

REVISTA

SODEBRAS

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 6 - Nº 69 - Setembro / 2011
ISSN - 1809-3957

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

APLICAÇÃO DA BIOMETRIA NA APURAÇÃO DE FREQUÊNCIA EM IES – Marcos Paulo Sanchez, Marcio Abud Marcelino 03

ANÁLISE DO DESEMPENHO DO AQUECEDOR SOLAR INDUSTRIAL E DO AQUECEDOR SOLAR POPULAR CONSTRUÍDO COM GARRAFAS PET - Pâmela Cristini Silva Nicolau, María Fernanda Trujillo León, Prof. José Feliciano Adami, Prof. Teófilo Miguel De Souza 08

EVALUATION OF PROPOLIS ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY IN EXPERIMENTAL ACUTE PERITONITIS - Eduardo C. Almeida E Hercules Menezes 13

IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN CENTRALES FOTOVOLTAICAS – E. A. Espinales 16

ESTUDO DO EQUILÍBRIO LÍQUIDO-VAPOR A PRESSÃO CONSTANTE USANDO O MÉTODO DE UNIFAC MODIFICADO NO CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ATIVIDADE - Silva, C. H. F. Da, Duarte, C. R 21



Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>



APLICAÇÃO DA BIOMETRIA NA APURAÇÃO DE FREQUÊNCIA EM IES

MARCOS PAULO SANCHEZ¹; MARCIO ABUD MARCELINO^{1,2};
1- UNITAU; 2 UNESP – Guaratinguetá

ISSN 1809-3957

Resumo - A necessidade um controle rápido e eficiente no registro de frequência do corpo discente de instituições de ensino mostrou uma grande oportunidade de automação com a utilização da biometria por impressão digital, tornando o controle de frequência eficiente, íntegro e ágil, otimizando o tempo de aula e garantindo a disponibilidade da informação. Este trabalho estudou a utilização da biometria como mecanismo de segurança dentro de sala de aula na identificação de alunos, aplicando o algoritmo linear a partir de um universo selecionado. A busca por uma identificação biométrica deve ser feita registro a registro, o que aumenta e muito o custo da aplicação, desta forma aplicando o algoritmo linear dentro de um universo selecionado, através de uma chave, diminuiu muito o custo de busca. Os resultados se mostraram favoráveis uma vez que o universo selecionado mantém uma média entre todas as turmas dentro da instituição de ensino.

Palavras-chave – Biometria, frequência, impressão digital.

1. Introdução

A necessidade um controle rápido e eficiente no registro de frequência do corpo discente de instituições de ensino mostrou uma grande oportunidade de automação com a utilização do acesso biométrico por impressão digital, tornando o controle de frequência eficiente, íntegro e ágil, otimizando o tempo de aula e garantindo a disponibilidade da informação.

A biometria¹ é uma ciência que possibilita o reconhecimento e identificação por uma análise de características físicas de uma pessoa tais como geometria da mão, impressão digital, íris, retina, reconhecimento facial e voz, entre algumas outras. Sendo estas características consideradas únicas de pessoa para pessoa. (DOS SANTOS, 2007) (PINHEIRO, 2008)

Este trabalho sugere a utilização da identificação biométrica por impressão digital na identificação dos discentes em sala de aula para registro de frequência, sendo que tal identificação deva ser realizada de forma que o discente necessite apenas inserir sua digital em um leitor biométrico e o sistema identifique automaticamente sua identidade, registrando então sua presença na aula, não havendo qualquer outro tipo de interação, como, por exemplo, a digitação de seu registro acadêmico.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é otimizar o processo de localização da informação biométrica armazenada em um banco de dados, de modo a reduzir o tempo de identificação na comparação entre a informação coletada e as informações armazenadas, utilizando para isso o algoritmo de busca linear dentro de um universo menor de informações biométricas armazenadas, filtrando o universo através das informações de ambiente já registradas no sistema, como o cruzamento do professor que abriu o sistema com o horário de aula registrado, carregando assim apenas os dados biométricos das turmas selecionadas.

3. Metodologia

Este estudo visa à análise da forma de identificação digital e o algoritmo de leitura das informações de forma a utilizar as informações ambientais registradas no sistema para diminuição do universo de leitura de informações biométricas aumentando desta forma o tempo de busca por registro no banco de dados.

No sistema de identificação biométrica para controle de frequência de discentes foi utilizado o algoritmo linear, uma vez que se trata de um algoritmo ótimo para localização de dados não indexados. Para otimização do processo, foram utilizadas as variáveis de ambiente como curso, turno, turma e docente, pré-cadastradas no sistema, e obrigatórios para o sistema, para reduzir o universo de informações biométricas a ser consultada, como também a quantidade real de coincidências que devem ser consideradas no comparativo entre a informação biométrica colhida e armazenada.

4. Resultados e Discussão

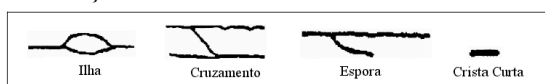
A Biometria é o estudo das características únicas dos indivíduos, utilizado para sua identificação (LIU, 2001). Ela permite a identificação de indivíduos, a partir das características de cada um. Para tanto, ela baseia-se nas características comuns que são distinguíveis entre pessoas diferentes, isto é, características físicas ou comportamentais que são comuns a todos, porém únicas para cada indivíduo.

Foi feita a escolha pela impressão digital por ser o meio de identificação biométrica mais barato e, também, por ser seguro. É a técnica de identificação biométrica mais antiga, e tem sido utilizada com sucesso em inúmeras aplicações. Essa segurança é aceita pelo meio científico desde 1823 quando o cientista tcheco Jan Evangelista Purkinje durante suas pesquisas sobre glândulas

¹ Biometria – do grego Bios = vida, metron = medida;

sudoríparas constatou que a pele dos dedos possuíam desenhos formados por sulcos e ranhuras únicos para cada indivíduo. (Ashbourn, 2000).

As ranhuras, ou cristas, e os sulcos em cada terminação ou bifurcação de suas linhas formam um desenho geométrico, chamado minúcia. É através das características das minúcias (formato e posição) que a identificação de indivíduos pode ser feita. As minúcias são formadas no feto e acompanham a pessoa por toda vida, sem apresentarem grandes mudanças, desta forma permitem que um perito possa identificar uma pessoa de forma bastante confiável. As minúcias se apresentam em formas bastante particulares, como podemos ver na Figura 1, estas são a base para qualquer sistema de identificação biométrica por impressão digital. Uma imagem de boa qualidade deve encontrar entre 40 e 100 minúcias para identificação.



Fonte: Kehdy, 1.968, p.150

Figura 1 – Identificação das minúcias

A premissa para identificação biométrica é a aquisição da imagem da impressão digital do indivíduo, que na figura 2 é chamado de usuário. A partir desta imagem é adquirido o exemplar, deste exemplar são extraídas as minúcias, obtendo-se assim os atributos. (ZHAO e TANG, 2002) A partir destes atributos é gerado um código binário que será armazenado no banco de dados, o que é chamado de *Template*, descrito na figura 2, por Pinheiro, como Perfil.

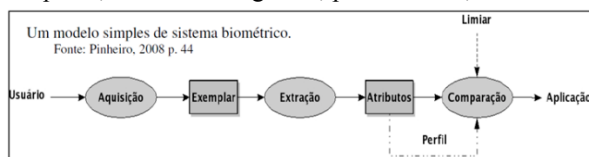
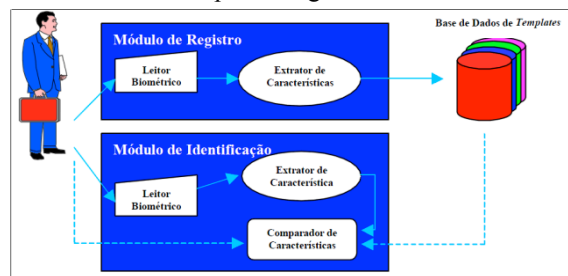


Figura 2 – Modelo simples de um sistema biométrico

A comparação dos dados biométricos é feita através de comparações ponto a ponto, minúcia a minúcia, e um a um, ou seja, para encontrar uma digital dentro de um universo armazenado, deve-se comparar o exemplar colhido com cada *template* armazenado (uma a um) e em cada digital comparar cada ponto obtido, verificando o número de coincidências (ponto a ponto). O limiar descrito na figura 2, indica a quantidade de pontos mínima para o reconhecimento por semelhança, já que na comparação entre o exemplar colhido na hora e a *template* armazenada, nem sempre o número de pontos é igual. A comparação ponto a ponto para cada digital é necessário, por este fato, de que a cada coleta há variações na quantidade e qualidade dos pontos digitalizados, podendo variar posição, iluminação, tipo de sensor, até mesmo a quantidade de gordura pode interferir em uma leitura exata, desta forma a extração exatamente igual dos pontos torna-se inviável devido ao alto custo, tanto de software como de hardware, como também na preparação ambiental para coleta (limpeza e higienização da superfície do dedo, do visor do scanner, iluminação do local, ângulo de leitura etc.). Em uma escola, por exemplo, seria impossível garantir as mesmas condições ambientais a cada leitura, a

diversificação de salas, computadores e volume de pessoas é grande, além disso, o tempo para realização da tarefa é extremamente limitado.

Um sistema para identificação biométrica simples é composto por pelo menos dois módulos conforme figura 3, o Módulo de Registro, responsável por gerar a *template* do indivíduo e armazená-la na base de dados e o módulo de Identificação, que é utilizado para coleta e identificação do indivíduo. No caso deste estudo o foco é no módulo de identificação que foi desenvolvido de forma a identificar o discente de forma rápida e segura.



Fonte: Hong, 1.998, p.4

Figura 3 – Estágios de um sistema biométrico

Como descrito por Hong (1998, p.4) quando o registro biométrico é cadastrado ele é armazenado em um banco de dados e amarrado a uma chave de identificação do indivíduo. Para o resgate deste registro, pode-se optar por duas formas: 1) o usuário utiliza a chave de identificação, que pode ser o registro acadêmico, CPF, RG etc., para localizar a *template* no banco de dados e então coleta o exemplar para ser comparado, este processo é chamado “um para um”; 2) ou então é feita uma varredura registro a registro no banco de dados até encontrar o *template* semelhante ao exemplar colhido e confirmar a identificação do usuário, este processo é chamado “um para muitos”.

Como visto através da aquisição das características da impressão digital é criado um modelo computacional normalmente denominado *template* biométrico (ver figura 4), este modelo é gerado com propriedades particulares contendo uma síntese de todas as características extraídas com um tamanho adequado de modo a permitir um processo de identificação mais correto e ágil possível.

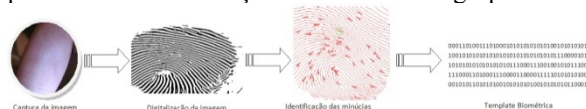


Figura 4 – Formação do *Template* Biométrico

A proposta deste estudo foi viabilizar a utilização da identificação biométrica por impressão digital em sala de aula, onde cada sala fosse munida de sensor biométrico conectado a um computador em rede, com a possibilidade de consulta a um servidor de aplicação, onde o sistema biométrico está disponibilizado em um banco de dados responsável por armazenar as *templates* dos discentes.

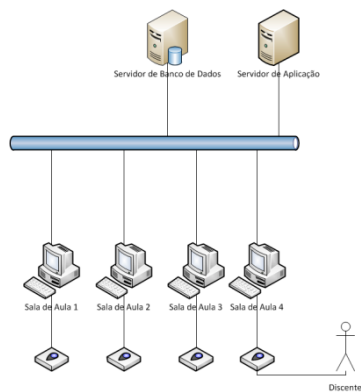


Figura 5 - Arquitetura Física Proposta

Os problemas encontrados em ambientes deste tipo é o número de consultas necessárias para identificar um discente e o número de pesquisas concomitantes necessárias para atender a todas as salas de aula. O ambiente considerado no teste é descrito conforme a Tabela 1:

Número de alunos	Templates existentes
8079	16329

Tabela 1 – Dados do Universo utilizado no trabalho

Neste universo a tabela 2, indica o ambiente de teste utilizado, correspondente ao turno noturno com o maior número de alunos e salas simultâneos:

Turno	Salas de Aula	Média de alunos por sala
Matutino	20	45
Vespertino	70	55
Noturno	64	55

Tabela 2 – Turno com maior utilização do sistema

Neste ambiente temos o total de tempo necessário para identificação de todos os alunos, conforme a expressão:

$$t_T = t_r \times \sum P$$

Onde:

t_T – tempo total necessário para realização de todas as pesquisas;

t_r – tempo de resposta para cada pesquisa;

$\sum P$ - Total de pesquisas realizadas, que é dado por:

$$\sum \text{Alunos} \times \sum \text{Templates}$$

Considerando os cálculos estabelecidos, os números já mostrados nas tabelas anteriores e definindo $t_r=1\text{ms}$, podemos calcular o tempo necessário para pesquisas em vários ambientes, conforme a tabela 3:

Ambiente	$\sum \text{Alunos}$	$\sum P$	t_T
Em uma sala de	60	979.740	16,5 min

aula			
Turno matutino	900	14.696.100	244,94 min
Turno vespertino	3850	62.866.650	1.047,78 min
Turno noturno	3520	57.478.080	957,97 min

Tabela 3 – Descrição do ambiente inicial de estudo

Como pode ser visto na tabela 3 a melhor das hipóteses apresentada seria a coleta de biometria de uma sala de aula por vez, mesmo assim seriam necessárias 979.740 pesquisas por sala, o que demandaria 16,5 min por sala. Esta situação seria degradada a cada discente acrescentado ao sistema, uma vez que o universo seria aumentado.

A proposta do trabalho visa a criação de um universo de pesquisa único por sala de aula, estabelecendo então uma média de pesquisas, onde independente do universo total de *templates* armazenado, o tempo de busca se manteria dentro de uma média, podendo até estabelecermos um tempo médio de pesquisa por aluno. A figura 5 apresenta a arquitetura proposta, onde é extraída uma base de dados de *template* do banco de dados original e armazenada temporariamente no computador da sala de aula. Esta extração pode ser feita no momento em que o docente aciona o sistema biométrico, a partir daí o sistema verifica as atribuições do docente a partir do horário de aula, e carrega as possíveis *templates* que serão pesquisadas.

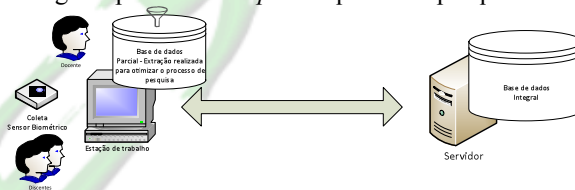


Figura 6 - Diminuição do ambiente de pesquisa para otimização do processo de pesquisa

Se considerássemos apenas estas modificações o ganho já seria significativo, conforme apresentado na tabela 4:

Ambiente	$\sum \text{Alunos}$	$\sum P$	t_T
Em uma sala de aula	60	3600	0,05 min

Tabela 4 – Diminuição do universo

Com a redução do universo de pesquisa a otimização do algoritmo linear, para o ambiente proposto é o seguinte:

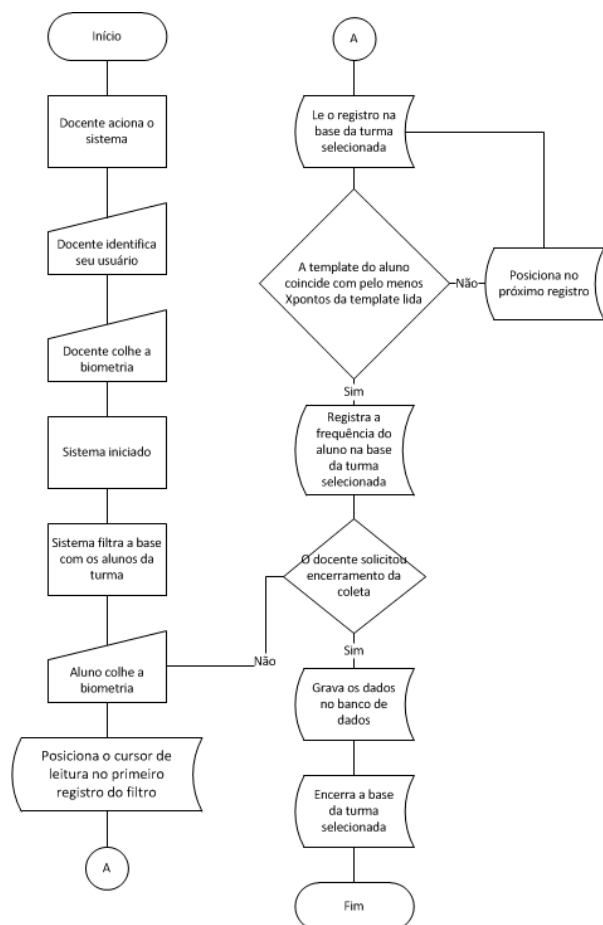


Figura 7 - Algoritmo proposto

Outro fator estudado foi o número de coincidências necessárias para afirmar o reconhecimento da identidade de um indivíduo. No processo de comparação ou *matching* a aplicação gera uma pontuação ou *score* indicando quantos pontos foram reconhecidos por semelhança, para definir se houve identificação ou não da impressão digital colhida a aplicação deve ter como parâmetro um limiar a ser considerado, ou seja, o número mínimo de pontos a serem identificados. O aumento ou identificação destes pontos pode influenciar diretamente no tempo de resposta da aplicação. Se considerarmos o número do limiar como número de pontos a serem considerados, ou então fixarmos um teto de números de pontos a serem considerados, pode aperfeiçoar o processo de reconhecimento, uma vez que a comparação de pontos não será mais necessária uma vez que já temos a identificação do indivíduo.

5. Conclusões

A aplicação do algoritmo linear em universos diminuídos de templates permitiu que fosse estipulado um tempo padrão de resposta para o sistema, uma vez que o número de pesquisas ao banco sempre será conhecido, conforme o universo estipulado, sala de aula com até 60 alunos. É importante considerar que mesmo que o universo dobre, o tempo aumentado será relativamente curto, comparado ao de pesquisa ao universo total. Este processo permitiu a manutenção da estabilidade do sistema e a distribuição do processamento do sistema biométrico entre várias estações da instituição, aumentando a performance do sistema e

diminuindo a necessidade de potência no servidor de banco de dados e de aplicação, uma vez que uma simples estação pode executar o processo de comparação (*matching*) das templates com performance superior ao processamento centralizado.

Outro fator de destaque é a definição de um número de pontos limiar e de teto para efetuar a comparação de pontos da template diminuindo o custo de pesquisa e otimizando o processo de reconhecimento biométrico utilizado.

Turmas/ Disciplinas	20:40-20:55		20:56-21:10		Total Alunos
	Alunos	%	Alunos	%	
N2BASICOH	329	87,50%	47	12,50%	376
Comunicação Empresarial					
31/03/2011	40	78,43%	11	21,57%	51
07/04/2011	33	58,93%	23	41,07%	56
14/04/2011	44	88,00%	6	12,00%	50
Organização e Processos Gerenciais					
16/03/2011	54	98,18%	1	1,82%	55
23/03/2011	51	96,23%	2	3,77%	53
13/04/2011	55	93,22%	4	6,78%	59
N2PIPROA	164	78,47%	39	18,66%	209
Projeto de Produtividade					
05/04/2011	34	66,67%	14	27,45%	51
19/04/2011	42	77,78%	9	16,67%	54
25/04/2011	35	68,63%	16	31,37%	51
26/04/2011	53	100,00%		0,00%	53

Tabela 5 – Tabela de resultados em ambiente real

Os resultados apresentados na Tabela 5, mostra a eficiência que o sistema apresentou em ambiente real. A utilização da biometria permitiu que cada discente pudesse ser identificado de forma única e íntegra, uma vez que a fraude deste tipo de informação traz maiores dificuldades do que assinar a lista ou registrar a presença em um diário. A identificação eletrônica e automática permitiu a disponibilização da informação de forma *on-line* eliminando o trabalho da secretaria de digitação das informações contidas no diário, uma vez que o sistema se auto alimenta. A qualidade das informações coletadas, bem como a confiabilidade da informação disponibilizada teve significativo aumento, uma vez que foi eliminada a possibilidade de erro de digitação.

6. Referências

PINHEIRO, José Maurício. Biometria nos sistemas computacionais, Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro, 2008.

ASHBOURN, Julian. Biometrics: Advanced Identity Guide The Complete Guide. London: Springer-Verlag, 2000.

F. ZHAO and X. TANG, "Preprocessing for skeleton-based fingerprint minutiae extration", CISST International Conference, pp. 742-745, 2002.

JARDINI, Evandro. "Metodologia para Indexação e Busca de Impressões Digitais através do uso de Função de Distância Métrica", Fundação Educacional de Fernandópolis.

FONTANA, Danilo Rodrigues. "Sistema de Autenticação/Identificação pessoal biométrica através da palma da mão com o auxílio de redes neurais artificiais", Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2009.

LIU, S.; Silverman, M. "A practical guide to biometric security technology", IT Pro, p. 27-32, 2001.

9. Copyright :

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



ANÁLISE DO DESEMPENHO DO AQUECEDOR SOLAR INDUSTRIAL E DO AQUECEDOR SOLAR POPULAR CONSTRUÍDO COM GARRAFAS PET

PÂMELA CRISTINI SILVA NICOLAU, MARÍA FERNANDA TRUJILLO LEÓN
PROF. JOSÉ FELICIANO ADAMI, PROF. TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA
UNESP – Guaratinguetá

ISSN 1809-3957

Resumo: A crescente preocupação com o meio ambiente tem gerado uma busca de fontes alternativas de energia. Estudos realizados apontam a energia solar como uma das energias mais limpas e promissoras para o futuro.

Neste trabalho apresenta-se o uso de energia solar, para o aquecimento da água, bem como a análise do desempenho de dois tipos de aquecedores solares: o convencional e o popular (construído com garrafas PET), ambos instalados no Centro de Energias Renováveis – CER, do Campus de Engenharia Guaratinguetá. A análise foi realizada com a ajuda de um software – Contemp View Simple, instalado em um computador situado no próprio CER, e sensores Termopar/[1]. Este conjunto, software e sensores, teve como função a aquisição de dados, no caso a temperatura da água aquecida nos boilers, no interior das garrafas PET e das placas e do ambiente. Sendo feitas estas medições (temperaturas), foi possível estabelecer o valor aproximado do rendimento, tanto no aquecedor solar popular, quanto no convencional. E de maneira paralela observar em qual período do dia o aquecimento é maior ou menor. Assim podendo chegar em uma análise mais ampla das características de cada aquecedor solar, bem como suas vantagens e desvantagens; porém sempre tendo como objetivo o aproveitamento da energia renovável usando a radiação solar.

1.Introdução:

Com a evolução da vida, e também a degradação do meio ambiente, houve uma necessidade extrema de aproveitar todas as fontes de energia que o próprio universo produz para a criação de energia não poluente.

Um estudo realizado pelo United National Development (UNSEGED), mostrou que em meados da década de 90, a geração de energia era baseado em 40% carvão, 20% hidráulica, 17% nuclear, 14% gás e 9% óleo. E a previsão para o ano de 2050 é que 34% da geração de energia, seja solar, eólica e geotérmica; 24% gás, 16% hidráulica, 13% biomassa, 7% carvão e 6% nuclear.

O que se prevê é que o uso da energia solar e eólica, será caracterizado por um sistema de baixo custo, alta eficiência termodinâmica e flexibilidade na variação da energia de saída. E a longo prazo, a energia nuclear será proibida nos países desenvolvidos.[2]

A energia solar tem muitas vantagens a serem observadas e levadas em consideração. Toda energia que o sol emite sobre a Terra por 24 horas, é equivalente a energia consumida no mundo por um período de 27 anos; essa transmissão de energia dá-se por meio de radiação eletromagnética, caracterizado por ondas curtas (0,3 a 3,0 mm de comprimento de onda).

A Energia Solar apresenta características positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão, irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem. [3]

O Sol irradia anualmente o equivalente a 10.000 vezes a energia consumida pela população mundial neste mesmo período. Para medir a potência é usada uma unidade chamada quilowatt. O Sol produz continuamente 390 sextilhões (390×10^{21}) de quilowatts de potência. Como o Sol emite energia em todas as direções, um pouco desta energia é desprendida, mas mesmo assim, a Terra recebe mais de 1.500 quatrilhões ($1,5 \times 10^{18}$) de quilowatts-hora de potência por ano.

Existem várias aplicações para a energia solar; sendo que um deles é o objeto de estudo deste projeto, trata-se do aquecimento de água. O aquecimento de água (chuveiro elétrico) é responsável por 12,8% da demanda máxima do sistema elétrico atualmente no Brasil; e um dos principais formas de aquecimento de água no país é através do chuveiro elétrico, este que apesar do baixo custo para o usuário, representa um alto investimento na geração, para as concessionárias; cerca de 45 vezes a mais do que o investimento do usuário.

O aquecedor solar tradicional é constituído basicamente por placas coletoras, que absorvem raios solares incidentes, estes que são responsáveis pelo efeito estufa no interior do coletor permitindo a entrada de energia solar na forma luminosa, passando a funcionar como um armazenador de energia térmica, e impedindo sua saída na forma de radiação infravermelha.

Já no aquecedor solar popular construído com garrafas PET, a água entra no reservatório (Boiler), e segue para os tubos de PVC, pintados de preto. Os raios solares aquecem o ambiente interno das garrafas e, conseqüentemente a água que está circulando pelos tubos, logo retorna ao reservatório aquecida.[4]

2. Objetivo:

Este trabalho tem como objetivo além do incentivo da energia solar como fonte para o aquecimento da água apresentar a construção de um protótipo de aquecedor solar constituído de garrafas PET incolor, a análise comparativa entre dois tipos de aquecedores solar: o convencional e o popular bem como o levantamento das suas características, vantagens e desvantagens facilitando a demonstração de que são equipamentos viáveis para o aquecimento de água.

Para a comparação, alguns parâmetros foram analisados como a dimensão dos equipamentos, o custo, o material utilizado, o rendimento e a sua versatilidade.

Com estas características levantadas, provar que os aquecedores solar possuem uma eficiência suficiente para o uso doméstico, como a higienização, dentre outras utilidades.

3. Materiais E Métodos:

Este projeto, iniciado em março de 2011, dá continuidade a um projeto já existente desde o começo de 2010. O monitoramento das temperaturas é feito a partir do software Contemp View Simple. Este software é um sistema supervisor e está ligado a cinco sensores termopar, responsáveis por fazer as medições das temperaturas no boiler do aquecedor popular, no boiler do aquecedor industrial, no interior das garrafas PET e das placas do aquecedor industrial, sendo o último utilizado para medir a própria temperatura ambiente[5]

Foram monitoradas as variações destas temperaturas no decorrer de abril e maio de 2011. Apesar da pouca diferença de tempo e de ambos os meses se encontrarem no outono, eles apresentaram grande variação no que diz respeito à temperatura e à incidência solar. Enquanto abril foi um mês quente e com dias predominantemente ensolarados, maio se caracterizou por temperaturas mais amenas e dias mais nublados. Essa diferença foi extremamente interessante, pois permitiu a observação do comportamento dos aquecedores solares sob diversas condições climáticas.

O software Contemp View Simple armazena os valores medidos das temperaturas de minuto em minuto. Com estes valores foram montadas planilhas no Excel, a partir das quais foi possível extrair gráficos e verificar o comportamento da temperatura da água, tanto no aquecedor tradicional quanto no aquecedor popular,

estabelecendo um comparativo entre estas e a temperatura ambiente.

Paralelamente a este monitoramento foram feitos estudos no que diz respeito à utilização da energia solar para o aquecimento da água, principalmente no Brasil e no que diz respeito ao custo-benefício da implementação de aquecedores solares, como também seus métodos de construção.

Os reservatórios de água (boilers) utilizados possuem ambos capacidade de 200 litros. O aquecedor solar tradicional tem duas placas de 2m² e o aquecedor popular possui área total de 7,2 m², sendo porém sua área efetiva de troca de calor de 2,87 m² (área correspondente à dos canos de PVC). [6]

4. Resultados E Discussão:

A partir das tabelas e gráficos criados foi possível determinar o período do dia em que o rendimento dos aquecedores é melhor.

Os gráficos 1 e 2 apresentam as temperaturas no decorrer dos dias 2 de abril de 2011 e 28 de maio de 2011.

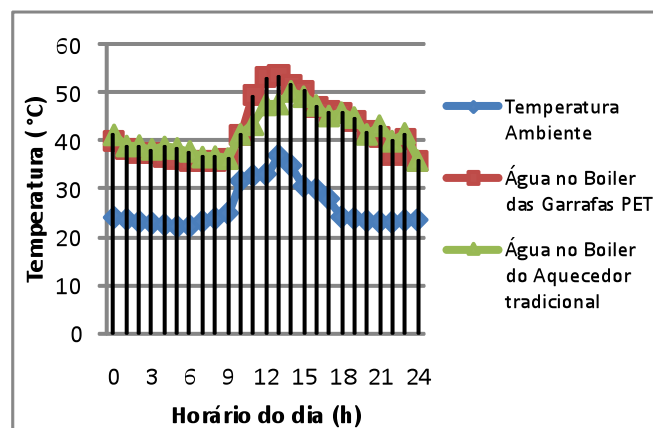


Figura 1 – Dia 02 de abril de 2011

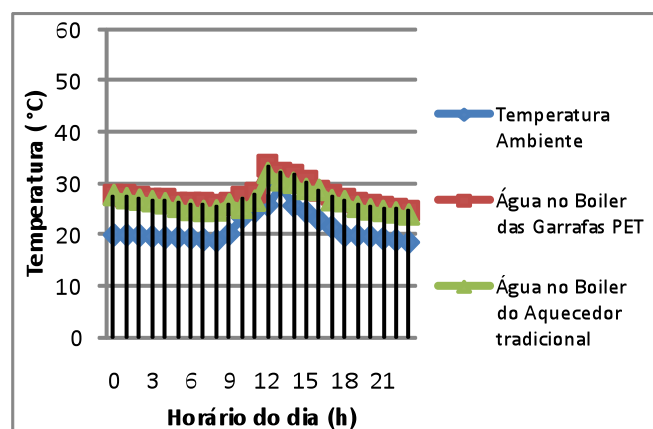


Figura 2 – Dia 28 de maio de 2011

Pode-se perceber que a curva da temperatura da água nos aquecedores varia de forma similar à da temperatura ambiente, estando sempre acima desta, o que denota que sempre há um rendimento, por menor que este seja durante alguns períodos do dia, sendo que mesmo durante estes períodos, em que o rendimento dos aquecedores é mínimo,

sua utilização ainda continua sendo lucrativa, tendo em vista uma situação anterior na qual a energia solar não era utilizada e, portanto, não contribuía em nada no aquecimento da água.

Também se pode notar a grande proximidade entre a curva de temperatura da água no aquecedor popular e no industrial, sendo que o aquecedor popular mantém a água do seu boiler com temperatura superior à do industrial durante a maior parte do dia. Isto se deve grande parte ao fato do rendimento dos aquecedores ser inversamente proporcional à área de troca de calor dos mesmos, mas não deixa de mostrar que o aquecedor popular é tão eficiente quanto o industrial, o que somado ao seu menor custo computa pontos para a sua utilização.

A partir dos gráficos pode-se perceber que enquanto no início de abril a temperatura máxima do dia se encontrava por volta das 13 horas, no fim de maio essa temperatura máxima foi deslocada para as 14 horas e que os valores do índice de refração solar caíram bastante ao decorrer deste período. Isto justifica o fato do rendimento dos aquecedores solares não ter sido menor no fim de maio que no começo de abril, pois apesar da água dos aquecedores solares não estar atingindo temperaturas tão elevadas quanto atingia no começo de abril, o rendimento possui também uma relação de inversa proporcionalidade com o índice de refração solar, ou seja, uma diminuição deste implicou em um aumento daquele.

A Figura 3 mostra o aquecedor popular com garrafas PET e seu boiler.



Figura 3- Aquecedor popular

A Figura 4 mostra o aquecedor convencional com duas placas e o boiler.



Figura 4 - Aquecedor convencional

Cálculos:

Um banho não consome somente água proveniente dos aquecedores solares, e sim uma mistura desta com certa quantidade de água fria a fim de propiciar uma temperatura de equilíbrio agradável à pessoa que toma o banho.

Para a exemplificação do cálculo da quantidade de água quente e fria utilizada foram tomadas as temperaturas da água nos boilers de ambos os aquecedores e a temperatura ambiente no dia 8 de abril de 2011, às 13 horas:

Temperatura ambiente: 27,5°C

Temperatura no boiler do aquecedor popular: 48,3°C

Temperatura no boiler do aquecedor tradicional: 42,7°C

Para um banho padrão, de aproximadamente 12 minutos, sabendo-se que a vazão do tubo é de 0,12 litros/s, tem-se que o gasto de água por banho é de 86,4 litros. Este valor corresponde então à soma dos volumes de água quente e de água fria utilizados, ou seja, encontra-se uma primeira equação:

$$V_q + V_f = 86,4 \text{ litros}$$

A partir da primeira lei da termodinâmica tem-se que:

$$V_q (T_i - T_e) = V_f (T_e - T_a)$$

Onde:

V_q: Volume da água quente (l)

V_f: Volume da água fria (l)

T_i: Temperatura da água quente (°C)

T_e: Temperatura de equilíbrio, ou seja, a requerida para o banho (°C)

T_a: Temperatura ambiente (°C)

A temperatura da água requerida para o banho é considerada como sendo 5°C acima da temperatura ambiente, neste caso então $T_e = 32,5^\circ\text{C}$.

No aquecedor popular têm-se $T_i = 48,3^\circ\text{C}$. Atribuindo os valores às suas respectivas variáveis, encontra-se uma segunda equação:

$$V_q = \frac{5}{15,8} V_f$$

Já no aquecedor tradicional têm-se $T_i=42,7^\circ\text{C}$, que resulta em uma terceira equação:

$$V_q = \frac{5}{10,2} V_f$$

Com a primeira e a segunda equação é possível se fazer um sistema, o qual determina os volumes de água quente e de água fria utilizados para o aquecedor popular:

$$V_f = 65,6 \text{ litros}$$

$$V_q = 20,8 \text{ litros}$$

E com a primeira e a terceira equação encontram-se esses volumes para o aquecedor tradicional:

$$V_f = 58 \text{ litros}$$

$$V_q = 28,4 \text{ litros}$$

Cálculo do rendimento dos aquecedores:

Para o cálculo do rendimento tanto do aquecedor popular feito com garrafas PET quanto do convencional, foram escolhidos os dados de temperaturas do dia 2 de abril de 2011 e 28 de maio de 2011, às 14 horas.

Estes dias foram escolhidos por apresentarem condições climáticas distintas. O dia 2 de abril caracterizou-se por ser um dia com elevadas temperaturas e índice de radiação solar, enquanto no dia 28 de maio estes valores foram menores.

Dia 2 de abril de 2011, às 14 horas, a temperatura ambiente estava por volta dos $34,7^\circ\text{C}$, a temperatura da água quente no aquecedor popular era de $51,7^\circ\text{C}$ e a no aquecedor tradicional, $50,3^\circ\text{C}$. O índice de radiação solar foi de $3264 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{dia}$.

Já no dia 28 de maio de 2011, também neste horário, a temperatura ambiente estava por volta dos $25,6^\circ\text{C}$, a temperatura da água quente no aquecedor popular era de $33,4^\circ\text{C}$ e a no aquecedor tradicional, $31,9^\circ\text{C}$. O índice de radiação solar foi de $1305,6 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{dia}$.

O rendimento de painéis solares pode ser calculado a partir da seguinte fórmula [7]:

$$\eta = \frac{Q}{I \times S}$$

Onde:

S : Área (m^2)

Q : Quantidade de calor necessária (kcal)

I : Índice de radiação solar ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{dia}$)

η : Rendimento

No aquecedor popular, a área que participa efetivamente da troca de calor (S_1) corresponde à área da superfície dos tubos de PVC utilizados e pode ser calculada como:

$$S_1 = n \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

Onde:

n : Número de tubos utilizados no painel (36 tubos de PVC)

r : Raio do tubo

h : Altura dos tubos

$$S_1 = 36 \times 2 \cdot \pi \times \frac{0,0127}{2} \times 2,0 = 2,87 \text{ m}^2$$

Já no aquecedor tradicional esta área (S_2) corresponde à área das placas do mesmo:

$$S_2 = 4 \text{ m}^2$$

A quantidade de calor necessária pode ser calculada como [8]:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

Onde:

m : Massa (kg);

c : Calor específico a água em $\text{kcal/kg}^\circ\text{C} = 1,0$

T_f : Temperatura de saída de água ($^\circ\text{C}$)

T_i : Temperatura de entrada da água ($^\circ\text{C}$)

Sendo assim a quantidade de calor necessária para o aquecedor solar popular será de 3400 kcal no dia 2 de abril (Q_1) e de 1560 kcal no dia 28 de maio (Q_2).

$$Q_1 = 200 \times 1,0 \times (51,7 - 34,7) = 3400 \text{ kcal}$$

$$Q_2 = 200 \times 1,0 \times (33,4 - 25,6) = 1560 \text{ kcal}$$

Aplicando os valores encontrados à fórmula do cálculo do rendimento de painéis solares, obteve-se 36,3% de rendimento no dia 2 de abril (η_1) e 41,6% no dia 28 de maio (η_2), para o aquecedor popular:

$$\eta_1 = \frac{3400}{3264 \times 2,87} = 36,3\%$$

$$\eta_2 = \frac{1560}{1305,6 \times 2,87} = 41,6\%$$

A quantidade de calor necessária para o aquecedor solar tradicional foi de 3120 kcal no dia 2 de abril (Q_3) e de 1260 kcal no dia 28 de maio (Q_4).

$$Q_3 = 200 \times 1,0 \times (50,3 - 34,7) = 3120 \text{ kcal}$$

$$Q_4 = 200 \times 1,0 \times (31,9 - 25,6) = 1260 \text{ kcal}$$

Resultando em um rendimento de 23,4% no dia 2 de abril (η_3) e de 24,1% no dia 28 de maio (η_4) para o aquecedor tradicional.

$$\eta_3 = \frac{3120}{3264 \times 4} = 23,9\%$$

$$\eta_4 = \frac{1260}{1305,6 \times 4} = 24,1\%$$

5. Conclusão:

Os sistemas de aquecimento utilizados apresentaram tal rendimento no período em que foram monitorados, de forma que mesmo em dias em que a temperatura ambiente e a incidência de radiação solar sobre os aquecedores possuíam valores menores, eles conseguiram aquecer a água de tal forma a possibilitar o banho, a única diferença foi que a razão entre a água quente e água fria utilizada teve que ser maior nos dias frios.

Os dias e horários escolhidos para a exemplificação dos cálculos do rendimento dos painéis foram tomados de forma específica, porém, este rendimento foi também calculado para outros horários em outros dias, e o que foi observado é que não houve nenhuma variação não esperada nestes valores, que ficaram, em geral, em torno dos apresentados.

Algo que teve que ser levado em consideração foi que o aquecedor popular, apesar de possuir maior área total que o industrial, possui área efetiva de troca de calor inferior à deste. A área considerada nos cálculos corresponde somente à área do cano que passa no interior das PET's, pois as garrafas em si têm apenas a finalidade de reter o calor, funcionando como uma espécie de estufa.

Essa área necessária para a instalação do aquecedor solar com garrafas PET pode ser considerada, do ponto de vista estético, um inconveniente para sua utilização, porém a economia gerada e o fato do aquecedor ser construído com material reciclado fazem com que as vantagens se sobreponham a este inconveniente.

O Brasil é um país que possui localização privilegiada no que diz respeito à abundância de energia solar, porém a parcela da população brasileira que utiliza esse recurso ainda é bem reduzida. Grande parte deste fato se deve à falta de divulgação e também à necessidade de um grande investimento inicial, pois o custo dos aquecedores solares ainda é alto. Estes motivos não devem ser empecilhos para

a utilização da energia solar. O aquecedor solar popular é uma ótima alternativa e possui um custo reduzido e até mesmo o aquecedor industrial tem seu preço compensado pela economia que a utilização da energia solar irá acarretar a longo prazo. Lembrando que além deste benefício econômico, existe, sobretudo, um benefício ambiental, pois a energia solar é uma energia completamente limpa e renovável.

6. Bibliografia

1. Site do Centro de Energias Renováveis (www.feg.unesp.br/~energiasrenovaveis) consulta em 10 de fevereiro de 2009.
2. PALZ, Wolfgang. Energia Solar e Fontes Alternativas. São Paulo. Ed. Hemus, 1995.
3. ALDABÓ, R. Energia Solar. São Paulo. Editora Artliber, 2002.
4. LOPES, Arsênio de Paiva; SOUZA, Teófilo Miguel de; BUENO, Jomar Esteves. Sistema de Aquecimento de Água através da Energia Solar – Procedimentos Para Vistoria Visando à Perícia Técnica;
5. MACINTYRE, Archibald Joseph. Instalações Hidráulicas. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara, 1987.
6. CREDER, Hélio. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. Rio de Janeiro. Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1991.
7. SILVA, Diovana de Moura. Eficiência de Aquecedores Solares Confeccionados com Garrafas PET de Diversas Cores. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica. Guaratinguetá, 2008.
8. SOUZA, Teófilo Miguel de; MOGAWER, Tamer. Sistema Solar de Aquecimento de Água para Residências Populares. In: 5o. Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída, Campinas, 2004. AGRENER 2004. Campinas: UNICAMP, 2004. v. 01. p. 102-108.

7. Copyright :

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



EVALUATION OF PROPOLIS ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY IN EXPERIMENTAL ACUTE PERITONITIS

EDUARDO C. ALMEIDA E HERCULES MENEZES

ISSN 1809-3957

Abstract - In order to evaluate the anti-inflammatory activity of commercial propolis extracts, an experimental acute peritonitis model was used, where this activity was measured by the interference on leukocyte influx to peritoneal cavity of BALB/C mice. All ten propolis samples assayed showed more activity than acetylsalicylic acid. One sample was more active and three showed activity similar to indomethacin. In six samples, the ethanol used as vehicle could be interfering with the anti-inflammatory activity. The use of this simple model enabled to differentiate commercial propolis ethanolic extracts with higher anti-inflammatory activity from those with lower anti-inflammatory activity and could be useful as a control model to commercial products preparation in order to facilitate their posological usage. It could be useful to identify propolis fractionated compounds with anti-inflammatory activity.

Key words - anti-inflammatory, *Apis mellifera*, bees, propolis.

1. Introduction

Propolis (bee glue) from *Apis mellifera* L is a material elaborated from resinous exudates that bees gather from certain trees and plants. To these resins they add, wood fragments, pollen, salivary secretions and wax, storing in their hives to use for different purposes. The chemical composition of propolis is complex and related to vegetal diversity found around the hive [1]. In a recent revision hundreds of different compounds and structures isolated from propolis resinous fraction were listed [2], many of which with known pharmacological activities.

Although propolis has widely been used in folk medicine for thousands years, a lack of patterns defining their pharmacological activities, difficultate the determination of a clear and better defined dosage.

The use of this product has been increased in the last 20 years resultant not only from a worldwide "natural wave" but also from recent studies showing their pharmacological properties. Acacetin, apigenin, pinocembrin, quercetin, rutin and vanillin contents are related to propolis antimicrobial activity. The propolis minimum inhibitory concentration is about 53 times higher than that reported for tetracycline against *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus* [3].

As to the anti-inflammatory activity, a clear inhibition in leukocytes myeloperoxidase and NADPH oxidase activities were reported [4]. Propolis ethanol extracts suppressed prostaglandin and leukotriene *in vitro* generation by murine peritoneal macrophages and *in vivo* zymosan induced acute peritoneal inflammation [5]. A significant suppression of the lipoxygenase pathway of arachidonic acid metabolism during inflammation was also observed *in vivo*. The mastocyte hyaluronidase inhibitory

activity was observed in guinea pig after treatment with propolis [6]. *In vitro* inhibition of both platelet aggregation and eicosanoid synthesis was also observed [7].

In spite of these recent studies on propolis anti-inflammatory activity, the expansion of the propolis industry and the clinical use of propolis products require simple technique that enable the evaluation of the activity of propolis containing products. The use of quantitative chemical analyses, although accurate, has been unsuccessful to evaluate the pharmacological activity of propolis. An antibacterial power scale of propolis ethanolic extracts was proposed [8] as a viable parameter to standardize their antibiotic dosage.

The objective of this study was to make a comparative evaluation of the anti-inflammatory activity of ten different commercial propolis ethanolic extracts, measuring their interference with the leukocyte influx onto peritoneal cavity after induction of acute peritonitis by yeast extract.

2. Material and Methods

Female BALB/C 16 week-old mice, 19-23 g, reared with ad libitum food and water were used in an adapted acute peritonitis model [9]. Microbiological yeast extract (Difco) was prepared in order to provide a 0.1 g/l suspension in sterile saline and 0.1 ml was injected into the peritoneal cavity (i.p.) of mice. 90 min after yeast extract injection, the mice were killed with ether, and peritoneal exudates were harvested by lavage in 3 ml of PBS containing 10% EDTA (v/w). The number of peritoneal cells/ml was obtained in Neubauer chamber. The anti-inflammatory activity of ten different commercial propolis ethanolic extracts, indomethacin (Sigma) at 1.3 mg/kg in saline solution (w/v), acetylsalicylic acid (Sanof Winthrop) at 6 mg/kg in saline solution (w/v) and ethanol 95% (Merck) were assayed using 13 groups with 6 mice each. At 30 min before peritonitis induction, 20 µl of each solution were i.p. injected.

The sample size ($n=6$) was determined by ANOVA residual analyses using previous experiment with 3 - 15 n variation. The levels of statistical significance for the observed frequencies were determined by Student's t -test [10].

3. Results and discussion

The time to harvest peritoneal exudates (90 min) was obtained after a previous evaluation of the dynamics of the leukocytes fluctuations during different time intervals after the yeast extract inoculation (Figure 1). This

time correspond to a maximal leukocyte concentration in peritoneal cavity after peritonitis induction.

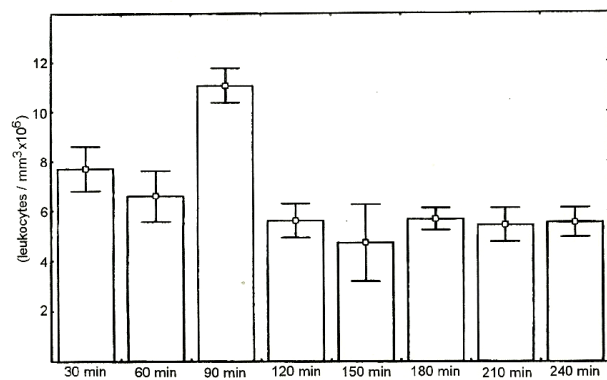


Figure 1 - Leukocyte fluctuation in peritoneal exudates during different time intervals after peritonitis induction. Values are expressed as the means ($\square$), $\pm$ SEM of 6 animals.

Regarding the experimental results (Figure 2), it is possible to observe that when compared to acetylsalicylic acid anti-inflammatory activity, all commercial propolis ethanolic extracts presented anti-inflammatory activity.

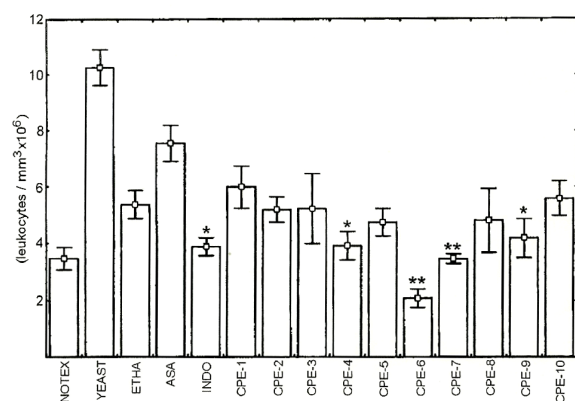


Figure 2 - Effect of ethanol (ETHA), acetylsalicylic acid, 6 mg/kg (ASA), indomethacin, 1.3 mg/kg (INDO) and ten different commercial propolis ethanolic extracts (CPE-) on the yeast-induced peritonitis (YEAST). Drugs were administered, 20 μ l i.p., 30 min prior to yeast injection. Peritoneal exudates harvested by lavage in 3 ml of PBS from normal mice (NOTEX). Values are expressed as the means ($\square$) $\pm$ SEM of 6 animals. Statistically significant differences from the control value (ETHA) was noted as * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

However, in some samples (CPE-1, CPE-2, CPE-3, CPE-5, CPE-8 and CPE-10) this activity overlaps ethanol anti-inflammatory activity suggesting that this activity could be related to ethanol activity found in propolis extracts vehicle. Possibly, these samples contain low concentrations of propolis or low active compounds.

The propolis concentrations indicated in commercial product label correspond to crude propolis concentration that does not correspond to the real resin content [8], where the most active propolis compounds are found. The resin concentration in crude propolis varies between 20 to 70 % and depends on the collection technique used by the beekeepers. When compared with the indomethacin activity, CPE-4, CPE-7 and CPE-9

samples are statistically similar. The CPE-6 sample presented a higher anti-inflammatory activity, superior to all standard anti-inflammatories used in the study.

Not only the collecting and processing of crude propolis could interfere with their final activity, in previous experiments, when the antimicrobial activities of propolis were assayed [8], it was demonstrated that the phytogeographical origin could interfere with this activity. Propolis from one region, reforested with *Eucalyptus* sp presented more activity against *S. aureus*, when compared with propolis from another region rearrested with *Pinus* sp. An intrinsically factor that interfere in the final pharmacological activity of propolis is the synergistic effect of their actives compound [11].

4. Conclusion

Considering that there are at least 210 compounds that could be involved in the pharmacological activity of propolis, that they could act synergistically, or even that these compounds could be present but their activity are not be completely expressed, it is clear that quantitative chemical analyses are not good tools to express pharmacological qualities of propolis and consequently to be used as indicative to posological use of these products.

Nevertheless, as far as the initial objective of this study is concerned, the use of this experimental model enables to distinguish and characterize different propolis samples in relation to anti-inflammatory activity. In this sense, in one inflammation scale composed with these results, it is possible to attribute higher activity to CEP-6 in one extreme and lower activity to CPE-1 in the other extreme. Because of its simplicity, this model could be also used in previous screening of the isolated fractions to localize and identify compounds with anti-inflammatory activity in propolis.

5. References

- [1] V. Bankova, R. Christov, G. Stoev and S. Popov, "Determination of phenolics from propolis by capillary gas chromatography". *Journal of Chromatography*, vol. 607, n. 1, pp. 50-1 53, 1992.
- [2] N. Vera, E. Solorzano, R. Ordoñez, L. Maldonado, E. Bedascarrasbure and M. Isla. "Chemical composition of Argentinean propolis collected in extreme regions and its relation with antimicrobial and antioxidant activities". *Natural Product Communications*, vol. 6, n. 6, pp. 823-827, 2011.
- [3] J. S. Bonvehí, F. V. Coli and R. E. Jordà. "The composition, active components and bacteriostasis activity of propolis in dietetics". *Journal of the American Oil Chemistry Society*, vol. 71, pp. 529-532, 1994.
- [4] S. V. McLennan, J. Bonner, S. Milne, L. Lo, A. Charlton, S. Kurup, J. Jia, D. K. Yue and S. M. Twigg. "The anti-inflammatory agent Propolis improves wound healing in a rodent model of experimental diabetes". *Wound Repair and Regeneration*, vol. 16, n. 5, pp. 706-13, 2008.
- [5] O. K. Mirzoeva and P. C. Calder. "The effect of propolis and components on eicosanoid production during the inflammatory response". *Prostaglandins Leukotrien*

and *Essential Fatty Acids*, vol. 55, pp. 441-449, 1996.

[6] H. Miyataka, M. Nishiki, H. Matsumoto, T. Fujimoto, M. Matsuka and T. Satoh. "Evaluation of propolis. I. Evaluation of Brazilian and Chinese propolis by enzymatic and physico-chemical methods". *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, vol. 20, pp. 496-501, 1997.

[7] M. T. Khayyat, M. A. El-Ghazaly and A. S. El-Khatib. "Mechanisms involved in the anti-inflammatory effect of propolis extract". *Drugs under Experimental and Clinical Research*, vol. 19, pp. 197-203, 1993.

[8] H. Menezes, M. Bacci Jr, S. D. Oliveira and F. C. Pagnocca. "Antibacterial properties of propolis and products containing propolis from Brazil". *Apidologie*, v. 28, pp. 71-76, 1997.

[9] Y. Kohama, Y. Kayamri, Y. Katayama, N. Marayama, M. Itoh, K. Tanaka, H. Tsuboi, N. Sakagushi

and T. Mimura T. "Inhibitory effects of bis (2-aminoethyl) disulfide and bis (2-amino-3-phenylpropyl) disulfide on several mouse inflammations". *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, vol. 40, pp. 3013-3016, 1992.

[10] B. Beilguelman, *Curso Prático de Estatística*. 3th ed. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP, 1994, p. 231.

[11] H. Aga, T. Shibuya, T. Sugimoto, M. Kurimoto and S. Nakajima S. "Isolation and identification of antimicrobial compounds in Brazilian propolis". *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, vol. 58, n. 5, pp. 945-946, 1994.

6. Copyright

The authors are solely responsible for the material included in this article.



IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN CENTRALES FOTOVOLTAICAS

E. A. ESPINALES, *INGENIERA ELECTROMECAÁNICA, IAESTE PANAMÁ – UNESP FEG*

ISSN 1809-3957

Resumen— El vertiginoso crecimiento económico, industrial y poblacional alrededor de todo el mundo, derivan la búsqueda de nuevas, mejores y aún más eficientes fuentes de generación de energía, a fin de abastecer este creciente consumo de electricidad. El siguiente documento presenta una guía práctica sobre la evolución de una de las principales fuentes de generación de energía a partir de recursos renovables, El Sol; y la implementación de la misma para la construcción de centrales de generación conectadas a la red de abastecimiento eléctrico de un país. De igual forma, se presenta una reseña completa para la implementación de este tipo de centrales de generación impulsadas por este recurso renovable.

Términos clave: Aerogeneradores, Energía Eólica, Energía Solar, Paneles fotovoltaicos

1. Introducción

Energía Solar, fuente renovable de energía obtenida a partir de un recurso infinito tal y como lo indica su nombre a partir del sol. La implementación de este tipo de energía para el abastecimiento de las necesidades domésticas e industriales de un país, está tomando cada vez más auge debido a su eficiencia, grandes beneficios tanto económico como para el medio ambiente, al igual que su alta rentabilidad de inversión.

Este trabajo de investigación demuestra la evolución desde el descubrimiento del aprovechamiento de este recurso renovable para la generación de energía hasta su utilización en la actualidad; viajando a través de una reseña histórica y la presentación de los recursos básicos requeridos para la implantación de una central de generación.

2. El Sol, Fuente De Energía Infinita

El sol desde la antigüedad fue reconocido como fuente de energía desde las antiguas civilizaciones. Entre sus principales características destacan (ver Tabla 1):

Radio Medio	6.960 E05 km
Masa	1.991 E30 kg
Densidad media	1.410 g/cm ³
Temperatura Superficial	5.780 °K
Distancia media a la Tierra	1.496 E08 km

Tabla 1 –Características del Sol

El sol puede proporcionar energía mediante tres procesos: térmicos, fotoquímicos y eléctricos; este último de nuestro mayor interés, dado que la transformación directa de la luz solar en energía es realizada mediante un proceso fotovoltaico.

La tierra recibe anualmente 1.5E18 kWh de energía solar que corresponde a diez mil veces el consumo mundial de energía en este periodo de tiempo, lo cual comprueba que el sol es una fuente infinita de energía la cual puede ser aprovechada de diferentes maneras, especialmente para la generación de electricidad.

El valor medio para la radiación solar que incide normalmente en las unidades de la superficie de la parte superior de la atmósfera terrestre es de 1.367 W/m², llamada *Constante Solar*. Las características de radiación solar (intensidad, distribución espectral y angular) antes de llegar al suelo son afectadas por la reflexión y absorción de la capa atmosférica. Estas variaciones varían con la latitud local, condiciones atmosféricas y meteorológicas y el espesor del aire, caracterizada por el coeficiente denominado Masa de Aire – AM.

Un valor ampliamente utilizado para los cálculos técnicos considera una potencia radiante de 1.000 W/m²

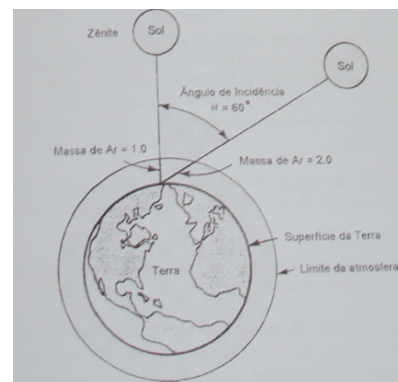


Fig. # Coeficiente AR – en función de la trayectoria de los rayos de sol

3. Evolución del Uso de la Energía Solar

Los orígenes de las aplicaciones de energía solar datan desde las antiguas civilizaciones de Egipto y Grecia, incas, mayas y aztecas; ya que su adoración al Sol como un Dios demuestra la importancia que el sol tenía en estos pueblos. En **Siglo III a.C.** se da la construcción de espejos parabólicos; cuenta la leyenda que Arquímedes, en el año **212 a.C.**, utilizó concentradores de la luz solar, formados por una serie de espejos situados estratégicamente para destruir varias naves romanas. Este principio fue utilizado también por Leonardo da Vinci para diseñar un concentrador solar. Ya en el **Siglo I d.C.** Romanos desenvuelven técnicas de fabricación de vidrios para ventanas, y existen evidencias de que ellos también

conocían el “efecto estufa”, A continuación, una tabla con los diferentes aportes de los científicos que contribuyeron al desarrollo del aprovechamiento de la Energía Solar

TABLA I

Evolución de la Tecnología Solar

Fecha	Suceso	Autor (es)	País
1718	Primeras experiencias de uso de la energía solar para la obtención de altas temperaturas para la fusión y purificación de metales mediante la utilización de reflectores contruidos por Villette.	Hanis y Desaguliers	Francia
1787	Cajas calientes: Primeras pruebas con un dispositivo similar a un colector solar moderno, consistía en un invernadero que tras varias horas de exposición directa a los rayos solares, la energía lumínica se transforma en calor, liberándose en el interior de las cajas como aire caliente y radiación térmica	Horacio de Saussure	Suiza
1891 - Siglo XIX	Calentadores de agua: construcción de depósito metálico pintado de negro, que utilizaba el mismo principio científico que la caja caliente de Saussure	Clarence M. Kemp	EEUU
1909	Agua caliente de día y de noche: Bailey desarrolló Calentadores solares de agua que constaban de dos partes o unidades: un colector de calor solar, y un depósito de acumulación de agua con aislamiento	Bailey	EEUU
1923 y 1931	Florecente industria solar: compra la patente del calentador Día y Noche a Bailey por 8.000 dólares, formando así la Solar Water Heater Company. Luego tras un debastador huracán, Carruthers confía sus asuntos financieros a su socio, Charles F. Ewald	H.M. Carruthers	EEUU

Seguidamente, una tabla de la evolución de las máquinas solares:

TABLA 2

Evolución de máquinas solares

MÁQUINAS SOLARES			
1864 – 1878	Construcción y operación de motores solares, accionados por concentradores en forma de cono. Combinó el retenedor solar de vidrio, y el espejo solar, condujo a varios inventos de éxito: un horno solar, un alambique solar y una bomba solar.	Mouchot	Francia
1866	Primera máquina de vapor: sustituyó la caldera por un tubo de cobre de 2.54 cm de diámetro, de manera que el menor volumen de agua allí contenido se calentase mucho más rápidamente. Para almacenar el vapor, soldó un depósito metálico al extremo superior del tubo		
1870	Máquina solar de vapor, combinaba tres elementos fundamentales: Espejo concentrador, caldera y máquina de vapor. Seguidamente desarrolló un reflector solar barato, y realizó la sustitución del espejo de plata por vidrio de acristalar plateado detrás.	John Ericson	Suecia- EEUU
1872	Máquina solar de agua caliente: Se calienta el aire contenido en un cilindro situado en el foco de un reflector curvo (cilindros-parabólicos)		
1883	Desarrollo de un motor solar de 1.5 HP de potencia.		
1885	Motores Solares de Baja Temperatura: Primeros colectores solares de baja temperatura para impulsar máquinas, estos motores utilizaban vapor presurizado en ciertos líquidos con temperaturas de ebullición muy por debajo de la del agua	Aubrey Encas	EEUU
Finales Siglo XIX	Construcción de motores de desempeño satisfactorio y comercialmente viables. Fundación de Sun Power Company of Boston		

Inicio del Siglo XX	Primer motor solar práctico , utilizaba una caja caliente en cuyo interior dispuso los tubos pintados de negro que alojaban el líquido de bajo punto de ebullición (éter); lo que permitía alimentar un motor de 3.5 HP	Shuman	EEUU
1905-1917	Primera planta comercial en Tocony, combinaba los colectores con reflectores (espejos de vidrio), y se añadió un mecanismo para ajustar el ángulo de los colectores a su exposición óptima. Conectado a una bomba, el dispositivo podía elevar 12.000 l/min de agua a 10 m de altura, y podía producir un potencia máxima de 32 HP		
1913	Construcción de una planta de bombeamiento de agua para irrigación en Maadi, Egipto, con el apoyo de inversionistas británicos. La planta consistía en 5 colectores solares con reflector parabólico sobre un eje Norte-Sur, cada uno de 50 metros de largo por 4 de ancho, y separados 8 metros entre sí. Se alcanzaron 55 hp, captando el 40 % de la energía solar disponible		

Sobre el efecto fotovoltaico...

Las celdas fotovoltaicas surgieron gracias al físico francés *Edmundo Becquerel* en 1839, quien descubrió que ciertos materiales producían pequeñas cantidades de corriente eléctrica cuando los mismos eran expuestos a la luz solar.

Luego, *Albert Einstein* describió lo que era el efecto fotoeléctrico, en el cual se basa hoy la tecnología fotovoltaica. A partir de estos descubrimientos, en 1954 los Laboratorios Bell crearon el primer módulo fotovoltaico apareciendo allí las primeras celdas fotovoltaicas; como su fabricación era bastante costosa y en aquella época el precio resultaba algo injustificado, la producción de celdas fotovoltaicas decayó hasta 1960, cuando la industria espacial comenzó a hacer uso de esta tecnología para conseguir energía eléctrica y distribuir las luego a bordo de sus naves.

4. Instalaciones Solares Fotovoltaicas (ISF)

En función de la aplicación a la que vaya destinada la energía eléctrica generada, las instalaciones fotovoltaicas se pueden clasificar en instalaciones fotovoltaicas aisladas, para la electrificación de viviendas rurales, bombeos para riego, etc, y edificios y centrales fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica, cuyo fin es la generación de electricidad para su inyección a red y posterior venta; estas últimas serán estudiadas con mayor detalle, a continuación:

- **Edificios fotovoltaicos:** estos pueden autoabastecer su demanda y comercializar el excedente; o pueden inyectar toda la energía eléctrica producida por el generador fotovoltaico a la red. Estos sistemas se basan en la instalación de un campo fotovoltaico y un inversor capaz de transformar la energía que suministran los paneles, para inyectarla a la red eléctrica. Algunos de estos tejados de edificios conectados a la red son viviendas particulares, edificios públicos, hoteles, etc. que cuentan con dos contadores, uno para

La capacidad instalada en los denominados “edificios fotovoltaicos” puede ser hasta 100 kW.

Los módulos se pueden instalar sobre la cubierta o fachada del edificio, consiguiendo una buena o total integración. Los equipos de acondicionamiento de potencia y control se pueden ubicar tanto en la azotea como en otra dependencia del edificio.

- **Centrales Fotovoltaicas:** instalaciones donde se transforma directamente la radiación solar en energía eléctrica, a través de una determinada cantidad de paneles solares. El nombre centrales solares fotovoltaicas hace referencia a que la energía producida a través de todos estos diferentes paneles se recoge de manera centralizada; esta es colocada en la red de transmisión, donde luego es distribuida según los criterios de cada localidad para el despacho de energía.

En las centrales fotovoltaicas se consigue producir energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico que consiste en que determinados materiales (células fotovoltaicas) al incidir sobre (en la capa semiconductora) de ellos una corriente de fotones (radiación solar). Aquí los fotones impactan los electrones generando una corriente eléctrica que es conducida a través del material semiconductor del panel y hacia las conexiones del circuito eléctrico. Este proceso de conversión no depende del calor, todo lo contrario, el rendimiento de una célula fotovoltaica disminuye cuando su temperatura se eleva.

Actualmente las células fotovoltaicas son de silicio monocristalino, policristalino o amorfo, el objetivo es encontrar nuevos materiales que aumenten el rendimiento de estas células.

5. Componentes

Un sistema fotovoltaico de conexión a la red está compuesto básicamente por los siguientes elementos:

- **Módulos (Paneles) solares fotovoltaicos:** son las unidades generadoras encargadas de captar la energía luminosa. Están formados por un conjunto de células, interconectadas eléctricamente encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte. Proporcionan en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6V, 12V, 24V,...), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.
- **Inversor:** Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a la red; funciona como interface entre el generador fotovoltaico y la red eléctrica. Convierte la corriente continua de la instalación en corriente alterna con las mismas características de la red eléctrica a la que se conecta, tanto en valor eficaz (voltaje), frecuencia y forma de onda, la cual deberá ser lo

más senoidal posible para minimizar el contenido en armónicos inyectados a red (THD < 5 %), de acuerdo a la norma IEC 555/1/2/3 (*International Electrotechnical Commission*) que hace referencia a la distorsión armónica máxima en corriente, en % sobre la fundamental, dependiendo del número de orden del armónico, producida por un receptor conectado a la red. En tanto, el inversor deberá extraer la máxima potencia posible del generador fotovoltaico, lo cual se logra incorporando un dispositivo "seguidor del punto de máxima potencia" (MPPT), dispositivo electrónico que varía cada determinado tiempo, la tensión de entrada del inversor (o tensión de salida del generador fotovoltaico) hasta que el producto V_{xl} de salida, potencia de salida, del generador fotovoltaico sea el máximo.

El inversor debe incorporar algunas protecciones generales como: Interruptor automático, Funcionamiento "en isla", Limitador de la tensión máx y mín, Limit. De la frec máx y mín (2%), Protección contra contactos directos, sobrecarga, cortocircuito, y Bajos Niveles de emisión e inmunidad de armónicos.

- **Protecciones:** Las protecciones mínimas necesarias para:

Conexión en baja tensión:

- 1.- Contra sobrecargas y cortocircuitos
- 2.- Contra sobre y subtensiones fuera de los límites anteriormente establecidos, con rearme manual
- 3.- Contra desequilibrios en la red de más del 7 % en cualquier sentido
- 4.- Contra variaciones de frecuencia fuera de los límites mencionados

Conexión en alta tensión:

Además de las protecciones descritas para baja tensión:

- 1.- Protección de fallo a tierra, contra sobretensiones homopolares

También y en relación a la norma IEC TC82 respecto a seguridad: Los fallos internos del sistema fotovoltaico no deben afectar el funcionamiento de la red a la que se encuentran conectados.

Coordinación con los sistemas de protección de la red a la que se conecten.

Otras condiciones:

- 1.- Reconexión a la línea después de 3 minutos si la tensión está por encima del 85 % de la nominal.
- 2.- Si existen varios generadores, la reconexión se realizará a intervalos de 10 segundos.

- **Estructuras de Soporte:** Son los elementos sobre los que se colocan los módulos. Tradicionalmente, para maximizar el rendimiento de la instalación de los parques fotovoltaicos, los módulos se fijan en estructuras metálicas cuya altura e inclinación se calculan específicamente en función de la insolación y la orientación del parque. Actualmente, esto varía

en función de la aplicación y del diseño arquitectónico deseado.

Por consiguiente, existen varios tipos de estructuras y las investigaciones siguen avanzando en las posibilidades de implantación. Se destacan las siguientes: Estructura fija sobre terreno, Estructura plana sobre tejado (SPT), Estructura integrada en el tejado (SIT), Estructura brisa-sol (SBS), Estructura triangulada en el suelo (STS), Sobreseguidores*: Con los seguidores lo que se consigue es un aumento del rendimiento de la instalación ya que los paneles siempre están orientados perfectamente hacia el Sol, su principal problema radica en su mayor coste inicial, ya que son más caras que las estructuras fijas, pero debido al aumento de rendimiento se compensa con las ganancias obtenidas.

- **Controlador o Regulador de carga:** Su función es evitar sobrecargas o descargas excesivas a la batería, puesto que los daños podrían afectar la vida útil o causar daños irreversibles. Debe asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficacia. Los reguladores se clasifican según la tecnología del interruptor (relé electromecánico, estado sólido)-Estrategia de desconexión del consumo (por tensión, algoritmos de cálculo de estado de carga, otros algoritmos de gestión de la energía), Posición del interruptor de control de generación (serie, paralelo)
- **Batería:** Almacena la energía producida por el generador. Las diferentes situaciones que pueden dar lugar a alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, hacen necesaria el uso de un sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el panel no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados.

Las baterías son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través del regulador, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida. Las funciones de las baterías en las instalaciones fotovoltaicas son las siguientes:

- *Almacenar energía durante un determinado número de días.
 - *Proporcionar una potencia instantánea elevada.
 - *Fijar la tensión de trabajo de la instalación.
- La capacidad de una batería es la cantidad de electricidad que puede lograrse en una descarga completa partiendo de un estado de carga total, se mide en amperios hora (Ah) $C = t \cdot I$.

Las baterías más utilizadas en las instalaciones solares son las de plomo-ácido, por sus características:

Características de las Baterías Plomo - Ácido

Tipo de Batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	Nº de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Pb - Ácido	2	8-16 horas	< 5%	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo

En aquellas instalaciones que requieran una capacidad elevada, se eligen baterías tubulares estacionarias; para instalaciones pequeñas, las de gel.

A continuación se presentan una tabla que muestra diferentes modelos de baterías de plomo-ácido que se utilizan en la práctica (dependiendo de la aplicación de la instalación):

Tipo	Ventajas	Desventajas
<i>Tubular estacionaria</i>	*Ciclado profundo *Larga vida *Reserva de Sedimentos	*Precio elevado *Disponibilidad escasa en determinados lugares
<i>Arranque</i>	Precio Disponibilidad	*Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes *Tiempo de vida corto *Escasa reserva de electrolito
<i>Solar</i>	*Fabricación similar a SLI *Amplia reserva de electrolito *Buen funcionamiento en ciclados medios	*Tiempo de vida medios *No recomendada para ciclados profundos y prolongados
<i>Gel</i>	Escaso Mantenimiento	*Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V-I

Una central fotovoltaica no necesariamente precisa de todos estos elementos, pudiendo prescindir de uno o más de estos, según la aplicación, tipo y tamaño de cargas a alimentar. Los dos últimos elemento, sólo son estrictamente necesarios para el caso de instalaciones autónomas.

Cabe destacar que el aprovechamiento de la energía solar de manera confiable y segura, requiere del conocimiento acertado de la incidencia del sol sobre el lugar donde se desea realizar la instalación. La cual se hace posible mediante el empleo de "piranómetros", dispositivos que permiten registrar la incidencia del sol y la "insolación", que no es más que la duración de la radiación solar durante un tiempo determinado.

Por lo tanto, no sólo es necesario contar con todos los componentes antes mencionado, sino que se necesita tener completa certeza de contar con índices de radiación acertados que permitan generar energía a partir del aprovechamiento de la luz solar.

6.Aspectos Ambientales

Los estudios y la experiencia en la utilización del recurso solar para generación de electricidad en larga escala, han demostrado que el impacto ambiental es mínimo.

Los impactos térmicos y climáticos asociados a una central fotovoltaica son despreciables. Dado que los módulos reducen levemente la reflectividad, que tiende a elevar la temperatura local, pero este efecto es compensado por la conversión de una buena parte de la luz solar en electricidad, que normalmente solo produciría calor. En este tipo de tecnología no existe ningún tipo de emisión de CO₂ ni de otros gases contaminantes a la atmósfera, no genera residuos ni genera ruidos.

7. Reconocimientos

La autora de este artículo está completamente agradecida con el Dr. Teófilo Souza, profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNESP, sede de Guaratinguetá; por toda su guía, asesoría y apoyo.

8. Bibliografía

Textos:

Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. CEPEL-CRESESB, *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*, Edicao Especial, Río de Janeiro, Agosto 2004, p. 88 - 185

Artículos Técnicos:

Componentes de una instalación solar fotovoltaica.
Editorial Mc-Graw Hill.

Sitios de Internet:

Agencia Andaluza de la Energía; *Energía Solar Fotovoltaica*. Última fecha de actualización: 7 de abril de 2008.

http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/agenciadelenergia/nav/com/contenido.jsp?pag=/contenidos/proyectos/areas/energiasRenovables/solar/solar_fotovoltaica

Energia Fotovoltaica.ws ; *Centrales Fotovoltaicas*

<http://www.energiafotovoltaica.ws/solar/centrales-solares-fotovoltaicas.html>

Opex Energy; Fotovoltaica- Principales Elementos de la Instalación.

http://www.opex-energy.com/fotovoltaica/componentes_fotovoltaicos.html

9. Copyright :

Direitos autorais: O autor é o único responsável pelo material incluído no artigo.



ESTUDO DO EQUILÍBRIO LÍQUIDO-VAPOR A PRESSÃO CONSTANTE USANDO O MÉTODO DE UNIFAC MODIFICADO NO CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ATIVIDADE

SILVA, C. H. F. DA, DUARTE, C. R.

ISSN 1809-3957

Resumo: Este trabalho consiste na predição de dados de equilíbrio líquido-vapor através do cálculo do ponto de bolha e ponto de orvalho a pressão constante para misturas binárias e ternárias, porém aplicável à misturas de multicomponentes. Para o cálculo de coeficientes de atividade, utilizou-se o método de contribuição de grupos UNIFAC modificado. Os últimos avanços na metodologia UNIFAC para cálculo dos coeficientes de atividade de um componente mesmo na região diluída têm confirmado o excelente desempenho do método mesmo para sistemas mais complicados. Desvios absolutos do método com relação a dados experimentais foram altos, indicando que este método não é recomendado para a predição de dados isobáricos completos para o equilíbrio líquido-vapor em projetos na indústria química.

Palavras Chaves: Equilíbrio líquido-vapor (ELV), coeficiente de atividade, método de UNIFAC modificado, ponto de bolha, ponto de orvalho.

1. Introdução

Os dados de equilíbrio líquido-vapor são essenciais para o projeto de equipamentos de separação. A pesquisa por teorias capazes de prever estes dados tem aumentado na medida em que novos materiais vem sendo industrializados. Ter um meio de prever os dados de equilíbrio de forma precisa significaria uma redução no tempo gasto para a pesquisa do projeto, bem como uma redução no custo, uma vez que partindo-se de base teórica seriam obtidos os dados necessário, sendo que os custos para gerar dados experimentais são altos.

Os métodos de contribuição de grupo, UNIFAC e ASOG, são largamente conhecidos entre os pesquisadores da área de termodinâmica dos sistemas em equilíbrio. Até o presente, eles tem sido, os mais empregados métodos [1,3] que determinar os coeficientes de atividade de um componente na fase líquida, partindo-se de considerações exclusivamente teóricas. Apesar disso, é conhecido que a tabela de parâmetros de interação binária [4] só é possível ser ampliada, através da coleta de dados experimentais. Através desses métodos é possível calcular os coeficientes de atividade (γ) de um componente em misturas, seja binária ou multicomponente.

Neste trabalho a representação dos coeficientes de atividade foi feita pelo método de UNIFAC

modificado. Descrever-se-á a seguir, as características principais e a extensão do presente trabalho. Sistemas contendo dados termodinâmicos de equilíbrio líquido-vapor consistentes serão testados visando a comprovação do método. Selecionou-se seis sistemas: etanol-água, hexano-octano, benzeno-heptano, acetona-hexano, hexano-benzeno, ciclohexano-água-etanol.

2. Fundamentos Teóricos

O ponto de partida para todos os cálculos do equilíbrio líquido-vapor é o critério de equilíbrio:

$$\overline{f}_i^L(T, P, x_i) = \overline{f}_i^V(T, P, y_i) \quad (1)$$

Para a espécie i na mistura de vapor pode-se escrever:

$$\hat{f}_i^V = y_i \hat{\phi}_i P \quad (2)$$

E para a espécie i na solução líquida pode ser escrita na forma:

$$\hat{f}_i^L = x_i \gamma_i f_i \quad (3)$$

De acordo com a Equação (1), as fugacidades devem se igualar, resultando na seguinte forma:

$$y_i \hat{\phi}_i P = x_i \gamma_i f_i \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (4)$$

Substituindo-se a fugacidade na fase líquida, obtém-se:

$$y_i \Phi_i P = x_i \gamma_i P_i^{Sat} \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (5)$$

Onde:

$$\Phi_i = \frac{\hat{\phi}_i}{\phi_i^{Sat}} \exp \left[-\frac{V_i^L (P - P_i^{Sat})}{RT} \right] \quad (6)$$

A pressão de saturação pode ser calculada na forma da Equação de Antoine, de onde por rearranjo, é possível obter Equações para a temperatura e temperatura de saturação na seguinte forma:

$$\ln(P_i^{Sat}) = A_i - \frac{B_i}{T + C_i} \quad (7)$$

$$T = \frac{B_i}{A_i - \ln(P_i^{Sat})} - C_i \quad (8)$$

$$T_i^{Sat} = \frac{B_i}{A_i - \ln P_i} - C_i \quad (9)$$

O coeficiente de atividade de cada componente de uma mistura [5] está relacionado com a sua energia livre de Gibbs parcial molar de excesso $\left(\overline{G_i^E}\right)$ através da Equação:

$$\ln \gamma_i = \frac{\overline{G_i^E}}{RT} \quad (10)$$

Neste trabalho utilizou-se para o cálculo do coeficiente de atividade o modelo de UNIFAC Modificado [6].

Para o cálculo do coeficiente de fugacidade na fase vapor utilizou-se a forma dada pela Equação de Virial, truncada em dois termos na expansão em P e o segundo coeficiente calculado por Tsonopoulos [6].

$$\hat{\phi}_i = \exp \frac{P}{RT} \left[B_{ii} + 0.5 \sum_j \sum_k y_j y_k (2\delta_{ji} - \delta_{jk}) \right] \quad (11)$$

$$\text{Onde: } \delta_{zw} = 2B_{zw} - B_{zz} - B_{ww} \quad (12)$$

Pode-se obter o coeficiente de fugacidade do componente puro na saturação pela Equação (11), fazendo-se todos δ_{zw} iguais a zero, resultando em:

$$\hat{\phi}_i^{Sat} = \exp \frac{B_{ii} P_i^{Sat}}{RT} \quad (13)$$

Para cada espécie I no sistema multicomponente, são válidas as seguintes equações que fornecem as frações molares de líquido e de vapor:

$$y_i = \frac{x_i \gamma_i P_i^{Sat}}{\Phi_i P} \quad (14)$$

$$x_i = \frac{y_i \Phi_i P}{\gamma_i P_i^{Sat}} \quad (15)$$

Aplicando-se o somatório na fração molar do vapor e dividindo-se por uma pressão de saturação é possível encontrar uma relação de pressão de saturação em função da pressão de todos os componentes da mistura, pela seguinte forma:

$$P_j^{Sat} = \frac{P}{\sum_i \left(\frac{x_i \gamma_i}{\Phi_i} \right) \left(\frac{P_j^{Sat}}{P_i^{Sat}} \right)} \quad (16)$$

Da mesma forma para somatório na fração molar de líquido obtém-se:

$$P_i^{Sat} = P \sum_i \frac{y_i \Phi_i}{\gamma_i} \left(\frac{P_j^{Sat}}{P_i^{Sat}} \right) \quad (17)$$

Talvez um dos maiores avanços na predição de equilíbrio de fases nos últimos tempos tenha sido introduzido por [2] conhecido como UNIFAC. Esse método é baseado na interação entre grupos que compõe as moléculas, em vez de considerar a interação entre cada espécie química presente. Em muitos sistemas o número de grupos pode ser muito menor que o de componentes, principalmente quando existem muitos componentes semelhantes entre si. Isto pode significar uma enorme vantagem computacional, embora o método UNIFAC em si seja muito mais elaborado que os convencionais. A outra vantagem do UNIFAC é que ele permite determinar as relações de equilíbrio da misturas na ausência de dados experimentais. Basta que se disponha de dados das contribuições dos grupos envolvidos. Além disso o método tem excelente capacidade de aproximação de resultados experimentais. A maior limitação do método é que ele depende de um banco de dados que contém os parâmetros das contribuições dos grupos. Esses parâmetros de interação binária são obtidos pela correlação de dados experimentais.

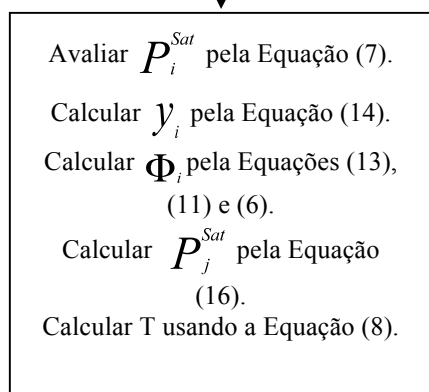
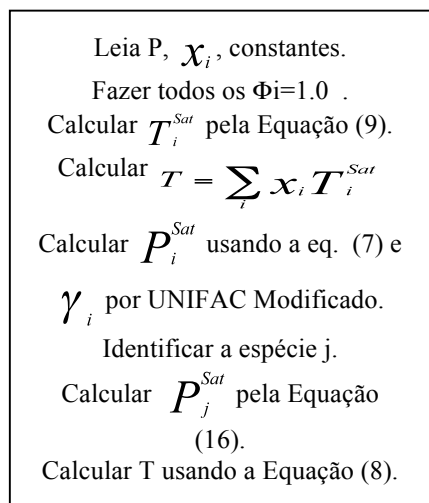
I. MODELO UNIFAC MODIFICADO

Em comparação com o método UNIFAC original, a alteração mais fundamental encontra-se na dependência do parâmetro de interação binário, ou parâmetro de energia (ψ_{nm}) com a temperatura, acrescentado as novas constantes a_{nm} , b_{nm} , c_{nm} , [4], para cada grupo do método da seguinte forma:

$$\Psi_{nm} = \exp \left(- \frac{a_{nm} + b_{nm} T + c_{nm} T^2}{T} \right) \quad (18)$$

II. PROCEDIMENTO DE CÁLCULO

São conhecidos os valores de pressão do sistema e a composição da fase líquida de cada componente tendo então como incógnitas os valores de temperatura do sistema e a composição da fase gasosa para cada um dos componentes, encontrados pela resolução do algoritmo ver na Figura 1:



**$\delta T <$
Tolerância**

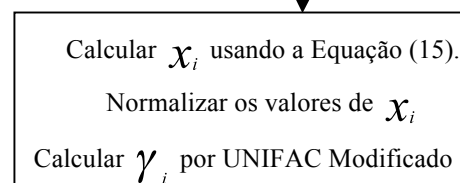
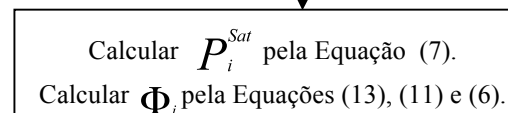
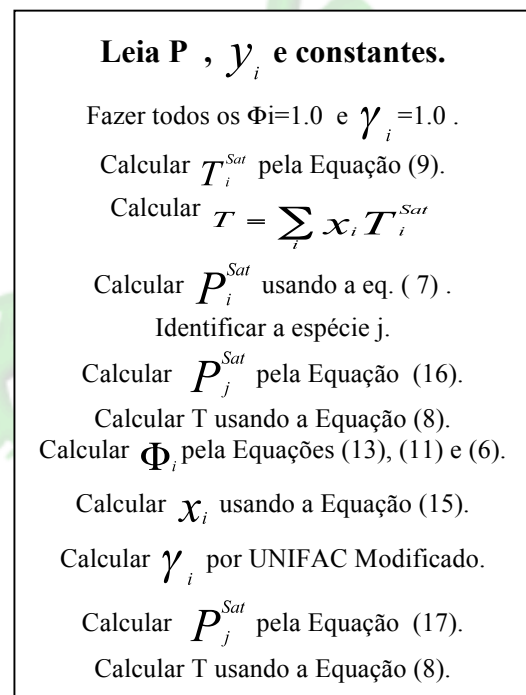
Não

Sim

Imprimir T e γ_i

Figura 01 – Algoritmo para resolução – Bolha T.

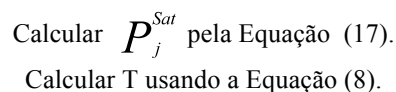
São conhecidos os valores de pressão do sistema e a composição da fase gasosa de cada componente tendo então como incógnitas os valores de temperatura do sistema e a composição da fase líquida para cada um dos componentes, encontrados pela resolução do algoritmo, ver Figura 02:



$\delta \gamma_i <$ Tolerância?

Não

Sim



Não

$\delta T <$ Tolerância?

Sim

Imprimir T e x_i

Figura 02 – Algoritmo de resolução : Orvalho T

3. Resultados E Discussões

Após uma análise detalhada das Equações listadas neste trabalho, elaborou-se as rotinas de cálculo utilizando-se o software MAPLE V Release 4, afim de facilitar a obtenção dos resultados comparando-se com os dados experimentais. O software para predição de dados de equilíbrio foi desenvolvido para um sistema multicomponente.

Para avaliar a procedure para o cálculo do coeficiente de atividade pelo modelo UNIFAC Modificado, foram comparados os valores obtidos com os resultados do artigo [4], para o sistema 1-Butanol-Água como apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Avaliação dos resultados obtidos para o coeficiente de atividade.

T (°C)	UNIFAC – [4]	Resultados obtidos	Erro absoluto
25	41,9	41,9	0,0
50	43,0	43,0	0,0
75	42,2	42,2	0,0
100	40,0	40,0	0,0

Para exemplificar a rotina de cálculo, escolheu-se o sistema etanol-água bem como o sistema água-ciclohexano-etanol, para os demais sistemas apresentaremos apenas os desvios absolutos médios nos cálculos de temperatura e composição nas fases gasosa. Este procedimento é suficiente para aprovação de uma das metodologias dentro dos limites explorados. A Tabela 2 abaixo, apresenta os resultados obtidos para pressão total (mmHg) e composição molar da fase líquida (xi) a temperatura de 343,15 K.

Tabela 2 – Resultados obtidos para o sistema Etanol (1)-Água (2) a 343,15 K – Ponto de bolha.

Dados Experimentais			Calculado	
P	X ₁	Y ₁	T	Y ₁
362,5	0,0620	0,3740	344,58	0,3818
399,0	0,0950	0,4390	345,07	0,4486
424,0	0,1310	0,4820	345,36	0,4906
450,9	0,1940	0,5240	341,87	0,5318
468,0	0,2520	0,5520	342,17	0,5554
485,5	0,3340	0,5830	342,50	0,5818
497,6	0,4010	0,6110	342,74	0,6031
525,9	0,5930	0,6910	343,41	0,679

534,3	0,6800	0,7390	343,72	0,7263
542,7	0,7930	0,8160	344,31	0,7945
543,1	0,8100	0,8260	344,40	0,8081
544,5	0,9430	0,9410	345,36	0,9346
544,5	0,9470	0,9450	345,50	0,9390

A Tabela 2 abaixo, apresenta os resultados obtidos para pressão total (mmHg) e composição molar da fase gasosa (yi).

Tabela 3 – Resultados obtidos para o sistema Etanol (1)-Água (2) a 343,15 K Ponto de Orvalho.

Dados Experimentais			Calculado	
P	X ₁	Y ₁	T	X ₁
362,5	0,0620	0,3740	343,78	0,0660
399,0	0,0950	0,4390	344,06	0,0960
424,0	0,1310	0,4820	344,13	0,1273
450,9	0,1940	0,5240	344,67	0,1772
468,0	0,2520	0,5520	345,06	0,2379
485,5	0,3340	0,5830	345,55	0,3379
497,6	0,4010	0,6110	345,92	0,4277
525,9	0,5930	0,6910	347,04	0,6166
534,3	0,6800	0,7390	347,50	0,7025
542,7	0,7930	0,8160	348,18	0,8153
543,1	0,8100	0,8260	348,25	0,8282
544,5	0,9430	0,9410	349,04	0,9525
544,5	0,9470	0,9450	349,07	0,9560

As Tabelas 4 e 5 apresentam os dados experimentais, utilizados para o sistema Água-Ciclohexano-Etanol.

Tabela 4 – Dados experimentais para o sistema Água (1)-Ciclohexano (2)-Etanol (3) para a fase líquida.

Dados Experimentais				
P	T	X ₁	X ₂	X ₃
863,36	339,03	0,0888	0,5101	0,4012
858,80	338,61	0,1038	0,5125	0,3837
855,00	338,20	0,1194	0,5125	0,3681
826,88	336,81	0,1730	0,5180	0,3090
822,32	336,65	0,1747	0,5186	0,3067
818,52	336,52	0,1759	0,5191	0,3050
790,40	335,58	0,1781	0,5218	0,3000
785,84	335,43	0,1782	0,5222	0,2996
782,04	335,30	0,1782	0,5226	0,2992

Tabela 5 - Dados experimentais para o sistema Água (1)-Ciclohexano (2)-Etanol (3) para a fase vapor.

Dados Experimentais				
P	T	Y ₁	Y ₂	Y ₃
863,36	339,03	0,1534	0,5079	0,3387
858,80	338,61	0,1706	0,5074	0,3220
855,00	338,20	0,1904	0,5070	0,3026
826,88	336,81	0,2274	0,5126	0,2600
822,32	336,65	0,2285	0,5131	0,2584
818,52	336,52	0,2292	0,5135	0,2573
790,40	335,58	0,2370	0,5136	0,2494
785,84	335,43	0,2300	0,5164	0,2535
782,04	335,30	0,2300	0,5168	0,2533

Na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos para o sistema Água-Ciclohexano-Etanol para a fase vapor.

Tabela 6 – Resultados obtidos para o sistema Água (1)-Ciclohexano (2)-Etanol (3) de temperatura e composição da fase gasosa a uma dada pressão.

Dados Calculados				
P	T	Y ₁	Y ₂	Y ₃
863,36	344,00	0,1522	0,4630	0,3870
858,80	343,00	0,1930	0,4688	0,3413
855,00	343,38	0,1923	0,4689	0,3420
826,88	340,23	0,2547	0,4828	0,2658
822,32	340,09	0,2567	0,4831	0,2635
818,52	339,84	0,2580	0,4843	0,2610
790,40	338,71	0,2613	0,4877	0,2542
785,84	338,54	0,2615	0,4881	0,2536
782,04	338,39	0,2617	0,4886	0,2530

Na Tabela 8 são apresentados os desvios absolutos médios para o sistema ternário.

Tabela 8 – Resultados médios para o sistema Água(1)-Ciclohexano (2)-Etanol(3) .

ΔT	ΔY_1	ΔY_2	ΔY_3	Ref.
4,110	0,0219	0,0324	0,0098	[12]

Para os demais sistemas que foram testados, serão apresentados apenas os desvios absolutos médios em relação à temperatura e à composição, eles podem ser conferidos na Tabela 9 adiante.

Tabela 9 – Resultados médios para os sistemas binários testados

Sistema	ΔT	ΔY	Ref.
Etanol-Água	0,770	0,009	[7]
		9	
Benzeno-Hexano	3,992	0,047	[8]
		8	
Benzeno-Octano	13,20	0,060	[9]
		7	
Benzeno-Heptano	10,71	0,220	[10]
		8	
Acetona-Benzeno	6,940	0,110	[11]
		0	

4. Conclusão

Os resultados dos desvios absolutos médios no cálculo da temperatura e composição da fase gasosa para o sistema etanol-água incentivaram a utilização do método preditivo, haja vista que os componentes deste sistema apresentam forte polaridade. Apesar disso, a aplicação do método a outros sistemas tais como Benzeno-Hexano, Benzeno-Octano, Benzeno-Heptano e Acetona-Benzeno demonstraram que o método não deve ser recomendado para a predição de dados isobáricos completos de equilíbrio líquido-vapor (ELV) em projetos da indústria química. O mesmo não se verifica no caso da determinação de dados isotérmicos como comprovado por Franco Jr. (2000) [13].

5. Referência Bibliográfica

- [1] J. A. A. Bessa e M.R. Franco Jr, “ Prediction of solubility of sugars in water-ethanol systems using UNIFAC”. Anais do EQUIFASE 99, 247-251, Vigo-Espanha, 1999.
- [2] A. Fredenslund; J. Gmehling e P. Rasmussen, “Vapor-liquid equilibria using UNIFAC – a group-contribution method”, Elsevier Scientific Publishing company Amsterdam, Oxford – New York, 1977.
- [3] M. R. Franco Jr, Medidas de equilíbrio líquido-vapor pelo método de arraste. Tese de doutorado. FEQ/UNICAMP, 185 p. 1998.
- [4] J. Gmehling, J.; Li, J.; Schiller, M., 1993. “Modified UNIFAC Model. 2. Present Parameter Matrix and Results for Different Thermodynamic Properties”. Ind. Eng. Res. , 32, 178-193.
- [5] J. M. Smith e H. C. Van Ness, Introduction to Chem. Eng. Therm., McGraw-Hill Int. Edition, 4ª Edição, 1987.
- [6] C. Tsonopoulos, “An Empirical Correlation of Second Virial Coefficients. AIChE Journal VOL. 20, Nº 2, p. 263-272. Março 1974.
- [7] I. Mertyl, Collection Czech. Chem. Commun., 37, 366, 1972.
- [8] M. P. Susarev e S. T. Chen, Zh. Fiz. Khim., 37, 1739, 1963.
- [9] H. Kirss, L. S. Kudryavtseva e O. Eisner, EESTI NSV TEAD. AKAD. TOIM., KEEM. GEOL., 24, 15, 1975.
- [10] G. Werner e H. Schubert, J. Prakt. Chem., 31, 225, 1996.
- [11] I. Brown e F. Smith, Austr. J. Chem., 10, 423, 1957.
- [12] Dados fornecidos por: Barci Engenharia – Empresa de Consultoria e Projetos.
- [13] Franco Jr., M. R. “Estudo da Utilização de modelos avançados...”, ICECE. São Paulo – (Aceito para apresentação e publicação) – 30/Ago/2000.

6 Copyright

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.