



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

I-007 - TRATAMENTO DE ÁGUA UNIFAMILIAR ATRAVÉS DA DESTILAÇÃO SOLAR UTILIZANDO ÁGUA SALGADA E SALOBRA

Clarissa Soares ⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina. Aluna de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Maurício Luiz Sens

Engenheiro Sanitarista, Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Rennes, França. Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

Heloiza Rachel W. Böell

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Felipe Vieira de Luca

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Endereço⁽¹⁾: Rua Duarte Schutel nº 61, apto 905, Bairro Centro, CEP 88015-640, Florianópolis, SC.

 : clarissasoares@hotmail.com

RESUMO

A necessidade de produzir água doce a partir da água do mar ou de águas continentais salobras se torna cada vez mais evidente. A finalidade deste trabalho foi produzir água potável a partir de uma água bruta salgada e salobra, utilizando a destilação solar natural, para aplicação em residências rurais ou isoladas, produzindo 5 litros de água por dia. Esse equipamento de destilação solar tem a forma de uma pirâmide e suas faces são de vidro para permitir a entrada dos raios solares e tornando o interior da pirâmide, uma estufa. Os estudos iniciais foram executados em Florianópolis, SC, através do Laboratório de Potabilização de Águas – LAPOÁ/UFSC, onde se obteve uma produção diária de 5,1 L/m².dia. Após a otimização do sistema de destilação, foi encaminhado para uma região do Nordeste brasileiro. Aplicou-se variáveis como: altura da lâmina d'água ou volume no interior da pirâmide, inclinação das faces da pirâmide e grau de poluição da água bruta. A eficiência do equipamento foi medida através de análises físico-químicas, bacteriológicas e medição de vazão e temperatura. Pretendeu-se com este trabalho oferecer uma tecnologia simples, barata e de fácil operação, capaz de tratar água para famílias pobres ou não, desprovida de água encanada ou com água encanada, mas que não seja considerada potável. Trata-se apenas de produção de água para beber sem uso de eletricidade, sem uso de produtos químicos e sem uso de elementos filtrantes.

PALAVRAS-CHAVE: Água potável, Potabilização, Destilação solar natural, Dessalinização de águas.

INTRODUÇÃO

O abastecimento de água pura para as necessidades humanas é um dos mais importantes problemas de muitos países de clima quente. Acima de tudo a água contaminada é nada ou insuficientemente purificada.

As excelentes condições de sol e vento em regiões com clima quente sugerem o fornecimento de energia através de

energia solar, por isso a necessidade de produzir água doce a partir da água do mar ou de águas continentais salobras se torna cada vez mais evidente.

Porém, muitas regiões do planeta não possuem quantidade suficiente de água doce, e como o aumento da população mundial e a poluição são outros fatores comprometedores ao uso dessa água, que pode acabar se não forem tomadas medidas para seu uso sustentado e garantia da sua renovação. Uma das alternativas para regiões que possuem escassez de água doce é a utilização de água com alta concentração de sais, como a água salobra (muito comum nos aquíferos subterrâneos do Nordeste Brasileiro) e a água do mar e para torná-las potáveis, ou seja, apropriada ao consumo humano, é necessário fazer a dessalinização.

O emprego direto de energia solar para despoluir a água vem sendo usado há algum tempo. Na destilação solar, a água é aquecida pelos raios solares, produzindo então vapor d'água, e este é condensado em uma superfície fria e o condensado coletado passa a ser a água-produto. Processo que usa a energia solar para evaporar a água do mar produzindo água potável, cloreto de sódio e outros sais. Quando se utiliza um destilador solar natural, a luz solar atravessa o vidro, a água do líquido bruto evapora, os vapores se condensam na parte interna do vidro, transformando-se novamente em água, que escorre para um sistema de recolhimento. Dessa forma, separa-se a água de todos os sais e impurezas.

A finalidade deste trabalho foi produzir água potável a partir de água salgada e salobra, utilizando um destilador solar natural, para uma aplicação em residências rurais ou isoladas, produzindo 5 litros de água por dia. O equipamento de destilação solar tem a forma de uma pirâmide com faces de vidro para permitir a entrada dos raios solares, tornando o interior da pirâmide, uma estufa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo deu-se através da montagem de um piloto, com medições em duas regiões do Brasil.

Foi realizado um estudo avaliando parâmetros antecedentes a construção do piloto (destilador solar natural), tais como: altura da lâmina d'água ou volume no interior da pirâmide, inclinação das faces da pirâmide e grau de poluição da água bruta.

Esse equipamento de destilação solar tem a forma de uma pirâmide e suas faces são de vidro, ou seja, área do destilador solar, onde a água bruta ficou para posteriormente ser evaporada. Os estudos iniciais foram realizados em Florianópolis, SC, através do Laboratório de Potabilização de Águas – LAPOÁ/UFSC e o destilador solar foi instalado no terraço do prédio do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Após a otimização do sistema de destilação solar e estudos iniciais, foi encaminhado para Natal, RN, para o Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – LARHISA/UFRN, onde o destilador solar foi instalado na Estação de Tratamento de Esgoto da UFRN por um período de duas semanas.

Água Bruta

Em Florianópolis/SC, foi estudada água salgada e foi captada do mar, na localidade Barra da Lagoa.

Quando o destilador foi instalado no Nordeste Brasileiro, foram estudados três tipos de águas (salgada, salobra e salobra contaminada). A água salgada foi captada do mar, na Praia de Ponta Negra e a salobra foi uma mistura de água salgada com água de poço obtendo as características da mesma.

Esta água bruta foi armazenada no reservatório de alimentação do destilador piloto, conforme figura 1.

Parâmetros Monitorados

A eficiência do equipamento foi medida através de análises físico-químicas, bacteriológicas e medição de vazão e temperatura. Os principais parâmetros físico-químicos foram: sólidos totais dissolvidos, cor aparente e cor verdadeira, turbidez, odor, sabor, pH e condutividade; os parâmetros bacteriológicos foram: coliformes totais e fecais.

As medições de temperatura interna no equipamento, temperatura do ar e temperatura da água foram feitas de uma em uma hora, bem como a produção de volume de água. A temperatura interna do equipamento foi medida em um termômetro colado na face interna da cobertura de vidro e a temperatura da água foi medida com um termômetro colocado dentro da água a ser evaporada (base do destilador solar).

Os dados climáticos foram anotados, com todas as modificações durante a jornada de trabalho.

Estudo Da Melhor Inclinação Das Faces De Vidro Da Pirâmide

Um equipamento foi construído, para testar inclinações (em graus) ideais para construirmos as pirâmides de vidro, a fim de constataremos a produção num intervalo de oito horas em diferentes temperaturas.

Quatro pirâmides de vidro com inclinação de 15°, 25°, 30° e 45° foram construídas e testadas, anotando os valores da produção x temperatura da atmosfera interna e temperatura da água para cada inclinação. As temperaturas estipuladas foram de 50°, 60°, 70°, 80°.

Os ensaios foram realizados da seguinte maneira: As pirâmides de vidro foram apoiadas em uma base de alumínio, de forma quadrada e o termômetro foi colado na face interna das pirâmides. Esse equipamento foi colocado sobre uma chapa de aquecimento, marca Sovereign. Com essa chapa, a base de alumínio foi aquecida provocando a evaporação da água da rede de distribuição contida na base, formando então, gotículas nas paredes de vidro da pirâmide. A água destilada foi coletada em quatro pontos em garrafas de plástico tipo PVC. O volume foi medido em uma proveta de 500mL.

Estudo Da Melhor Lâmina D'água Na Base Da Pirâmide

Este estudo foi feito artificialmente criando-se uma atmosfera luminosa, tendo em vista as variações climáticas. Assim variou-se a lâmina d'água no interior do equipamento para determinação da melhor profundidade em função da produção de água.

Com a pirâmide de inclinação 45°, estudou-se a melhor lâmina d'água, estipulando um volume de 50mL para cada lâmina testada e verificou-se o tempo gasto para cada 50 mL consumido. Está graduação foi feita na garrafa de vidro (sistema tipo bebedouro), conforme representação esquemática (figura 1). O ensaio foi realizado da seguinte maneira:

1. A água foi aquecida através das 4 lâmpadas incandescentes (1000 Watts) acopladas em uma estrutura de madeira sobre a pirâmide de vidro.
2. Mediu-se a temperatura da água e a temperatura ambiente para se obter o melhor gradiente de temperatura.
3. A base da pirâmide foi alimentada pela água proveniente do bebedouro.
4. O nível da água foi estudado utilizando chapas de compensado de 4mm, que foram colocadas abaixo da base metálica da pirâmide de vidro.

Equipamento De Tratamento De Água

Foi construído então o equipamento já otimizado (Figura 1), ou seja, equipamento de tratamento de água solar natural. O material utilizado na construção da base e calhas foi fibra de vidro por ser um material que não requer mão de obra muito especializada, boa resistência podendo ficar exposto as intempéries da natureza, possui bom isolamento térmico, leve, sendo, portanto fácil de transportar e também por ser um material que retém bastante calor. Para a construção da pirâmide foi utilizado o vidro de 4mm de espessura. A base de fibra de vidro foi pintada de cor preta

Este equipamento possui as seguintes características:

- Base do destilador: fibra de vidro pintado de cor preta com dimensões de 1 x 1m x 2,5 cm.
- Inclinação da cobertura da pirâmide (vidro) com a base: 25°.
- Calhas de coleta de água produzida: colocadas na parte interna da base do destilador (fibra de vidro), a fim de não

perder área de vidro. Ao encontro de cada duas calhas colocadas em cada parte desta base quadrada, tem-se um ponto de coleta da água produzida (ver figura 2).

- Reservatório de água bruta: garrafa de vidro (5 litros) acoplada em um béquer de 250 mL (sistema tipo bebedouro).



Figura 1 – Foto do equipamento de tratamento de água.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estudo da Melhor inclinação da Pirâmide de Vidro em Função da Temperatura da Atmosfera Interna

A figura 2 apresenta uma comparação das diversas produções de água em função das inclinações e temperatura da atmosfera interna da pirâmide. O gráfico demonstra que a inclinação de 25° apresentou-se melhor.

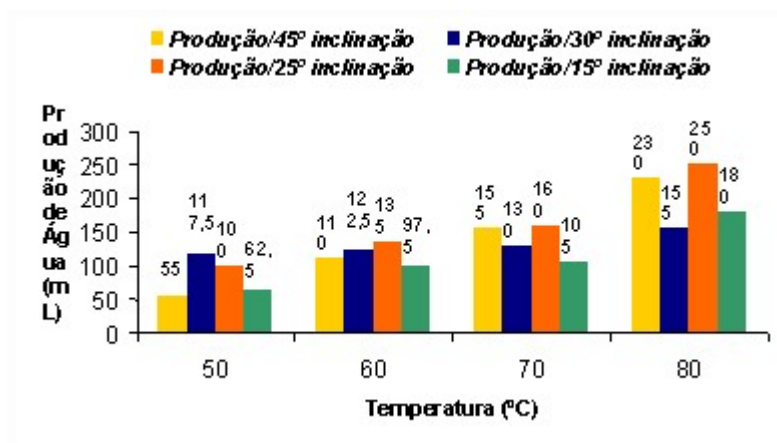


Figura 2 - Produção de água para pirâmides de base 35 x 35 cm em função da temperatura da atmosfera interna e inclinação da cobertura (vidro).

Estudo da melhor inclinação da pirâmide de vidro em função da temperatura da água

A figura 3 apresenta uma comparação das diversas produções de água em função das inclinações e temperatura da água no interior da pirâmide. O gráfico demonstra que a inclinação de 25° apresentou-se melhor.

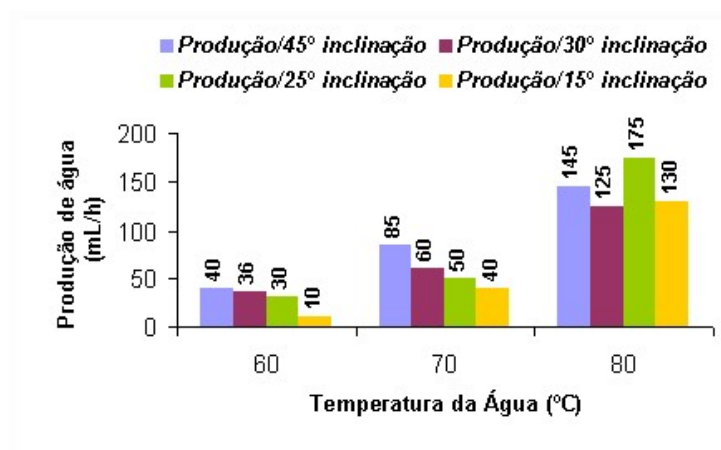


Figura 3 - Produção de água para pirâmides de base 35 x 35 cm em função da temperatura da água e inclinação da cobertura (vidro).

Estudo da melhor lâmina d'água na base da pirâmide

A figura 4 apresenta os resultados da evaporação de água (vol. Consumido) em função do menor tempo gasto para evaporar um volume de 50 mL. O melhor resultado foi para a lâmina de 4 mm, produzindo um volume de 50 mL em 1,0 hora e 15 minutos para uma pirâmide de 0,09 m² de área de base.

Após a conclusão dos testes para verificação da melhor altura de lâmina d'água, concluímos que a medida em que minimizarmos a lâmina a produção é maximizada e que existe uma relação inversamente proporcional entre a altura da lâmina d'água e a produção da mesma.

A diferença no tempo de evaporação de 50 ml, para as lâminas de oito mm e doze mm, não foi considerável. Por este motivo e considerando também as facilidades construtivas, adotou-se a lâmina de um centímetro de espessura.

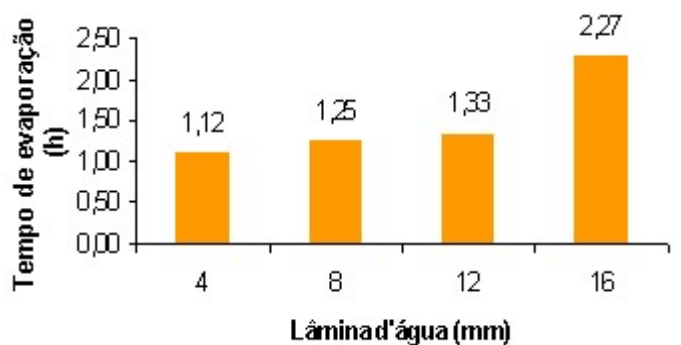


Figura 4 - Lâmina d'água em função do tempo de evaporação de 50 mL.

Estudo da produção de água no equipamento de tratamento de água em Florianópolis/SC

Obteve-se uma boa produção de água de 4,1 L/m².dia para o mês de outubro e de 5,1 L/m².dia para o mês de novembro/2003.

As figuras 5, 6, 7 e 8 apresentam a produção em função das temperaturas e da radiação solar.

Produção de água – outubro/2003:

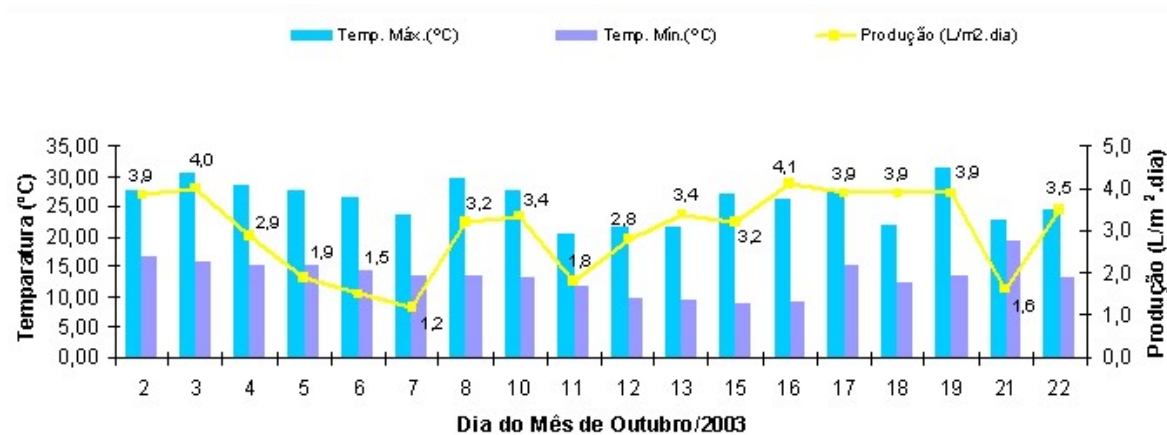


Figura 5 – Produção de água em função da temperatura ambiente máxima e mínima.

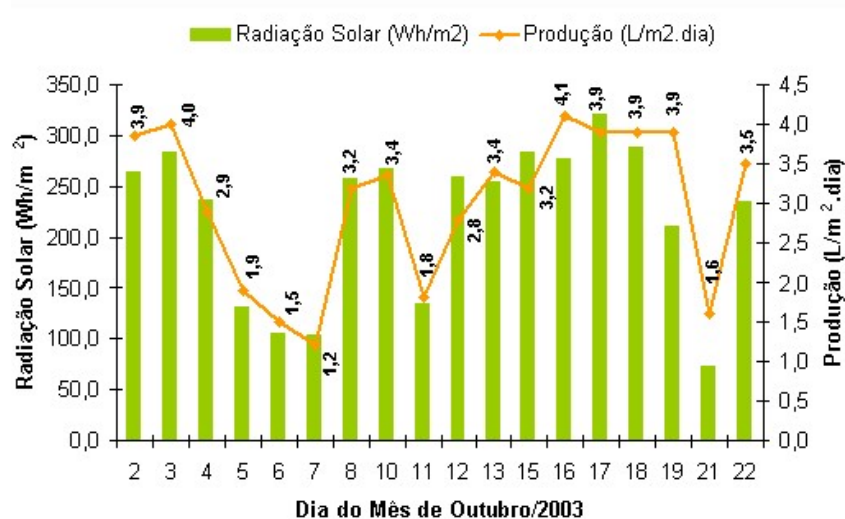


Figura 6 – Produção de água em função da radiação solar.

Produção de água - novembro/2003:

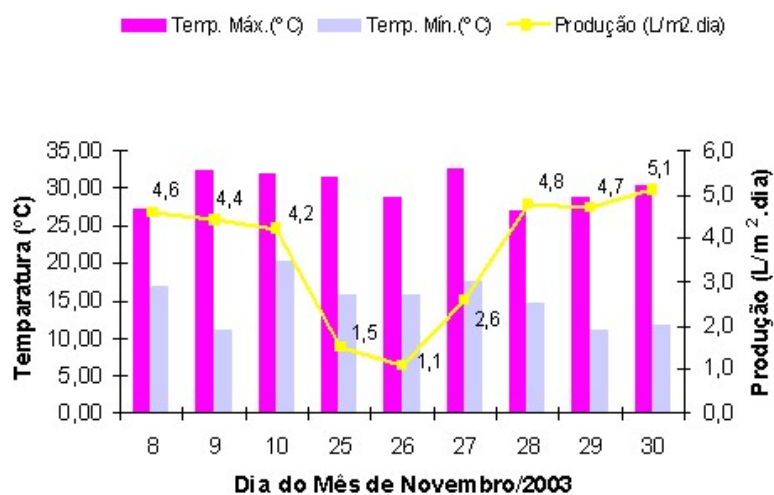
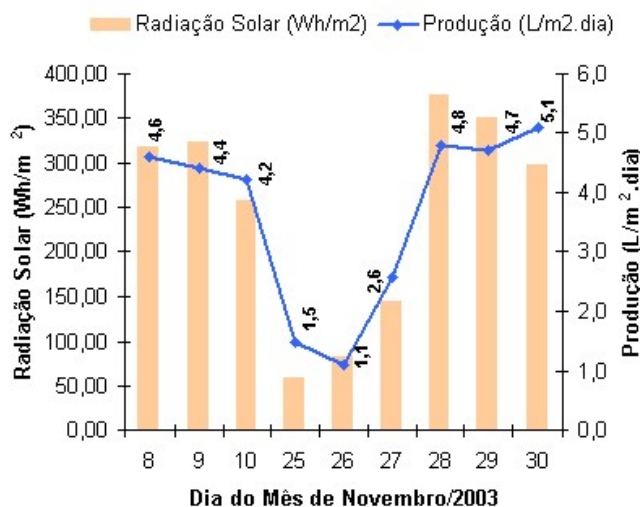


Figura 7 – Produção de água em função da temperatura ambiente máxima e mínima.**Figura 8 – Produção de água em função da radiação solar.**

De acordo com as figuras 5, 6, 7 e 8, a produção é relacionada com as condições climáticas e principalmente com a radiação solar. Em dias com alta nebulosidade, a radiação solar diminui, isto é justificável devido ao fato de que as nuvens são responsáveis por 25 a 30% (em média) da reflexão da radiação solar que chega ao planeta. As nuvens variam em forma e tamanho e são as grandes moduladoras da energia solar que chega a superfície.

Durante o mês de novembro registrou-se a produção de sal, decorrente da evaporação da água salgada. Para produção de 2,1 Kg de sal, foram necessários 65 litros de água salgada.

Estudo da qualidade das águas bruta e tratada em Florianópolis/SC

Qualidade da água produzida:

Foram realizadas análises e medidas para os seguintes parâmetros físico-químicos: sólidos totais dissolvidos, cor aparente e cor verdadeira, turbidez, odor, sabor, pH e condutividade; e para os parâmetros bacteriológicos: coliformes totais e fecais, onde apresentaram queda em seus valores estando de acordo com os padrões estabelecidos segundo a Portaria Nº 1469 do Ministério da Saúde.

Estudo da produção de água em Natal/RN

Abaixo é apresentado o resultado do ensaio do dia 29 de maio de 2003, onde obteve-se uma boa produção de água tratada de 3606 mL/m².dia (3,6 Litros/m².dia).

A figura 9 apresenta a produção de água em função da hora do dia, temperatura da água e temperatura ambiente (a produção em função da radiação solar não pode ser gerada até o momento por falta dos dados da estação climatológica).

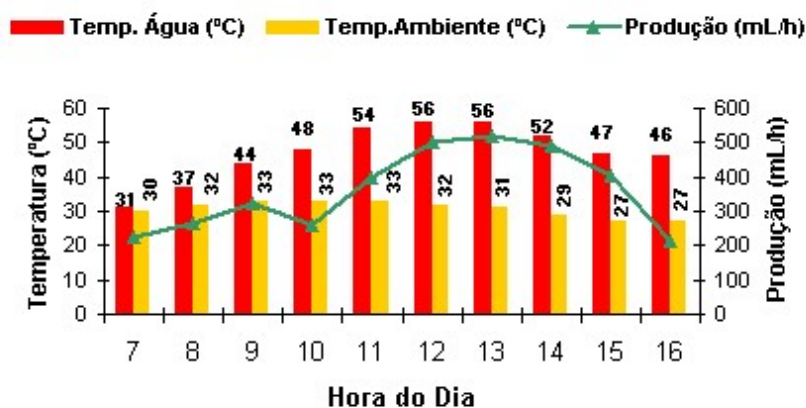


Figura 9– Produção de água em função da temperatura ambiente e temperatura da água.

Estudo da qualidade das águas bruta e tratada no Equipamento em Natal/RN

Foram realizadas análises e medidas para os seguintes parâmetros: condutividade, cor aparente, cor verdadeira, sólidos totais dissolvidos, salinidade e turbidez, estes apresentaram queda em seus valores estando de acordo com os padrões estabelecidos pela norma. Para o parâmetro bacteriológico coliforme total, a água não está de acordo com os padrões de potabilidade segundo Portaria nº1469 do Ministério da Saúde. O parâmetro coliforme fecal das águas salgada e salobra tratada estão de acordo com os padrões de potabilidade, porém com exceção dos valores da água salobra contaminada que não apresentaram remoção suficiente para estarem de acordo com a norma, por isso essas análises estão sendo repetidas.

Com relação aos parâmetros sabor, odor e pH, a água apresentou pequenas alterações, devido ao equipamento ter sido construído e tão logo ter sido utilizado sem ter dado o tempo de cura, pois os materiais utilizados na sua construção são resina, polímero, etc.

CONCLUSÕES

O estudo realizado mostrou que o processo da destilação utilizando o sol como fonte de energia, é adequado para resolvermos o problema de comunidades rurais ou isoladas, ou seja, comunidades que residem em regiões áridas, onde a água possui uma alta concentração de sais, falta de energia elétrica e a falta de água é bastante presente.

A partir deste estudo concluiu-se que:

Dentre das condições testadas, na maioria das vezes a inclinação de 25° teve uma maior produção.

Quanto menor a lâmina d'água bruta no interior da pirâmide, maior a produção de água. Sugere-se adotar a lâmina d'água de 1 cm tendo em vista as dificuldades de manter nivelado o equipamento para manter toda sua base molhada).

O material utilizado na construção da base do equipamento de tratamento de água, fibra de vidro, deverá ser o mesmo utilizado para caixas d'água, devido as suas propriedades, principalmente por ser um material inerte, não comprometendo a qualidade da água produzida.

Para evitar a reevaporação, a água evaporada deverá ser conduzida o mais rápido possível para o reservatório de água produzida, afim de que o sistema funcione como um ciclo fechado.

O reservatório da água bruta para a evaporação poderá ser construído em forma de gaveta para retirada do sal produzido.

Até o presente momento as maiores produções de água foram: 5,1 L/m².d (Florianópolis - novembro/2003) e 3,6

L/m².d (Natal – final de maio/2003).

Para a região de Florianópolis/SC, a maioria dos parâmetros analisada está de acordo com os padrões de potabilidade.

Para a região de Natal/RN, a maioria dos parâmetros analisada está de acordo com os padrões de potabilidade, com algumas exceções, como o parâmetro coliforme fecal que não apresentou remoção suficiente, sendo necessário a repetição de análises. Estas análises estão sendo repetidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GOSLICH,R.; DILLERT, R. e BAHNEMANN, D. (1997). Solar Water Treatment: Principle Reactors Water Science Technology, vol. 35, no. 4, Hannover, Germany.
2. SENEM, J (2000). Potabilização de Águas Salobras e Salgadas em Nível de Domicílios, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,SC.
3. AKASH Bilal, A. et al. Experimental evaluation of a single-basin solar still using different absorbing materials. **Renewable Energy**. V.14, N^{os}1-4, p.307-310, 1998.
4. SOARES, C (2001). Tratamento de Água Doce Contaminada Através da Destilação Solar Natural para Uso Domiciliar. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.