

# IRRADIAÇÃO SOLAR GLOBAL MÉDIA MENSAL ( $H_g^m$ ) E TRANSMITÂNCIA ATMOSFÉRICA DIÁRIA ( $k_t^d$ ) NO SERTÃO DE ALAGOAS – BRASIL

**José Leonardo de Souza** – leonardojs@yahoo.com.br

**Cícero Manoel dos Santos** – cicero Manoel2007@gmail.com

**Marshall Victor Chagas Santos** – marshallvictor@hotmail.com

Universidade Federal de Alagoas, Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar

**Gustavo Bastos Lyra** – gbylra@gmail.com

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais

**Chigeru Tiba** – tiba@ufpe.br

**Rinaldo Oliveira de Melo** – rinaldoom@hotmail.com

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear – Grupo FAE

**Resumo.** Neste trabalho são comparadas as evoluções temporais dos valores médios mensais da irradiação solar global ( $H_g^m$ ) ( $MJm^{-2}$ ) e da transmitância atmosférica diária ( $K_t^d$ ), entre 2008 a 2009, nas regiões de Água Branca, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema, localizadas no Sertão do Estado de Alagoas. Os dados de irradiação solar global foram medidos por piranômetros instalados em estações solarimétricas situadas nas três localidades. A transmitância atmosférica diária ( $k_t^d$ ) foi obtida a partir da razão entre a irradiância solar global diária ( $R_g^d$ ) ( $Wm^{-2}$ ) e a irradiância solar global diária no topo da atmosfera ( $R_0^d$ ) ( $Wm^{-2}$ ). Foram considerados cinco intervalos de  $k_t^d$  para definir a cobertura de nuvens no céu. Verificou-se na região de Água Branca irradiação solar global máxima ( $H_g^m = 26,05 MJm^{-2}$ ) no mês de Novembro e mínima ( $H_g^m = 13,11 MJm^{-2}$ ) no mês de Junho, em 2008. Na região de Pão de Açúcar observou-se para o ano de 2008 amplitude de  $9,92 MJm^{-2}$ , oriundo da diferença entre o máximo ( $H_g^m = 25,61 MJm^{-2}$ ) observado em Novembro e mínimo ( $H_g^m = 15,69 MJm^{-2}$ ) em Maio. A região de Santana do Ipanema mostrou em média valores de  $H_g^m$  maiores que Água Branca e menores que Pão de Açúcar. Notaram-se maiores frequências ( $k_t^d$ ) para dias parcialmente nublados, seguido das condições de dias limpos, parcialmente nublados tendendo a limpos, nublado tendendo a parcialmente nublados e nublados, nas três regiões. Estes resultados comprovam o potencial de energia solar incidente no Sertão do Estado de Alagoas.

**Palavras-chave:** Irradiação Solar Global, Sertão de Alagoas, Transmitância Atmosférica Diária.

## 1. INTRODUÇÃO

As observações dos elementos meteorológicos possibilitam uma caracterização dos processos atmosféricos de superfície, sendo a radiação solar a principal fonte de energia para o sistema Atmosfera - Terra, implicando praticamente nas diversas atividades humanas (Souza et. al., 2000). A radiação solar ao chegar à atmosfera terrestre interage com seus constituintes (vapor d'água, aerossóis, gases) que influencia na pressão atmosférica, no vento, na temperatura do ar e umidade relativa do ar. Na superfície terrestre, esta radiação é importante no processo de fotossíntese e utilização como fonte de energia renovável (energia elétrica e térmica). Para viabilizar o uso eficiente da radiação solar numa determinada região, é importante determinar o total incidente na superfície, que ocorre através de instrumentos operacionais (radiômetros), que exigem frequentemente manutenção e calibração dos sensores.

A transmitância atmosférica global ou índice de claridade ( $k_t$ ), que é a razão entre a irradiância solar global incidente e a que chega ao topo da atmosfera, indica a fração de cobertura de nuvens no céu. Nicácio (2002) pontuou que a análise da transmitância atmosférica diária ( $K_t^d$ ) pode ser utilizada para estabelecer o grau de cobertura do céu, propiciando um indicativo da porcentagem de dias limpos, parcialmente nublados e nublados. Segundo Iqbal (1983) na condição de céu limpo, as amplitudes da irradiância solar sobre a superfície ocorrem devido à atenuação na atmosfera por ozônio, vapor de água e aerossóis. Na condição de céu nublado, as nuvens são os fatores responsáveis pela redução da irradiância solar, principalmente, quando combina o tipo, número e espessura da camada. O  $k_t$  é um indicador da condição de nebulosidade sendo representado por frequência em função da escala horária, diária e mensal (Duffie, 2006). Whillier (1953) observou semelhança entre as curvas horária e diária de  $k_t$  para um mesmo local. Assim, as curvas de distribuição de ocorrências diárias de  $k_t$  também podem ser aplicadas a índices de claridade horário. Liu e Jordan (1960) descobriram que as curvas de distribuição cumulativas de  $k_t$  são quase idênticas para locais que tenham os mesmos valores de transmitância atmosférica média ( $\langle k_t \rangle$ ) - embora os locais variem amplamente em latitude e elevação. Baseado nesta informação eles desenvolveram um conjunto de curvas de distribuição generalizada de  $k_t$  versus frequência ( $f$ ), que são funções de  $\langle k_t \rangle$ , ou índice de claridade mensal. Ricieri (1998) definiu metodologias para obtenção do tipo de transmitância atmosférica diária ( $k_t^d$ ) para Botucatu – SP e Cascavel-PR, por meio de comparação

gráfica da irradiação solar global ( $H_g$ ), irradiação solar direta ( $H_d$ ) e irradiação solar difusa ( $H_D$ ). Através das observações classificou dias nublados com ( $0 < k_t^d < 0,30$ ), dias parcialmente nublados ( $0,30 \leq k_t^d \leq 0,65$ ) e dias limpos ( $k_t^d > 0,65$ ). Desta forma este trabalho tem como objetivo mostrar a variação temporal da irradiação solar global média mensal e da transmitância atmosférica diária ( $k_t^d$ ) nas regiões de Água Branca, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema, durante os anos de 2008 a 2009.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS.

O presente trabalho foi desenvolvido com uso de dados solarimétricos de três estações instaladas no Sertão do Estado de Alagoas, conforme distribuição espacial mostrada na (Fig. 1). As localizações pontuais das estações podem ser verificadas na (Tab. 1), onde são mostradas suas coordenadas geodésicas e a precipitação média anual acumulada. Segundo a classificação de Thornthwaite – Mather, o clima da estação de Água Branca é do tipo (C1A'sw), caracterizado por ser Subúmido seco (C1), Megatérmico (A') com deficiência de água moderada no verão (s) e excesso de água no inverno (w), com precipitação e temperatura média anual de 1051,4 mm e 23,7°C, respectivamente. No período de abril a agosto ocorrem 64,0% da chuva esperada para o ano inteiro. O clima de Pão de Açúcar é do tipo DA's2d, caracterizado por ser Semiárido (D), Megatérmico (A') com grande deficiência de água no verão (s2) e excesso de água nulo no inverno (d), segundo a classificação de Thornthwaite-Mather. Possuindo precipitação e temperatura média anual de 571,87 mm e 28,1°C, respectivamente. No período de abril a agosto ocorrem 60,0% da chuva esperada para o ano inteiro. O clima para Santana do Ipanema é o mesmo verificado para Pão de Açúcar, diferindo apenas na precipitação e temperatura média anual que corresponde respectivamente a 754,7 mm e 25,5°C. No período de abril a agosto ocorrem 66,0% da chuva esperada para o ano inteiro.

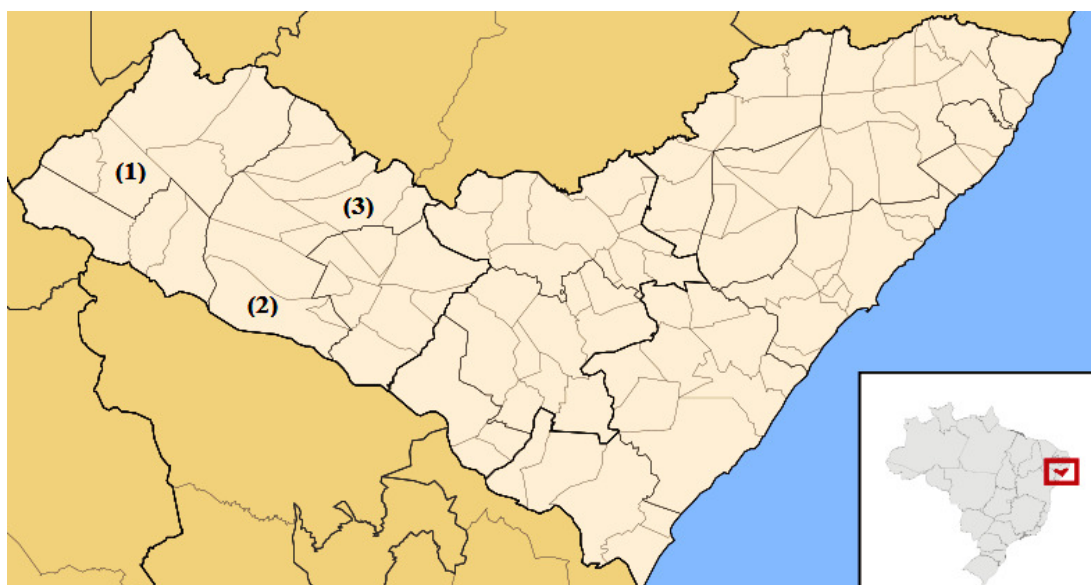


Figura 1 - Distribuição espacial das estações solarimétricas no Sertão do Estado de Alagoas. Mapa adaptado de (<http://asnovidades.com.br/mapa-de-alagoas-para-colorir/>), acesso: 20/03/2012.

Tabela 1. Localização das estações solarimétricas instaladas no Sertão do Estado de Alagoas.

Estações	Latitude	Longitude	Altitude (m)	P (mm)
(1) Água Branca	9°15'15,0"S	37°56'15,0"W	593,0	1051,4
(2) Pão de Açúcar	9°44'48,1"S	37°26'15,1"W	46,0	571,87
(3) Santana do Ipanema	9°22'30,7"S	37°13'53,6"W	279,0	754,7

Os dados de irradiância solar global ( $Wm^{-2}$ ) das regiões de Água Branca, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema foram medidos por um piranômetro preto e branco da Eppley instalados em estações solarimétricas, no período de 2008 a 2009. A aquisição e armazenamento dos dados foi utilizando um Datalogger da Campbell modelo CR1000, programado para capturar informações a cada segundo e gravar médias a cada minuto. Os dados medidos foram transferidos para um microcomputador e, posteriormente separados em planilhas eletrônicas no Microsoft Excel®, com distribuição mensal. Dados duvidosos, falhas relacionadas com o período de calibração e mau funcionamento dos

sensores foram removidos. Nas regiões de Água Branca e Pão de Açúcar foram excluídos 5 e 20 dias, respectivamente. Enquanto a região de Santana do Ipanema não indicou valores duvidosos ou tendenciosos, por isso, não ocorreram exclusões. A integração da irradiação solar global média mensal ( $H_g^m$ ), Eq. (1), foi obtida da irradiação solar global diária ( $H_g^d$ ), Eq. (2), sendo:

$$H_g^m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_g^d \quad (1)$$

$$H_g^d = \int_{t_o}^{t_f} I_g^h(t) dt \quad (2)$$

em que N é o número de dias do mês,  $t_o = 06h00min$  da manhã,  $t_f = 16h59min$  da tarde e  $I_g^h$  a irradiância solar global horária ( $Wm^{-2}$ ). Padronizou-se a integração diária nesse intervalo pelo fato de se observar pouca irradiância fora deste intervalo, ou seja, a energia desconsiderada para estudo era insignificativa em relação aos totais integrados. A irradiância solar global que chega ao topo da atmosfera ( $R_0$ ) ( $Wm^{-2}$ ) foi obtida em função da constante solar ( $S_0 = 1367 Wm^{-2}$ ), da excentricidade do eixo da Terra ( $E_0$ ), da latitude local ( $\varphi$ ), da declinação ( $\delta$ ) e do ângulo horário solar ( $\omega$ ), de acordo com Iqbal (1983). Para gerar os dados de  $R_0$  foi criado um arquivo padrão em planilhas eletrônicas com as equações descritas em Iqbal (1983) inseridas. Para facilitar a estimativa, insere-se o valor da latitude local (em graus - negativo no Hemisfério sul) que os valores serão gerados automaticamente. A transmitância atmosférica global diária ( $k_t^d$ ), Eq. (3), foi obtida através da razão entre a irradiância solar global diária ( $R_g^d$ ) e a irradiância solar global diária no topo da atmosfera ( $R_0^d$ ), de acordo com,

$$k_t^d = \frac{R_g^d}{R_0^d} \quad (3)$$

Na caracterização das condições atmosféricas consideram-se dias nublados com ( $k_t^d \leq 0,30$ ), dias nublados tendendo a parcialmente nublados ( $0,30 < k_t^d \leq 0,40$ ), dias parcialmente nublados ( $0,40 < k_t^d \leq 0,60$ ), dias parcialmente nublados tendendo a limpos ( $0,60 < k_t^d \leq 0,69$ ) e dias limpos com o intervalo de ( $0,69 > k_t^d$ ). A caracterização das condições de nebulosidades foi adaptada de Iqbal (1983) e nas características de cobertura de céu nas regiões do Estado de Alagoas onde existe pouca frequência da condição de céu claro ( $k_t^d \geq 0,70$ ) e céu nublado ( $k_t^d \leq 0,30$ ) (Souza et al, 2005). As curvas de  $H_g^m$ , irradiação solar global média mensal no topo da atmosfera ( $H_0^g$ ) e frequência de  $k_t^d$  foram geradas por intermédio do programa estatístico “Software™ Microcal Origin 6.0®”. Seguindo os procedimentos descritos por Whillier (1956), as frações geralmente são mostradas como ( $k_t^d$ ) em função da frequência (f).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As variações médias mensais da irradiação solar global na superfície ( $H_g^m$ ,  $MJm^{-2}$ ) e que chega ao topo da atmosfera ( $H_0^g$ ,  $MJm^{-2}$ ), para os anos de 2008 e 2009, nas regiões de Água Branca, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema são mostradas nas Figs. 2a, 2b e 2c. Nota-se uma variação anual quase periódica para  $H_g^m$  com picos máximos no período seco e picos mínimos entre outono e inverno – coincidindo com a estação chuvosa. A menor incidência de radiação na superfície é ocasionada pela formação de nuvens convectivas no período chuvoso (que tende a refletir mais radiação para a atmosfera), ocasionado pela mudança de posição do sol ao longo do ano. Tanto no período seco quanto no período chuvoso existe considerável simetria das curvas, caracterizadas pelo ciclo anual do sol, já identificada por Whillier (1956). Verifica-se para o ano de 2008 na região de Água Branca valor máximo de ( $H_g^m = 26,05 MJm^{-2}$ ) no mês de novembro, mínimo ( $H_g^m = 13,11 MJm^{-2}$ ) em junho e média de 22,74 e 15,19  $MJm^{-2}$  nas estações seca e chuvosa, respectivamente. O diferencial energético entre as radiações de 2008 e 2009 indica que ocorreu aumento para  $H_g^m$  nos meses de janeiro (0,26  $MJm^{-2}$ ), junho (0,26  $MJm^{-2}$ ), julho (1,40  $MJm^{-2}$ ), setembro (1,91  $MJm^{-2}$ ) e outubro (0,64  $MJm^{-2}$ ). Verifica-se redução nos meses de fevereiro (-5,57  $MJm^{-2}$ ), março (-0,08  $MJm^{-2}$ ), abril (1,84  $MJm^{-2}$ ), maio (-1,25  $MJm^{-2}$ ), agosto (-0,82  $MJm^{-2}$ ), novembro (-1,23  $MJm^{-2}$ ) e dezembro (2,66  $MJm^{-2}$ ). Para o ano de 2009 na região de Água Branca verifica-se flutuação anual de (12,40  $MJm^{-2}$ ), com máxima (24,82  $MJm^{-2}$ ) em novembro, mínima (12,41  $MJm^{-2}$ ) em Maio e média anual (18,85  $MJm^{-2}$ ).

Na região de Pão de Açúcar observa-se em 2008 amplitude de 9,92  $MJm^{-2}$ , oriundo da diferença entre o máximo ( $H_g^m = 25,61 MJm^{-2}$ ) ocorrido em novembro e mínimo ( $H_g^m = 15,69 MJm^{-2}$ ) em maio. Durante a estação seca incidiu em média 23,98  $MJm^{-2}$  e no período chuvoso 17,96  $MJm^{-2}$ . A diferença mensal entre os dados observados em 2008 e 2009 mostra que ocorre aumento de  $H_g^m$  nos meses de março (10,69%), julho (8,98%) e setembro (1,07%). Verifica-se redução nos meses de janeiro (0,08%), fevereiro (11,53%), abril (2,68%), maio (5,71%), junho (0,64%), agosto (9,13%), outubro (6,45%), novembro (6,52%) e dezembro (8,54%). No período de em 2009, a região de Santana do Ipanema indicou flutuação de 9,71  $MJm^{-2}$ , com máxima (24,51  $MJm^{-2}$ ) em janeiro, mínimo (14,80  $MJm^{-2}$ ) em maio e

média anual ( $20,69 \text{ MJm}^{-2}$ ). A região de Santana do Ipanema indicou em média maiores valores de  $H_g^m$  que Água Branca e menores que Pão de Açúcar. Nota-se em 2008 para Santana do Ipanema máxima ( $H_g^m = 26,06 \text{ MJm}^{-2}$ ) em novembro e mínima ( $H_g^m = 14,83 \text{ MJm}^{-2}$ ) em julho, com média anual de  $20,83 \text{ MJm}^{-2}$ .

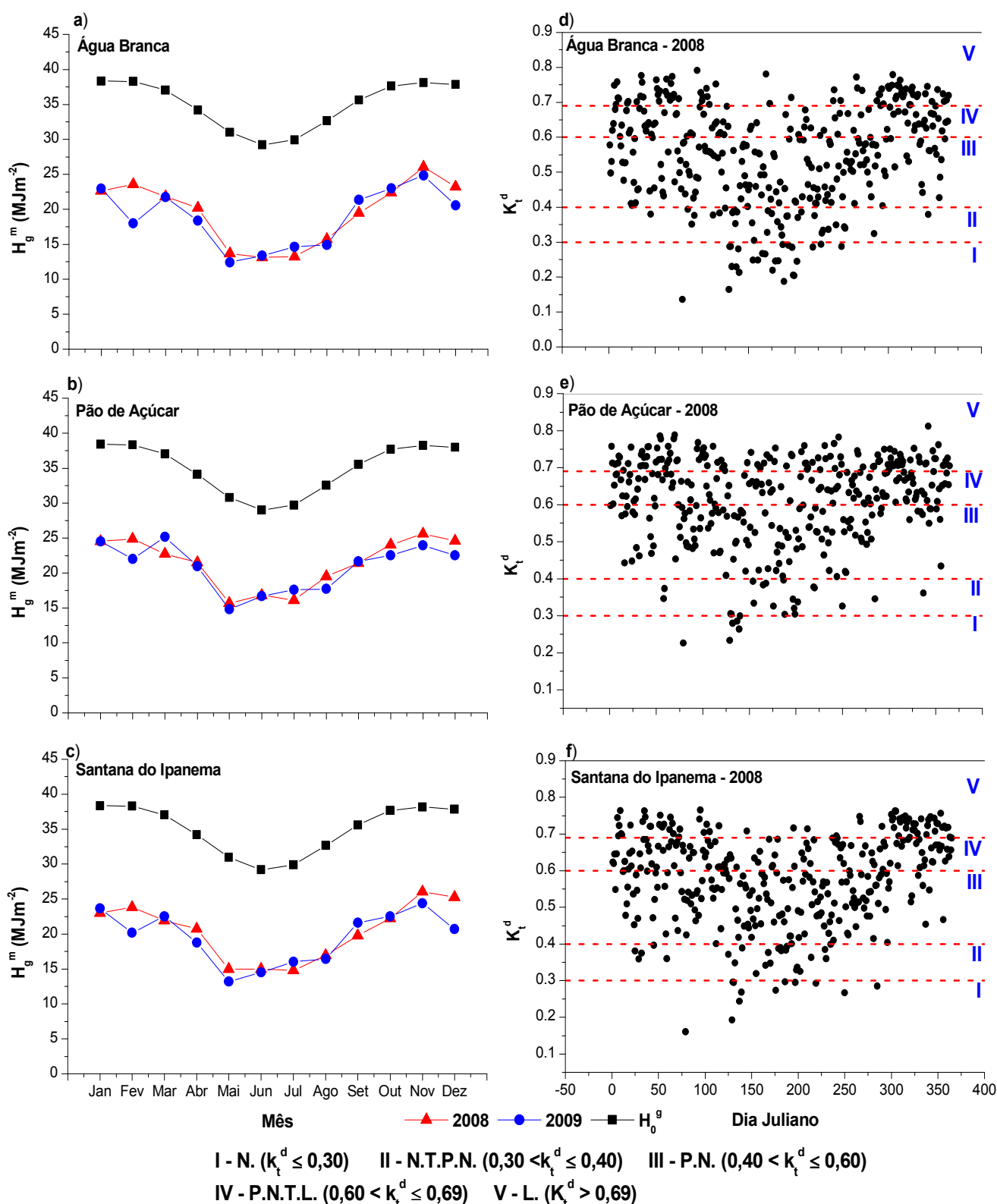


Figura 2 - Distribuições médias mensais da irradiação solar global ( $H_g^m$ ) e no topo da atmosfera ( $H_0^g$ ), para os anos de 2008 e 2009, nas regiões: a) Água Branca; b) Pão de Açúcar; c) Santana do Ipanema. Frequência média da transmitância atmosférica global diária ( $k_t^d$ ) em 2008, nas regiões de d) Água Branca; e) Pão de Açúcar; f) Santana do Ipanema. Em que, N. = Nublado; N.T.P.N. = Nublado Tendendo a Parcialmente Nublado; P.N. = Parcialmente Nublado; P.N.T.L. = Parcialmente Nublado Tendendo a Limpo; L. = Limpo.

Durante a estação chuvosa ocorreu menor incidência ( $16,49 \text{ MJm}^{-2}$ ) e maior incidência no período seco ( $23,16 \text{ MJm}^{-2}$ ). Quando comparado os dados observados entre 2008 e 2009, notam-se aumento de  $H_g^m$  nos meses de janeiro ( $0,68 \text{ MJm}^{-2}$ ), março ( $0,60 \text{ MJm}^{-2}$ ), julho ( $1,21 \text{ MJm}^{-2}$ ), setembro ( $1,81 \text{ MJm}^{-2}$ ) e outubro ( $0,31 \text{ MJm}^{-2}$ ). Enquanto ocorre redução nos meses de fevereiro ( $3,67 \text{ MJm}^{-2}$ ), abril ( $1,94 \text{ MJm}^{-2}$ ), maio ( $1,80 \text{ MJm}^{-2}$ ), junho ( $0,47 \text{ MJm}^{-2}$ ), agosto ( $0,52 \text{ MJm}^{-2}$ ), novembro ( $1,66 \text{ MJm}^{-2}$ ) e dezembro ( $4,58$ ). No ano de 2009 observa-se para Santana do Ipanema máxima de ( $H_g^m = 24,40 \text{ MJm}^{-2}$ ) em novembro e mínima de ( $H_g^m = 13,18 \text{ MJm}^{-2}$ ) em maio, com média anual de  $19,54 \text{ MJm}^{-2}$ . Na estação seca e chuvosa incidiu em média  $22,23$  e  $15,79 \text{ MJm}^{-2}$ , respectivamente.

O decaimento de  $H_g^m$  no mês de fevereiro em 2009, nos locais analisados (Figs. 2 a, b e c), foi ocasionado pela ocorrência de bastante precipitação (muitos dias nublados) em todo Estado de Alagoas. Entre os meses de janeiro e fevereiro, por exemplo, ocorreu precipitação média de ( $67,00 \text{ mm}$ ) na região de Pão de Açúcar. Enquanto nas regiões do Litoral e Agreste Alagoano choveu em média  $244,34$  e  $75,19 \text{ mm}$ , respectivamente. O valor médio anual de  $H_g^m$  incidente em Água Branca foi  $11,65\%$  e  $6,03\%$  inferior que Pão de Açúcar e Santana do Ipanema, respectivamente. Esta redução pode está associada à diferença entre os climas das regiões, apesar de ser localizada no Sertão do Estado de Alagoas, Água Branca apresenta microclima distinto dos demais locais e altitude  $12,89$  e  $2,12$  vezes maior que Pão de Açúcar e Santana do Ipanema, respectivamente. As regiões de Água Branca, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema indicaram para  $H_g^m$  redução de ( $3,82\%$ ), ( $3,60\%$ ) e ( $4,10\%$ ), respectivamente. Esta redução foi ocasionada pela precipitação (dias com nebulosidade) sobre o Nordeste Brasileiro, associada pela persistência do fenômeno climático de La Niña sobre o pacífico equatorial. Neste período, principalmente na segunda quinzena de fevereiro, a região Nordeste do Estado Brasileiro teve a atuação dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) que favoreceu a ocorrência de chuvas acima da média histórica, principalmente entre o leste dos Estados do Rio Grande do Norte e Alagoas (Climanálise, 2009).

A distribuição espacial da transmitância atmosférica diária ( $k_t^d$ ) em 2008 para regiões de Água Branca, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema é mostrada nas Figs. 2 (d, e, f), respectivamente. Os dias classificados como nublados possuem incidência de irradiação solar global média por dia de  $8,12 \text{ MJm}^{-2}$ , os dias nublados tendendo a parcialmente nublados possuem valor diária médio de  $11,93 \text{ MJm}^{-2}$ , os dias parcialmente nublados possuem irradiação solar global diária média de  $19,81 \text{ MJm}^{-2}$ , os dias parcialmente nublados tendendo a limpos apresentam valor médio de  $23,92 \text{ MJm}^{-2}$  e dias limpos indicam média de  $27,18 \text{ MJm}^{-2}$ . Notam-se maiores frequências de  $k_t^d$  para dias parcialmente nublados, seguido das condições de dias limpos, parcialmente nublados tendendo a limpos, nublado tendendo a parcialmente nublados e nublados nas três regiões. Utilizando a classificação de cobertura do céu (nebulosidade) ( $K_t^d$ ) empregada nas Figs. (2d, e, f), observa-se para região de Água Branca 25 dias nublados ( $k_t^d \leq 0,30$ ), 32 dias nublados tendendo a parcialmente nublados ( $0,30 < k_t^d \leq 0,40$ ), 154 dias parcialmente nublados ( $0,40 < k_t^d \leq 0,60$ ), 76 dias parcialmente nublados tendendo a limpos ( $0,60 < k_t^d \leq 0,69$ ) e 78 dias limpos ( $k_t^d > 0,69$ ), totalizando 365 dias. A região de Pão de Açúcar apresentou número de dias para os intervalos da transmitância atmosférica diária correspondentes a 6 dias (2%) para condição nublado ( $k_t^d \leq 0,30$ ), 20 dias (5%) nublados tendendo a parcialmente nublados ( $0,30 < k_t^d \leq 0,40$ ), 120 dias (33%) parcialmente nublados ( $0,40 < k_t^d \leq 0,60$ ), 102 dias (28%) parcialmente nublados tendendo a limpos ( $0,60 < k_t^d \leq 0,69$ ) e 117 dias (32%) de céu limpos ( $0,69 > k_t^d$ ), com um total de 365 dias. Para a região de Santana do Ipanema, foram verificados dados para 365 dias, dos quais 3% correspondem aos dias nublados, 7% dias nublados tendendo a parcialmente nublados, 42% dias parcialmente nublados, 28% dias parcialmente nublados tendendo a limpos e 20% dias limpos.

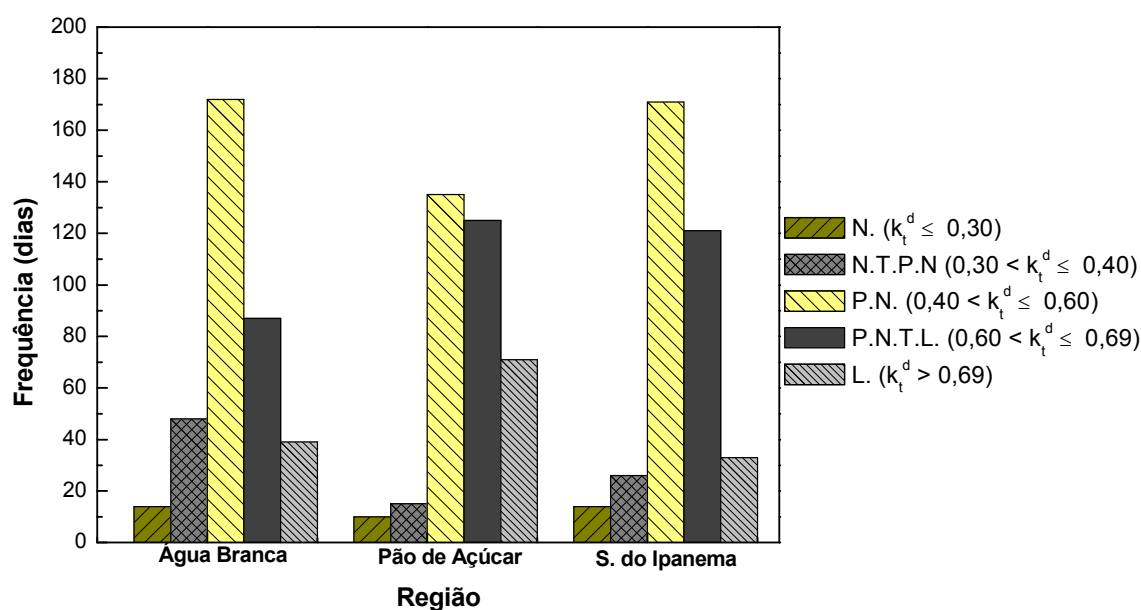


Figura 3 - Histograma de frequência média da transmitância atmosférica diária, com o ano de 2009, para Água Branca, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema. Em que, N. = Nublado; N.T.P.N. = Nublado Tendendo a Parcialmente Nublado; P.N. = Parcialmente Nublado; P.N.T.L. = Parcialmente Nublado Tendendo a Limpo; L. = Limpo.

Na região de Pão de Açúcar verificam-se valores próximos para os dias com  $k_t^d > 0,40$ . Apesar da região de Pão de Açúcar localizar-se a margem do rio São Francisco notam-se valores similares para dias parcialmente nublados, parcialmente nublados tendendo a limpos e limpos. A Fig. 3 mostra o histograma de frequência da transmitância atmosférica diária, em 2009 nas regiões de Água Branca, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema. Comparando  $k_t^d$  de Água Branca entre 2008 (Fig. 2a) e 2009 (Fig. 3), observa-se redução de 44% de dias nublados, aumento de 50% de dias nublados com tendência a parcialmente nublados, aumento de 12% para dias parcialmente nublados, aumento de 14% para dias nublados tendendo a limpos e redução de 50% dias limpos. A região de Pão de Açúcar apresentou 10 dias para condições nubladas, 15 dias nublados tendendo a parcialmente nublados, 135 dias parcialmente nublados, 125 dias parcialmente nublados tendendo a limpos e 71 dias de céu limpos, com um total de 356 dias analisados. Nos totais observados em Pão de Açúcar nota-se aumento de 67% para ( $k_t^d \leq 0,30$ ), redução de 25% no intervalo ( $0,30 < k_t^d \leq 0,40$ ), aumento de 13% na condição ( $0,40 < k_t^d \leq 0,60$ ), aumento de 23% para ( $0,60 < k_t^d \leq 0,69$ ) e redução de 39% para ( $k_t^d > 0,69$ ). Comparando-se  $k_t^d$  entre 2008 e 2009 na região de Santana do Ipanema observa-se aumento de 17% para dias nublados, aumento de 8% para dias nublados tendendo a parcialmente nublado, aumento de 16% de dias parcialmente nublados e redução de 54% de dias limpos. Em geral, o aumento de dias nublados e/ou parcialmente nublados nos locais, foi ocasionado pelo aumento de dias com bastante nebulosidade durante o mês de Fevereiro (Fig. 3).

#### 4. CONCLUSÃO

A região de Pão Açúcar indicou maior incidência média anual ( $21,074 \text{ MJm}^{-2}$ ), seguida das regiões de Santana do Ipanema ( $19,96 \text{ MJm}^{-2}$ ) e Água Branca ( $19,22 \text{ MJm}^{-2}$ ). Notaram-se maiores frequências de  $k_t^d$  para dias parcialmente nublados, seguido das condições de dias limpos, parcialmente nublados tendendo a limpos, nublado tendendo a parcialmente nublados e nublados, nas três regiões. O aumento de dias nublados e/ou parcialmente nublados nos locais foi ocasionado pelo aumento de dias com bastante nebulosidade durante o mês de Fevereiro. Estes resultados comprovam o potencial de energia solar incidente no Sertão do Estado de Alagoas.

#### *Agradecimentos:*

A CT-Hidro/CNPq 504068-03-2, CNPq-Universal 479143/2007-2, FAPEAL, CAPES, ELETROBRAS, INMET.

#### REFERÊNCIAS

- Climanálise 2009 - Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC, v.24, n. 2.
- Duffie, J., Beckman, W. A., 2006. Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons.
- Iqbal, M., 1983. An introduction to solar radiation, New York, Academic Press.
- Liu, B. Y., Jordan, R. C., 1960. The Interrelationship and Characteristic Distribution of Direct, Diffuse and Total solar radiation, Solar Energy, v.4, n.3.
- Nicácio, R. M., 2002. Radiação Solar Global e Difusa para a Região de Maceió – AL: medidas e modelos, Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Atmosféricas, ICAT/UFAL, Maceió.
- Ricieri, R. P., 1998. Modelos de Estimativas e Avaliação dos Métodos e Medidas de Radiação Solar Difusa, Tese Doutorado, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, campus Botucatu, São Paulo.
- Souza, J. L., Nicácio, R. M., Bernardo, S. O., Cavalcanti, E. A. B., 2000. Irradiância Solar e Transmitância Atmosférica na Região de Maceió-AL, XI CBMET - XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro.
- Souza, J. L.; Nicácio, R. M.; Moura, M. A. L., 2005. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil, Renewable Energy. v. 30, p. 1203 – 1220.
- Thornthwaite, C. W., Mather, J. R., 1955. The water balance, Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 104p, (Publications in Climatology, v.8, n.1).
- Whillier, A., 1953. Solar Energy Collection and Its Utilization for House Heating, Thesis, MIT, Cambridge.
- Whillier, A., 1956. The determination of hourly values of total radiation from daily summations, Arch. Met. Geoph. Biokl. Serie B, v.7, p.197-209.

#### GLOBAL SOLAR IRRADIATION AVERAGE MONTHLY ( $H_g^m$ ) AND DAILY ATMOSPHERIC TRANSMITTANCE ( $k_t^d$ ) OF THE INTERIOR (SERTÃO) OF ALAGOAS – BRAZIL

**Abstract.** This paper compares the temporal evolution of the mean monthly values of global solar irradiation ( $H_g^m$ ) ( $\text{MJm}^{-2}$ ) and daily atmospheric transmittance ( $k_t^d$ ) between 2008 to 2009 in Água Branca, Pão de Açúcar and Santana

do Ipanema areas located in the interior of the state of Alagoas. The global solar irradiation data were measured by pyranometers installed in solarimetric stations located in three locations. The daily atmospheric transmittance ( $k_t^d$ ) was obtained from the ratio between daily global solar irradiance ( $R_g^d$ ) ( $Wm^{-2}$ ) and daily global solar irradiance at the top of the atmosphere ( $R_0^d$ ) ( $Wm^{-2}$ ). We considered five  $k_t^d$  intervals to define the cloud cover in the sky. It was found in the Água Branca's region maximum global solar irradiation ( $H_g^m = 26,05 MJm^{-2}$ ) in november and minimum ( $H_g^m = 13,11 MJm^{-2}$ ) in the month of june in 2008. In the Pão de Açúcar's region was observed for the year 2008 range from 9,92  $MJm^{-2}$ , derived from the difference between the maximum ( $H_g^m = 25,61 MJm^{-2}$ ) observed in November and minimum ( $H_g^m = 15,69 MJm^{-2}$ ) in May. The Santana do Ipanema's showed average values higher than Água Branca  $H_g^m$  and smaller than Pão de Açúcar. Were noted to higher frequencies ( $k_t^d$ ) for partially cloudy days, followed by the conditions of clear days, partly cloudy tending to clean, tending to partly cloudy overcast and cloudy, in the three regions. These results demonstrate the potential of solar energy incident on the Interior (Sertão) of the State of Alagoas.

**Key words:** Solar Irradiation, Alagoas Interior (Sertão), Daily Atmospheric Transmittance.