

## DESTILAÇÃO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR

Gabriel O. Jesus<sup>1</sup>; João Jorge S. O. Freiras<sup>1</sup>; Ronald J. Silva<sup>1</sup>; Luis. G. Forte<sup>1</sup>; Silvana Silva Mattedi<sup>2</sup>; Raigenis da Paz Fiuza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa em Bioprospecção Química, Energias Renováveis e Meio Ambiente (BIOQEREM) - Instituto Federal da Bahia, IFBA, Feira de Santana, BA, Brasil. (raigenis@ifba.edu.br);

<sup>2</sup>Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, BA, Brasil.

Rec.: 04.07.2014. Ace.: 25.09.2015

### RESUMO

Vários países têm enfrentado problemas relacionados ao fornecimento de água potável e também para atender às necessidades das indústrias. Alguns destes países têm procurado soluções para obter água purificada a partir de água salgada encontrada em poços ou água do mar. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo sobre produtos processos tecnológicos na área de purificação de água por energia solar abrangendo documentos de patentes publicados desde a década de 1950. A China destaca-se no número de patentes e inventores. Grande parte dos processos de purificação são fundamentalmente baseados na vaporização de água através da concentração de energia solar por espelhos côncavos ou por placas metálicas com estruturas tipo estufa. O Brasil tem sete depósitos de patentes nesta área, disponíveis nas bases de dados nacionais e internacionais.

Palavras chave: Água. Destilação. Salobra. Energia Solar.

### ABSTRACT

Several countries have encountered problems related to drinking water supply and to meet the needs of industries. Some of these countries have sought solutions for water purified from salt water found in wells or seawater. The objective was to conduct a study on technological processes and products in water purification area for solar energy covering patent documents published since 1950. China stands out in the number of patents and inventors. Much of the purification processes are fundamentally based on the vaporization of water by concentrating solar energy by concave mirrors or metal plates greenhouse-like structures. Brazil has eight patent applications in this area, available in national and international databases.

Keywords: Water. Distillation. Salty. Solar Energy.

Área tecnológica: Ciências Exatas e da Terra: Química

## INTRODUÇÃO

A dificuldade de acesso à água potável é um problema que tem atingido vários países no mundo, em especial o Brasil, na região do semiárido. A água potável ou água purificada é um bem estratégico para uso doméstico e matéria-prima industrial. O uso indiscriminado e a contaminação de rios e águas subterrâneas tem criado um cenário que necessita do processo de purificação de água para torna-la consumível. Há abundância de água salgada (água do mar) ou água salobra encontrada em poços e açudes, em uma vasta área do nordeste do Brasil.

T tecnicamente, considera-se água salobra a que possui entre 0,5 e 30 gramas de sal por litro. Em regiões fora da faixa litorânea, a água salobra tem origem fóssil em aquíferos associados a rochas salinas. O aquecimento global e os longos períodos de estiagem promovem e acentuam a ocorrência de poços e açudes com águas salobras.

No Brasil, uma solução utilizada pelos órgãos públicos para ofertar água à população tem sido a instalação de dessalinizadores de água, que operam via osmose reversa (AGÊNCIA GLOBO, 2012; EMBRAPA, 2012). No entanto, apesar de comprovadamente eficaz do ponto de vista tecnológico, as unidades já instaladas têm apresentado muitos problemas operacionais e de manutenção, de forma que grande parte dos equipamentos encontram-se fora de uso, o que torna discutível a adequação dessa solução tecnológica para a realidade encontrada na região. Adicionalmente, poucas empresas dominam e comercializam a tecnologia, o que contribui para aumento dos preços.

A água produzida por dessalinizadores via osmose reversa ou por outra tecnologia de retirada de sais, sempre gera água purificada e água residual com elevado teor de sal. A água considerada potável tem uma certa quantidade de sais minerais, já a água isenta de sais não é indicada para consumo (para beber), pois promove a retirada de sais minerais do corpo. Em função disto, águas dessalinizadas devem ser dosadas com quantidades apropriadas de sais, a fim de obterem níveis de concentração de sais indicados por órgãos de controle de acordo com o Ministério da Saúde, portaria nº 518/GM. Já a água residual de alto teor de sal tem sido empregada em vários cultivos: criação de tilápia (EMBRAPA, 2012) (*Oreochromis sp.*); camarão (EMBRAPA, 2012) (*Panaeus vannamei*), alface (ALVES et al., 2011), dentre outros.

Dada à realidade do semiárido brasileiro, com séria escassez de água potável, elevada insolação e disponibilidade de água em pequenos açudes, poços e cisternas em condições impróprias ao consumo por conter alta concentração de sais, devem ser priorizadas soluções tecnológicas que se beneficiem das particularidades da região, a fim de atender às necessidades de produção de água de boa qualidade. Nesse sentido, a purificação de água por energia solar poderia se tornar uma alternativa promissora para suprir as necessidades de água de pequenas comunidades, com uma tecnologia comparativamente mais limpa e mais simples. A tecnologia poderá ser empregada no semiárido brasileiro devido à oferta contínua de radiação solar intensa, além de ser escalável a outros mercados.

As patentes são consideradas instrumentos de inovação e uma prospecção permite levantar o estado da técnica no nível mundial, considerando que 80% da tecnologia atual está protegida na forma de patente. O objetivo deste trabalho foi realizar um monitoramento tecnológico dos processos de purificação de água utilizando energia solar, usando patentes como fontes de informações, englobando documentos depositados a partir da década de 1950.

## ESCOPO

A prospecção foi realizada no banco de dados do Escritório Europeu de Patentes, o *Espacenet* em julho/agosto de 2013, base que reúne documentos de patente de mais de 90 países. Adicionalmente,

foi realizada busca no INPI a fim de ampliar a busca por depósitos relacionados ao tema no território brasileiro.

Todas as buscas relacionadas ao *Espacenet* foram realizadas buscando resultados no título e resumo das patentes. Para tanto se utilizou as palavras-chave “Water and Distill\* and energy solar”, e “Water and purification and energy solar”, retornando como resposta 465 e 259 patentes, respectivamente. A busca foi refinada usando as classificações C02F e F24J, conforme Tabela 1. Considerou-se que as 288 patentes obtidas para as palavras “Water and Distill\* and energy solar” e a classificação C02F representam um número significativo de documentos para o estudo, principalmente porque as subclasses da classificação C02F englobam tratamento de água por energia solar. Após exclusão de patentes repetidas e documentos que não puderam ser localizados, realizou-se o estudo com 245 patentes. Estes dados estão descritos na Tabela 1.

A busca no INPI, com as palavras chave descritas anteriormente, traduzidas para o português, retornaram oito resultados. Das oito patentes, quatro constavam nos resultados obtidos no *Espacenet*. Estes dados serão discutidos no tópico que abordará o cenário nacional sobre as tecnologias de purificação de água por energia solar.

**Tabela 1** - Escopo da pesquisa no *Espacenet*

Palavras-chave		Códigos Internacionais*		Total
Water and Distill* and energy solar	Water and purification and energy solar	C02F	F24J	
x				465
x		x		288
x			x	118
x		x	x	41
	x			259
	x	x		118
	x		x	36
	x	x	x	10

\*C02F - Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos

\*F24J - Produção de calor, uso de calor não incluído em outro local

Fonte: Autoria própria, 2015.

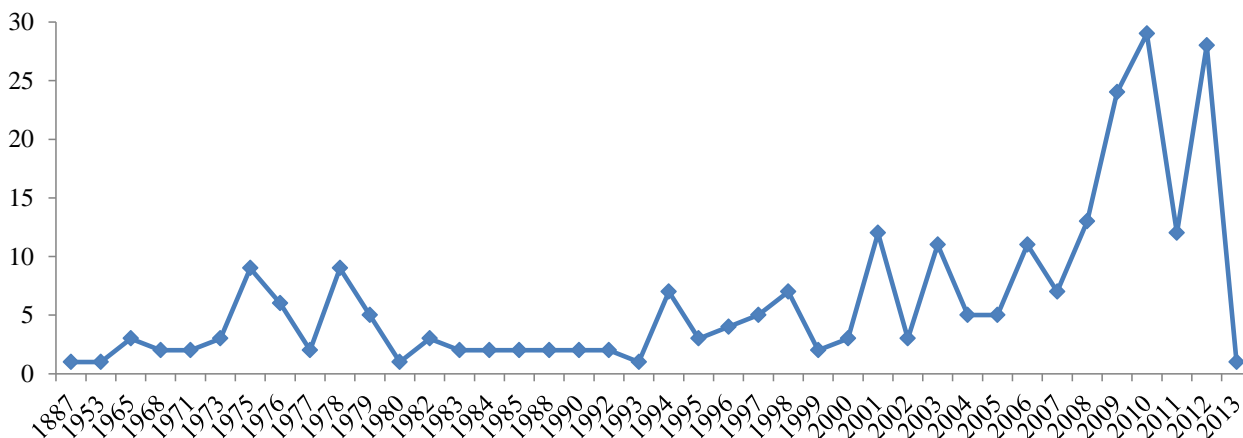
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As patentes obtidas durante a pesquisa realizada no *Espacenet* e INPI foram avaliadas individualmente para extração do seu objeto de invento; inventor, depositante, classificação internacional, país do depositante e país do inventor, dentre outros aspectos relevantes.

A Figura 1 mostra a evolução anual dos depósitos de patente e revelam dois eventos principais: um crescimento no número de patentes depositadas na década de 70, evento este difícil de ser associado com algum marco tecnológico ou comercial; e o segundo evento é um crescimento contínuo, a partir década de 90 até o ano de 2012. Neste último, o número crescente de patentes pode estar relacionado indiretamente com alguns fatores: 1) regiões com escassez de água potável; 2) busca

governamental por soluções para mitigar problemas de abastecimento de água potável; 3) percepção de inventores sobre oportunidade de novo nicho de negócio. Esses três fatores juntos contribuem para inventores e empresas se interessarem por desenvolver e patentear produtos e processos relacionados à purificação de água salobra por uso de energia solar.

**Figura 1** - Evolução anual de depósitos de patentes



Fonte: Autoria própria, 2015.

A Figura 2 mostra que a China tem maior domínio tecnológico sobre processos de purificação de água que envolvam a energia solar, com 45% das patentes depositadas, respectivamente. A China tem uma série de razões para investir neste tipo de tecnologia. Atualmente, a China tem 19% da população mundial e possui apenas 6% da água doce do planeta. Segundo Norman Gall (2012), os problemas relacionados à água na China estão associados à:

- 1) desvalorização, desperdício e uso excessivo;
- 2) rápido esgotamento dos grandes reservatórios subterrâneos acumulados ao longo de milhares de anos;
- 3) erosão, desmatamento e assoreamento dos rios;
- 4) deterioração da infraestrutura de irrigação; e 5) poluição dos rios e lençóis freáticos por resíduos agrícolas, industriais e domésticos.

Estes fatores fazem com que inventores Chineses se motivem a desenvolver soluções para purificação de água, visando abastecimento da população e manutenção da produção industrial.

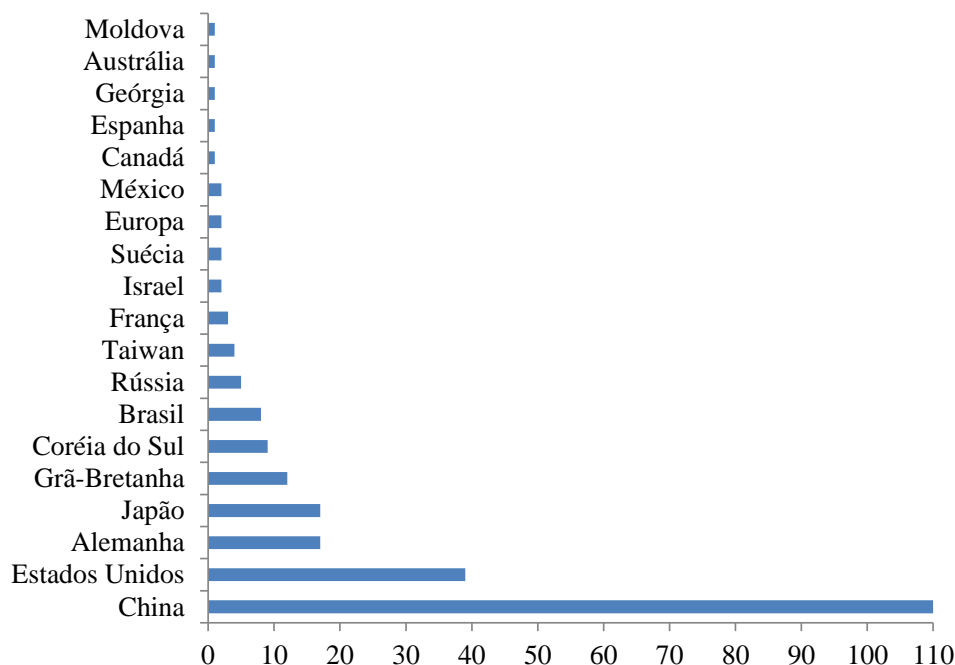
Nos demais países, incluindo os com maiores números de patentes publicadas, os interesses com este tipo de desenvolvimento tecnológico está associado a dois fatores principais: 1) manutenção do padrão de uso de água doce tratada e potável da população; 2) atenção às situações de escassez por questões climáticas adversas, como ocorre no Brasil, com predomínio de semiárido no Nordeste, e nos Estados Unidos, com grande extensão de desertos.

Verifica-se ainda que 13 depósitos de patentes foram feitos via Tratado de Cooperação em matéria de Patentes (PCT), para proteção em diversos países.

As patentes têm sido depositadas, majoritariamente, por inventores independentes, respondendo por 51% dos depósitos de patente, conforme Figura 3. As empresas e as instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs), juntas respondem por 49% dos depósitos. Individualmente, destacam-se o

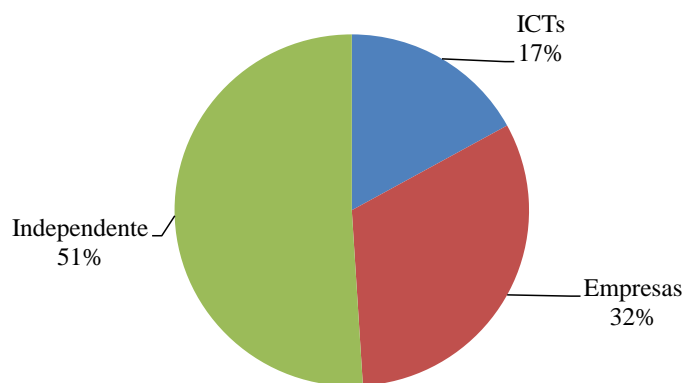
Americano Richard Diggs e o Chinês Jing Feng que atuam como Inventores e depositantes de sete documentos de patente.

**Figura 2** - Número de depósitos de patentes por país



Fonte: Autoria própria, 2015.

**Figura 3** - Distribuição percentual de patentes por tipo de depositante



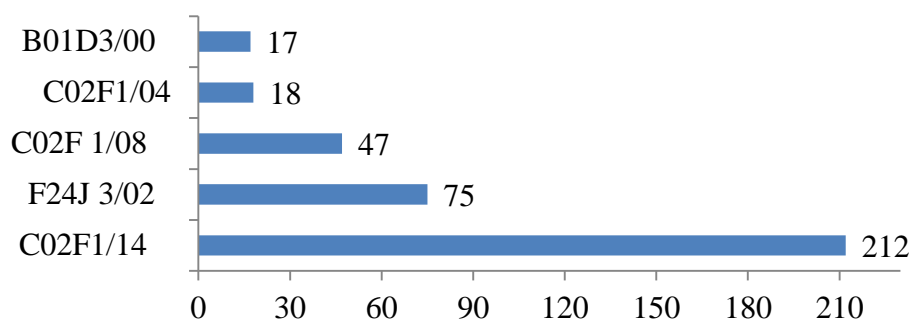
Fonte: Autoria própria, 2015.

A relação do número de patentes encontradas por código de classificação indica que as patentes estão, preferencialmente, concentradas na classificação C02F1/14, voltada especificamente para: tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos, usando energia solar. Das 245 patentes avaliadas, 212 estão registradas com a classificação C02F1/14.

Isto indica que a matéria inventiva das patentes obtidas na busca é, principalmente, sobre dispositivos e/ou processos para purificar água usando energia solar. Em função das patentes

poderem estar registradas sobre mais de uma classificação, por conta da extensão da matéria inventiva, aparecem classificações distintas de C02F e F24J usados na busca, como mostra a Figura 4.

**Figura 4** - Número de patentes por código internacional encontrado no estudo



Fonte: Autoria própria, 2015.

C02F- Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos;

C02F1/02- Por aquecimento;

C02F1/04 - Por destilação ou evaporação;

C02F 1/08 - Evaporação micropelicular;

C02F1/14 - Usando energia solar;

F24J - Produção de calor uso de calor não incluído em outro local;

F24J 2/02 - Coletores de calor solar com suporte para o artigo aquecido, p. ex., estufas, fogões, fornos de cadinho, fornalhas ou fornos de cozer usando calor;

B01D3/00 - Destilação ou processos de troca correlatos, nos quais os líquidos estão em contato com meios gasosos, p. ex., extração.

#### DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA:

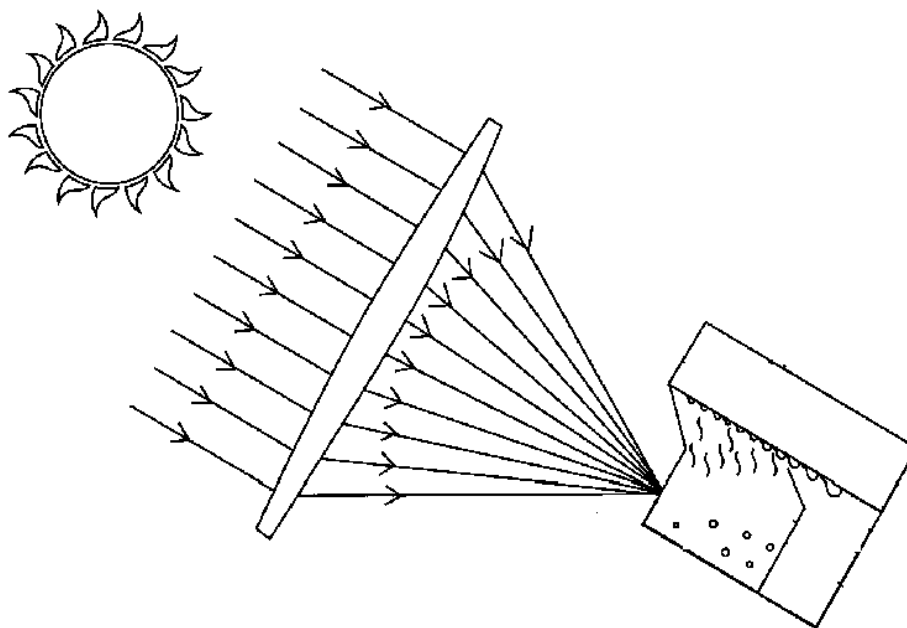
As diferentes patentes apresentadas para destilação de água por energia solar apresentam produtos e/ou processos variados para obter água pura. Em linhas gerais, faz-se a captação da energia solar de duas formas principais: 1) concentração da radiação solar em um determinado ponto, com auxílio de espelhos côncavos. Esta radiação captada é utilizada para aquecer a água por meio de troca de calor com um fluido térmico ou metal. Assim, a água é vaporizada e posteriormente condensada por um aparato de condensação, ilustrado, em linhas gerais, pela Figura 5; 2) aquecimento em placas metálicas. A água impura deve passar por esta placa aquecida e vaporizar. Posteriormente, a água deve ser condensada por um aparato de condensação. Geralmente este tipo envolve um mecanismo similar ao de uma estufa, ilustrado, em linhas gerais, pela Figura 6.

No estudo realizado, percebeu-se que em torno de 70% das patentes usam, pelo menos, um espelho côncavo para concentrar a radiação, sendo este o modelo que apresenta maior eficiência no tratamento de água e maior volume de água pura produzida por unidade de tempo.

Observa-se que todas as patentes foram depositadas por pessoa física (independente), não havendo centros de pesquisa ou empresas envolvidas nos depósitos, Tabela 2. Das oito patentes, três já são de domínio público por já terem mais de 20 anos. Diante destes dados pode-se inferir que uma das

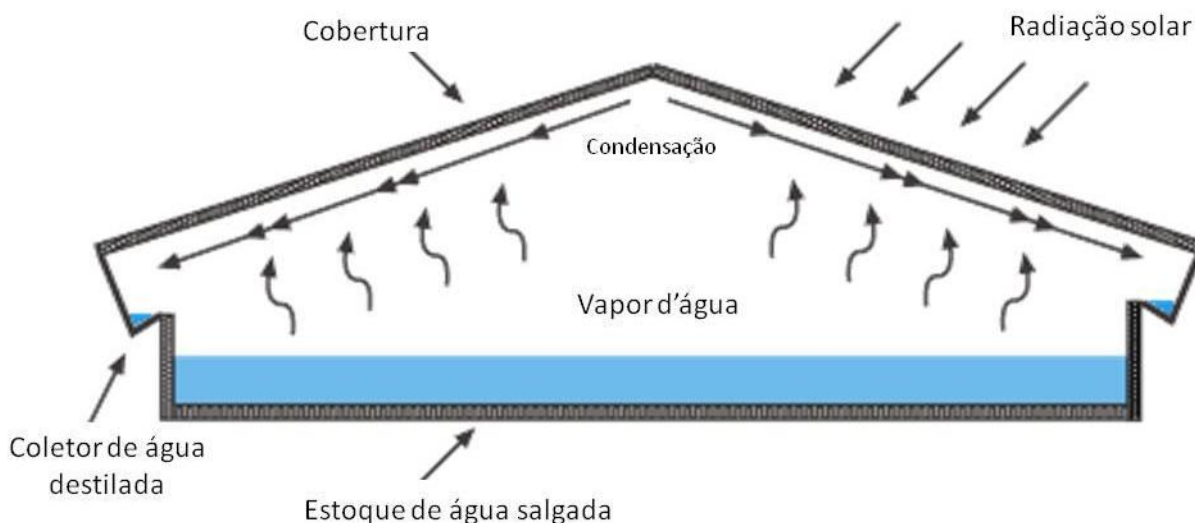
razões para o Brasil não ter aplicação de destiladores solares de tecnologia nacional seja o fato de não haver envolvimento de empresas nos depósitos de patente. Outra razão é a forte atenção que o Brasil deu às tecnologias de purificação por processos de separação com membranas, que envolvem a técnica de osmose reversa. Há muitos aparelhos de osmose reversa espalhados pelo Nordeste brasileiro para fins de purificação de água para consumo da população, financiados pelo governo Brasileiro, geralmente no âmbito estadual.

**Figura 5** - Ilustração de modelo de destilador solar que usa espelhos para concentração de radiação solar



Fonte: KR20120056769.

**Figura 6** - Ilustração de modelo de destilador solar que usa placas metálicas para captação da radiação solar - modelo estufa



Fonte: Adaptado de MX2011007430A.

**Tabela 2** – Cenário de patentes Brasileiras sobre destiladores por uso de energia solar

Patente	Ano de publicação	Categoria de depositante
PI9402163-5A	1995	Independente
PI8902149-A	1990	Independente
PI0806765-1 A2	2012	Independente
MU9001953-9 U2	2013	Independente
PI 8902149-5 A2	1989	Independente
PI 0900573-0 A2	2009	Independente
PI 0803253-0 A2	2008	Independente
MU 8103244-7 U2	2001	Independente

Fonte: Autoria própria, 2015.

Além destas patentes citadas, há alguns dispositivos de dessalinização de água que utilizam a energia solar em estudo ou comercialização no Brasil: 1) um modelo em estudo por um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Sergipe, baseado na vaporização da água salobra que circula em tubos e é aquecida por energia solar captada por placas refletoras côncavas. Este modelo opera com eficiência média de 50%, entretanto, tem a desvantagem de promover forte oxidação dos tubos de cobre e incrustações; 2) outro modelo é produzido pelo grupo Suiço Ecogeo. Este modelo já vem sendo comercializado e usa placas que convertem energia solar em energia elétrica para aquecimento e vaporização da água. Este modelo tem sido aplicado para dessalinização de água do mar em média e larga escala (700 litros/hora) e tem preço comercial entre R\$ 50.000,00 e R\$100.000,00. Para ambos os modelos, não foram encontradas as patentes. Estes podem estar na fase obrigatória de sigilo.

Há no IFBA - Campus Feira de Santana - um grupo de pesquisa com estudos em fase inicial para produzir um destilador de água que usa como única fonte de energia a radiação solar. O protótipo está em fase final de concepção e engloba aspectos como: operação em regime contínuo; captação de energia solar em espelhos côncavos e vaporização da água por troca térmica com fluido térmico.

## CONCLUSÕES

Há um quantitativo elevado de pedidos de patentes para processos e produtos relacionados à purificação de água por uso de energia solar, com indicativos numéricos crescentes nesta última década, por motivação principal da dificuldade de oferta de água potável à população e à indústria da China, onde diversas razões vêm ameaçando a manutenção do crescimento industrial e a sustentação do crescimento populacional .

Verifica-se que a maioria dos depósitos de patente foram requeridos por pessoas físicas ao invés de empresas que possam usar e levar a tecnologia para o mercado. Esta é uma constatação incomum quando se trata de tecnologias estratégicas para o setor industrial.

## PERSPECTIVAS

Em Função do forte apelo ambiental atual e da crescente necessidade de água potável, seja por escassez em algumas localidades, seja para viabilizar o crescimento industrial, espera-se que a



tecnologia de purificação de água salobra ou água do mar passe por uma forte ascensão, continuando o movimento crescente de depósitos de patentes, observados na última década.

Especialmente no Brasil, a purificação de água por uso de energia solar, por ser insipiente, haver mercado e, principalmente, por ter grande disponibilidade de sol intenso, este método pode ser objeto de investimentos públicos e privados, oportunizando novos negócios.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GLOBO: Água do sertão nordestino é salobra. Disponível em <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL276040-5598,00.html>>. Acessado em: 20 set. 2012.

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V.P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 5, p. 491–498, 2011.

BRASIL. Brasília. Ministério da Saúde. Portaria nº 518/GM, 25 de março de 2004. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria\\_518\\_2004.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf)>. Acessado em: 20 set. 2012.

EMBRAPA. Sistema integrado transforma água salobra em potável. Disponível em: <<http://hotsites.sct.embrapa.br/prosarural/programacao/2010/sistema-integrado-transforma-agua-salobra-em-potavel>>. Acessado em: 20 set. 2012.

FORMOSO, S. C. **Sistema de tratamento de água salobra: alternativa de combate à escassez hídrica no semiárido Sergipano**. 2010. 119f. Dissertação (Mestrado Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, Aracajú, SE, 2010.

GALL, N. Água na China. **Braudel Papers**, n. 47, 2012.