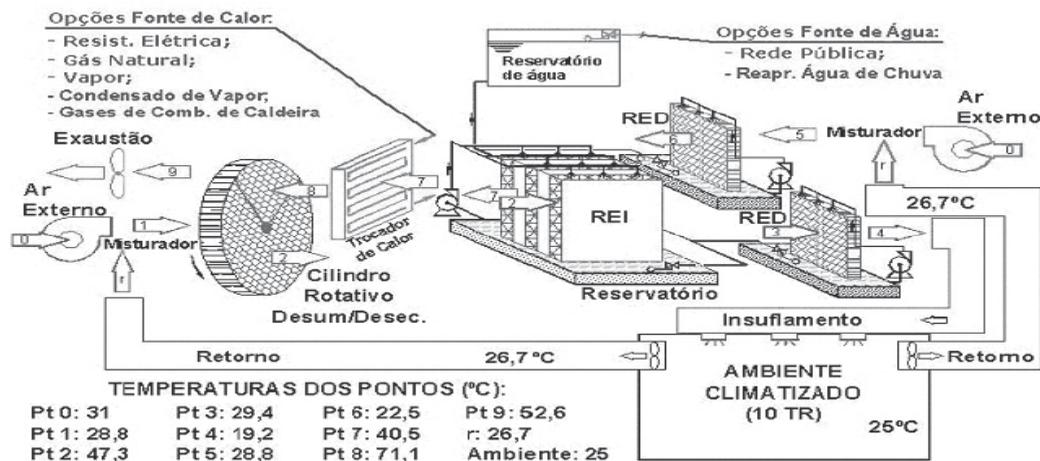


Figura 1 – Sistema de resfriamento evaporativo acoplado a um desumidificador (SANTOS, 2005)

Análise dos Insumos Consumidos nos Sistemas de Resfriamento Evaporativo-Adsorativo

O presente estudo baseia-se na análise de um dos casos estudados por Camargo (2003), onde o sistema de resfriamento evaporativo-adsorativo proposto é aplicado ao condicionamento de ar em um ambiente com carga térmica de 10 TR, área de 200 m² e que requer uma vazão de ar de 1,67 m³/s, mantendo-se a temperatura do ambiente dentro dos valores recomendados pela NBR-6401 da ABNT. Os parâmetros que variam nesse sistema são a relação ar de reativação por ar de processo R/P = 0,847 (mínima) e a temperatura de reativação Treat = 71,1 °C. O tempo de operação do sistema será considerado como 240 h/mês (H). Vazão total de água para os sistemas de resfriamento

evaporativo igual a 13,72 l/h no fluxo de ar processo e no fluxo de ar de reativação igual a 28,52 l/h. A área de captação de chuva disponível é de 250 m² sobre telhado metálico. Os custos levantados para as instalações pressupõem a disponibilidade dos insumos próximos fisicamente da planta, conforme Santos (2005).

Análise dos insumos consumidos no processo de reativação

A Munters do Brasil oferece equipamentos utilizando três tipos diferentes de insumos, para aquecimento do ar de reativação sendo energia elétrica (resistores), gás natural e vapor. Santos (2005), além desses 03 insumos, analisa também a utilização de condensado de vapor e gases de combustão de caldeira. É tratado nesse estudo como caso II, caso III, caso IV, caso V e

caso VI, para energia elétrica, gás natural, vapor, condensado de vapor e gases de combustão da caldeira, respectivamente. O caso I estudado por Santos (2005) não foi considerado nesse estudo, por se tratar de sistema convencional de condicionamento de ar.

ANÁLISE DA ÁGUA CONSUMIDA NO PROCESSO DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

Conforme visto anteriormente, o consumo de água no fluxo de ar de processo é igual a 28,52 l/h e na reativação igual a 13,72 l/h totalizando

Apresenta-se neste momento a análise econômica dos custos relativos ao consumo de água proveniente da rede pública e como opção o aproveitamento da água proveniente da chuva.

Água da rede pública. O custo da água ($C_{\text{água}}$) comprada da concessionária é de US\$0,50/m³ (Fonte: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP). O custo total da água para o resfriamento evaporativo será de US\$5,07/mês. Através de pesquisa de mercado de equipamentos comerciais, chega-se a um custo de US\$180,00 para instalação de medidor, tubulações e válvulas.

Aproveitamento da água de Chuva. A composição do custo mensal do consumo da água de reaproveitamento de chuva para os resfriadores evaporativos, será apenas o consumo de energia elétrica utilizada para o bombeamento entre a cisterna e o reservatório, já que esse insumo provém de uma fonte gratuita. Tomou-se como base uma bomba com vazão de 25 l/min, altura manométrica 20 m.c.a, monofásica e de 0,50 HP (0,373 W) e chegou-se a um custo mensal de US\$0,19 mensais.

Foi pesquisado o índice pluviométrico na região de Taubaté através de registros feitos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMETRO, <http://www.inmet.gov.br/>), no dia 25/05/2005, a média histórica (tabela 1) e para o dimensionamento do reservatório (cisterna) que atenderá o consumo de água pelos resfriadores evaporativos foi utilizado o método de RIPPL, conforme Tomaz (2003).

Tabela 1 – Precipitações de chuvas em mm, Taubaté

Precipitações (mm)												
Meses	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
	230	195	170	65	50	30	30	35	75	125	150	210

De acordo com Tomaz (2003), o dimensionamento do reservatório se dará pela demanda mensal que já se sabe que será de 10,14 m³, área de captação de chuva sobre telhado metálico em torno de 250 m², coeficiente de *runoff* $C = 0,80$, e chega-se ao volume de 12 m³; e como regra prática, utiliza-se 1,00 l/m², para dimensionamento do reservatório de auto-limpeza, chegando-se ao volume de 250 l. Deve-se considerar a instalação de dispositivos como filtro volumétrico, filtro utilizado na descida do tubo vertical, freio d'água, conjunto flutuante de sucção e sifão-ladrão (3P Technic Sistemas para Aproveitamento da Água de Chuvas) e um tratamento da água com uma filtração adequada. Os preços obtidos para os itens de instalação para o aproveitamento da água de chuva, considerado por Santos (2005), foi um total de US\$ 2.476,00.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na utilização da água de chuva para os resfriadores evaporativos, deve-se considerar um acréscimo no custo total de implantação do projeto de US\$ 2.296,00, que é o investimento das instalações para aproveitamento da água de chuva menos o custo da instalação da água proveniente da rede pública.

Tabela 2 - Resumo dos custos de investimento e preço do ar resfriado dos SISREAD 's

Casos de SISREAD 's com e sem aproveitamento da água de chuva		Investimento Total de Implantação do Projeto (US\$)	Preço do Ar Resfriado (US\$/TRh)
CASO II	Com	51.396,30	0,4850
	Sem	49.100,30	0,4870
CASO III	Com	49.946,30	0,4275
	Sem	47.650,30	0,4295
CASO IV	Com	50.396,30	0,2292
	Sem	48.100,30	0,2313
CASO V	Com	53.373,61	0,1149
	Sem	51.077,61	0,1170
CASO VI	Com	53.913,61	0,0271
	Sem	51.617,61	0,0292

A tabela 2 mostra um resumo dos custos de implantação dos sistemas de resfriamento evaporativo-adsortivo para os diversos insumos, bem como seus custos mensais de ar resfriado (US\$/TRh).

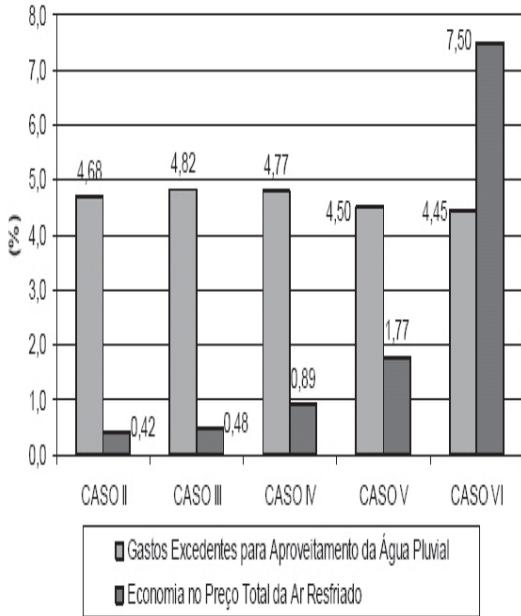


Figura 2 - Gasto excedente com aproveitamento de água pluvial e economia no preço final do ar resfriado

Com a implantação de uma cisterna (aproveitamento da água de chuva), o custo operacional tende a subir, já que se está acrescentando ao sistema equipamentos que requerem cuidados de limpeza, manutenção e operação, cerca de 25% acima do custo operacional, utilizando a água proveniente da rede pública, já tratada. Ainda assim, a implantação de um sistema que utiliza água de chuva pode apresentar uma vantagem em sua aplicação, não só pela economia nos gastos com a concessionária, impactando uma diminuição no preço total de ar resfriado (média de US\$ 0,0019/TRh:US\$ 54,72/ano), mas principalmente na contribuição que o sistema oferece ao meio ambiente no âmbito social e ecológico. A figura 2, mostra a relação dos custos de implantação e a economia que será obtida com a implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva.

ANÁLISE ECONÔMICA

Metodologia. Santos (2005) adotou em seu estudo

o método utilizado em análise econômica na área de cogeração que permite investigações de rentabilidade de empreendimentos em que são tomados por base também aspectos quantitativos do custo de produção dos insumos que são comparados com valores oferecidos pelo mercado para uma decisão (BALESTIERI, 2002). Neste caso estudado, fazem-se comparações entre energia elétrica e gás natural disponibilizadas pelas concessionárias e recursos próprios como o vapor, o condensado de vapor, os gases de combustão de caldeira e também o aproveitamento da água de chuva. As equações aqui apresentadas foram adaptadas de acordo com o projeto estudado. Para análise econômica é necessário, primeiramente, levantarmos todos os investimentos aplicados a cada projeto, aqueles no qual serão gastos no ato do investimento. Depois é feito um levantamento de todos os custos fixos mensais, aqueles gastos que serão feitos de acordo com o consumo energético, manutenção e operação. Esses custos mensais, aqui em dólares, deverão ser em função de uma unidade específica, neste estudo por unidade de potência para o ar resfriado (TRh). As equações são apresentadas a seguir:

$$R = H \times CS \times (-P_{ARR} - CTI) \quad (1)$$

$$CTI = \frac{IPL \times F}{H \times CS} + CUI + CO \quad (2)$$

$$F = \frac{q^k \times (q - 1)}{q^k - 1} \quad (3)$$

$$R = H * \frac{Qeb}{24} * (Pet - Cet) \quad (4)$$

Onde, R é a receita (US\$/TRh), CS é a capacidade do sistema (TR), P_{ARR} , o preço total de produção de ar resfriado (US\$/TRh), CTI o custo total do investimento usado para os insumos (US\$/TRh), IPL é o investimento total da implantação do projeto (US\$), CUI é o custo de utilização do insumo (US\$/TRh), CO é o custo operacional do sistema (US\$/TRh), k igual ao tempo (anos) e F o fator de anuidade (ano^{-1}). Considerou-se

uma taxa de juros de 12% ao ano ($r = 12\%$).

Quando se utilizam as equações acima, obtêm-se resultados de amortização ao longo do tempo o que possibilita mostrar os resultados através de gráficos, em que cada curva representa um sistema estudado. Dessa forma pode-se observar o comportamento de vários sistemas estudados ao mesmo tempo, favorecendo uma tomada de decisão quando são estudados analiticamente, os diversos investimentos propostos em uma indústria.

A Figura 3 mostra as características de cada sistema de resfriamento evaporativo-adsortivo estudado nesse trabalho, considerando os investimentos relativos à implantação do aproveitamento da água de chuva. Embora o custo do investimento do sistema em que se utiliza os gases de combustão de caldeira para o fluxo ar de reativação (Caso VI) seja maior que os outros sistemas de resfriamento evaporativo-adsortivo, pode-se perceber que a curva dessa configuração é mais favorável que as outras por se tratar de uma energia mais econômica em relação aos outros sistemas. É a curva que mais se aproxima do eixo "0". A Figura 4 mostra as mesmas características da Figura 3, porém levando-se em consideração os investimentos relativos à implantação de um sistema aproveitamento da água de chuva. Pode-se observar uma pequena diferença no comportamento das curvas entre as figuras 3 e 4. Isto se explica devido ao baixo investimento para implantação de cisterna em relação ao total dos investimentos dos sistemas (ver Figura 2).

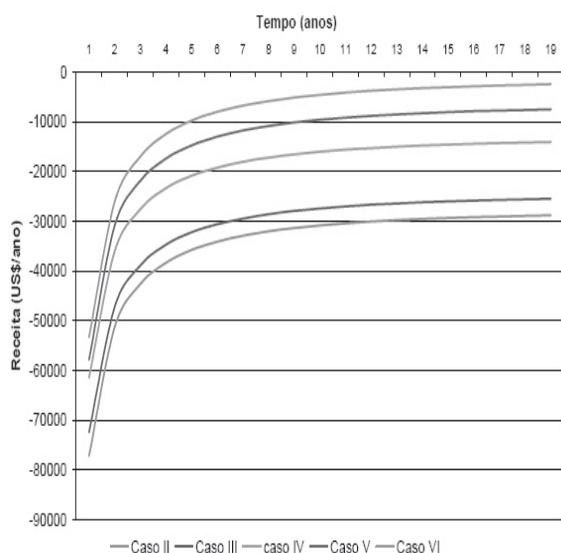


Figura 3 - Amortização dos investimentos dos SISREAD's sem aproveitamento da água de chuva

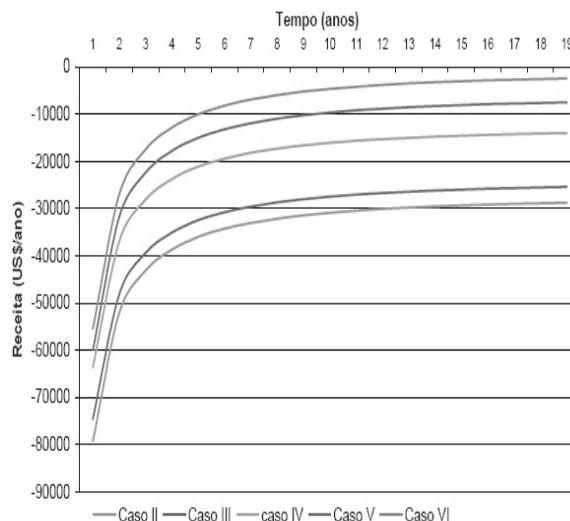


Figura 4 - Amortização dos investimentos dos SISREAD's com aproveitamento da água de chuva

CONCLUSÕES

Os sistemas de resfriamento evaporativo acoplados a um desumidificador adsortivo apresentam perspectivas promissoras, principalmente para aplicação em condicionamento de ar onde existem fontes de calor de baixo custo ou calor residual disponível, como em sistemas de cogeração.

Foi comentado que o emprego da água de chuva para os resfriadores evaporativos é justificado pelo fato de que esse sistema poderá ser utilizado em qualquer região na qual a umidade relativa do ar seja alta, assim como em regiões caracterizadas pelos altos índices pluviométricos, sendo o seu armazenamento facilitado nessas condições. Com essa opção, puderam ser estudadas diversas configurações e foram feitas análises comparativas, chegando-se a conclusão de que o investimento inicial para implantação de um projeto para aproveitamento da água de chuva, pode ser um bom negócio do ponto de vista econômico. Isso se dá pelo fato de que o valor agregado em termos de custo é muito pequeno em relação ao investimento global de cada sistema de resfriamento evaporativo-adsortivo. Mas, a política ambiental e social que muitas indústrias buscam, torna esse investimento muito atrativo, ainda que o retorno de investimento não seja em curto prazo.

REFERÊNCIAS

3P TECHNIK DO BRASIL Ltda. *Solução para o manejo sustentável das águas pluviais*. Site disponível em <http://www.agua-de-chuva.com>. Visitado em janeiro-2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto*. In: *NBR 6401*.

BALESTIERI J. A. P. *Cogeração: Geração combinada de eletricidade e calor*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.

CAMARGO J. R. *Sistemas de resfriamento evaporativo e evaporativo-adsortivo aplicados ao condicionamento de ar*. 2003. 1140 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Energia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2003.

CAPRA F. *As conexões ocultas*. Ciência para uma vida sustentável. Cultrix, Amana-Key, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. *Precipitação total mensal X Precipitação (Normal Climatológica 61-90)*. Site disponível em <http://inmet04.inmet.gov.br>. Visitado em maio-2005.

MUNTERS Dehumidification division. *Modular dehumidification unit with options*. Catálogo comercial M162011 Rev. 2, para o modelo HCD-4500.

REVISTA DO FRIO. Artigos técnicos sobre Refrigeração – Resfriamento Evaporativo do Ar (material cedido pela BASENGE). Site disponível em <http://revistadofrio.com.br/artigore.htm>. Visitado em janeiro-2005.

SANTOS M. A. M. *Análise técnica e econômica para utilização de insumos alternativos em um sistema de resfriamento evaporativo-adsortivo aplicado ao condicionamento de ar*. 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.

TOMAZ P. *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. Navegar Editora, 2003.

WATT, J. R. *Evaporative air conditioning*. New York: The Industrial Press, 1963.