



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM GEOGRAFIA

**RELAÇÃO ENTRE A EVAPORAÇÃO E O PODER EVAPORANTE
DO AR**

POLYANA RAQUEL DE LIMA ALMEIDA

CAMPINA GRANDE – PB

2011

POLYANA RAQUEL DE LIMA ALMEIDA

**RELAÇÃO ENTRE A EVAPORAÇÃO E O PODER EVAPORANTE
DO AR**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentado ao Curso de Licenciatura Plena
em Geografia, da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito às exigências para
obtenção do grau de Licenciatura Plena em
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida

CAMPINA GRANDE – PB

2011

A447r ALMEIDA, Polyana Raquel de Lima.
Relação entre a evaporação e o poder evaporante do ar,
Campina Grande-PB [manuscrito] / Polyana Raquel de
Lima. – 2011.
40 f.: il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Educação, 2011.

“Orientação: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida,
Departamento de História e Geografia”.

1. Climatologia Geográfica 2. Tanque Classe A 3.
Atmômetro de Piche. I. Título.

21. ed. CDD 551.6

POLYANA RAQUEL DE LIMA ALMEIDA

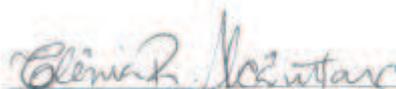
**RELAÇÃO ENTRE A EVAPORAÇÃO E O PODER EVAPORANTE
DO AR**

APROVADA EM: 23 de maio de 2011

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida (UEPB)
(Orientador)



Dra. Clévia Rodrigues Alcântara
(Examinadora Externa)



Prof. Dra. Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo
(Examinadora Interna)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter iluminado o meu caminho, permitindo-me vencer esta etapa da vida.

Aos meus pais, responsáveis por minha educação e sempre terem me incentivado na busca desse sonho.

Ao meu orientador, prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, meus sinceros agradecimentos, não apenas pela dedicação e empenho na execução deste trabalho, mas também pelo incentivo, compreensão e paciência a mim atribuída.

Ao prof. Dr. José Ferreira Costa Filho, pelo estágio a mim concedido, além do incentivo, confiança e amizade.

Aos meus avôs pela constante e imprescindível presença em todas as etapas da minha vida.

A minha irmã pela presença diária e compreensão.

Aos meus tios e tias pelo apoio e suporte durante essa caminhada.

Aos amigos e colegas de turma, em especial Rosimary e Adélia pelo proveitoso convívio, amizade e carinho.

A todos, que de alguma forma contribuíram para que esse objetivo fosse alcançado.

A todos vocês, muito obrigado.

RESUMO

ALMEIDA, Polyana Raquel de Lima. **RELAÇÃO ENTRE A EVAPORAÇÃO E O PODER EVAPORANTE DO AR**. 2011. 40f. Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura Plena em Geografia. – UEPB - CEDUC. Campina Grande, Paraíba.

A quantificação da evaporação de um reservatório natural ou artificial poderá ser estimada, usando-se medidas da evaporação de superfícies livres (Tanque Classe A-TCA) ou coberta (Atmômetro de Piche). Diante disto, houve a necessidade de se estabelecer a relação existente entre si, sendo essa determinação o objetivo principal deste trabalho. Utilizando-se dados diários do TCA e do evaporímetro de Piche, coletados na estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, instalada no do Campus II, da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. Os cálculos diários da evaporação do TCA e do Piche foram obtidos pela diferença de leituras consecutivas e em seguida ordenados cronologicamente. As análises consistiram de cálculos de média, mediana, amplitude e desvio padrão, além da comparação entre si nas escalas temporal. Com os dados diários de temperatura do ar e umidade relativa foram determinados a pressão de saturação de vapor, a pressão parcial de vapor e o déficit de pressão de saturação (DPV). O poder evaporante do ar foi determinado usando uma expressão matemática em função da velocidade do vento e do DPV. Os principais resultados mostraram que as médias diárias e mensais da “evaporação” do Piche foram sempre menores que as do TCA, os desvios padrão tendem a serem maiores e mais irregulares, os modelos de distribuição são assimétricos, os valores da evaporação do TCA são, em média, uma vez e meia maior que a do Piche, as maiores diferenças entre a evaporação e o poder evaporante do ar ocorrem nos meses mais quentes, no ano mais seco, os totais de evaporação no TCA e do Piche foram 31,4 e 96,4% maiores que as médias esperadas, a velocidade do vento e DPV contribuíram em 55,9% para o valor da evaporação do Piche e o maior coeficiente de determinação (r^2), nos modelos de regressão estabelecidos, ocorreu na primavera (0,683) e o menor no inverno (0,30).

Palavras-Chave: Climatologia Geográfica, Tanque Classe A, Atmômetro de Piche.

ABSTRACT

ALMEIDA, Polyana Raquel de Lima. **RELATION BETWEEN EVAPORATION AND EVAPORATING POWER OF AIR** 2011. 40f. Work Completion Course Full Degree in Geography. – UEPB - CEDUC. Campina Grande, Paraíba.

The quantification of the evaporation of a natural or artificial reservoir can be estimated using measurements of open surface evaporation (Class A Pan) or indoor (Piche evaporimeter). Given this, it was necessary to establish the relationship between them; this determination is the main objective of this work. Using daily data of Class A Pan and Piche evaporimeter collected at the meteorological station belonging to the National Meteorology Institute, located in the Campus II, University Federal of Paraíba, in city Areia, PB. The calculation of daily evaporation was obtained from the difference of consecutive readings and then sorted chronologically. The analysis consisted of calculations of mean, median, range and standard deviation, and the comparison in temporal scales. With the daily data of air temperature and relative humidity were determined at saturation pressure of steam, the partial vapor pressure and saturation pressure deficit. The evaporating power of air was determined using a mathematical expression as a function of wind speed and saturation pressure deficit. The results showed that the average daily and monthly "evaporation" of the Piche was always smaller than of the Class A Pan, the standard deviations tend to be larger and more irregular, the distribution models are asymmetrical, the values of the evaporation of Class A Pan are on average one and a half times greater than that of Piche, the biggest differences between the evaporating and evaporating power of air occurring in the warmer months, the driest year, the total evaporation in the Class A Pan and the Piche were 31.4 and 96.4% higher than the expected average, wind speed and saturation pressure deficit contributed 55.9% to the value of the evaporation of the Piche and the largest coefficient of determination (r^2) in regression models established, occurred in spring (0.683) and lower in winter (0.30).

Key- words: Geographical Climatology, Class A Pan, Piche evaporimeter.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Evaporímetro de Piche, no abrigo meteorológico.....	6
FIGURA 2 – Tanque de evaporação Classe A e parafuso micrométrico.....	7
FIGURA 3 – Mapa do Estado da Paraíba, em destaque o município de Areia, PB.....	10
FIGURA 4 – Estação Meteorológica Convencional, instalada no Campus II da UFPB, Areia.....	12
FIGURA 5 – Estação Meteorológica automática, instalada no Campus II UFPB, Areia.....	12
FIGURA 6 – Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da evaporação do Tanque Classe A, no período: 1980 a 2010, em Areia, PB.....	15
FIGURA 7 – Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da “evaporação” do evaporímetro de Piche, no período: 1980 a 2010, em Areia, PB.....	15
FIGURA 8 – Médias mensais diárias da evaporação do Tanque classe A e atmômetro de Piche, no período entre 1980 a 2010, em Areia, PB.....	16
FIGURA 9 – Desvio padrão mensais do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche do período de 1980 a 2010, em Areia, PB.....	17
FIGURA 10 – Medianas mensais da evaporação do Tanque Classe A e do Piche no período entre 1980 a 2010, em Areia, PB.....	18
FIGURA 11 – Médias mensais da evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche, para o ano menos chuvoso (1999) da série: 1980 a 2010, Areia PB.....	18

FIGURA 12 – Médias mensais da evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche, para o ano mais chuvoso (1985) da série: 1980 a 2010. Areia PB.....	19
FIGURA 13 – Mediana diária da evaporação do Tanque classe A, por estações do ano. Média do período de 1980 a 2010, Areia, PB.....	20
FIGURA 14 – Mediana diária da “evaporação” do atmômetro de Piche, por estações do ano. Média do período de 1980 a 2010, Areia, PB.....	20
FIGURA 15 – Médias mensais da “evaporação” de Piche e do poder evaporante do ar (Ea). Médias do período de 1999 a 2009, Areia, PB.....	21
FIGURA 16 – Médias mensais da “evaporação” do Piche e do poder evaporante do ar (Ea), no ano mais seco (1999). Areia, PB.....	22
FIGURA 17 – Equação de regressão linear entre a “evaporação” do Piche e o poder evaporante do ar (Ea). Areia, PB, médias do período: 1999 a 2009.....	22
FIGURA 18 – Modelo de regressão linear entre os valores da evaporação do Tanque Classe A e o atmômetro de Piche, no outono, em Areia, PB.....	23
FIGURA 19 – Modelo de regressão linear entre os valores da evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche, no inverno, em Areia, PB.....	24
FIGURA 20 – Modelo de regressão linear entre os valores da evaporação do Tanque Classe A e o atmômetro de Piche, na primavera, em Areia, PB.....	24
FIGURA 21 – Modelo de regressão linear entre os valores da evaporação do Tanque Classe A e o atmômetro de Piche, no verão, em Areia, PB.....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Água e evaporação: definição e importância.....	3
2.2 Medidas e estimativa da evaporação e/ou evapotranspiração.....	4
2.2.1 Poder evaporante do ar.....	5
2.2.2 Evaporação de superfície livre.....	6
2.3 A Evapotranspiração.....	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1 Localização da área de estudo.....	10
3.2 Histórico da área de estudo.....	11
3.3 Procedimentos metodológicos.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
5. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

Quantificar as perdas d'água de uma superfície natural é de extrema importância em diferentes áreas do conhecimento científico, especialmente, na meteorologia, hidrologia e nas diversas atividades humanas.

A evaporação é um processo natural pelo qual a água, de superfícies aberta (líquida ou úmida) passa para a atmosfera na forma de vapor a uma temperatura inferior a de ebulição. Trata-se de um processo que requer 586 calorias para evaporar um grama de água, estando essa a 20 °C. Além disso, é necessário que haja uma diferença entre a pressão de saturação do vapor (e_s), à temperatura da superfície, e a pressão parcial de vapor d'água (e_a).

A temperatura ambiente caracteriza o estado da atmosfera na circunvizinhança da superfície evaporante e está relacionado ao poder de evaporação da atmosfera. Vários fatores intervêm na intensidade de evaporação, sendo mais influenciados pela temperatura e pela superfície evaporante (GARCEZ & ALVAREZ, 1988).

Métodos confiáveis para estimar evaporação em lagos, baseados em informações meteorológicas, como o proposto por Linacre (1993), ainda é um desafio. A maioria dos métodos disponíveis contempla esse seguimento, utilizando-se dados de temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa, ou usa medidas de evaporação em Tanque Classe A, instalado em estações meteorológicas.

Outro instrumento que pode também ser empregado para estimar a evaporação em ambientes fechados é o evaporímetro de Piche, que representa a evaporação de uma superfície porosa e úmida, à sombra e livre da influência do vento.

O evaporímetro de Piche é um tubo cilíndrico de vidro, graduado, fechado e em sua parte inferior é obturada por uma folha circular de papel-filtro padronizado, onde a água evapora. É instalado no interior do abrigo meteorológico, pendurado ao teto. Nesta condição, a evaporação é consequência do déficit de pressão de saturação de vapor e, em menor escala, da velocidade do vento (PAPAIIOANNOU et al., 1996).

Como não se conhece a existência da inter-relação entre a evaporação, medida no Tanque Classe A, e a do evaporímetro de Piche, nas séries de dados simultâneos, coletados na estação meteorológica instalada no Campus II, da Universidade Federal da Paraíba, em Areia, houve a necessidade de se estabelecer a relação entre si, sendo essa determinação o objetivo principal deste trabalho. Tendo, ainda, os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar estatisticamente os dados diários e mensais de evaporação do Tanque Classe A e do evaporímetro de Piche;
- b) Determinar as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude e desvio padrão)- diárias e mensais- dos dados de evaporação do Piche e do Tanque Classe A;
- c) Estabelecer o regime de evaporação diário, mensal e sazonal dos dois evaporímetros;
- d) Relacionar os dados de evaporação do Tanque Classe A e os do atmômetro de Piche, em duas situações distintas: ano mais seco e no mais chuvoso;
- e) Comparar os dados médios diários de evaporação do Tanque Classe A com os do Piche, nas escalas mensais e sazonais;
- f) Calcular a pressão parcial de vapor d'água, a de saturação e o déficit de pressão de vapor nas escalas diária, mensais e sazonais;
- g) Determinar o poder evaporante do ar (E_a) em função do déficit de pressão de saturação de vapor e velocidade do vento;
- h) Relacionar a evaporação do Piche com o poder evaporante do ar;
- i) Estabelecer modelos de regressão linear simples entre os valores diários da evaporação do Piche versus Tanque Classe A, nas quatro estações do ano, e entre a evaporação do Piche e o poder evaporante do ar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Água e evaporação: definição e importância

A água, uma palavra que vem do latim *aqua*, é um líquido incolor, sem cheiro ou sabor; congela a 0°C e entra em ebulição a 100°C, formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio. É um composto simples, mais essencial à quase todas as formas de vida deste planeta.

É a substância mais comum do Planeta Terra, participa de seus processos modeladores, tanto pela dissolução dos materiais pétreos quanto pelo transporte de partículas, sendo reconhecida como um solvente universal (BARROS, 2008).

Pinto (1998) afirma que a água é o único elemento que pode ser encontrado nas três fases: líquida, sólida e gasosa, com um detalhe a água na forma líquida que se concentra em grandes massas, tais como: nos oceanos, mares, lagoas, no subsolo, dentre outros; a sólida presa nas calotas polares ou na forma de neve ou granizo e a gasosa em qualquer parte da troposfera.

A água é o fator mais reciclável da natureza, além de estar sempre em um processo contínuo de reciclagem no sistema solo-atmosfera. Na sua movimentação, configura-se o ciclo hidrológico; que é um ciclo fechado, porque sai da superfície no estado gasoso e retorna a ela nas fases líquido ou sólido.

A passagem de água da superfície da terra para a atmosfera se dá, na sua maior parte, através do processo físico da evaporação ou vaporização, que depende exclusivamente da energia para mudança de fase líquido-gás e equivale à perda de água para a atmosfera de uma superfície livre de água ou de um solo úmido.

Tubelis & Nascimento (1984) definem a evaporação como um processo natural em que, uma superfície de água ou uma superfície úmida ou molhada passa para a atmosfera na forma de vapor, a uma temperatura inferior à de ebulição da água.

De acordo com Varejão-Silva (2006) o termo evaporação é usado para designar a transferência de água para a atmosfera, sob a forma de vapor, decorrente, da evaporação que ocorre no solo úmido sem cobertura vegetal ou de superfícies hídricas naturais, inclusive a sublimação que se processa na água na sua forma sólida.

A evaporação é um fenômeno que exige suprimento de energia externa e transforma em calor latente de evaporação ou de vaporização, que é a quantidade de energia necessária para evaporar a massa de 1g de água estando esta a uma determinada temperatura (PEREIRA, VILLA NOVA & SEDIYAMA, 1997).

O fluxo de água na forma de vapor para a atmosfera é diretamente proporcional ao déficit de pressão de saturação de vapor ($e_s - e_a$) e inversamente proporcional à resistência (R) oferecida ao processo. Almeida (2010) cita que matematicamente, o fluxo de vapor (E) para atmosfera pode ser descrito pela expressão:

$$E = \left(\frac{e_s - e_a}{R} \right)$$

De acordo com esse mesmo autor, os fatores naturais que incrementam a diferença no déficit pressão de saturação de vapor, podem ser considerados como os promotores do processo de evaporação, dos quais se destacam: a radiação solar, a temperatura do ar, a velocidade do vento e a umidade relativa do ar.

2.2. Medidas e estimativa da evaporação e/ou evapotranspiração

A medida direta da evaporação exige a utilização de um reservatório (tanque) onde o nível de água possa ser medido com precisão. A diferença das alturas dos níveis de água em dias consecutivos indica o total de evaporação no período (PEREIRA, VILLA NOVA & SEDIYAMA, 1997).

Para esses mesmos autores e em virtude da facilidade de medida da evaporação em tanques, tem-se utilizado esse critério para estimar a evaporação em lagos e até mesmo em culturas, admitindo-se que há correlação positiva entre evaporação d'água do tanque e aquela do lago ou da superfície vegetada.

Teoricamente, é possível quantificar a evaporação de um reservatório, natural (lago ou lagoa) ou artificial (açude ou barreiro), aplicando o princípio da conservação de massa à água. Nesse caso, a evaporação seria obtida computando-se todos os ganhos e perdas (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Barbosa, Mattos & Riguetto (2006) relatam que estimativas confiáveis de evaporação de lagos são essenciais no planejamento e gerenciamento de recursos hídricos e estudos de

impacto ambiental. Nas condições do semi-árido do Rio Grande do Norte eles encontraram boa correlação entre os dados de evaporação do Tanque Classe A e do evaporímetro de Piche, numa série de dados de 10 anos.

No Rio Grande do Sul, Machado e Saraiva (1998) observaram que nem sempre os valores máximos e mínimos de evaporação do Tanque Classe A e do evaporímetro do Piche coincidem na mesma data, embora os maiores valores ocorram no verão e primavera e os menores, no outono e inverno.

A medida direta da evapotranspiração é extremamente difícil e onerosa, porque exige instalações e equipamentos especiais e de alto custo (PEREIRA, VILLA NOVA & SEDIYAMA, 1997).

2.2.1. Poder evaporante do ar

A atmosfera está em contínuo movimento, misturando e renovando o ar que envolve uma superfície seja ela coberta com água ou vegetação. De acordo com Pereira, Villa Nova & Sedyama (1997), a movimentação atmosférica mantém um poder evaporante, isto é, uma capacidade de secamento da superfície. Essa capacidade de evaporação, segundo esses autores, pode ser avaliada em função dos aspectos psicrométricos e da velocidade do vento.

Os atmômetros são instrumentos meteorológicos que medem o poder evaporante do ar, através de uma superfície porosa. O atmômetro mais comum é o evaporímetro de Piche, que consiste de um tubo de vidro, fechado na extremidade superior, com escala em mm. O tubo é cheio de água, pendurado verticalmente no abrigo, com o papel de filtro circular na extremidade inferior preso com uma mola como mostra a Figura 1.

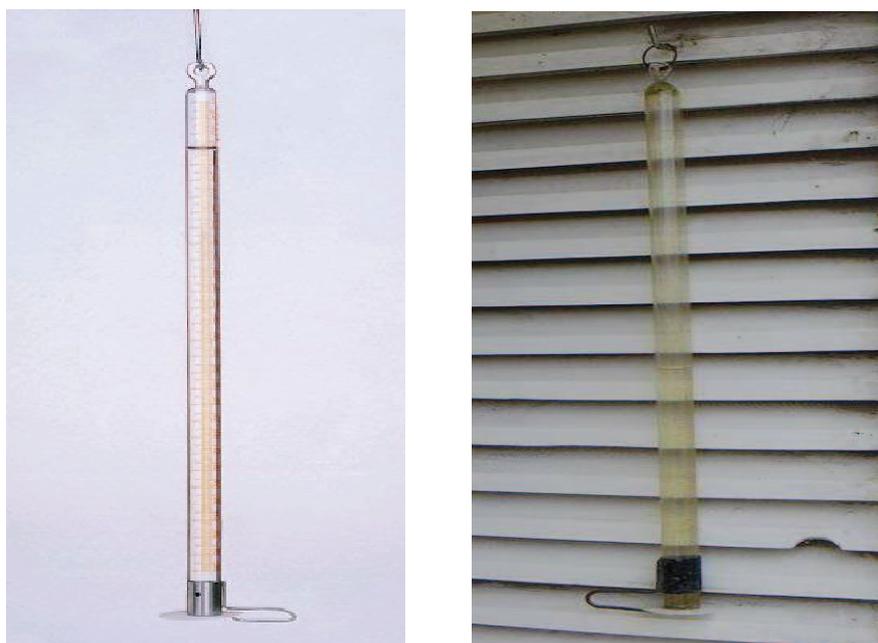


Figura 1. Evaporímetro de Piche, no abrigo meteorológico. Fonte: www.google.com.br/images

Para Garcez e Alvarez (1988), o processo de evaporação está relacionado ao déficit higrométrico do ar. No evaporímetro de Piche, a irradiância não incide diretamente, por ser instalado no interior do abrigo meteorológico. O cálculo da “evaporação” é determinado pela diferença entre duas leituras consecutivas.

Stanhill (1962), nas condições áridas de Israel e Villa nova & Ometto (1981), nas condições tropicais do estado de São Paulo, tiveram sucesso na estimativa do poder evaporante do ar em função da “evaporação” do Piche.

2.2.2. Evaporação de superfície livre

O conhecimento da taxa de evaporação de corpos com superfície de água livremente expostas à atmosfera, como lagos, represas, açudes, etc., torna-se necessário nos estudos de balanços hídricos e hidrológicos em geral (FINCH, 2001).

Medir evaporação exige a utilização de um reservatório (tanque) onde o nível da água possa ser medido com precisão. A diferença das alturas dos níveis da água em dias consecutivos indica o total evaporado no período. Em virtude da facilidade de medida da

evaporação em tanques, esta tem sido utilizada para estimar a evaporação de lagos e até mesmo de culturas (PEREIRA, VILLA NOVA & SEDIYAMA, 1997).

Existem diversos tipos de tanques para medir a evaporação sendo os mais comuns: Classe A, GGI-300 e o de 20 m².

O tanque classe A foi desenvolvido pelo Serviço de Meteorologia dos Estados Unidos e o de uso mais generalizado, inclusive no Brasil. É um tanque cilíndrico construído de chapa de ferro galvanizado, com 121 cm de diâmetro e 25,5 cm de profundidade, sendo instalado sobre um estrado de madeira a 15 cm da superfície do solo e cuja medida de evaporação é feita usando-se o parafuso micrométrico (Figura 2).



Figura 2. Tanque de evaporação Classe A e parafuso micrométrico. Fontes: www.google.com.br/images.

O poço tranquilizador é colocado no seu interior e mede 25 cm de altura e 10 cm de diâmetro, cuja finalidade é manter a superfície evaporante praticamente isenta das ondulações causadas pelo vento e, portanto, determinar o nível de água com maior exatidão (VAREJÃO-SILVA, 2006). A leitura do nível da água é feita na borda, assentando-se um parafuso micrométrico.

A medida de evaporação no Tanque Classe A associa a medida de evaporação de corpos naturais, sendo interessante devido ao baixo custo e a relativa simplicidade do uso dos evaporímetros (OLIVEIRA, 2009).

O método do tanque classe A é integral na medida da evaporação de uma superfície de água livre, os efeitos da radiação solar, da velocidade do vento, da temperatura e da umidade do ar do local em que o tanque está instalado (OLIVEIRA et. al., 2010).

O tanque GGI-3000 é cilíndrico, de fundo cônico, com 3000 cm² de área evaporante, 60 cm de altura e 68,5 cm de profundidade no centro e enterrado no solo foi desenvolvido na antiga União Soviética.

O Tanque de 20 m² é cilíndrico, com 5m de diâmetro e 2m de profundidade, resultando numa superfície de evaporação igual a 20 m²

2.3. A Evapotranspiração

Evapotranspiração é perda conjunta de água para a atmosfera proveniente de superfícies vegetadas e engloba duas contribuições: a evaporação da umidade existente no substrato (solo ou água) e a transpiração resultante na atividade biológica dos seres que habitam (VAREJÃO-SILVA, 2006; MELO, 2008).

De acordo com os princípios envolvidos no desenvolvimento dos métodos de estimativa da evapotranspiração esses mesmos autores agruparam em cinco categorias: a) empíricos; b) aerodinâmicos; c) balanço de energia; d) combinados e e) correlações dos turbilhões.

Além dessas categorias há vários conceitos de evapotranspiração, sendo as principais denominações: potencial, referência, oásis, real, da cultura e máxima. O conceito de evapotranspiração potencial (ETP), por exemplo, foi introduzido por Thornthwaite, na década de 40, sendo aperfeiçoadas em diversas oportunidades. Em síntese, ETP corresponde à água utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o terreno e em nenhum instante a demanda atmosférica é restringida por falta d'água no solo.

Para Camargo & Camargo (2000), a ETP é mais elevada no verão, pois esse é um processo que requer suprimento de energia.

A evapotranspiração de referência (ET_o) é aquela de uma extensa superfície de grama, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem restrição hídrica, e conceitualmente de acordo com Doorenbos & Pruitt (1977), coincide com a potencial.

De acordo com os conceitos de evapotranspiração descritos por Pereira, Villa Nova & Sedyama (1997), a evapotranspiração real (ET_r) é a aquela que ocorre numa superfície vegetal, independente de área, porte e condições de umidade, ou seja, é aquela que ocorrer em qualquer circunstância. A ET_r pode ser limitada tanto pela disponibilidade de radiação solar quanto pelo suprimento de umidade pelo solo.

A evapotranspiração de cultura (ET_C) é a quantidade de água utilizada por uma cultura, em qualquer fase de seu desenvolvimento, desde o plantio até a colheita, quando não houver restrição hídrica.

A evaporação de Oásis é uma pequena área com umidade disponível circundada por uma extensa área seca. A Evapotranspiração nessas condições representa um valor exagerado pela advecção de calor sensível, a qual Villa nova & Richardt (1989), a denominaram de evapotranspiração máxima.

Inúmeros são os métodos de estimativa da evapotranspiração e muitos métodos têm aceitação quase que unânime, enquanto outros são bastante criticados e até desprezados. Os critérios de rejeição nem sempre são bem esclarecidos (PEREIRA, VILLA NOVA & SEDIYAMA, 1997).

Segundo cita esses mesmos autores, a evaporação medida no tanque classe A, pode ser corrigida por um coeficiente (K_p), que reduz a evaporação ao valor aproximado da evaporação de um lago, sendo adaptado para estimar, também, a evapotranspiração de referencia, ou seja, $ET_o = E_L$.

Doorenbos & Pruitt (1977) apresentaram um tabela que descreve a variação de K_p em função das condições do tamanho e da natureza da área tampão, da velocidade do vento e da umidade relativa.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

2.4 – Localização da Área de Estudo

A cidade de Areia, (Figura 3) fica situada na região da Borborema, Mesorregião do Agreste Paraibano e na Microrregião do Brejo Paraibano, tem uma população de 25.648 habitantes e uma área de 269 km² (IBGE, 2010).

Limita-se ao norte com os municípios de Arara e Pilões, ao sul com os municípios de Alagoa Grande e Alagoa Nova; a leste com os municípios de Pilões e Alagoinha; e a oeste com os municípios de Esperança, Remígio, Algodão do Jandaíra.



Figura 3. Mapa do Estado da Paraíba, em destaque o município de Areia, PB.

A posição geográfica de Areia é dada pelas coordenadas: latitude 6°57'48" S, longitude 35°41'30" W e altitude de +618 m e fica à 45 km de distância de Campina Grande.

Pela classificação climática de Koppen, o clima é do tipo AS, ou seja, quente e úmido, com o período chuvoso de outono e inverno, média anual de precipitação pluvial e temperatura média de cerca de 1400 mm e 23 °C, respectivamente.

O município de Areia apresenta um relevo bem movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados, além de ter como característica uma vegetação formada por Florestas Subcaducifólica e Caducifólica e inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Mamanguape (MASCARENHAS et. al., 2005).

3.1. Histórico da área de estudo

A Estação meteorológica instalada no Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em Areia (06°58' S, 34°51' W e 574,6 m), pertence ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), tendo sido inaugurada em 01 de janeiro de 1929. A referida estação é principal fonte de dados para pesquisa usada pelos estudantes, professores e pesquisadores.

No Campus II da UFPB há duas estações meteorológicas em funcionamento, a estação meteorológica convencional (Figura 4) e a automática (Figura 5), cujas observações são feitas nos horários denominados sinóticos: 12:00, 18:00 e 24:00 Unidades de Tempo Coordenado (UTC). Os dados coletados na estação convencional são transmitidos para o 3º distrito de Meteorologia, em Recife, e em seguida para o INMET, em Brasília.



Figura 4- Estação Meteorológica Convencional, instalada no Campus II da UFPB, Areia.



Figura 5- Estação Meteorológica automática, instalada no Campus II UFPB, Areia.

Como a estação da UFPB compõe a rede de estações do INMET e do sistema de previsão de tempo e clima universal, ela é identificada por meio de cinco algarismos; os dois

primeiro indicam a região geográfica e os três últimos o número da estação. Essa identificação faz parte de sistema de transmissão de dados chamado SYNOP (*Surface Synoptic Observations*), ou seja, Observações Sinóticas à Superfície. É um código numérico designado pela Organização Mundial de Meteorologia, utilizado para notificar as observações meteorológicas feitas nas estações meteorológicas de superfície e automáticas.

Na estação automática, os sensores registram as medidas, em intervalos de 15 minutos, os dados são armazenados eletronicamente e são transmitidos via satélite para o centro da coleta de dados do INMET, em Brasília.

3.2 – Procedimentos metodológicos

Para a realização deste trabalho, utilizaram dados diários de evaporação do Tanque Classe A e do evaporímetro de Piche, coletados na Estação Meteorológica Convencional do Campus II, da UFPB, durante o período: de 01.01.1980 a 31.12.2010.

As observações meteorológicas foram feitas nos horários sinóticos e transcritas para as cadernetas de registros padronizadas pelo INMET.

Os cálculos diários da evaporação do Tanque Classe A e do evaporímetro de Piche (evaporação em ambiente fechado) foram obtidos sempre pela diferença consecutiva entre duas leituras e em seguida computou-se o total do dia pela soma da evaporação e/ou do poder evaporante do ar (medido no evaporímetro de Piche), contabilizando-se os valores da leitura das 18:00 e 24:00 UTC do dia anterior mais a das 12:00 h UTC do dia em questão.

Antes da digitação dos dados na planilha Excel foi feita uma análise de consistência, para cada dado transcrito na caderneta, com o intuito de excluir alguns possíveis erros grosseiros de anotação.

Os dados de evaporação do Tanque Classe A (TCA) e os de “evaporação” do evaporímetro de Piche (atmômetro) foram agrupados em ordem, obedecendo a uma sequência cronológica com os dados mensais (soma de todos os valores diários de cada mês), anuais (partindo da somatória de todos os totais mensais de cada ano) e sazonais (estação do ano).

As análises consistiram dos cálculos das medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude e desvio padrão), além da comparação entre si nas escalas temporal (mês, ano e estações do ano), usando-se para isso a planilha Excel.

Selecionaram-se, ainda, os anos mais (1985) e menos chuvosos (1993), com seus respectivos valores de evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche. Em virtude de falta de alguns desses dados no ano menos chuvoso (1993), utilizou-se os do ano de 1999, por ser este o segundo ano menos chuvoso da série estudada.

Com os dados diários de temperatura do ar (t_a) e umidade relativa (UR) foram determinados os dados derivados: pressão de saturação de vapor (e_s), pressão parcial de vapor (e_a) e o déficit de pressão de saturação (DPV), mediante as respectivas equações:

$$e_s (\text{mmHg}) = 4,56 \times 10^{\left[\frac{7,5 \times t_a}{237,3 + t_a} \right]}$$

$$e_a (\text{mmHg}) = (e_s \times UR) \times 0,01$$

$$DPV(\text{mmHg}) = (e_s - e_a)$$

O poder evaporante do ar (E_a) foi determinado pela expressão matemática citada por Pereira, Villa Nova & Sedyama (1997), com os respectivos valores das constantes:

$$E_a = f(u).DPV$$

$$f(u) = m(a + bu)$$

Sendo $f(u)$ = função empírica da velocidade do vento;

$$m = 0,40 \text{ mm/mm Hg. dia; } a=1 \text{ e } b=0,526 \text{ s.m}^{-1}$$

$$u = \text{velocidade do vento (m.s}^{-1}\text{)}$$

$$DPV = \text{déficit de pressão de vapor (mm Hg)}$$

Fez-se, ainda, uma análise comparativa de forma gráfica, algébrica e mediante análises de regressão entre o Piche e o poder evaporante do ar e entre os valores de “evaporação” do atmômetro de Piche e a evaporação do Tanque Classe A.

O modelo de regressão utilizado foi o do tipo $Y = a+bX$, sendo Y = os valores de evaporação do Piche e X os do poder evaporante do ar (E_a) ou Y = valores de evaporação do Tanque Classe A e X = os do atmômetro de Piche. A escolha da melhor equação foi feita com base no indicativo estatístico de precisão (coeficiente de determinação) e no menor erro de estimativa.

Os cálculos, análises e gráficos foram feitos usando-se uma planilha Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios mensais da média, mediana e desvio padrão da evaporação do Tanque Classe A (TCA) e do atmômetro de Piche (ambiente fechado) são apresentados nas Figuras 6 e 7. Verifica-se que, as médias mensais diferem das medianas, ou seja, os valores médios da série de evaporação do Tanque Classe A (Figura 6) tendem a ser menores que os medianos, enquanto que, o do atmômetro de Piche ocorre de forma contrária.

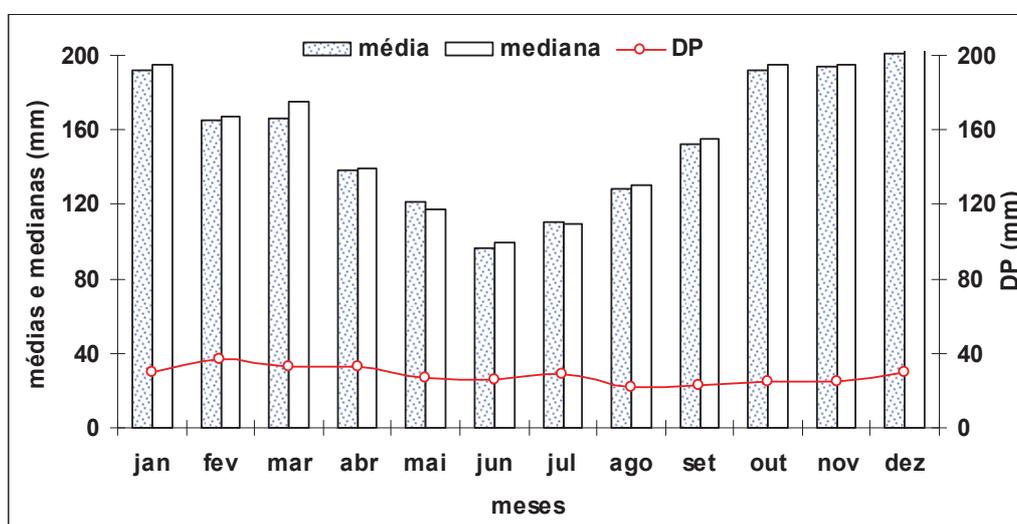


Figura 6. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da evaporação do Tanque Classe A, no período: 1980 a 2010, em Areia, PB.

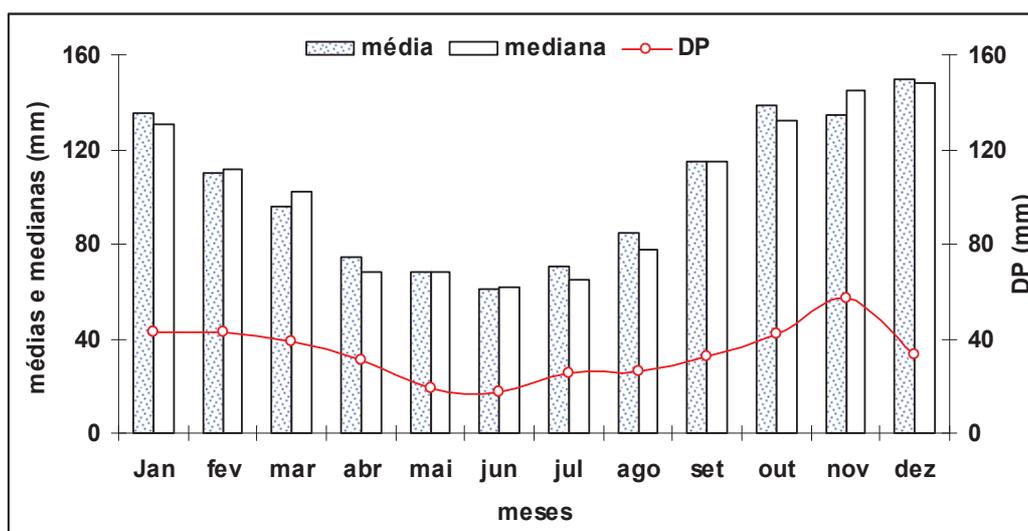


Figura 7. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da “evaporação” do evaporímetro de Piche, no período: 1980 a 2010, em Areia, PB.

As médias mensais diárias da evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche são apresentadas na Figura 8. Observa-se que a evaporação do TCA é, em média, uma vez e meia maior que a do Piche, com destaque para os meses de outono a inverno e de primavera a verão nos quais os valores do Piche são, respectivamente, de 62,4 e 37,7% menores que os do Tanque Classe A.

Contabilizando-se as dispersões das médias mensais, constatou-se que os DPs da evaporação do Tanque Classe A e atmômetro de Piche equivalem 19,4 e 31,5%, respectivamente, ou seja, as respectivas médias oscilam para mais ou para menos em função desses percentuais.

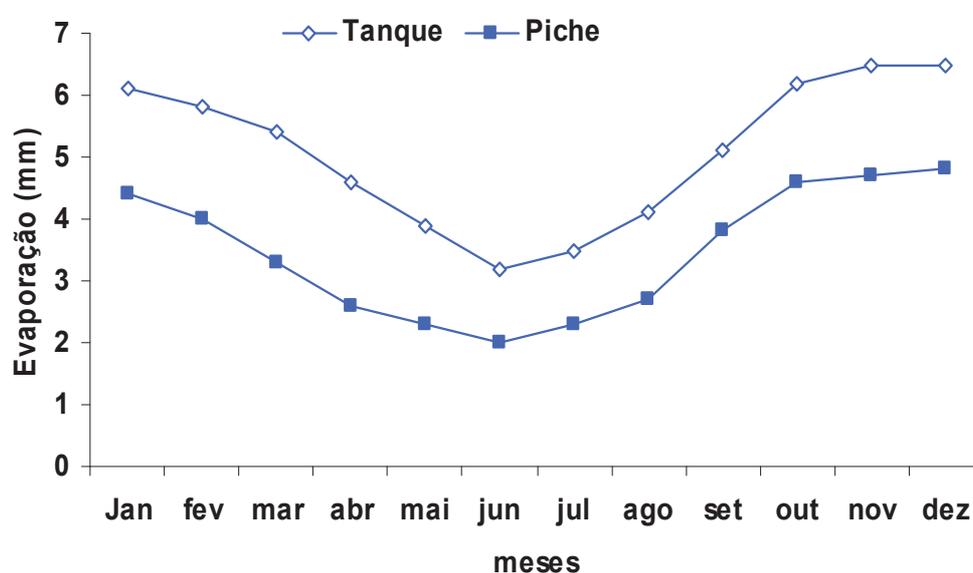


Figura 8. Médias mensais diárias da evaporação do Tanque classe A e atmômetro de Piche, no período entre 1980 a 2010, em Areia, PB.

Fazendo-se uma análise comparativa, constata-se que o “modelo” de distribuição dos dados de evaporação do Tanque Classe A tem assimetria negativa ($média < mediana$) e a do Piche tem assimetria positiva ($média > mediana$). O Piche representa, em média, 65,8% da evaporação do TCA, embora os desvios padrão da média sejam bem maiores e equivalem a uma dispersão média anual de 19,5%, contra 9,1% da evaporação medida no TCA. A Figura 9 mostra de forma clara, a tendência dos desvios padrão serem mais irregular e maiores quando se compara o Piche com a evaporação do TCA.

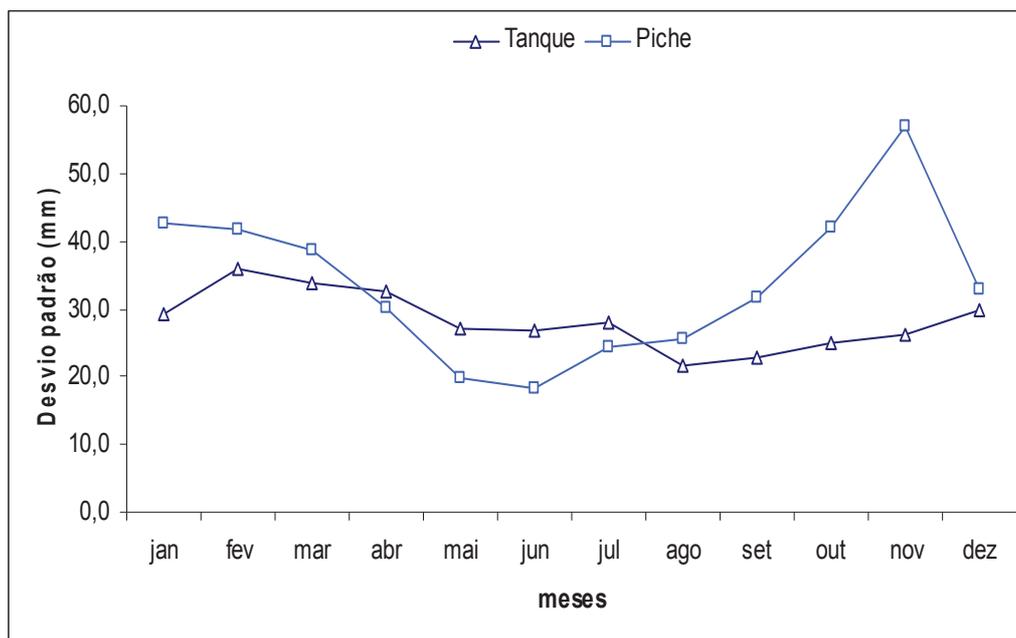


Figura 9. Desvio padrão mensais do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche do período de 1980 a 2010, em Areia, PB.

Como as distribuições mensais da evaporação do Tanque Classe A e do evaporímetro de Piche tendem a ser assimétricas, adotar-se-ão a mediana, como medida de tendência central, por ser ela o valor mais provável de ocorrer. A escolha da mediana, em vez da média, está de acordo com resultados encontrados por ALMEIDA, 2003; ALMEIDA, RAMOS & SILVA, 2005 e ALMEIDA & PEREIRA, 2007.

A relação média mensal entre os valores medianos de evaporação do Tanque Classe A e do Piche são apresentadas na Figura 10. Fazendo-se uma comparação entre si, observa-se que as medianas da evaporação do TCA foram sempre maiores que a do Piche. A explicação para isso é simples, a evaporação é um processo físico de mudança de fase da água do estado líquido para vapor, que ocorre numa superfície livre (aberta), no caso o Tanque Classe A. Já, o evaporímetro de Piche é instalado no interior do abrigo meteorológico (ambiente fechado), razão pela qual explica ser menor.

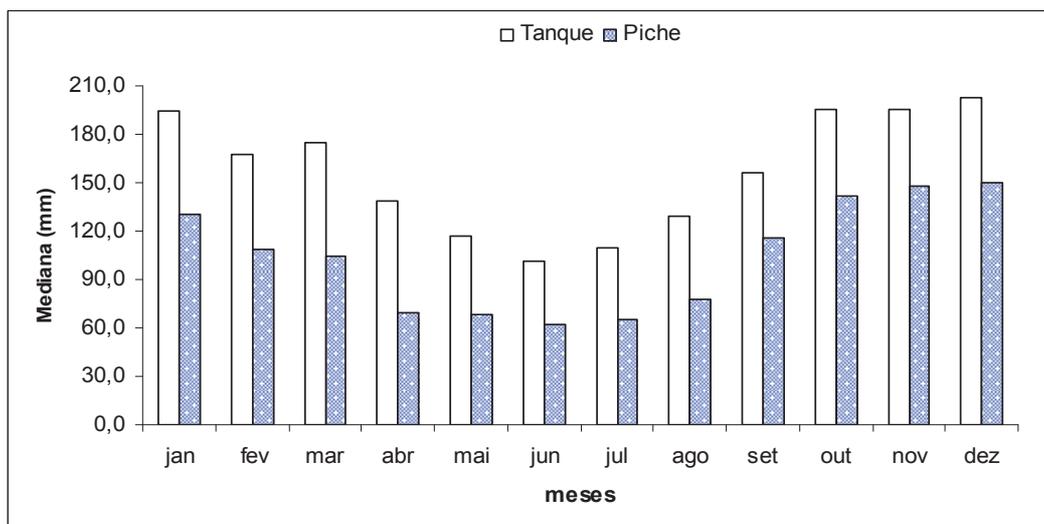


Figura 10. Medianas mensais da evaporação do Tanque classe A e do Piche no período entre 1980 a 2010, em Areia, PB.

Comparando-se os valores medianos mensais da Figura 10, verifica-se que as maiores e as menores diferenças entre o Tanque Classe A e o Piche ocorrem, respectivamente, nos meses mais quente e nos mais frios do ano.

Para uma análise mais sucinta da série pluvial estudada, selecionaram-se os dados do TCA e do Piche em duas situações distintas: ano mais seco (1999) e ano mais chuvoso (1985), cuja representação gráfica é mostrada nas Figuras 11 e 12.

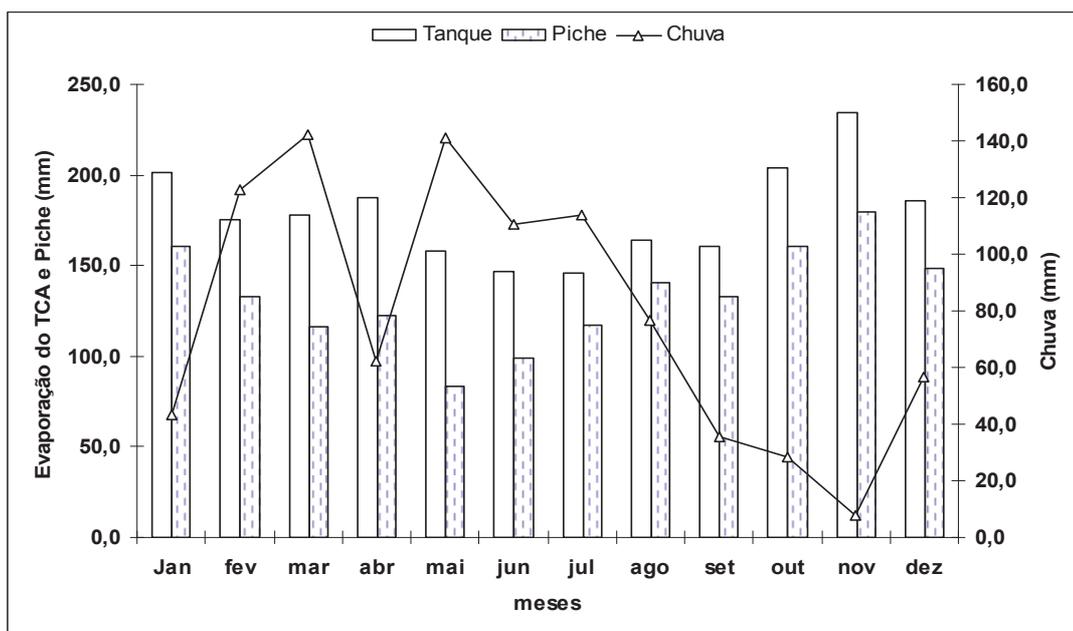


Figura 11. Médias mensais da evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche, para o ano menos chuvoso (1999) da série: 1980 a 2010, Areia PB.

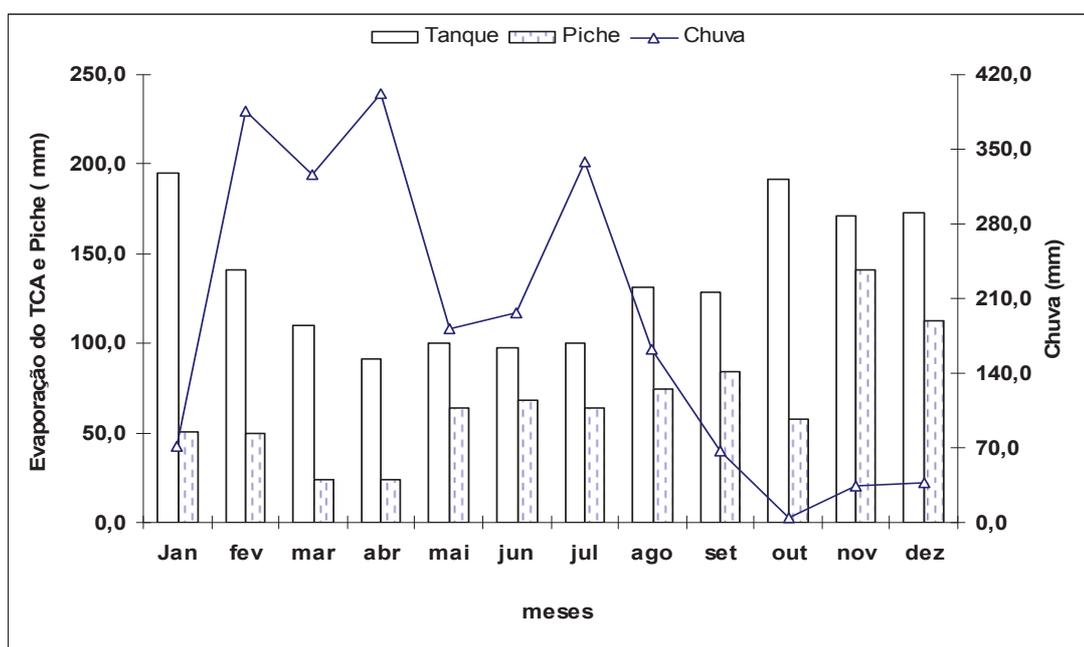


Figura 12. Médias mensais da evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche, para o ano mais chuvoso (1985) da série: 1980 a 2010. Areia PB.

Fazendo-se uma análise comparativa individual, observa-se que as diferenças da evaporação e/ou do poder evaporante do ar são marcantes. A evaporação no TCA foi 31,4% maior no ano mais seco. Já, a do Piche foi três vezes maior (96,4%).

Quando se comparam os totais de chuvas nessas duas situações, constata-se que a amplitude foi muito grande (1267 mm). O ano de 1985 choveu (2205 mm) contra 939 mm, em 1999, ou seja, o equivalente a mais de duas vezes. Além disso, no período de seis meses (fevereiro a julho) choveu 28,6% a mais do que a média esperada para todo o ano. Esses elevados percentuais não foram transferidos na mesma proporção, para evaporação no TCA, porque os excessos de chuva coincidiram com final do verão e a época mais fria do ano (Figura 12).

Outro dado importante na relação entre essas duas medidas nas duas situações supracitadas. O cálculo da relação evaporação do TCA pelo Piche, resultou que no ano mais seco, a média do Piche equivale a 74,2% da evaporação do TCA. Já, no ano mais chuvoso, houve uma redução de 47,1%, ou seja, o valor médio do Piche equivale a 50,5% da evaporação do TCA.

As medianas médias diárias da evaporação do TCA e do atmômetro de Piche são mostradas nas Figuras 13 e 14. Observam-se, em ambas as Figuras, que os retângulos são crescentes na primavera para o verão e decrescente de outono para o inverno.

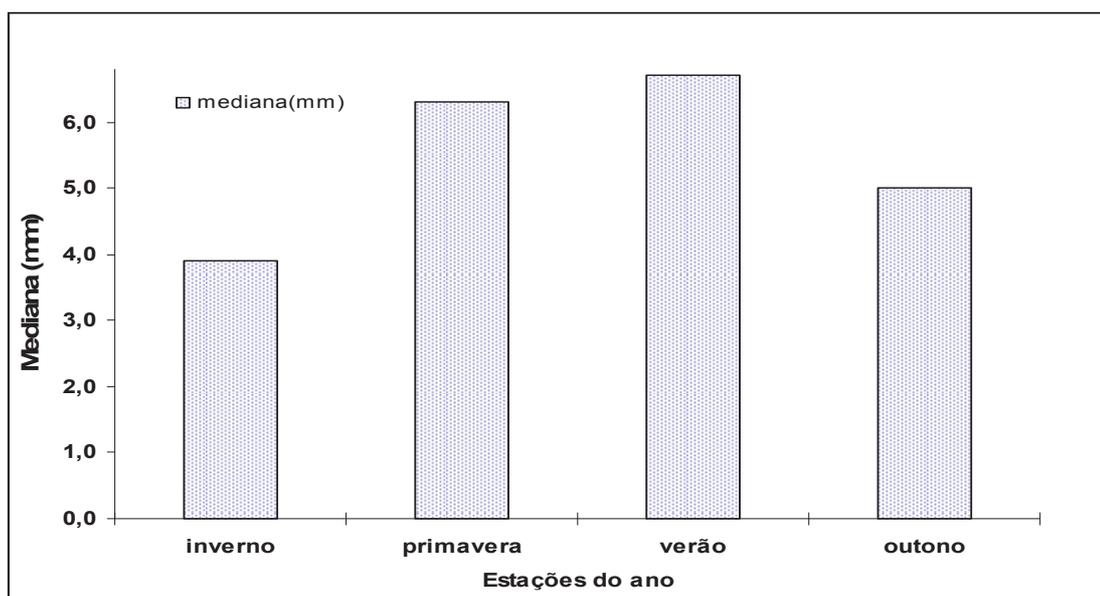


Figura 13. Mediana diária da evaporação do Tanque classe A, por estações do ano. Média do período de 1980 a 2010, Areia, PB.

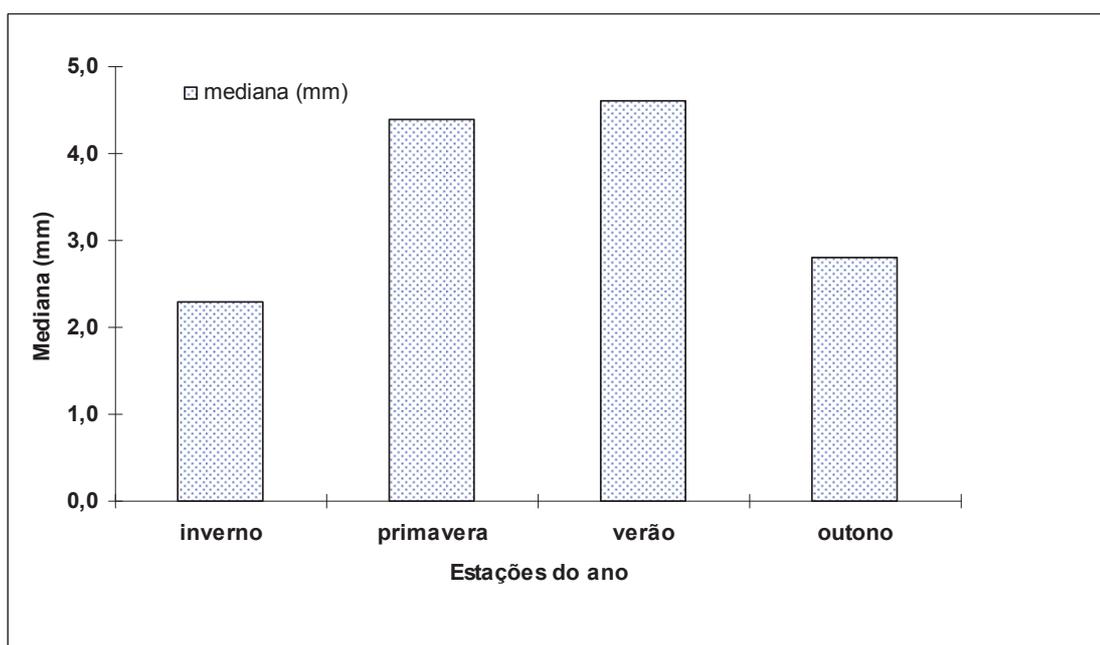


Figura 14. Mediana diária da “evaporação” do atmômetro de Piche, por estações do ano. Média do período de 1980 a 2010, Areia, PB.

Quando se compara a menor com a maior evaporação, verifica-se que a média da evaporação no solstício de verão foi 68,3% maior que no solstício de inverno. Já, nos equinócios, a primavera foi 27,% maior que no outono.

Essa mesma comparação feita com o Piche mostrou que os valores no inverno equivalem a 46,2% do que ocorrem no verão, no outono foi 59,0% maior que na primavera.

Fazendo-se uma análise comparativa entre a evaporação de uma superfície livre (TCA) e a “evaporação” de uma superfície coberta (Piche), constata-se que a evaporação média, por estação, foi 44,5 % maior que o Piche; sendo 66,2%, maior no inverno e 29,2% no verão. Acredita-se que essa maior diferença (no inverno) seja proveniente do menor déficit de pressão de saturação de vapor, que resulta num menor valor no poder evaporante e, conseqüentemente, numa maior amplitude entre este e a evaporação do TCA.

O déficit de pressão de vapor d’água na atmosfera e o movimento de uma parcela de ar geram um “poder” de secamento, denominado de poder evaporante do ar. O déficit de pressão aumenta de forma exponencial com a temperatura e o movimento representado por uma função empírica da velocidade do vento.

As médias mensais da evaporação do Piche versus a contribuição do poder evaporante do ar (Ea), médias de dez anos e para o ano mais seco, são apresentadas nas Figuras 15 e 16.

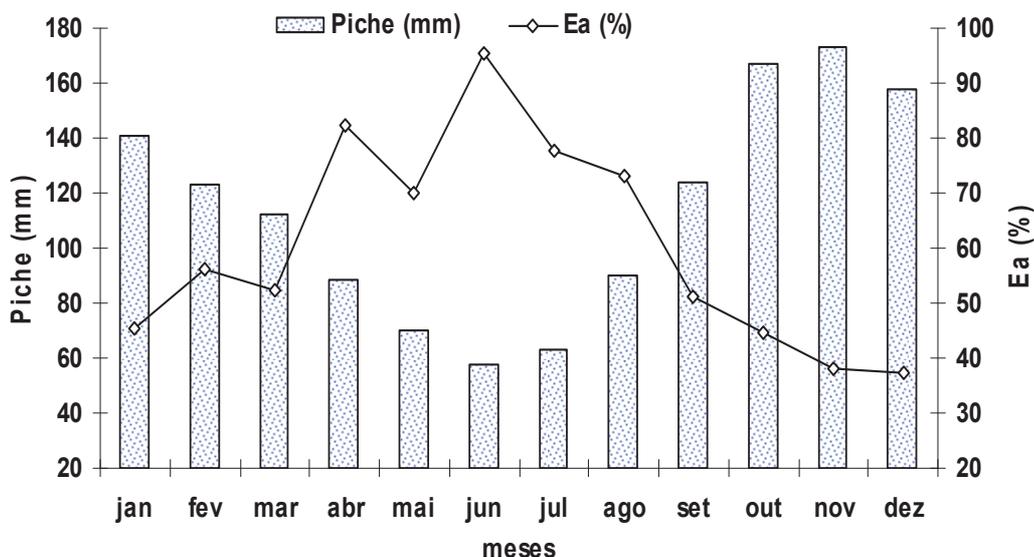


Figura 15. Médias mensais da “evaporação” de Piche e da contribuição do poder evaporante do ar (Ea). Médias do período de 1999 a 2009, Areia, PB.

A contribuição média do poder evaporante foi de 55,9%, observa-se, também, que a contribuição média do poder evaporante, para a evaporação do Piche (Figura 15), foi maior nos meses mais frios e menores nos mais quentes, a mesma tendência ocorreu no ano mais seco (Figura 16).

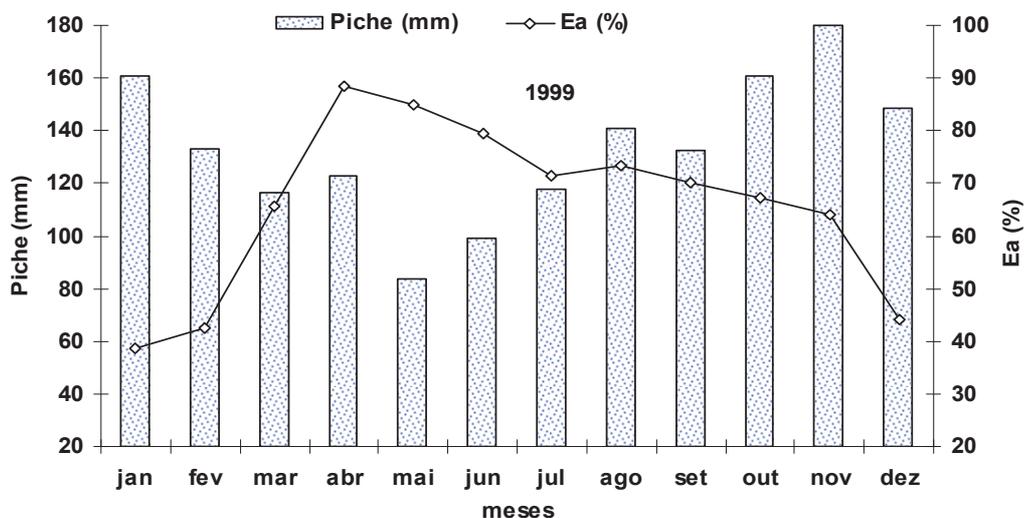


Figura 16. Médias mensais da “evaporação” de Piche e do poder evaporante do ar (Ea), no ano mais seco (1999). Areia, PB.

A relação entre a evaporação de Piche e o poder evaporante do ar, mediante o modelo de regressão linear, é apresentada na Figura 17.

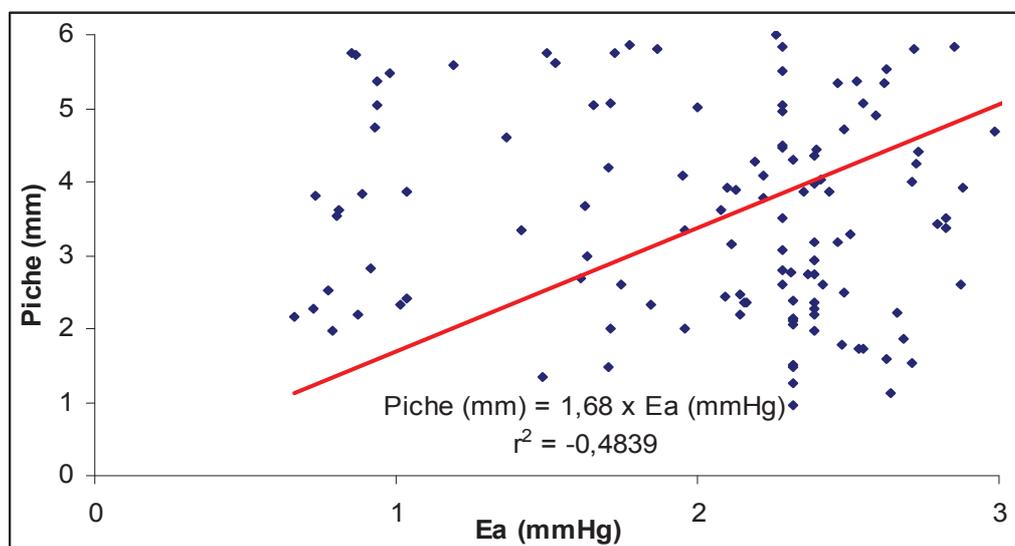


Figura 17. Equação de regressão linear entre a “evaporação” do Piche e o poder evaporante do ar (Ea). Areia, PB, médias do período 1999 a 2009.

A opção do modelo da reta de regressão passando pela origem, mostra que há muito mais pontos distanciados da linha de tendência do que próximo. O coeficiente de determinação da regressão (r^2) é um indicador e, portanto, o seu valor numérico explica a relação entre si em 48,39%.

A explicação, a priori, não é tão baixa visto que a determinação do poder evaporante é relativamente complexa por envolver cálculos da pressão parcial, de saturação de vapor e de uma função empírica da velocidade do vento.

No entanto, o modelo estabelecido é útil, porque permitir estimar a evaporação do Piche, para locais que não dispõem desse instrumento meteorológico, a partir da equação matemática do poder evaporante do ar.

As Figuras 18, 19, 20 e 21 mostram os modelos de regressões lineares entre os dados diários de evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche, nas quatro estações do ano: outono, inverno, primavera e verão.

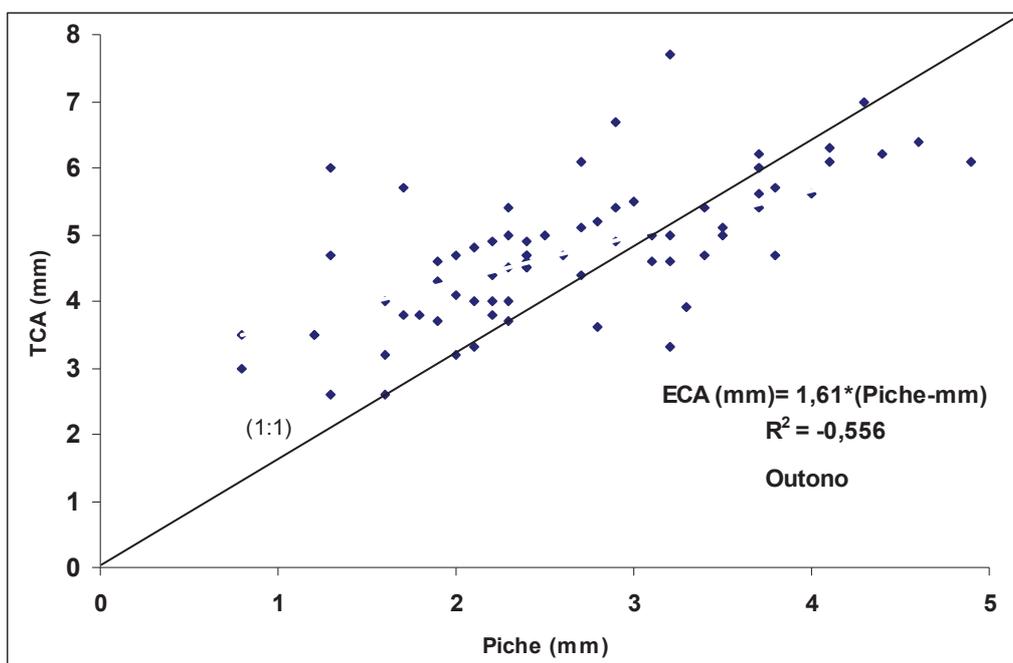


Figura 18. Modelo de regressão linear entre os valores da evaporação do Tanque Classe A e o atmômetro de Piche, no outono, em Areia, PB.

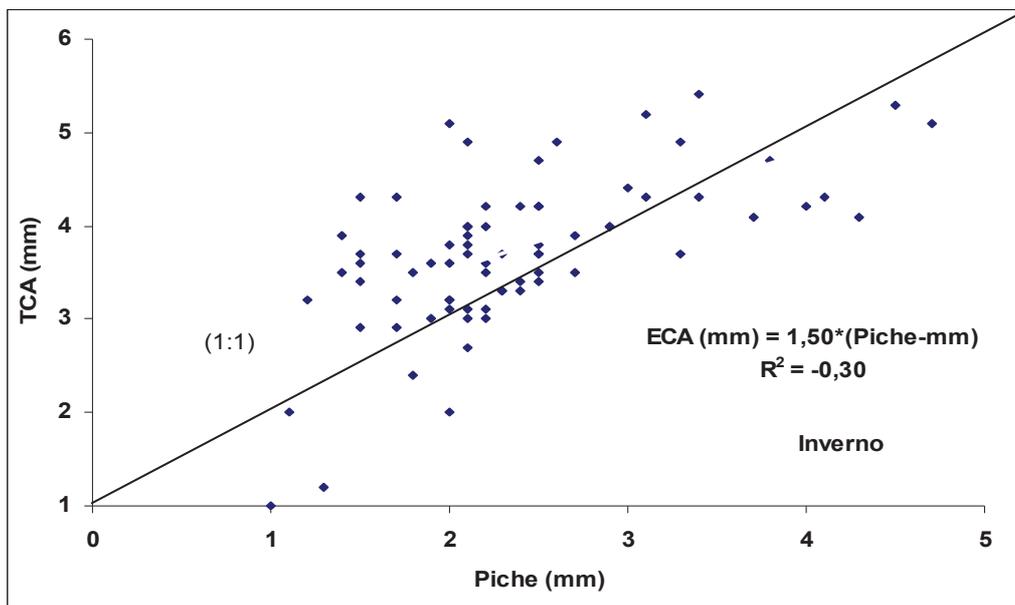


Figura 19. Modelo de regressão linear entre os valores da evaporação do Tanque Classe A e do atmômetro de Piche, no inverno, em Areia, PB.

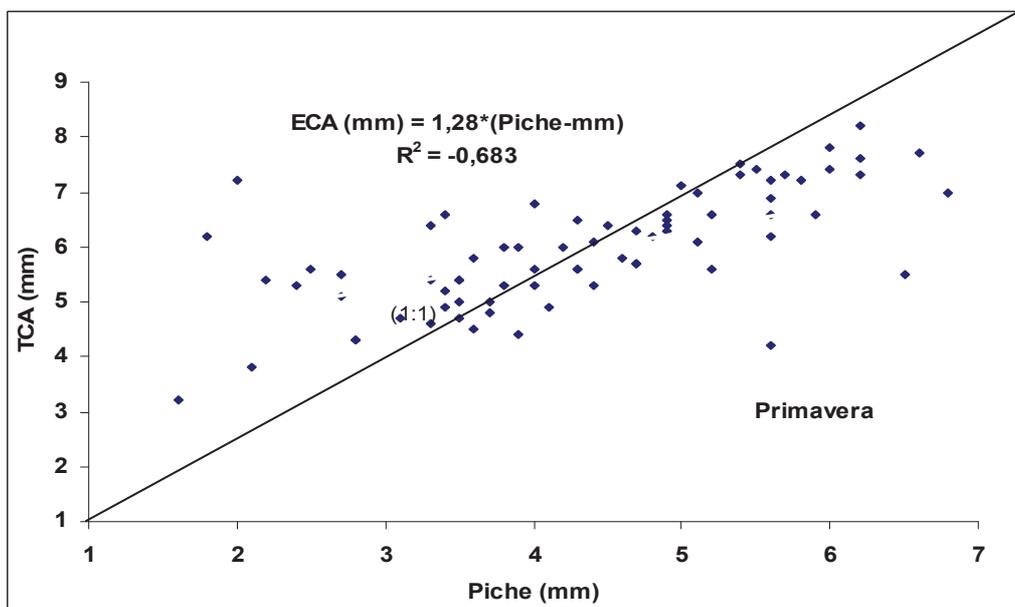


Figura 20. Modelo de regressão linear entre os valores da evaporação do Tanque Classe A e o atmômetro de Piche, na primavera, em Areia, PB.

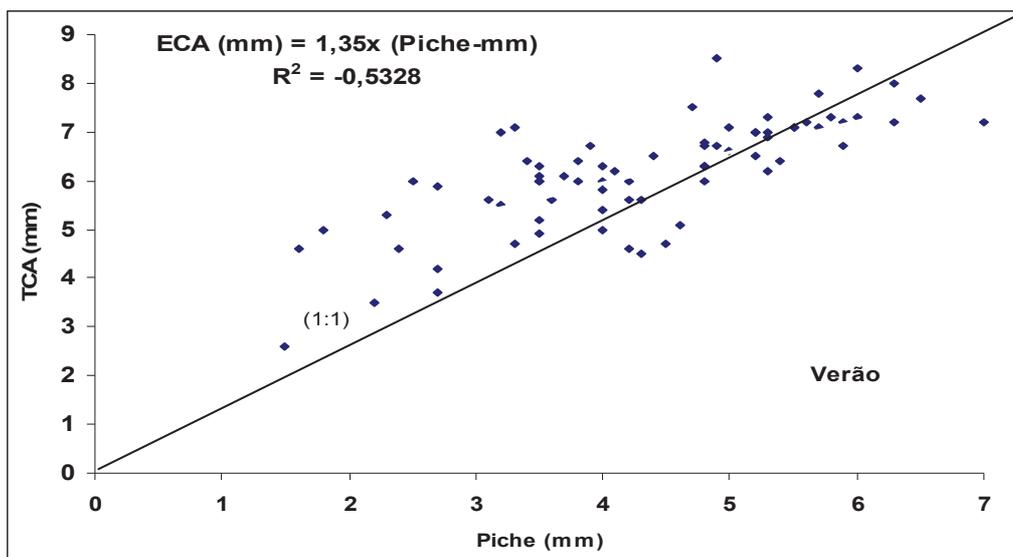


Figura 21. Modelo de regressão linear entre os valores da evaporação do Tanque Classe A e o atmômetro de Piche, no verão, em Areia, PB.

A análise de regressão linear simples prediz a variável dependente Y (evaporação do Tanque Classe A) por uma única variável independente X (evaporação do Piche), ou seja, é uma fórmula algébrica pela qual se determina Y.

As análises de correlação permitiram estabelecer as equações de regressão e os respectivos valores dos coeficientes de determinação (r^2). Extraíndo a raiz quadrada de r^2 , tem-se o coeficiente de determinação.

A correlação pode ser positiva, quando uma variável cresce em relação, ou negativa, em caso contrário. Quanto maior o valor de (r^2), mais forte será a associação. Por isso, o coeficiente de determinação é uma medida de qualidade do modelo e indica quanto da variância da variável resposta é explicada pela variável explicativa.

Observa-se (Figuras 19 e 20) que o menor r^2 ocorreu no inverno (0,30) e o maior na Primavera (0,683), ou seja, os modelos estabelecidos explicam entre 0,30 e 68,3 % da relação. Nas Figuras 18, 19, 20 e 21, observa-se que os maiores coeficientes de determinação ocorreram no início e no final dos meses mais quentes do ano (primavera e outono), ou seja, nos equinócios, e os menores nos solstícios de verão e inverno.

Constatou-se, também, que a estimativa da evaporação do Tanque Classe A com valores medidos da evaporação do Piche, utilizando-se as equações de regressão das Figuras 18, 19, 20 e 21 os erros médios, em percentagem, variaram entre (-9,0%) a (1,5%), embora tenham existido variações extremas (máxima ou mínima) diária que ultrapassou 10 vezes esse valor médio.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

- a) Os valores médios diários e mensais da “evaporação” do Piche forem sempre menores que os do Tanque Classe A (TCA);
- b) Os modelos de distribuição dos totais diários e mensais da evaporação do TCA e do Piche são assimétricos e, portanto, a mediana é o valor mais provável de ocorrer que a média;
- c) Os desvios padrão tendem a ser maiores e mais irregulares nos valores de “evaporação” do Piche do que nos da evaporação do TCA;
- d) Os coeficientes de assimetria do modelo de distribuição da evaporação, nas escalas diárias e mensais, tiveram frequência mais predominantes; positiva (média < mediana) para o TCA e negativo (média > mediana) para o Piche;
- e) Os valores da evaporação do Tanque Classe A são, em média, uma vez e meia maior que a do Piche;
- f) Nos meses de outono a inverno e de primavera a verão, os totais diários de “evaporação” do Piche foram, respectivamente, menores que os do Tanque Classe A, em 62,4 e 37,7%;
- g) As médias diárias da evaporação do Tanque Classe A e do Piche oscilam, respectivamente, de 19,4 a 31,5%;
- h) As maiores diferenças entre a evaporação do TCA e a “evaporação” do Piche ocorrem nos meses mais quentes e as menores nos mais frios;
- i) No ano mais seco, os totais de evaporação no TCA e do Piche foram 31,4 e 96,4% maiores que as médias esperadas;
- j) No ano mais chuvoso, o valor médio da “evaporação” do Piche equivaleu a 50,5% da evaporação do TCA;
- l) As medianas médias diárias da evaporação do TCA e do Piche são crescentes na primavera para o verão e decrescente de outono para o inverno;

- m) No solstício de verão e no equinócio de primavera, as médias mensais da evaporação do TCA foram, respectivamente, 68,3 e 27,0% maiores que no inverno e outono;
- n) A “evaporação” do Piche que ocorre durante o inverno equivale a 46,2% do que ocorre no verão;
- o) A evaporação média do Tanque Classe A, por estação, foi 44,5 % maior que a do evaporímetro de Piche;
- p) O poder evaporante do ar contribuiu em 55,9% para o valor da “evaporação” do Piche;
- q) A contribuição da velocidade do vento e do déficit de pressão, para o valor da evaporação do Piche, foi maior nos meses mais frio e menor no mais quente;
- r) Nos modelos de regressão entre a evaporação do Tanque Classe A e a do Piche o maior coeficiente de determinação (r^2) ocorreu na primavera (0,683) e o menor no inverno (0,30);
- s) O erro médio entre o valor medido de evaporação pelo TCA e os respectivos valores estimados pelas equações de regressão variou entre (-9,0%) e (1,5%).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. A. de. **Climatologia aplicada à geografia**. UEPB: publicação didática, Campina Grande, 138p. 2010.

ALMEIDA, H. A. de, PEREIRA, F. C. **Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju, SE, 2007, Anais, Aracaju: CD-R

ALMEIDA, H. A. de ; RAMOS, M. M. Q.; SILVA, L. **Características do regime pluvial em Campina Grande, PB**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14, Campinas, SP, 2005, Anais, Campinas: CD-R.

ALMEIDA, H. A. de. **Variabilidade anual da precipitação pluvial em Cabaceiras, PB**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13, Santa Maria, RS, 2003, Anais, Santa Maria: CD-R.

BARBOSA, C. M. de S; MATTOS, A.; RIGUETTO, A. M. **Estudo das taxas de evaporação em Serra Negra do Norte/RN**. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis, 2006.

BARROS, J. G.. **Origem, Distribuição e Preservação da Água no Planeta Terra**. Ano 4, Edição 10, Dezembro 2010.

CAMARGO, Â. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. **Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial**. Bragantia, Campinas, v.59, n. 2, p. 125-137, 2000.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requeriments**. Rome: FAO, 1977. 179p. Irrigation and Drainage Paper, 24.

FINCH, J. W. **A comparison between measured and modeled open water evaporation from a reservoir in south-est-England**. Hydrology Processes, v.145, p. 174-189, 2001.

GUARCEZ, L. N; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2ª. Edição revista e atualizada- São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2010. **Censo demográfico Areia - PB** – População. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 07/12/2010.

LINACRE, E. T. **Data-sparse estimation of lake evaporation using a simplified Penman equation**. Agricultural and Forest Meteorology, v.64, p.237-256, 1993.

MACHADO, G.; SARAIVA, J. M. B. **Estudos das taxas de evaporação nas cidades de Rio Grande e Pelotas- RS**. X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília, 1998.

MASCARENHAS, J. C.; BELTÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C.; MORAIS, F.; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Areia, estado da Paraíba**. / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

MELO, C. **O guia geográfico**. Publicado em 28 de outubro de 2008. Disponível em:<<http://oguiageografico.wordpress.com/evapotranspiracao>> Acesso em 10/11/2010.

OLIVEIRA, G. X. S. **Relações entre medidas de evaporação de superfícies de água livre por evaporímetros e estimativas por métodos meteorológicos em duas regiões do Estado de São Paulo**. Greice Ximena Santos Oliveira. -Piracicaba. 102 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo - SP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2009.

OLIVEIRA, G. M. de; LEITÃO, M. de M. V. B. R, BISPO, R. de C; SANTOS, I. M. S; ALMEIDA, A. C. de. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região norte da Bahia**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.4, n.2, p.104–109, 2010. ISSN 1982-7679. Disponível em:<http://www.inovagri.com.br/wp-content/uploads/2010/07/v.4-n.2-p.104-109_Oliveira_et_al.pdf>. Acesso em 08 de fevereiro de 2011.

PAPAIIOANNOU, G., VOURLAKI, K., KERKIDES, P. **Piche evaporimeter data as a substitute for Penman equation's aerodynamic term**. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v. 82, p. 83-92, 1996.

PEREIRA, A. R; VILLA NOVA, N. A; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: (FEALQ), 1997. 183 p.

PINTO, N. L. de S; HOLTZ, A. C. T; MARTINS, J. A; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. São Paulo, Edgard Bliiches Ltda. 1998.

STANHILL, G. **The use of the Piche evaporimeter in the calculation of evaporation**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v.88, n.375, p. 80–82, 1962.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva; fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 372 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**, Versão Digital 2, 2006. v. 1., 463p. Disponível em:< <http://www.agritempo.gov.br/publicacoes/livros/>>. Acesso em 20/03/2011.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**, Versão Digital 2, 2006. v. 1., 463p.

VILLA NOVA, N. A; REICHARDT, K. **Evaporação/evapotranspiração de um ecossistema e suas relações com o meio ambiente**. Engenharia Hidrológica, Rio de Janeiro, v.2, p.145-197, 1989.

VILLA NOVA, N. A.; OMETTO, J. C. **Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981. Anais. Fortaleza: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1981. v.3., p.281-299.