

Temperaturas de adsorção de um leito poroso de sílica gel

Herbert Melo(1); Márcio Gomes(2); Joselma Araujo(3); Cícero Herbert(4); José Maurício(5).

(1) Universidade Federal da Paraíba Lab. de Energia Solar, João Pessoa - PB – Brasil: herbert_melo@yahoo.com.br

(2) Universidade Federal da Paraíba Lab. de Energia Solar, João Pessoa - PB – Brasil : mgcefet@gmail.com

(3) Universidade Federal da Paraíba Lab. de Energia Solar, João Pessoa - PB – Brasil: josemaaraujo@yahoo.com.br

(4) Universidade Federal da Paraíba Lab. de Energia Solar, João Pessoa - PB – Brasil: eng_herbert@yahoo.com.br

(5) Universidade Federal da Paraíba Lab. de Energia Solar, João Pessoa - PB – Brasil: jm.gurgel@uol.com.br

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados experimentais da cinética de adsorção de água, obtidos em dois leitos adsortivos preenchidos com um adsorvente sílica gel. O objetivo é medir e comparar as temperaturas, decorrente do calor gerado pelo leito adsortivo durante o processo adsortivo, verificando as alterações destas medidas através das modificações no posicionamento dos 5 sensores de temperatura tipo PT-100 ao longo do leito adsortivo, que estão distribuído uniformemente, ficando desta forma a mesma massa de sílica gel ao redor de cada sensor, enquanto que no outro leito os sensores foram distribuídos de forma não regular. Uma bancada experimental foi montada sendo composta por dois leitos adsortivos, ligados através de válvulas a um evaporador com água.

Palavras-chaves: Adsorção, temperatura, Sílica gel.

1 INTRODUÇÃO

A adsorção é um fenômeno que consiste na ligação de partículas na fase gasosa ou líquida na superfície de alguns sólidos que estão em contato. A adsorção manifesta-se em medida notável nas substâncias particulares, chamadas adsorventes, como o carvão ativado, as argilas ativadas, a alumina, a bauxita ativada a sílica gel, entre outros, que sejam finamente subdivididas e tratadas de modo a apresentarem uma área superficial enorme relativamente a sua massa (m^2/g). No processo da adsorção ocorre a separação preferencial de uma substância, líquida ou gasosa, pela superfície de um sólido. Ao sólido, se dá o nome de adsorvente, enquanto ao líquido ou gás que está sendo adsorvido, dá-se o nome de adsorbato. A adsorção é diferente da absorção, pois esta última utiliza dois líquidos como par de sorção, com a formação de uma eventual terceira substância, enquanto a adsorção apresenta um sólido e um líquido ou gás como par. A adsorção pode ocorrer tanto por mecanismos físicos como por mecanismos químicos (FOUST, 1980). A adsorção física ocorre quando forças intermoleculares de atração entre as moléculas do fluido e a superfície do sólido são maiores do que as forças de atração entre as próprias moléculas do fluido. As moléculas do fluido aderem-se à superfície do sólido e o equilíbrio é estabelecido entre o fluido adsorvido e o restante que permaneceu na fase líquida. Na adsorção química, ou quimissorção, há o envolvimento de interações químicas entre o fluido adsorvido e o sólido adsorvente, onde há a transferência de elétrons, equivalente à formação de ligações químicas entre o adsorbato e a superfície do sólido. As substâncias porosas são divididas em microporosas, mesoporosas e macroporosas segundo o tamanho de seus poros. Davies e Legros (1986) mencionam que, segundo a convenção da IUPAC, as substâncias microporosas possuem poros com diâmetro de até 4 nm, enquanto as substâncias mesoporosas possuem poros com diâmetro entre 4 e 100 nm, sendo que acima desses valores, a substância é considerada macroporosa.

2 EXPERIMENTOS

Foram construídos dois reatores de cobre com 1 m de comprimento e 0,04 m de diâmetro externo cada um, com uma tela concêntrica de 0,01 m, com a finalidade de facilitar o escoamento do adsorbato ao longo do leito adsortivo. O adsorbato utilizado foi a água destilada e o adsorvente a sílica gel. Cada reator contém em seu interior, cinco sensores de temperatura, tendo estes o objetivo de verificar a ocorrência do fenômeno adsortivo em todo o leito, pois este processo ocorre com liberação de energia (exotérmico), os sensores tipo PT-100 estão assim distribuído, Para a coluna adsortiva tipo 1, o sensor 5 a 0,05 m de distância da entrada do adsorbato, o 4,3 e o 2 a 0,225 m de distância entre eles e o sensor 1 a 0,05 m de distância da outra extremidade conforme pode ser verificado na Figura 1. Para o leito adsortivo tipo 2 os sensores foram distribuídos de forma mais homogênia ficando com uma distância entre eles de 0,165 m, apresentado na Figura 2. Sempre que a sílica gel perdia sua capacidade de adsorção, ou seja, estava saturada, era retirada do reator e colocada dentro de uma estufa a 120 °C por um período mínimo de 24 h, após regeneração era recolocada dentro do reator, imediatamente, e esperava-se resfriar até a temperatura ambiente, momento em que era pesado o conjunto reator e adsorbato. O reator é acoplado a um evaporador que permite manter a temperatura constante da água que será adsorvida, através da passagem de um fluido térmico por uma serpentina que encontra-se dentro do mesmo, pois, durante o período que a água esta sendo adsorvida pelo leito poroso ocorre uma diminuição da temperatura no evaporador e consequentemente a pressão, prejudicando assim, o processo adsortivo. É utilizada uma bomba de vácuo para retirar o máximo de ar que esteja contido dentro do leito, antes de iniciar o processo adsortivo, o leito estará a uma pressão de 0,1 kPa, enquanto no evaporador que estar acoplado ao reator, a pressão é constante, correspondente a pressão de saturação do adsorbato, no caso, a pressão de saturação da água a 30 °C que é de 4,29 kPa, Nesta etapa abri-se a válvula permitindo a passagem do adsorbato para o leito poroso, as temperaturas indicadas pelos sensores foram registradas através do programa catman 4.5, que converte os sinais transmitidos por módulos que estão ligados a um computador, sendo registradas temperaturas a cada 2 s. Na Figura 3 é apresentado um esquema do sistema de adsorção.

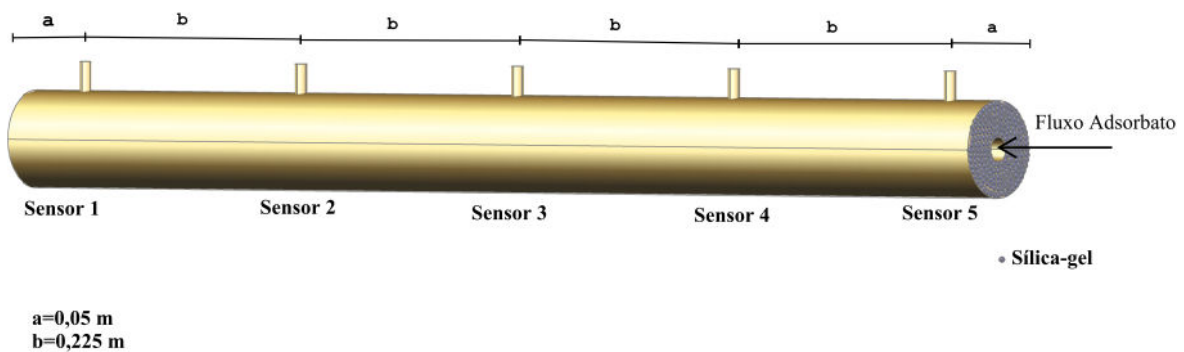


Figura 1 - Leito adsortivo tipo 1

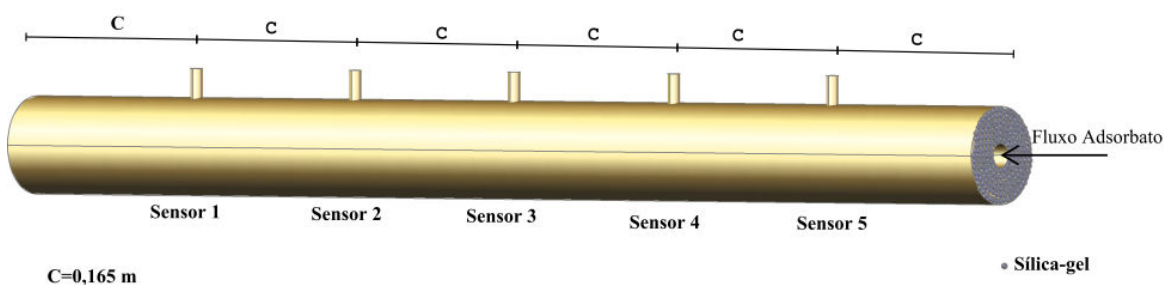


Figura 2 –Leito adsortivo tipo 2

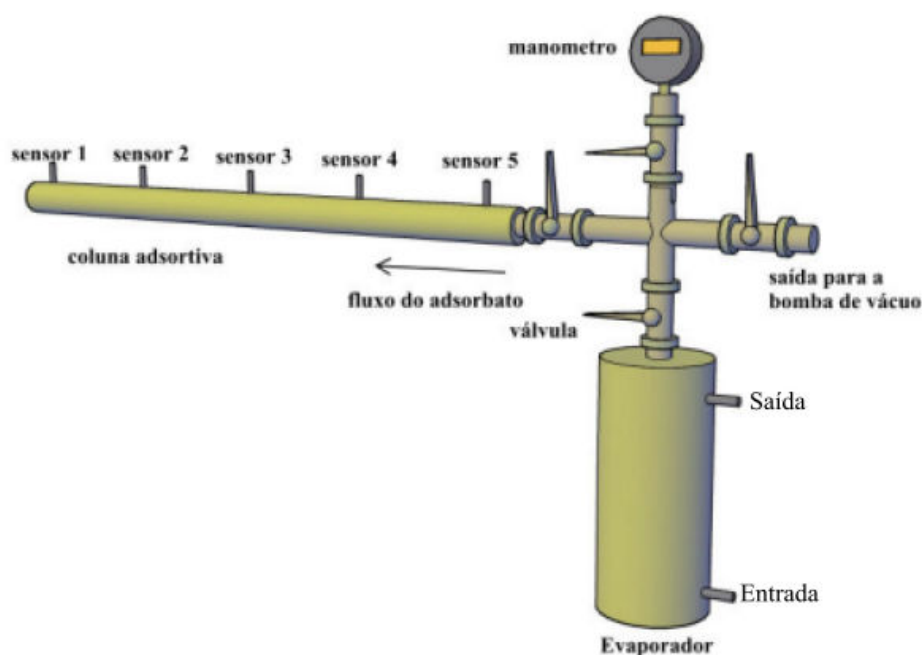


Figura 3—Protótipo do sistema adsorativo

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos mostraram que ao longo de todo o leito poroso de sílica gel o fenômeno adsorativo foi presente em todo o leito de ambos os casos, pois, como podemos observar nos termogramas abaixo, Figuras 4 e 5, verificamos que houve registro de elevação de temperatura em todos os cinco sensores, no entanto podemos observar que os termogramas obtidos referentes ao leito adsorativo tipo 1, o sensor 1 que está ao lado oposto à entrada do adsorbato registrou sempre a menor temperatura, este fato é decorrente a resistência ao escoamento do adsorbato, pois a temperatura do adsorbato vai aumentando à medida que escoar através da coluna, chegando ao final do leito a uma temperatura mais elevada que na entrada, dificultando assim, a sua adsorção pelo adsorvente. Por outro lado o sensor 5 que está na entrada da coluna apresentou temperatura inferior aos três sensores do meio (sensor 2, sensor 3, sensor 4) devido este sensor receber o adsorbato a temperatura mais fria. Os termogramas obtidos apresentaram um perfil de acordo com o trabalho feito com colunas adsorativas por Amorim (2007) onde os resultados da simulação mostraram que em um leito poroso envolvendo o par sílica gel e vapor de água, foi observado que as temperaturas medidas ao longo do leito, não superaram os 60 °C e todos os sensores tiveram picos de temperaturas diferentes. Em 2009 Vieira fez uma análise experimental da cinética de sorção entre duas colunas adsorativas, utilizando o par sílica-gel/água, onde uma coluna apresentava fluxo adsorativo radial e outra axial, foi possível verificar que as temperaturas indicadas pelos sensores ao longo das colunas, apresentaram picos diferentes assim como a sequência de aquecimento, verificou também que a coluna com escoamento do adsorbato radialmente saturava-se mais rapidamente. Rady (2009) verificou experimentalmente que as partículas de sílica gel, encontrada na entrada da coluna adsorativa saturava-se mais rapidamente promovendo uma rápida diminuição da temperatura, devido a diminuição do calor de sorção liberado.

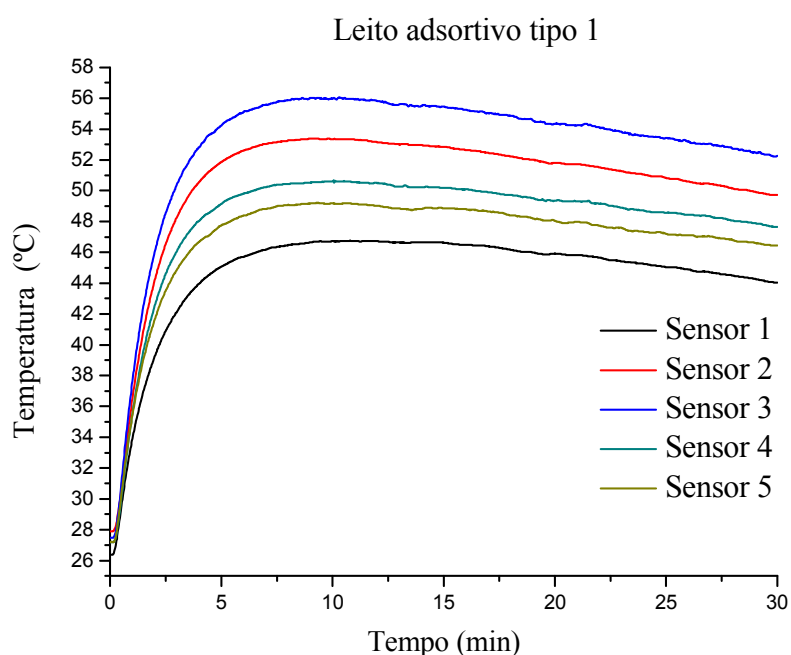


Figura 4 - Temperatura do leito adsortivo referente a coluna adsortiva 1.

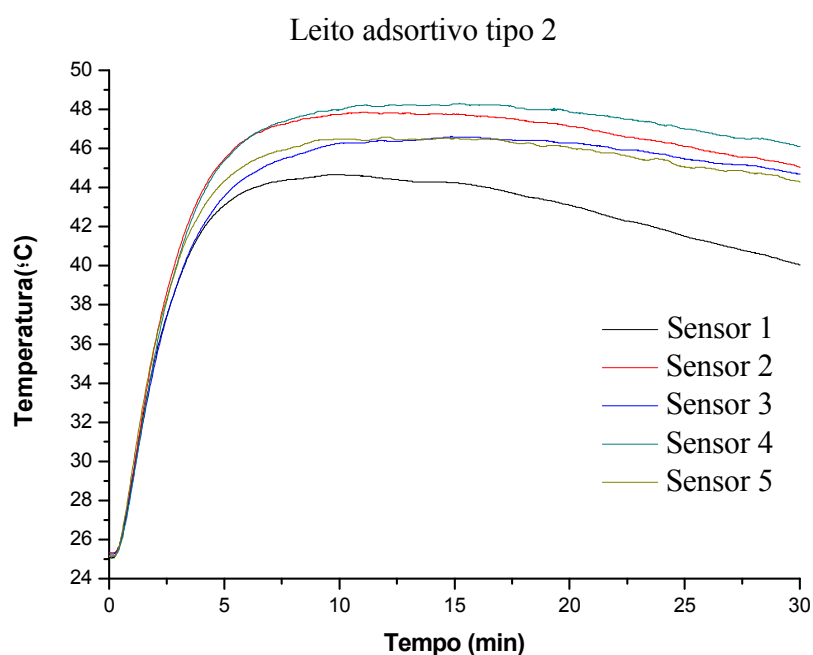


Figura 5 - Temperatura do leito adsortivo referente a coluna adsortiva 1.

No segundo caso, leito adsortivo tipo 2, Figura 5, onde os sensores estão distribuídos de forma mais uniforme ao longo da coluna, verificou-se um comportamento não muito diferente dos termogramas obtidos no leito adsortivo tipo 1, pois no momento que a válvula que controla a passagem do adsorbato é aberta, ocorre elevação na temperatura em todos os sensores ao mesmo tempo conforme caso 1, no entanto não ocorreu um registro sequenciado de temperatura pelos sensores, ocorrendo da mesma forma que no caso 1, o sensor 1 apressou menor pico de temperatura, o sensor 2 o segundo maior pico de temperatura, o sensor 5 e 4 temperaturas intermediárias, ficando desta forma diferente do leito adsortivo tipo 1, os picos de temperatura

entre os sensores 3 e 4. É possível observar que a diferença de temperatura entre o maior pico e o menor foi reduzido, após relocação dos sensores de forma mais uniforme ao longo do leito adsorativo tipo 2, sendo para a coluna tipo 1 a diferença entre a maior e menor temperatura de 10 °C e no leito adsorativo tipo 2 esta diferença foi de 4 °C. Na Figura 6 é apresentada a variação da concentração de água no leito poroso durante um período de 6 horas de adsorção, verificou-se que a massa de água retida no leito poroso contendo 0,740 kg de sílica gel, foi de 0,147 kg de água correspondendo aproximadamente 20% da massa de sílica, confirmando desta forma a ocorrência do fenômeno adsorativo.

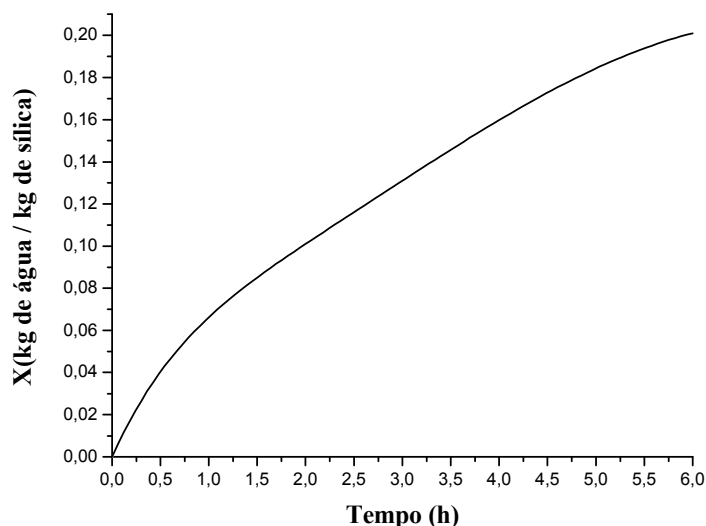


Figura 6-Variação da concentração de adsorbato no leito adsorativo.

4 CONCLUSÃO

Experimentalmente foram realizados testes em dois leitos adsorativos que apresentam fluxo de adsorção radial através de uma tela concêntrica, possibilitando desta forma o condicionamento da sílica gel, entre a tela e a parede interna do reator, conforme apresentado nas Figuras 1 e 2. Os resultados obtidos mostraram que o processo adsorativo ocorreu ao longo de todo o leito adsorativo, pois, foram observadas elevações de temperaturas nos cinco sensores, sendo este um indicativo de que o adsorbato estava sendo adsorvido, pode-se verificar na Figura 6, que a concentração de adsorbato (vapor de água) no leito poroso aumentou com o passar do tempo variando de 0 até 0,22 Kg de água/ Kg de sílica gel, durante o período de 6 h. Os termogramas das colunas adsorativas, não apresentaram diferenças significativas em relação a ordem de aquecimento entre os sensores, pois o objetivo do trabalho é verificar se com a distribuição mais uniforme dos sensores, as temperaturas registradas apresentariam uma modificação na sequência de aquecimento ao longo da coluna, no entanto foi verificado que, mesmo distribuindo os sensores, de tal forma, que a mesma quantidade de adsorvente ficasse em ambos os lados, para todos os sensores, as temperaturas registradas não apresentaram diferenças na sequência de aquecimento, como pode ser verificada nas Figuras 4 e 5, no entanto foi observado que a diferença entre a maior temperatura e a menor temperatura registrada em ambas as colunas foram diferentes, na coluna tipo 1 onde os sensores não estão distribuídos de forma uniforme, esta diferença foi de 10°C, e para a coluna tipo 2 a diferença ficou entre 4 °C, mostrando que, a distribuição equidistante dos sensores ao longo do leito adsorativo, contribui para registro de temperaturas mais uniformes.

5 REFERÊNCIAS

- Davies, R. A, Legros, E. F., “Odour Removal by Adsorption on Activated Carbon”. Filtration & Separation, pp.169-170, 1986.
- FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L.B., Principles of Unit Operations. 2.ed. John Wiley & Sons, NY, 1980.
- Amorim, J. A., “Caracterização de uma Coluna de Sílica Gel para desumidificação”. Dissertação de Mestrado, Engenharia Mecânica, UFPB, 2007.
- Vieira, H. M., “AN EXPERIMENTAL STUDY OF SORPTION KINETICS ON ADSORPTIVE COLUMN” 20th International Congress of Mechanical Engineering November 15-20, 2009, Gramado, RS, Brazil.
- Rady, M. A. “Experimental and numerical investigations on the performance of dehumidifying desiccant beds composed of silica-gel and thermal energy storage particles”, Heat Mass Transfer (2009) v. 45: p.545–561.