



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE AGRONOMIA

TECLA TICIANE FÉLIX DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM ANOS
EXTREMOS DE PLUVIOSIDADE EM MOSSORÓ-RN**

MOSSORÓ

2017

TECLA TICIANE FÉLIX DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM ANOS
EXTREMOS DE PLUVIOSIDADE EM MOSSORÓ-RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: José Espínola Sobrinho, Prof. Dr.

Co-orientador: Saulo Tasso Araújo da Silva, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S511e Silva, Tecla Ticiane Félix da.
ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DA
TEMPERATURA DO AR EM MOSSORÓ-RN PARA ANOS SECO E
CHUVOSO / Tecla Ticiane Félix da Silva. - 2017.
47 f. : il.

Orientador: José Espínola Sobrinho.
Coorientador: Saulo Tasso Araújo da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2017.

1. Temperatura do solo. 2. Temperatura do ar.
3. meteorológicos. I. Sobrinho, José Espínola,
orient. II. Silva, Saulo Tasso Araújo da , co-
orient. III. Título.

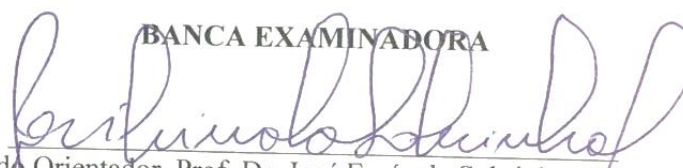
TECLA TICIANE FÉLIX DA SILVA

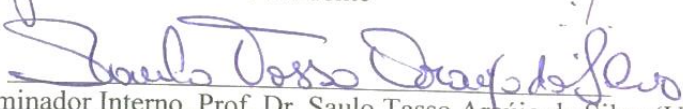
**ANÁLISE COMPARATIVA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM ANOS
EXTREMOS DE PLUVIOSIDADE EM MOSSORÓ-RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Defendida em: 06 / 10 / 2017.

BANCA EXAMINADORA


Nome do Orientador, Prof. Dr. José Espínola Sobrinho (UFERSA)
Presidente


Nome do Examinador Interno, Prof. Dr. Saulo Tasso Araújo da Silva (UFERSA)
Membro Examinador


Nome do Examinador Externo, Dr. Edmilson Gomes Cavalcante Junior (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, por me dar saúde, força de vontade e sabedoria de sempre enfrentar os desafios.

Agradeço aos meus pais, por sempre me incentivarem a estudar e ter um objetivo de vida.

Agradeço ao Professor José Espínola, pela orientação, dedicação, atenção, compreensão e amizade e que sempre me incentivou nas pesquisas acadêmicas.

Agradeço a todos professores que foram tão importantes na minha vida acadêmica e que contribuíram com seus ensinamentos e conselhos, é a eles que devo todo meu conhecimento.

Agradeço aos meus amigos e colegas de faculdade pelo incentivo e ajuda seja nas atividades, nas noites mal dormidas estudando para provas, fazendo companhia e trocando conhecimentos, pelo incentivo nos momentos de apertado e pelos momentos de descontração que ajudava a tirar um pouco da tensão e da cobrança que é feita durante a faculdade, obrigada pelo carinho e amizade em especial a Sarah que quem mais me incentivou a não desistir, a Anna Kézia sempre disposta a ajudar, nas provas, atividades e pesquisa, minha amiga e companheira de guloseimas, a Terezinha em que sempre pude contar pra tudo e a Maria Itala (Itinha), sempre vou torcer por vocês.

Agradeço a meu namorado, Yuri Lima, por sempre está disposto a me ajudar, pelo incentivo e amor que tem me dedicado.

Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa Isaac, Edmilson, Rudah e Ítala.

Agradeço a Banca Examinadora, por reservar um pouco do seu tempo e contribuir com análise final deste trabalho.

É uma disciplina que promove, com visão integrada, o gerenciamento e o compartilhamento de todo o ativo de informação possuído pela empresa. Esta informação pode estar em um banco de dados, documentos, procedimentos, bem como em pessoas, através de suas experiências e habilidades.

Gartner Group

RESUMO

O conhecimento do comportamento das variáveis climáticas é de suma importância para o planejamento das atividades agrícolas. A obtenção de dados sobre o comportamento da temperatura em solos sob clima tropical facilita o entendimento das relações solo-planta nessas regiões e permite fornecer subsídios para o estudo de técnicas de cultivo ecologicamente adequadas a esse clima. O cálculo das temperaturas médias do solo em diferentes profundidades sempre foi problemático, sabendo-se que Mossoró é considerado um polo agrícola, o objetivo principal deste trabalho foi ajustar uma equação que permita estimar a temperatura do solo, em função da temperatura do ar no município de Mossoró-RN. Levando em conta os estudos desenvolvidos por Alfonsi&Sentelhas (1996), seguiu-se a metodologia utilizada para estimativa da equação. O trabalho foi desenvolvido a partir de dados obtidos por meio de uma estação meteorológica automática pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, no período de 01/01/2011 a 31/12/2012, considerando 2011 um ano chuvoso e 2012 um ano seco. Foram coletados os seguintes dados meteorológicos: radiação global ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$); temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); precipitação pluviométrica (mm); umidade relativa do ar (%); velocidade do vento (m/s) e temperatura média do solo a 02 cm e a 20 cm ($^{\circ}\text{C}$). Os elementos meteorológicos estudados influenciaram a temperatura do ar e consequentemente a temperatura do solo nos dois anos analisados. As análises mostraram que as equações ajustadas apresentaram bons resultados para o ano chuvoso de 2011, porém deixou a desejar quando aplicadas ao ano seco de 2012. Quando se especifica um determinado ano, verificou-se melhor ajuste no primeiro semestre quando houve a presença de chuva, enquanto que no segundo semestre seu desempenho foi de regular a fraco. Com relação à profundidade do solo os melhores resultados foram obtidos na profundidade de 2 cm.

Palavras-chave: Temperatura do solo. Temperatura do ar. Meteorológicos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Estação meteorológica automática da Universidade Federal Rural do Semi-Árido	24
Figura 2	– Estação meteorológica automática da Universidade Federal Rural do Semi-Árido	24
Figura 3	– Localização da estação meteorológica automática da UFERSA.....	24
Figura 4	– Variação anual da Radiação Solar, temperatura do solo e do ar no ano de 2011.....	29
Figura 5	– Variação anual da Radiação Solar, temperatura do solo e do ar no ano de 2012	29
Figura 6	– Umidade relativa do ar média e precipitação pluviométrica acumulada no ano de 2011	31
Figura 7	– Umidade relativa do ar média e precipitação pluviométrica acumulada no ano de 2012	31
Figura 8	– Valores da velocidade do vento ao longo do ano de 2011	32
Figura 9	– Valores da velocidade do vento ao longo do ano de 2012	33
Figura 10	– Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura do solo a 2 cm (10a) e a 20 cm (10b) de profundidade para o ano de 2011	34
Figura 11	– Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura do solo a 2 cm (11a) e a 20 cm (11b) de profundidade para o ano de 2012	35
Figura 12	– Diagrama de dispersão para a temperatura do solo a 2 cm de profundidade em função da temperatura do ar, correspondente ao período de Março (12a) e Outubro (12b) de 2011	37
Figura 13	– Diagrama de dispersão para a temperatura do solo a 2 cm de profundidade em função da temperatura do ar, correspondente ao período de Fevereiro (13a) e Setembro (13b)	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Classificação dos valores do coeficiente de correlação de Pearson (r)	26
Tabela 2	–	Dados médio das variáveis avaliadas para cada mês do ano de 2011.....	27
Tabela 3	–	Dados médio das variáveis avaliadas para cada mês do ano de 2012	28
Tabela 4	–	Média da temperatura do solo a 2 cm e do ar diária para os meses de 2011 e respectivas equações de estimativa para a temperatura do solo, correlação e classificação.....	37
Tabela 5	–	Média da temperatura do solo a 20 cm e do ar diária para os meses de 2011 e respectivas equações estimadas da temperatura do solo, correlação e classificação	38
Tabela 6	–	Média da temperatura do solo a 2 cm e do ar diária para os meses de 2012 e respectivas equações estimada da temperatura do solo, correlação e classificação	39
Tabela 7	–	Média da temperatura do solo a 20 cm e do ar diária para os meses de 2012 e respectivas equações estimada da temperatura do solo, correlação e classificação	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Temperatura.....	13
2.1.1	Temperatura do ar	13
2.1.2	Temperatura do solo	14
2.2	Radiação Solar.....	15
2.3	Precipitação Pluviométrica.....	16
2.4	Umidade Relativa do Ar	16
2.5	Vento.....	17
2.6	Influência da temperatura do solo em cultura vegetais.....	17
2.7	Métodos de estimativa da temperatura do solo.....	19
2.7.1	Bergamaschi & Guadagnin (1993)	19
2.7.2	Oliveira, Albuquerque Neto e Soares (2015)	20
2.7.3	Silva et al. (2016)	20
2.7.4	Matteucci e Lobato (2004)	21
2.7.5	Alfonsi & Sentelhas (1996)	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS	24
4	RESULTADOS E DISCURSÃO.....	27
4.1	Variáveis	27
4.2	Estimativa da temperatura do solo em função da temperatura do ar.....	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

A temperatura do solo tem influência decisivamente na formação de uma cultura, graças a interação solo e planta, desde a germinação da planta ao seu estágio final de maturação, pois esta vai agir diretamente na microbiologia do solo, na absorção de água e nutrientes, na evapotranspiração e na umidade que pode favorecer o surgimento de doenças e pragas.

Segundo Furlani et al. (2008), temperaturas do solo muito altas têm efeitos negativos sobre plântulas e raízes e na atividade microbiana do solo, podendo comprometer também a absorção de nutrientes pelas plantas (Carvalho et al., 2005). Sabendo disso, para a cultura se estabelecer e exibir todo seu potencial produtivo, é necessário que a temperatura do solo esteja dentro da faixa exigida pela cultura. Uma vez conhecida a temperatura de determinado local e época do ano, determina-se a cultura ou espécie mais adaptada para região. A temperatura do solo é influenciada por uma série de fatores, como as condições meteorológicas, topografia local, tipo de solo, teor de água, textura, área de superfície coberta e copa das plantas.

Já para Medeiros et al. (2012), verifica-se que a temperatura do ar tem um efeito claro no desenvolvimento dos seres vivos, animal e vegetal, sendo necessária a utilização de métodos de estimativas de temperatura confiáveis e seguros para que se possa trabalhar com informações precisas.

O conhecimento do comportamento das variáveis climáticas é de suma importância para o planejamento das atividades agrícolas. A temperatura do ar destaca-se na condução de estudos relativos à classificação agrícola, uso do solo, etc. A verificação da confiabilidade de métodos utilizados para estimar a temperatura média do ar e do solo é importante, visto que estes valores são frequentemente utilizados para avaliar efeitos positivos ou negativos em atividades agrícolas.

A microrregião geográfica de Mossoró que incorpora, além do município que lhe dá nome, os municípios de Areia Branca, Baraúna, Grossos, Serra do Mel e Tibau, é uma das principais microrregiões na produção de importantes produtos da fruticultura, tais como o melão, o mamão e a melancia. A agricultura desenvolvida na economia espacial de Mossoró, para além de sua função social, caracteriza-se como forte atividade econômica apropriada como indutora de um desenvolvimento local/regional.

Sabendo que Mossoró é considerado um polo agrícola, efeitos climáticos ao longo do ano influenciam diretamente a temperatura do solo o que pode comprometer toda a produção agrícola, apesar das medidas de temperatura do solo a várias profundidades serem rotineiras nas estações meteorológicas, muitas vezes, para estudos específicos, essas informações não estão disponíveis.

A obtenção de dados sobre o comportamento da temperatura em solos sob clima tropical facilita o entendimento das relações solo-planta nessas regiões e permite fornecer subsídios para o estudo de técnicas de cultivo ecologicamente adequadas a esse clima.

O cálculo das temperaturas médias do solo em diferentes profundidades sempre foi problemático, já que as leituras em estações meteorológicas são tradicionalmente feitas em horários fixos, de cujas médias aritméticas resultam valores incorretos, sobretudo para as camadas mais próximas à superfície, onde a oscilação térmica é mais acentuada. Dentre os vários métodos desenvolvidos para a estimativa da temperatura do solo usando dados meteorológicos, não foi desenvolvido nenhum que se enquadre as características climáticas para região Semi-Árida, tampouco para cidade de Mossoró. Em vista disso, considerando o tipo de solo e as condições climáticas da região é necessário um modelo que melhor represente as condições locais.

O objetivo principal deste trabalho foi ajustar uma equação que permita estimar a temperatura do solo, em função da temperatura do ar no município de Mossoró-RN.

Objetivos específicos:

- Verificar a influência das diferentes condições climáticas na temperatura do solo;
- Avaliar os parâmetros climáticos que podem interferir a temperatura do solo.

2 Revisão de Literatura

2.1 Temperatura

A temperatura é um dos mais importantes elementos meteorológicos, pois traduz os estados energéticos e dinâmicos da atmosfera e consequentemente revela a circulação atmosférica, sendo capaz de facilitar e/ou bloquear os fenômenos atmosféricos (DANTAS et al., 2000).

2.1.1 Temperatura do ar

O aquecimento da atmosfera próxima à superfície terrestre ocorre por transporte de calor, a partir do aquecimento da superfície. É o solo que aquece o ar, por emissão de ondas eletromagnéticas e por contato solo-atmosfera. O ar aquecido, tem menor densidade, e sobe por convecção. O ar é um péssimo condutor de calor

A temperatura do ar é, dentre os elementos climáticos, o que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos. A temperatura do ar destaca-se na condução de estudos relativos à classificação agrícola, uso do solo, zoneamento ecológico e aptidão climática, época de semeadura, estimativa do ciclo das culturas, dentre outras (OLIVEIRA NETO et al., 2002). Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar é o que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em animais e principalmente vegetais (VALERIANO & PICINI, 2000).

A temperatura do ar é variável, no tempo e no espaço. Pode ser regulada por vários fatores, que são os controles da temperatura: radiação, advecção de massas de ar, aquecimento diferencial da terra e da água, correntes oceânicas, altitude e posição geográfica.

A temperatura do ar é um dos efeitos mais importantes da radiação solar. Parte da energia radiante que atinge a superfície terrestre é utilizada para aquecer o solo, o qual, por sua vez, aquece o ar em contato com sua superfície, por meio do transporte do calor sensível por condução molecular e difusão turbulenta na massa de ar (OMETTO, 1981). Na camada de ar em contato com o solo, as temperaturas máximas do solo e do ar ocorrem simultaneamente, no entanto, à medida que se afasta da superfície, o instante de ocorrência da máxima temperatura do ar vai sendo retardado em relação ao instante de ocorrência da máxima temperatura do solo (PEREIRA et al., 2002). Em média, essa defasagem é de 2 horas a 2 m de altura do solo.

No período noturno, o solo sofre resfriamento contínuo provocado pela interrupção da radiação solar e pelo constante processo da irradiação, chegando à condição de inversão do

fluxo de calor, ou seja, a atmosfera mais aquecida passa a transferir calor para o solo. A temperatura mínima do ar ocorre em função desse resfriamento e atinge seu menor valor antes do nascer do sol (VIANELLO; ALVES, 1991). A variação, ao longo do ano, da temperatura do ar, em um determinado local, ocorre devido ao movimento de translação da Terra, processo esse que se repete, de uma forma cíclica ou periódica, de um ano para outro. A variação de temperatura do ar entre locais depende também de outros fatores tais como: altitude, latitude, longitude e distância dos oceanos (PEREIRA et al., 2002).

O monitoramento da temperatura do ar é feito nas estações meteorológicas convencionais ou automáticas, em suas diversas modalidades (máxima, mínima e atual), por meio de medições diárias.

2.1.2 Temperatura do solo

A temperatura do solo está relacionada com os processos de interação solo-planta, destacando-se a germinação das sementes, o desenvolvimento e a atividade das raízes em absorver água e nutrientes do solo, a atividade de microrganismos, a difusão de solutos e gases, o desenvolvimento de moléstias e a velocidade das reações químicas no solo (GASPARIM et al., 2005).

O solo, além de armazenar e permitir os processos de transferência de água, solutos e gases, também armazena e transfere calor (GASPARIM et al., 2005). Devido à variação na temperatura ser resultante do fluxo de calor no solo, torna-se um componente necessário ao balanço de energia oriundo da superfície; sendo este, portanto, capaz de justificar o armazenamento e a transferência de calor dentro do solo e, ainda, as trocas entre o solo e a atmosfera (MOURA & QUERINO, 2010).

Considerando que cada tipo de solo apresenta características peculiares, faz-se necessário que sejam identificadas, para cada situação particular, as suas propriedades térmicas, as quais são resultantes de um conjunto de fatores. Observações regulares de sua temperatura em diferentes profundidades possibilitam o conhecimento do seu comportamento térmico e a extração de importantes propriedades, tais como a difusividade térmica (BELLAYER, 2009). Trabalhos realizados em Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, demonstraram a relação da diminuição da amplitude de variação da temperatura do solo com o aumento da profundidade (MENDEZ; ASSIS, 1981).

A variação temporal e espacial da temperatura do solo é dependente de sua condutividade térmica, do calor específico, e da emissividade (poder emissor da superfície), os quais irão depender da sua textura, densidade e umidade. Além disso, essa variação é decorrente da inter-relação com uma série de fatores, como aqueles relacionados aos elementos meteorológicos que afetam o balanço de energia na superfície e sua partição, ou seja, irradiância solar global, temperatura do ar, nebulosidade, vento e chuva, além de outros fatores intrínsecos, como tipo de cobertura da superfície, relevo e pela composição (tipo) do solo (PEREIRA et al., 2007).

2.2 Radiação Solar

A radiação solar global, definida como o total de energia emitida pelo sol, que incide sobre a superfície terrestre, com comprimento de onda compreendido entre 150 e 4.000 nm (ROSENBERG, 1974; SLATER, 1980), é fundamental, principalmente em relação às atividades agropecuárias. O conhecimento sobre esta variável acerca da sua variabilidade, tem aplicabilidade em diversas áreas científicas, como engenharia, arquitetura, meteorologia, agricultura, hidrologia e, ainda, como indicador da variabilidade climática (LOHMANN et al., 2006).

A radiação solar é a maior fonte de energia para a Terra, sendo também o principal elemento meteorológico pois é ela que desencadeia todo o processo meteorológico afetando todos os outros elementos (temperatura, pressão, vento, chuva, umidade, etc) (PEREIRA et al. 2007). Pillar (1995), a radiação solar afeta o balanço de radiação das superfícies, que por sua vez influencia as condições de temperatura, movimentação do ar e disponibilidade hídrica para as plantas. Segundo Azevedo et al. (1990), é utilizado nos processos de: aquecimento do ar e do solo; transferência da água, na forma de vapor, da superfície para a atmosfera através da evapotranspiração; e metabolismo das plantas, especialmente a fotossíntese.

A superfície do solo, com ou sem vegetação, é o principal receptor de radiação solar e da radiação atmosférica, sendo também emissor de radiação. O balanço de radiação, variável no decurso do dia e do ano, promove variações diárias e anuais nas temperaturas do solo e do ar (MEDEIROS et al., 2012). Sendo assim, a variação do clima no espaço geográfico e no tempo é determinada em grande medida pela variação da intensidade da radiação solar.

2.3 Precipitação Pluviométrica

A precipitação pluviométrica tem grande importância na caracterização do clima de uma região, é um elemento de suma importância na caracterização do clima. Este elemento meteorológico afeta o balanço hídrico e influencia outras variáveis como a temperatura, umidade relativa e a radiação solar que atuam no desenvolvimento e crescimento da vegetação (SANTOS, 2005).

Segundo Bezerra et al. (2004), a precipitação pluviométrica interfere em todas as frações das atividades econômicas e do ecossistema, através do ciclo hidrológico, pois a água encontra-se em todos os estágios e fases do sistema superfície-atmosfera. A chuva é um dos elementos climáticos mais diretamente relacionados à produção agrícola, devido ao seu caráter aleatório, aumentando, em consequência, os riscos na programação das atividades do setor agrícola (MELO JUNIOR et al, 2006). Do ponto de vista agrícola, as principais questões sobre estação chuvosa são relativas ao mês de início e fim, precipitação o total no período e sua intensidade (SANSIGOLO, 1996).

O volume da precipitação e seus regimes, sejam sazonais ou diários, e sua distribuição temporal e intensidade afetam direta ou indiretamente as condições do ambiente (SOUSA et al, 2006). Segundo Nobre e Melo (2017), a marcante variabilidade interanual da pluviometria associada aos baixos totais anuais pluviométricos, sobre a Região Nordeste do Brasil (Nordeste), é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas” sobre a região, as quais são caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico sazonal durante o período de fevereiro a maio. Do ponto de vista meteorológico, uma condição de seca, como definida por Magalhães e Glantz (1992) é caracterizada por acentuada redução dos totais pluviométricos anuais da região; uma “grande seca” ocorre quando os totais anuais de chuvas não atingem 50% das normais climatológicas para uma fração significativa (a metade) da área semi-árida do Nordeste.

2.4 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar pode ser influenciada por diversos controles e atributos climáticos como, por exemplo, a temperatura do ar, altitude, correntes oceânicas e até mesmo pelo uso do solo e cobertura vegetal de uma determinada região (Moraes et al. 2016).

A umidade está fortemente concentrada nas baixas camadas da atmosfera (nos primeiros 2.000 metros de altitude), geralmente ocorre uma diminuição da umidade com o aumento da

altitude. Sendo que a maior concentração do teor de umidade é encontrada principalmente nas baixas camadas da atmosfera, ou seja, abaixo de 850mb, aproximadamente 1450m (BARRY; CHORLEY, 2013).

Segundo Falcão et al. (2010), a umidade relativa do ar pode ser considerada como a relação de água existente no ar e o valor máximo que poderia haver na mesma temperatura, sofrendo influência desta. Isto quer dizer que se a temperatura variar, a umidade pode variar também, e ambas são inversamente proporcionais. (AYOADE, 2002).

2.5 Vento

Os ventos são causados por diferenças de pressão ao longo da superfície terrestre, devidas ao fato de, em primeiro lugar, a radiação solar recebida na Terra ser maior nas zonas equatoriais do que nas zonas polares e, em segundo lugar, ao movimento de rotação da Terra e variações sazonais de distribuição de energia solar incidente (JERVELL, 2008). A origem do vento é, portanto, a radiação solar.

O vento é uma das variáveis meteorológicas mais importantes e menos estudada, sendo que no caso da agricultura, é conhecida a sua influência na aplicação de defensivos e em estudos voltados à propagação de doenças, polinização e práticas com quebra-vento.

Segundo Santos et al. (2012), durante o ano a velocidade do vento varia de acordo com a região do país e com a estação do ano. De maneira geral, no Brasil, os ventos mais fortes ocorrem no início da primavera e os mais fracos no início do verão, outros fatores também podem influenciar a variável, pois a velocidade do vento é diretamente proporcional aos valores de balanço de radiação (BÍSCARO, 2007).

Segundo Pereira et al. (2007), a velocidade do vento é afetada, pela rugosidade da superfície criada pelos obstáculos (vegetação, construções, relevo montanhoso, etc.), e pela distância vertical acima da superfície em que ela é medida. Quanto mais próximo da superfície, maior o efeito do atrito com o terreno, desacelerando o movimento e diminuindo a velocidade de deslocamento do ar.

2.6 Influência da temperatura do solo em cultura vegetais

A temperatura do solo pode influenciar o crescimento e o desenvolvimento vegetal e, conseqüentemente, afetar três funções importantes no solo: a biológica, a química e a física, podendo controlar o poder produtivo, o desenvolvimento e a distribuição de plantas no solo

(Mota, 1989). Castro (1989), afirma que o excessivo aquecimento do solo, no início do estabelecimento das culturas, compromete a absorção de nutrientes pelas plantas. Segundo Muller (1991), uma elevada temperatura do solo pode interferir negativamente na disponibilidade de alguns nutrientes para as plantas, como o cálcio e o fósforo.

A cultura do pimentão, em algumas épocas do ano, tem a sua produção comprometida, devido a temperaturas extremas do solo, que alteram o ciclo da cultura e o crescimento dos frutos (Lorentz, 2004). Para o bom desenvolvimento e crescimento das plantas de pimentão, o ideal é que a temperatura do solo esteja torno de 17 °C; acima de 30 °C, há redução do crescimento radicular e abortamento das flores (Pádua et al., 1984).

Segundo Lal (1974), para a emergência de plântulas de milho, a temperatura ideal na zona radicular situa-se na faixa de 25 a 35 °C. Em temperaturas superiores a 35 °C, ocorre drástica redução do desenvolvimento das plântulas de milho. Segundo Johnson & Lowery (1985), a variação em 1 °C na temperatura do solo pode afetar significativamente a taxa de crescimento do milho em climas temperados.

Os sistemas de manejo influenciam, também, a temperatura do solo (VEIGA et al., 2010). O uso de cobertura do solo (mulching) com material orgânico (casca de coco e de arroz, palha de capim, bagaço de cana, entre outros) e com polímeros plásticos, vem sendo prática comum na agricultura em todo o mundo principalmente, fora do Brasil, em hortaliças, com ganhos notórios tanto na produção como na diminuição dos custos de produção (COELHO & MONTEIRO, 2009).

Em um trabalho feito por Braga et al. (2010) avaliando a influência de diferentes tipos de cobertura do solo, com uso ou não de manta agrotêxtil, na produtividade e qualidade dos frutos do meloeiro, verificou que o uso em cobertura do solo de material orgânico vegetal, em regiões semiáridas, pode controlar o efeito das máximas temperaturas no perfil do solo, além de servir como uma barreira física à evaporação da água. O mesmo autor observou que não se obteve correlação positiva entre a temperatura do solo e a produtividade da cultura.

Estudos realizados no norte dos Estados Unidos indicam que a cobertura do solo pela palha reduziu a temperatura do solo em 2 °C e que prejudicou a produtividade de diversas culturas, enquanto, em regiões mais quentes dos Estados Unidos, o efeito da diminuição da temperatura do solo foi benéfico para as plantas (ZOBEL, 1992).

2.7 Métodos de estimativa da temperatura do solo

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia - OMM , as profundidades padrões para medir a temperatura do solo seriam 10, 20, 50 e 100 cm. As medidas de temperatura abaixo da superfície do solo não são tão imprecisas como aquelas acima da superfície, porque as variações rápidas são contrabalançadas pela grande capacidade de retenção de calor do solo, sendo o tempo de variação da temperatura em função da variação da radiação solar, aproximadamente de 1 hora.

Em climatologia e em agrometeorologia, as temperaturas do ar e do solo são expressas em valores médios (diários, mensais, e anuais), valores extremos (máxima e mínima), e as amplitudes correspondentes (PEREIRA et al. 2007). O cálculo da temperatura do solo não há padronização, é tanto mais exato quanto maior for o número de observações no período considerado. Inúmeras são as fórmulas para cálculo da temperatura do solo, mas serão apresentadas apenas as mais comuns. Algumas delas são adotadas por órgãos responsáveis por redes públicas de estações meteorológicas.

2.7.1 Bergamaschi & Guadagnin (1993)

A maioria dos sistemas de observação, no Brasil, adota os horários das 9, 15 e 21 h, em concordância com as leituras sinóticas realizadas internacionalmente para fins de previsão do tempo. Assim, dependendo da posição geográfica e de outras características do local, a média aritmética das três leituras pode ser incorreta como média diária verdadeira. Assim, dependendo da posição geográfica e de outras características do local, a média aritmética das três leituras pode ser incorreta como média (TM) diária verdadeira. ALFONSI et al. (1981) testaram as equações:

$$TM1 = (T7 + T14 + T21)/3 \quad e \quad (1)$$

$$TM = (T9 + T15 + 2T21)/4 \quad (2)$$

Sendo T7, T9, T14, T15 e T21, respectivamente as temperaturas observadas às 7, 9, 14, 15 e 21 h local, em Campinas, SP. Comparando médias obtidas a partir de leituras em geotermômetros convencionais, em diferentes profundidades, com médias de registro contínuo

em geotermógrafos, concluíram que, para o solo da região estudada, é válida a utilização de ambas as fórmulas acima descritas na determinação da temperatura média diária do solo.

Bergamaschi & Guadagnin (1993), com o objetivo de corrigir médias diárias e decendiais de temperatura do solo, nas profundidades de 5, 10 e 20 cm, obtidas pela média aritmética das observações das 9, 15 e 21 h, foram estabelecidas equações de regressão, pelo método dos mínimos quadrados, tomando como verdadeira a média das 24 h calculada a intervalos de duas horas durante as 24 horas do dia. E verificaram que, modelos de regressão linear adequados para estimar a temperatura média diária e decendial do solo.

2.6.2 Oliveira, Albuquerque Neto e Soares (2015)

Utilizou seis métodos (fase, amplitude, logaritmo, condução-convecção, arco tangente e diferenças finitas) em um solo do agreste Pernambucano e com estes resultados, estimou as temperaturas neste mesmo solo partindo das condições de contorno para comprovar a eficácia dos algoritmos e determinar o fluxo de calor através da lei de Fourier para o transporte de calor para os valores medidos e os estimados através de cada método, analisando a correspondência entre os resultados obtidos para estes parâmetros da difusividade e do fluxo de calor do solo. Para isto, foram medidas temperaturas nas profundidades de 0,02; 0,08; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50 m por meio de termopares.

A metodologia utilizada também foi utilizada por Rao et al. (2005), com o objetivo de determinar a difusividade térmica do solo da estação climatológica de Salvador, BA, com base em medições dos ciclos diário e anual da temperatura do solo, segundo diferentes metodologias.

Oliveira et al. (2015), determinaram a eficácia dos métodos que foi comprovada por meio de simulações do perfil de temperatura do solo onde os algoritmos arco tangente e condução-convecção apresentaram os melhores resultados e parâmetros estatísticos, enquanto o método das diferenças finitas destoou dos demais. Rao et al. (2005), concluíram que os ciclos anual e diário da temperatura do solo mostram diminuição da amplitude e aumento da fase, com a profundidade.

2.7.3 Silva et al. (2016)

Em um trabalho de avaliação da temperatura do solo, temperatura do ar e umidade relativa do ar em uma clareira de mata atlântica no município de São Cristóvão, Sergipe, Brasil. A temperatura do solo foi registrada a cada 10 minutos com auxílio de um sensor Termopar

modelo *R1B1 USB-64703* instalado a uma profundidade de 2 cm. Todos os dados foram analisados estatisticamente com auxílio do software *JMP Statistical Package 10.0*. Foi desenvolvido um modelo matemático, utilizando-se de métodos de regressão, a fim de construir uma equação para se estimar a temperatura do solo com base em variáveis independentes de fácil obtenção. O modelo que apresentou maior coeficiente de determinação e significância ($r^2 = 0,80$; $p < 0,001$) está descrito abaixo (Equação 3):

$$Ts = e^{3,9844-0,0076*Ua} \quad (3)$$

Onde: Ts = Temperatura do solo a 2cm de profundidade em área sem vegetação (°C)

e = Base do logaritmos neperianos (2,718)

Ua = Umidade relativa do ar (%)

2.7.4 Matteucci e Lobato (2004)

Avaliou o regime térmico em um latossolo vermelho escuro distrófico, no município de Goiânia. O trabalho foi realizado utilizando-se dados de temperatura do solo medidos por geotermômetros de mercúrio de leitura direta, instalados em solo não cultivado, na superfície (0 cm) e em profundidades de 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm e 50 cm, o solo foi classificado como latossolo vermelho escuro foram realizadas às 9h 00m e 15h 00m, entre 1980 e 1989. Para a análise dos dados foram confeccionadas tabelas e gráficos tautócronos para o estudo da variação da temperatura do solo ao longo do dia e da profundidade, observou-se o perfil decrescente de temperatura à medida que se aumenta a profundidade, nas camadas de 20 cm, 30 cm e 50 cm, os valores de temperatura se mostram superiores em relação à camada de 10 cm, caracterizando esta como a camada limite para a inversão térmica do perfil de temperatura do solo.

2.7.5 Alfonsi & Sentelhas (1996)

Eles correlacionaram a temperatura média mensal de um latossolo roxo desnudo (TS), de Campinas, SP, com a temperatura média do ar (Tar) e obtiveram as seguintes equações de estimativa:

- Profundidade de 2cm:

$$TS\ 2 = -4,56 + 1,38\ Tar \quad (4)$$
- Profundidade de 5cm:

$$TS\ 5 = -3,61 + 1,33\ Tar \quad (5)$$
- Profundidade de 10cm:

$$TS10 = -2,59 + 1,28\ Tar \quad (6)$$
- Profundidade de 20cm:

$$TS20 = -1,70 + 1,22\ Tar \quad (7)$$
- Profundidade de 40cm:

$$TS40 = 0,62 + 1,12\ Tar \quad (8)$$
- Profundidade de 100cm:

$$TS100 = 7,27 + 0,81\ Tar \quad (9)$$

Essas equações são válidas para o latossolo roxo não revolvido por aração e gradeação, portanto devem ser usadas com cautela para outros tipos de solos, pois a penetração da onda de calor depende das características físicas de cada tipo de solo.

Em um trabalho por Sena et al. (2013), em uma região de cultivo de arroz irrigado, localizada em Paraíso do Sul, RS, Brasil simularam o comportamento da temperatura do solo através da temperatura do ar, a temperatura do solo foi medida a 5 cm de profundidade, demonstrando uma boa correlação entre os dados de temperatura do ar e do solo. A equação que descreve a temperatura a 5cm (T₅) de profundidade em função da temperatura do ar (T_{ar}) é:

$$T_5 = 0.6\ T_{ar} + 7.4 \quad (10)$$

Já Belan et al. (2013), avaliaram- a variação da temperatura no perfil de um latossolo vermelho amarelo, localizado em Jerônimo Monteiro – ES, em condições de solo descoberto e com cobertura de palha seca, verificando a correlação entre a temperatura do ar e do solo monitorada nas profundidades de 2, 5, 10 e 20 cm por sensores de temperatura do solo.

Verificou-se que a temperatura no perfil do solo varia em função da profundidade e da condição de cobertura. Houve correlação positiva entre a temperatura do ar e do solo nas diferentes profundidades, na presença e na ausência de palha seca, a melhor correlação foi a 2 cm de profundidade para ambos, com $r = 0,70$ e $r = 0,91$ respectivamente. Essa correlação foi menor no solo coberto e reduz ao longo do perfil, indicando ocorrência de fluxo de calor entre o ar atmosférico e o solo, reduzido pela presença da cobertura de palha.

Em um trabalho desenvolvido por Gasparim et al. (2005), em que estudou a variação da temperatura no perfil do solo sob duas densidades de cobertura e em solo nu para cada tratamento, nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 40 cm de profundidade, também verificou que a temperatura do solo varia em função da profundidade e condição de cobertura sobre o solo e À medida que aumenta a profundidade no perfil do solo, nota-se que os valores da temperatura média, geralmente, diminuem.

De acordo com Santos et al. (2014), a classificação de Köppen o clima predominante da região é classificado como do tipo BSw^h, semiárido, ou seja, clima seco, muito quente e com chuvas no período de verão-outono. Apresenta uma temperatura média anual do ar em torno de 27,5 °C e umidade relativa de 68,9%. A precipitação média anual é de 670 mm e, a evapotranspiração média anual está em torno de 1945,20 mm e a insolação média de 236 h.mês⁻¹, sendo os meses mais secos de maior insolação (CARMO FILHO et al., 1991). Segundo a Embrapa (2013), o solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amerelo Eutrófico Abrupto, textura Areia Franca, e com características físicas foram: areia total = 0,88 kg kg⁻¹, silte = 0,08 kg kg⁻¹, Argila = 0,03 kg kg⁻¹, densidade aparente = 1,22 kg dm⁻³, densidade real = 2,58 kg dm⁻³ e porosidade total = 52,67%.

A estação automática gera continuamente dados oriundos dos seus sensores, através de varreduras dos seus sinais elétricos. Entretanto, a estação foi programada para registrar médias dessas leituras a cada minuto, de forma a se obter leituras de cada sensor por hora. Os dados foram armazenados em um datalogger CR23X que está conectado, via cabo, a um microcomputador PC de escritório, sendo descarregados diariamente. Os dados meteorológicos horários foram convertidos para dados diários.

Os dados horários utilizados na presente pesquisa foram: radiação global (MJ m⁻²dia⁻¹); temperatura do ar (°C); Precipitação Pluviométrica (mm); umidade relativa do ar (%); velocidade do vento (m/s) e temperatura média do solo a 02 cm e a 20 cm (°C); referentes ao período de 01 de janeiro de 2011 a 31 de dezembro de 2012. Foi escolhido esse período com base na última década, em que 2011 foi o último ano chuvoso desse período, onde apresentou pluviosidade anual de 956,7 mm, enquanto o ano de 2012 foi considerado o ano mais seco, apresentando pluviosidade anual de 199,4 mm.

Vale a pena salientar que o ano de 2011 foi um ano de ocorrência de *La Niña* e 2012 de *El Niño*. Este feito está associado a alguns fenômenos produzidos pela oscilação da temperatura acima ou abaixo do normal esperada, cientificamente denominado de anomalia. A principal anomalia das águas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico que interfere na circulação normal e repercute na variação dos índices de chuvas para o Nordeste é a oscilação da TSM-Temperatura da superfície do mar, dos oceanos Atlântico tropical, recentemente identificada como dipolo do Atlântico Norte e Sul, e Pacífico Tropical, popularmente conhecido como El Niño e La Niña (SILVA, 2014). Segundo Jesus, et al. (2000) fenômeno El Niño sendo um sistema de grande escala que altera significativamente as condições climáticas que se manifesta através de todas as variáveis meteorológicas, como pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade relativa do ar, nebulosidade, vento e precipitação pluviométrica, tem sido alvo de

muitos estudos, para verificar o quanto é alterada as condições climáticas em certas regiões. No Brasil, em ano de *El Niño*, a precipitação pluviométrica fica acima do normal climatológica na Região Sul, enquanto que na Região Nordeste é abaixo do normal, já para anos de *La Niña*, associa-se ao aumento das chuvas para a região, em decorrência de maior atuação de frentes frias que chegam ao Nordeste, podendo atingir o Rio Grande do Norte (PALMA, 2010).

Levando em conta os estudos desenvolvidos por Alfonsi & Sentelhas (1996), seguiu-se a mesma metodologia na presente pesquisa, para estimativa da equação da temperatura do solo em função da temperatura do ar, no entanto, para maior precisão foi utilizado dados diários e não mensais, de acordo com a estatística quanto maior número de observações, maior será a precisão do resultado. Para execução dos métodos em estudo foi utilizada uma planilha eletrônica Microsoft Excel. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson “r” (Equação 11) para avaliar estatisticamente os métodos de estimativa da temperatura do solo em função da temperatura do ar. Esta metodologia quantifica a força de associação linear entre duas variáveis, e portanto descreve quão bem uma linha reta se ajustaria através de uma nuvem de pontos de acordo com classificação proposta na Tabela 1.

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (11)$$

r = coeficiente de correlação de Pearson, adimensional;

x_i e y_i = valores das variáveis X E Y;

$\bar{y}$ e $\bar{x}$ = são respectivamente as médias dos valores x_i e y_i

Tabela 1. Classificação dos valores do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Índice de correlação r	Classificação
0,0 a 0,1	Muito Baixa
0,1 a 0,3	Baixa
0,3 a 0,5	Moderada
0,5 a 0,7	Alta
0,7 a 0,9	Muito Alta
0,9 a 1,0	Quase perfeita

Fonte: Cunha et al. (2013).

4. Resultados e Discursão

4.1 Variáveis

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores médios coletados ao longo do período avaliado (01/01/2011 a 31/12/2012), perfazendo um total de 17.520 dados para cada variável: temperatura do solo (TS) a 2 e a 20 cm, temperatura do ar (Tar), umidade relativa, precipitação pluviométrica, radiação global (Rs) e velocidade do vento. O solo a 2 cm de profundidade apresentou temperaturas variando de 28,18 a 35,71°C e a 20 cm de 28,27 a 35,15°C. O valor médio para cada profundidade não variou muito, em torno de 30,04°C para o ano de 2011 e de 32,95°C para no de 2012. Ressalta-se, contudo, que o solo apresenta certa defasagem em relação à troca de calor pois, de acordo com Geiger (1980) o fluxo de calor no interior do solo é relativamente lento além do solo possuir grande capacidade de retenção de calor sendo o tempo de variação da temperatura em função da variação da radiação solar de aproximadamente uma hora.

Tabela 2. Dados médio das variáveis avaliadas para cada mês do ano de 2011.

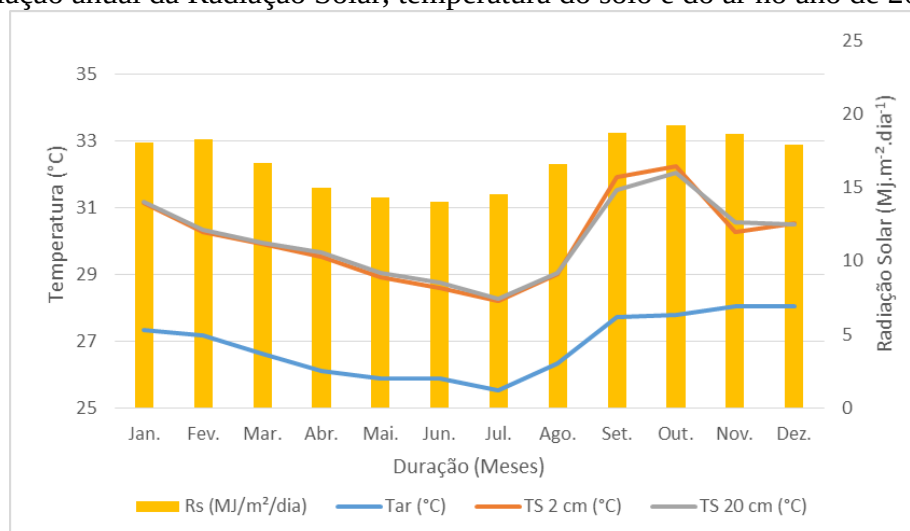
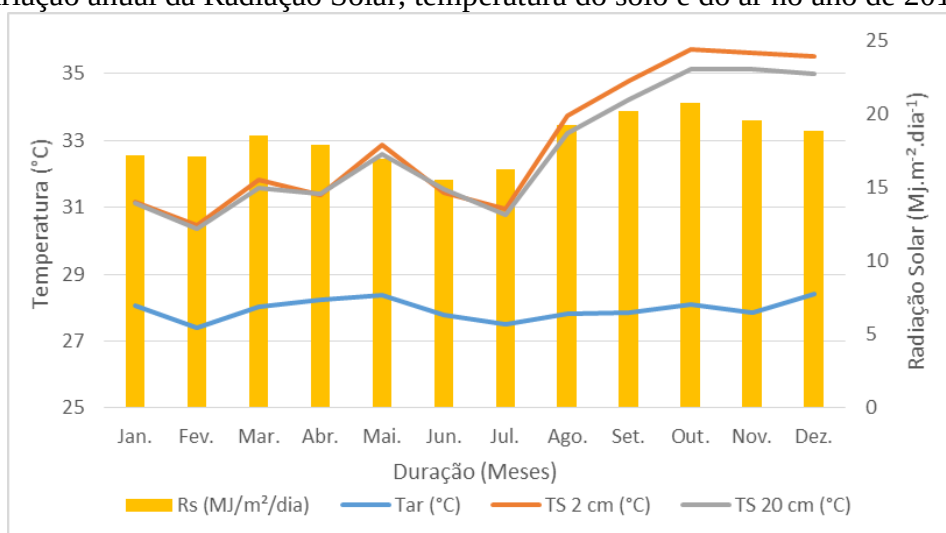
Meses	Tar °C	TS 2 cm °C	TS 20 cm °C	Rs (MJ.m ² .dia ⁻¹)	V. Vento (m/s)	Umidade do Ar (%)	Precipitação Total (mm)
Janeiro	27,33	31,14	31,17	18,03	1,98	70,23	100,60
Fevereiro	27,16	30,25	30,32	18,28	1,65	73,23	150,60
Março	26,61	29,90	29,95	16,64	1,28	78,77	89,70
Abril	26,09	29,52	29,64	15,01	1,07	81,89	237,00
Maio	25,86	28,91	29,05	14,28	1,04	81,65	219,50
Junho	25,87	28,60	28,76	14,04	1,17	74,52	18,60
Julho	25,51	28,18	28,27	14,54	1,38	71,89	115,40
Agosto	26,31	29,02	29,04	16,61	1,78	65,22	15,30
Setembro	27,71	31,93	31,51	18,73	2,41	54,52	0,00
Outubro	27,79	32,23	32,03	19,25	2,97	54,40	10,00
Novembro	28,05	30,28	30,56	18,66	3,05	60,96	0,00
Dezembro	28,05	30,53	30,50	17,90	3,08	61,75	0,00
Média	26,86	30,04	30,07	16,83	1,91	69,09	
Acumulado							956,7

Tabela 3. Dados médio das variáveis avaliadas para cada mês do ano de 2012.

Meses	Tar °C	TS 2 cm °C	TS 20 cm °C	Rs (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	V. Vento (m/s)	Umidade do Ar (%)	Precipitação Total (mm)
Janeiro	28,07	31,18	31,12	17,14	2,87	63,2	29,00
Fevereiro	27,41	30,46	30,35	17,09	2,17	67,3	67,80
Março	28,01	31,83	31,57	18,51	2,21	65,6	28,20
Abril	28,23	31,36	31,39	17,87	2,14	63,8	33,00
Maio	28,38	32,85	32,59	16,96	2,53	59,9	0,00
Junho	27,78	31,46	31,55	15,47	2,29	60,4	26,90
Julho	27,51	30,96	30,79	16,24	2,39	56,4	14,00
Agosto	27,80	33,74	33,21	19,26	2,67	51,3	0,00
Setembro	27,86	34,78	34,22	20,22	3,09	52,8	0,00
Outubro	28,09	35,71	35,12	20,71	3,26	55,3	0,00
Novembro	27,87	35,62	35,15	19,56	3,37	60,4	0,50
Dezembro	28,40	35,51	34,98	18,81	3,27	60,3	0,00
Média	27,95	32,95	32,67	18,15	2,69	59,72	
Acumulado							199,40

As maiores médias de temperatura do solo foram verificadas de setembro a dezembro para os dois anos, em especial nos meses de outubro com as maiores temperaturas de 32,23 °C em 2011 e 35,71°C em 2012, isto pode ser explicado devido às maiores intensidades de radiação solar registradas: 20,71 MJ.m⁻².dia⁻¹ e 19,25 MJ.m⁻².dia⁻¹, respectivamente. A temperatura do solo é uma função da disponibilidade de radiação solar na superfície do solo e das suas propriedades térmicas, com efeito significativo sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas; suas funções metabólicas podem interagir na nutrição, absorção da água, na produção dos compostos e no estoque de carboidratos (PARTON & LOGAN, 1981). De acordo com Trevisan et al. (2002) e Eltz e Rovedder (2005), a elevação das temperaturas do solo resulta em uma série de alterações em diversos subsistemas.

A radiação sofre a influência as flutuações da temperatura do ar e da temperatura do solo (TS); consequentemente, o aumento da TS surge com o aumento da intensidade da radiação solar, sobre o mesmo. Isto pode ser observado nas Figuras 4 e 5. Os maiores índices de radiação ocorreram em setembro, outubro e novembro, período mais seco do ano. Em estudo realizado por Carneiro et al. (2014), eles verificaram maiores taxas de temperatura do solo em torno de 32, 6 °C e intensidades máximas de radiação solar (28,5 W m⁻²), no período seco.

Figura 4. Variação anual da Radiação Solar, temperatura do solo e do ar no ano de 2011.**Figura 5.** Variação anual da Radiação Solar, temperatura do solo e do ar no ano de 2012.

Nos dois anos estudados, chuvoso e seco, a TS apresentou resposta imediata à intensidade da Rs, conforme já foi citado anteriormente. Os menores valores de radiação solar foram verificados no mês de junho, sendo 14,04 e 15,47 MJ.m⁻².dia⁻¹ nos anos 2011 e 2012, respectivamente. Nos meses seguintes houve um crescimento da radiação solar até outubro, decrescendo nos meses de novembro e dezembro, o que contribuiu para que as linhas de temperatura do solo tivessem a mesma tendência ao longo do ano, pois quanto menor o nível de radiação disponível, conseqüentemente, menor será o fluxo de energia para os níveis inferiores do solo. Gasparim et al. (2005) afirmam que é a partir da quantidade de radiação solar absorvida e perdida que a camada superficial do solo se aquece ou se resfria no decorrer do dia

e do ano, em resposta a tais fatores, gerando variações térmicas nas camadas mais próximas da superfície.

Além dos efeitos de insolação na temperatura do solo, outros efeitos semelhantes podem interferir na temperatura do ar. Santos et al. (2009) afirmam que, quando ocorre maiores incidências da radiação solar e insolação, constata-se menor nebulosidade, e como consequência tem-se uma relação inversa entre a umidade e a radiação solar global, que também pode ser verificado pela variabilidade temporal das condições meteorológicas.

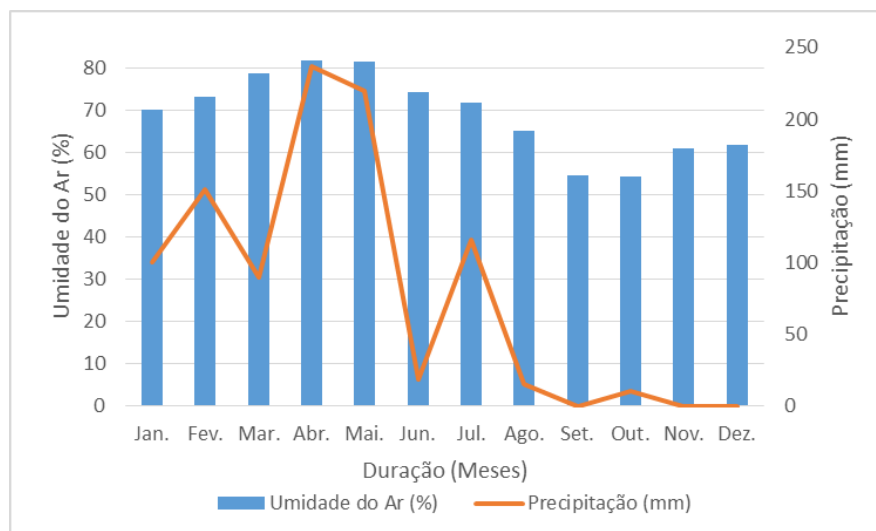
Os maiores índices pluviométricos ocorreram em abril 2011 e março de 2012, com acumulado de 237 mm e 67,8 mm, respectivamente (Tabelas 2 e 3 e Figuras 6 e 7). Observou-se uma tendência inversa entre Precipitação pluviométrica e a temperatura do solo, sendo os menores valores da TS ocorrendo sempre nos meses de maiores precipitações. O quadrimestre chuvoso na região normalmente vai de fevereiro a maio, porém na região semi-árida esse comportamento normal pode sofrer modificações em alguns anos específicos, como foi o caso de 2011 em que as precipitações se estenderam até julho, apresentando um total pluviométrico nesse período de 830,80 mm, representando quase 90% da precipitação anual, com os menores valores da temperatura do ar e do solo a 2 e 20 cm ocorrendo entre maio e Julho; já no ano seco, 2012, a precipitação total foi de 169,90 mm nesse mesmo período, tendo menor TS no mês de Julho para ambas as profundidades.

Nas Tabelas 2 e 3 e Figuras 6 e 7 podemos observar a variação anual da precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar ao longo dos dois anos estudados. A umidade do ar no ano chuvoso apresentou maior amplitude variando de 54,40% a 81,89% e, observou-se que em períodos de maiores valores de umidade menores foram os valores de temperatura do ar. Em um trabalho feito por Alves et al. (2016), analisando a temperatura do ar na cidade de Iporá (GO), notou-se que nos dias de ocorrência de precipitação houve aumento na umidade relativa do ar e diminuição na temperatura do ar, devido ao bloqueio da radiação solar global pelas nuvens e pelo processo de evapotranspiração intensificado pela precipitação.

Na Figura 6, que corresponde ao ano de 2011, ano chuvoso, verifica-se uma resposta da umidade relativa do ar com relação à precipitação pluviométrica, ou seja, os maiores valores de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar ocorreram no mês de abril: 237 mm e 81,89%, enquanto que os valores mais baixos de precipitação e de umidade do ar foram registrados de setembro a dezembro, sendo os valores de umidade mínimos registrados nos meses de setembro e outubro. Campos et al. (2013), ao estudarem fluxos de radiação solar global em vinhedos de altitude de São Joaquim-SC, puderam verificar maior incidência de radiação solar no período da manhã, na comparação com o período da tarde, sugerindo,

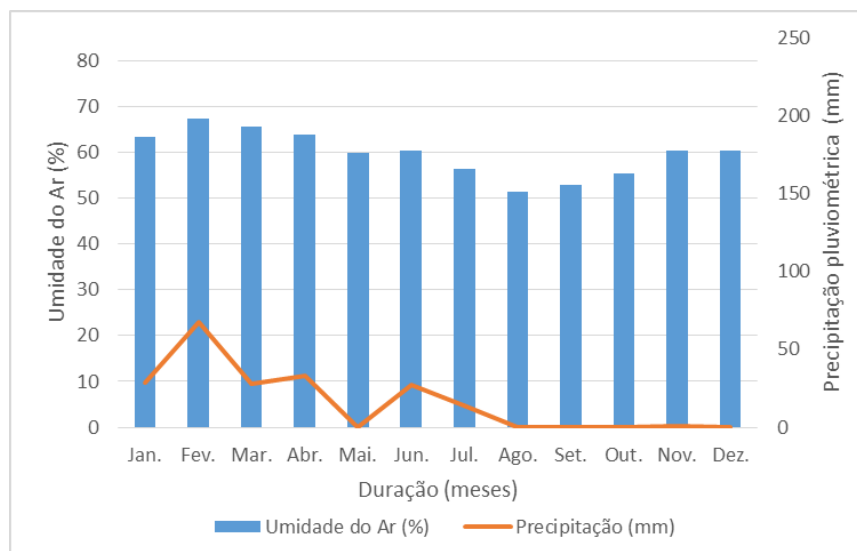
portanto, que neste experimento, pode ter havido influência da nebulosidade, dada a ocorrência de precipitação pluvial no primeiro semestre do ano de 2011.

Figura 6. Umidade relativa do ar média e precipitação pluviométrica acumulada no ano de 2011.



A Figura 7 apresenta a variação anual da precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar no ano seco de 2012. Verifica-se um comportamento anual da umidade do ar semelhante ao ano chuvoso de 2011, porém com valores mais baixos, com os máximos próximos a 67% enquanto que em 2011 os mesmos estiveram próximos a 82%. A umidade relativa mínima foi registrada em agosto, 50%. A precipitação pluviométrica teve um comportamento bem diferente do ano anterior com valor máximo em fevereiro próximo a 20 mm e valores zero de agosto a dezembro.

Figura 7. Umidade relativa do ar média e precipitação pluviométrica acumulada no ano de 2012.



Os menores valores de umidade em setembro e outubro explica os maiores índices da radiação solar que foram registrados nesses meses. Em um estudo feito por Mariano et al. (2016), na análise das umidades máximas e mínimas absolutas nas cidades do Cerrado de Goiás, no município de Jataí foi registrado influencia pela sazonalidade (inverno e estiagem), em que a gramínea seca e as árvores e arbustos com pouca folhagem favorecem maior intensidade de radiação e diminuindo nos valores de umidade relativa do ar. Ou seja, em períodos secos a radiação vai interferir diretamente a umidade. Quanto menor índice de precipitação maior intensidade da radiação solar, menor a umidade do ar.

A literatura, de um modo geral cita que existe uma estreita relação entre a radiação solar, a temperatura do ar e a velocidade do vento. Analisando-se as Figuras 4 e 5 e comparando-se as mesmas com a variação da velocidade do vento ao longo do ano, nota-se um comportamento similar aos gráficos das Figuras 8 e 9. Quanto maior a R_s , maiores foram a velocidade do vento próximo a superfície e as temperaturas do ar e do solo. Pillar (1995), enfatiza que o aquecimento e resfriamento do ar é determinado pelo balanço de radiação da superfície do solo e da vegetação presente no local. As trocas de calor do ar com as superfícies se dão por condução e convecção, gerando movimentos turbulentos do ar (vento).

Figura 8. Valores da velocidade do vento ao longo do ano de 2011.

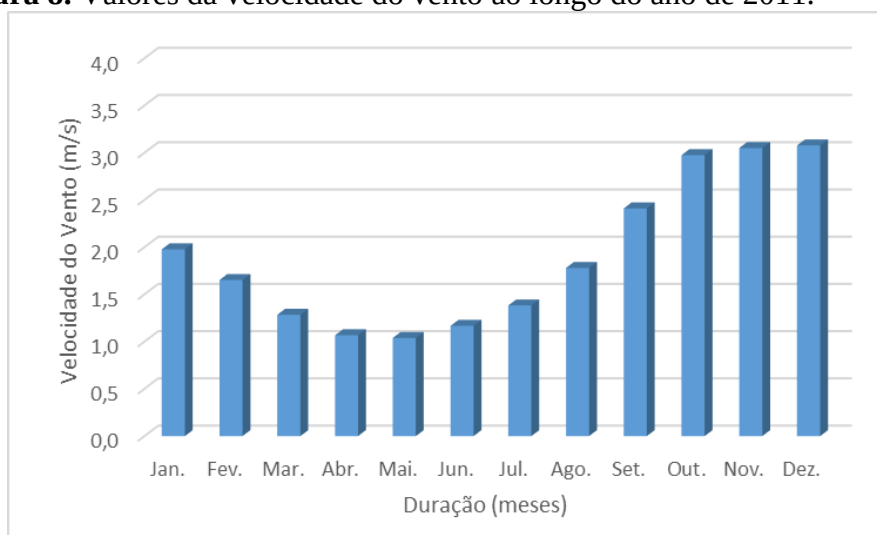
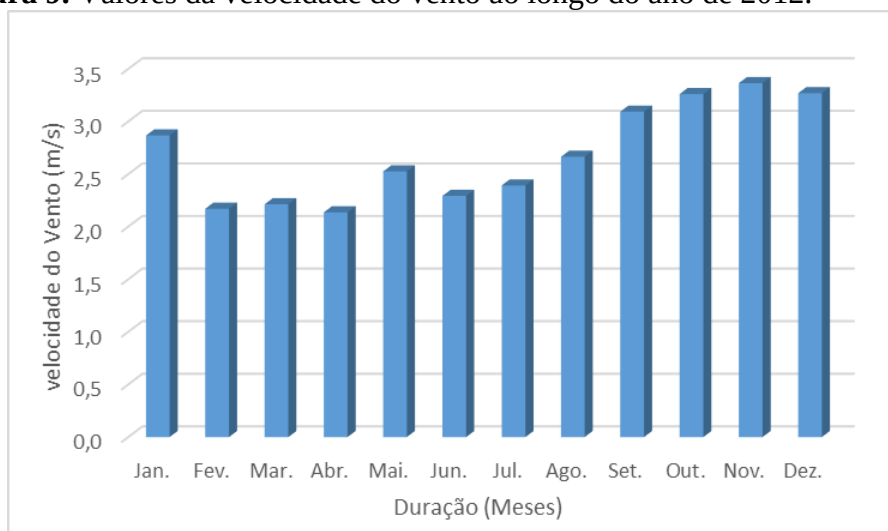


Figura 9. Valores da velocidade do vento ao longo do ano de 2012.



Observando as Figuras 8 e 9 podemos perceber que existe uma tendência da velocidade do vento atingir seus valores máximos no segundo semestre do ano, enquanto que as menores velocidades são verificadas no primeiro semestre. Isso pode ser explicado pelo fato de que no segundo semestre os valores da temperatura são maiores e consequentemente os valores dos gradientes de pressão também serão maiores influenciando na velocidade do vento. Já no primeiro semestre os valores são menores devido a ocorrência das chuvas e elevada nebulosidade e umidade do ar nesse período do ano.

Então, a resposta do vento é inversamente proporcional a intensidades de chuvas e percentagem da umidade relativa do ar, quanto maior precipitação e maior umidade no ambiente, menor é a velocidade do vento, o mesmo aconteceu para o ano 2012. No ano chuvoso de 2011 a velocidade média do vento foi de $1,91 \text{ m. s}^{-1}$, sendo os valores extremos anuais de $1,04 \text{ m. s}^{-1}$ em maio e $3,08 \text{ m. s}^{-1}$ em dezembro. Alves e Biudes (2012), afirmam que há relação entre vegetação e temperatura do ar ocorre no controle da radiação solar, do vento e da umidade do ar.

A Figura 9 apresenta a variação anual da velocidade do vento no ano seco de 2012. Percebe-se que neste ano os valores da velocidade do vento foram mais elevados, caracterizando ainda mais um ano de seca na região. A média anual foi de $2,69 \text{ m. s}^{-1}$ com valores extremos de $2,14 \text{ m. s}^{-1}$ em abril e $3,27 \text{ m. s}^{-1}$ em novembro e dezembro. Estes resultados foram influenciados pelas temperaturas do ar e do solo que registraram seus menores valores nos meses de menor velocidade do vento e maiores valores nos meses de maior velocidade do vento. Silva et al. (2016), avaliando a temperatura do solo, temperatura do ar e umidade reativa do ar em uma clareira na Mata Atlântica afirmou que microclima é alterado devido às altas

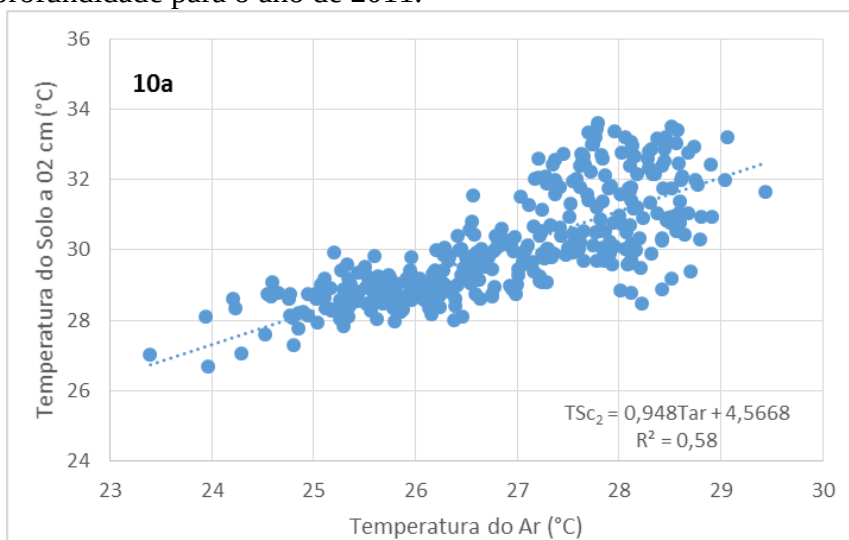
taxas de radiação solar que incidem nas bordas, intensificando a entrada de vento e elevando a temperatura do ar e do solo em áreas próximas.

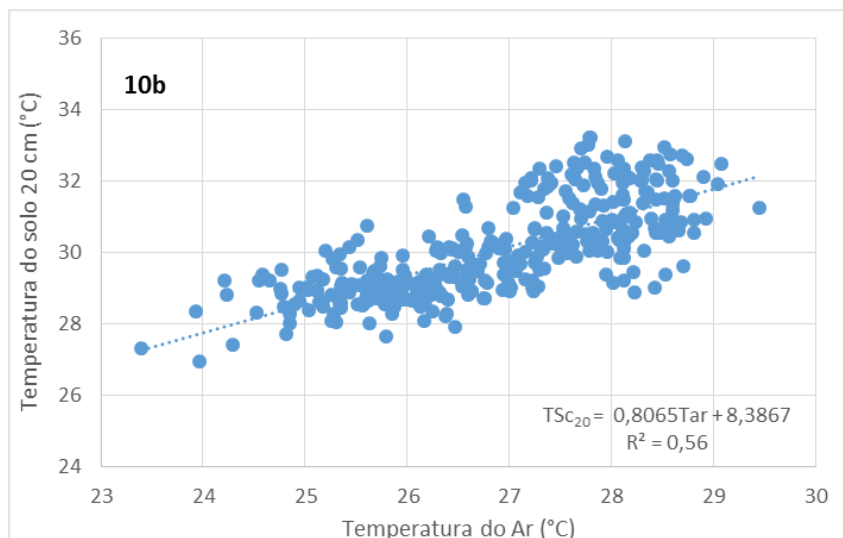
4.2 Estimativa da temperatura do solo em função da temperatura do ar

Nesta secção, apresentam-se os resultados referentes a comparação entre os valores das temperaturas do solo estimadas nas profundidades de 2 e 20 cm para as duas condições climatológicas em um ano chuvoso (2011) e um ano seco (2012).

Os diagramas de dispersão apresentados nas Figuras 10 e 11 descrevem a variação da temperatura do solo (TS) em função da temperatura do ar (TAr), nas profundidades de 2 cm e 20 cm para os anos de 2011 e 2012. Para o ano de 2011 o coeficiente estatístico de determinação (R^2) foi de 0,58 para 2 cm e 0,56 pra 20 cm. Quando a análise é feita utilizando-se os coeficientes de correlação de Pearson (r), os índices de correlação apresentados resultaram em 0,76 para 2 cm e 0,74 para 20 cm para o ano chuvoso de 2011. Estes valores correspondem a uma correlação “muito alta” entre a temperatura do solo e do ar. Observa-se, ainda que à medida que aumenta a temperatura do ar, aumenta proporcionalmente a temperatura do solo. Em um trabalho feito por Belan et al. (2013), analisando a dinâmica entre temperatura do ar e do solo sob duas condições cobertas, concluíram que houve correlação positiva entre a temperatura do ar e a temperatura do solo nas condições de presença e ausência de cobertura vegetal morta.

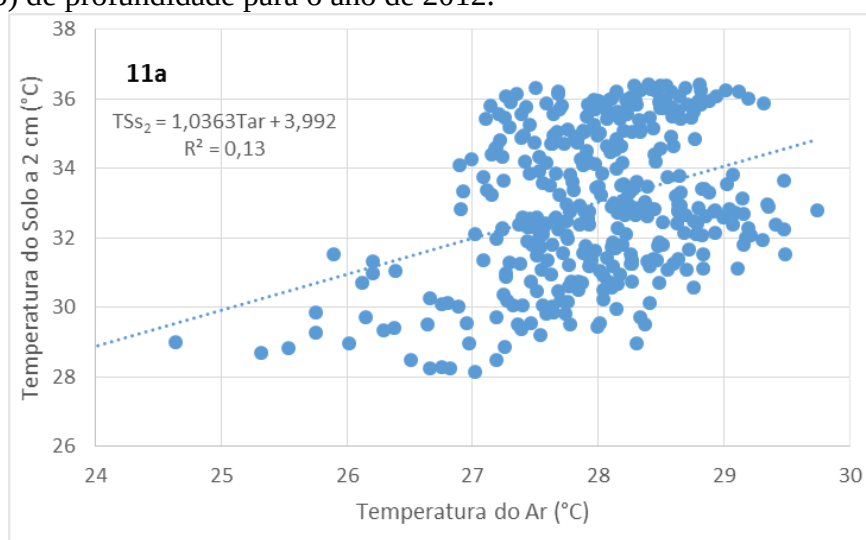
Figura 10. Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura do solo a 2 cm (10a) e a 20 cm (10b) de profundidade para o ano de 2011.

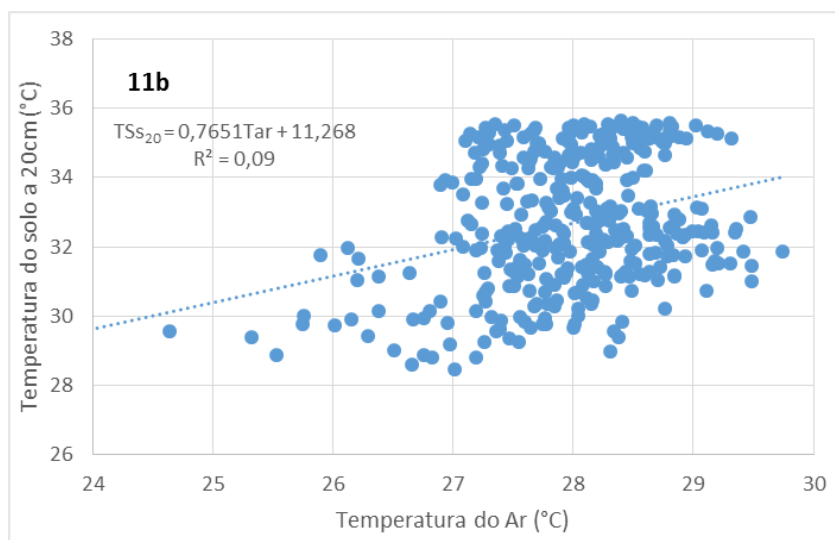




Para o ano seco de 2012 (Figura 11), o R^2 encontrado para 2 cm de profundidade foi de 0,13; enquanto que para a profundidade a 20 cm foi de 0,09. Analisando-se os pares de dados usando-se a metodologia da correlação de Pearson o “r” para este ano foi classificado como “moderado” para as duas profundidades com valores de 0,36 a 0,31 para 2 cm e 20 cm, respectivamente. Os valores das correlações deixam claro o baixo nível de concordância entre os dados da temperatura do ar e do solo para o ano de 2012. Essa relação não expressiva, indicada pelos menores valores de coeficientes de correlação, indicam claramente uma certa desconfiança para o uso dessa metodologia para anos considerados secos na região de Mossoró.

Figura11. Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura do solo a 2 cm (11a) e a 20 cm (11b) de profundidade para o ano de 2012.





Nota-se que quanto maior a profundidade do solo a correlação entre temperatura do solo e do ar vai diminuindo, mostrando que é mais influenciado por camadas mais próximas ao solo. Corroborando com os resultados aqui encontrados, Belan et al. (2013), observaram que à medida que aumenta a temperatura do ar, aumenta proporcionalmente a temperatura do solo, no entanto essa relação vai se reduzindo gradativamente ao longo do perfil.

Pelos coeficientes de determinação, pode-se observar que as equações lineares obtidas se ajustam no ano chuvoso para ambas as profundidades estudadas, porém no período seco o coeficiente de determinação foi muito baixo.

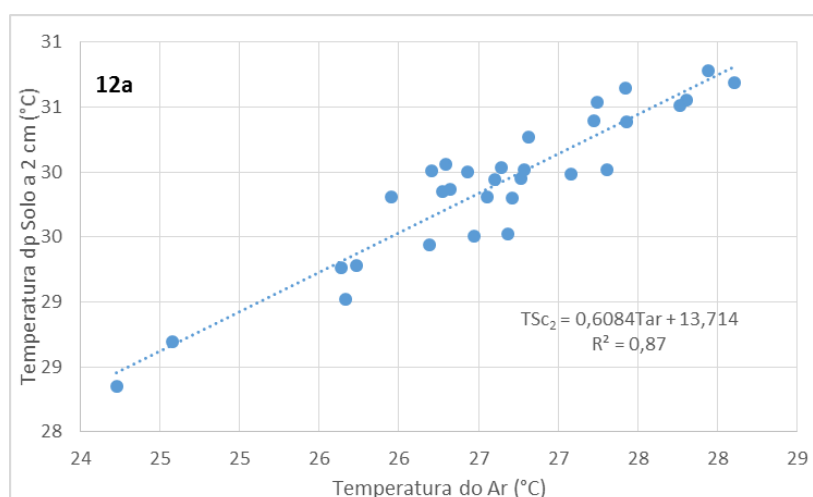
Usando-se a metodologia de Pearson, foram analisados os comportamentos da temperatura do solo e do ar para cada mês e obteve-se a equação estimada para 2 cm e 20 cm para os dois anos estudados. No ano de 2011 para 2 cm de profundidade, os coeficientes de correlação, apresentaram correlação desde “quase perfeita” a “baixa” mostrando-se melhor para os primeiros meses do ano (Tabela 4).

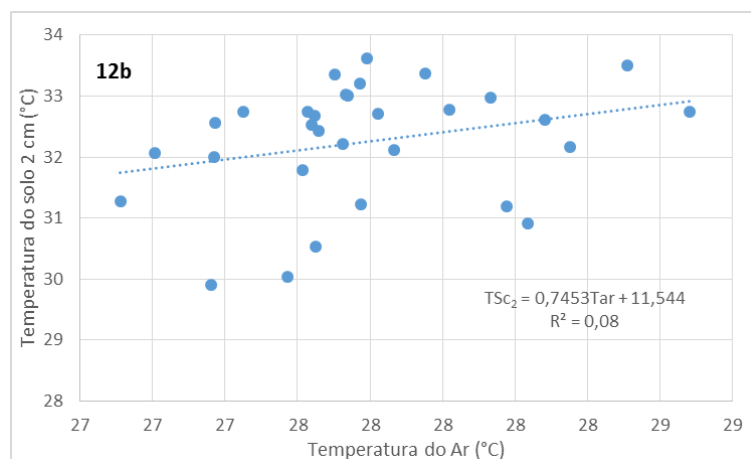
Tabela 4. Média da temperatura do solo a 2 cm e do ar diária para os meses de 2011 e respectivas equações de estimativa para a temperatura do solo, correlação e classificação.

Meses	TAr (°C)	TSc 2 cm (°C)	Equação	R ²	r	Classificação
Janeiro	27,33	31,14	TSc2 = 0,8308Tar + 8,4389	R ² = 0,62	0,83	Muito Alta
Fevereiro	27,16	30,25	TSc2 = 0,7631Tar + 9,5306	R ² = 0,73	0,85	Muito Alta
Março	26,61	29,90	TSc2 = 0,6084Tar + 13,714	R² = 0,87	0,93	Quase Perfeita
Abril	26,09	29,52	TSc2 = 0,4643Tar + 17,401	R ² = 0,61	0,78	Muito Alta
Mai	25,86	28,91	TSc2 = 0,5262Tar + 15,304	R ² = 0,53	0,73	Muito Alta
Junho	25,87	28,60	TSc2 = 0,3688Tar + 19,057	R ² = 0,57	0,76	Muito Alta
Julho	25,51	28,18	TSc2 = 0,48Tar + 15,911	R ² = 0,53	0,73	Muito Alta
Agosto	26,31	29,02	TSc2 = 0,3824Tar + 18,96	R ² = 0,42	0,64	Alta
Setembro	27,71	31,93	TSc2 = 0,515Tar + 17,656	R ² = 0,14	0,37	Moderada
Outubro	27,79	32,23	TSc2 = 0,7453Tar + 11,544	R² = 0,08	0,28	Baixa
Novembro	28,05	30,28	TSc2 = 0,4926Tar + 16,459	R ² = 0,16	0,40	Moderada
Dezembro	28,05	30,53	TSc2 = 0,903Tar + 5,1971	R ² = 0,13	0,36	Moderada
Média	26,86	30,04	-	R ² = 0,45	-	-

As melhores correlações obtidas foram para o período chuvoso, em especial para o mês de Março com correlação quase perfeita, sendo assim, a equação se ajusta para esse período em um ano chuvoso com o índice de determinação (R²) de 0,87 e “r” de 0,93, porém mesmo apresentando reposta positiva da equação, em períodos secos a equação pode não ter um bom ajuste, como é o caso do mês de outubro. Nos diagramas de dispersão, observa-se melhor o comportamento para os dois valores extremos, os pontos e as linhas ficaram bem alinhados para o mês de Março, enquanto o mês de outubro, que foi considerado o mais baixo índice de determinação ficou disperso (Figura 12).

Figura 12. Diagrama de dispersão para a temperatura do solo a 2 cm de profundidade em função da temperatura do ar, correspondente ao período de Março (12a) e Outubro (12b) de 2011.





A mesma análise foi realizada para a profundidade de 20 cm. Os resultados foram similares aos de 2 cm de profundidade. A equação mais representativa foi no mês de março com a maior correlação 0,79 e coeficiente de determinação de 0,62 e classificação Muito alta. A pior classificação ficou para o mês de novembro, Baixa, com “R²” de 0,02 e “r” de 0,16. O coeficiente de determinação médio para o ano foi 0,2827. (Tabela 5).

Tabela 5. Média da temperatura do solo a 20 cm e do ar diária para os meses de 2011 e respectivas equações de estimativa da temperatura do solo, correlação e classificação.

Meses	TAr °C	TSc 20 cm °C	Equação	R ²	r	Classificação
Janeiro	27,33	31,17	TSC20 = 0,5278Tar + 16,749	R ² = 0,41	0,76	Muito Alta
Fevereiro	27,16	30,32	TSC20 = 0,5375Tar + 15,725	R ² = 0,57	0,76	Muito Alta
Março	26,61	29,95	TSC20 = 0,4023Tar + 19,246	R² = 0,62	0,79	Muito Alta
Abril	26,09	29,64	TcS20 = 0,3182Tar + 21,334	R ² = 0,41	0,64	Alta
Maio	25,86	29,05	TSC20 = 0,2466Tar + 22,676	R ² = 0,26	0,51	Alta
Junho	25,87	28,76	TSC20 = 0,1509Tar + 24,859	R ² = 0,26	0,51	Alta
Julho	25,51	28,27	TSC20 = 0,3532Tar + 19,257	R ² = 0,36	0,60	Alta
Agosto	26,31	29,04	TSC20 = 0,1901Tar + 24,041	R ² = 0,19	0,44	Moderada
Setembro	27,71	31,51	TSC20 = 0,4769Tar + 18,298	R ² = 0,14	0,37	Moderada
Outubro	27,79	32,03	TSC20 = 0,447Tar + 19,609	R ² = 0,05	0,21	Baixa
Novembro	28,05	30,56	TSC20 = 0,1816Tar + 25,466	R² = 0,02	0,16	Baixa
Dezembro	28,05	30,50	TSC20 = 0,6464Tar + 12,367	R ² = 0,10	0,32	Baixa
Média	26,86	30,07	-	R ² = 0,28	-	-

O fato que pode explicar o porque da correlação tão baixa para os meses de secos, pode estar associado à maior incidência de Radiação solar, maiores velocidades do vento e maior temperatura do solo e do ar. Ou seja, o modelo estudado não se ajustou bem para a profundidade de 20 cm nas situações climáticas normalmente ocorridas no segundo semestre na região.

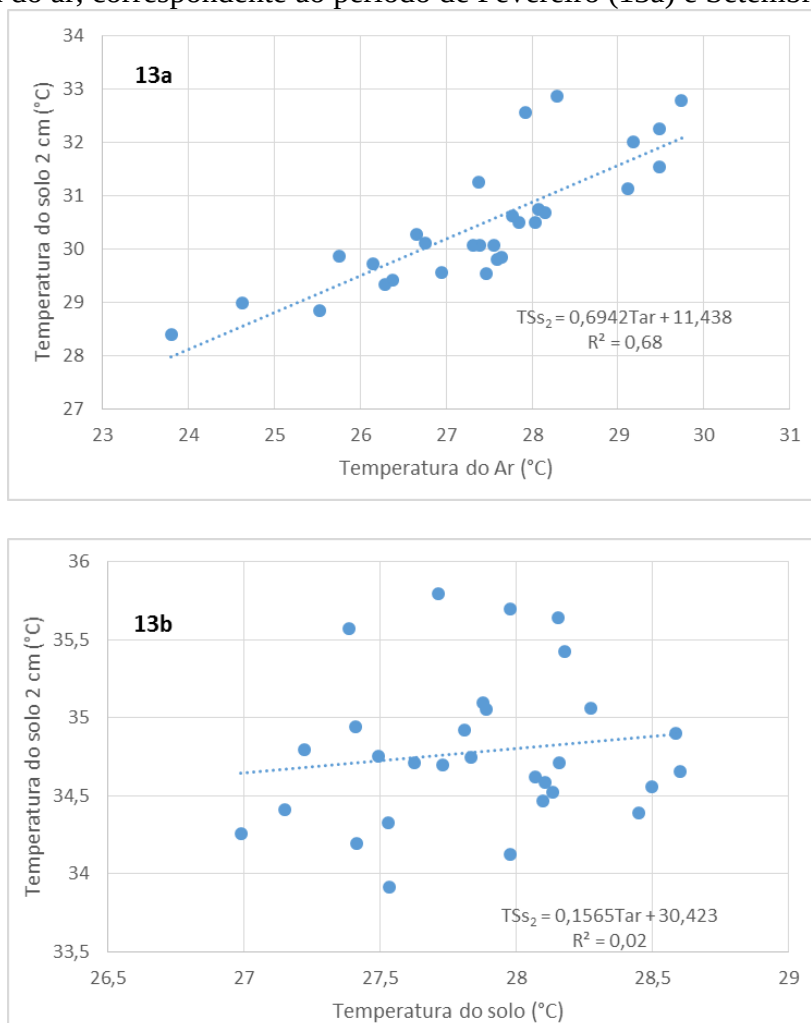
As mesmas análises foram feitas para o ano seco de 2012. Os resultados estão apresentados na Tabela 6 e foram bastante diferentes dos apresentados no ano chuvoso de 2011. Podemos destacar os meses fevereiro com melhor índice de determinação “R²” de 0,68, “r” de 0,82 e classificação segundo Pearson de Muito Alta. Contrastando com fevereiro, verificamos o mês de setembro com “R²” de 0,02, “r” de 0,14 e classificação segundo Pearson de Baixa. O coeficiente de determinação médio para 2 cm em 2012 foi 0,32, coeficiente muito baixo para se recomendar o modelo estudado.

As Figuras 13a e 13b apresentam os gráficos de dispersão, para os dois meses extremos já discutidos. No mês de fevereiro a correlação foi melhor, provavelmente por ter sido um mês com a presença de chuvas, corroborando com os resultados encontrados no primeiro semestre chuvoso de 2011. Já o mês de setembro destaca-se negativamente com a pior estimativa dos dois anos estudados. Percebe-se um espalhamento muito grande dos pares de dados em torno da linha de tendência. A baixa correlação encontrada desaprova totalmente o modelo para uso neste mês.

Tabela 6. Média da temperatura do solo a 2 cm e do ar diária para os meses de 2012 e respectivas equações estimada da temperatura do solo, correlação e classificação.

Meses	TAr °C	TSs 2 cm °C	Equação	R ²	r	Classificação
Janeiro	28,07	31,18	TSs2 = 1,1084Tar + 0,0308	R ² = 0,40	0,63	Alta
Fevereiro	27,41	30,46	TSs2 = 0,6942Tar + 11,438	R² = 0,68	0,82	Muito Alta
Março	28,01	31,83	TSs2 = 0,5278Tar + 17,041	R ² = 0,21	0,46	Moderada
Abril	28,23	31,36	TSs2 = 0,7789Tar + 9,3729	R ² = 0,49	0,70	Muito Alta
Mai	28,38	32,85	TSs2 = 0,3285Tar + 23,528	R ² = 0,23	0,47	Moderada
Junho	27,78	31,46	TSs2 = 1,6153Tar - 13,42	R ² = 0,54	0,74	Muito Alta
Julho	23,67	26,68	TSs2 = 0,5344Tar + 16,303	R ² = 0,07	0,27	Baixa
Agosto	27,80	33,74	TSs2 = 0,1562Tar + 29,394	R ² = 0,03	0,17	Baixa
Setembro	27,86	34,78	TSs2 = 0,1565Tar + 30,423	R² = 0,02	0,14	Baixa
Outubro	28,09	35,71	TSs2 = 0,3602Tar + 25,611	R ² = 0,12	0,35	Moderada
Novembro	27,87	35,62	TSs2 = 0,7046Tar + 15,982	R ² = 0,34	0,59	Moderada
Dezembro	28,40	35,51	TSs2 = 0,8364Tar + 11,757	R ² = 0,44	0,66	Alta
Média	27,63	32,60	-	R ² = 0,32	-	-

Figura 13. Diagramas de dispersão para a temperatura do solo a 2 cm de profundidade em função da temperatura do ar, correspondente ao período de Fevereiro (13a) e Setembro (13b).



Para a profundidade de 20 cm (Tabela 7) os resultados não foram muito diferentes de 2 cm, basta observar o valor médio anual do coeficiente de determinação de 0,16. O mês de fevereiro apresentou-se como o menos ruim com com “R²” de 0,52, “r” de 0,72 e classificação segundo Pearson de Alta. O mês de setembro, mais uma vez destacou-se como o pior, com com “R²” de 0,01, “r” de 0,05 e classificação segundo Pearson de Muito Baixa. A explicação para o fraco desempenho do método para 20 cm de profundidade pode estar associada ao fato de que as trocas de energia entre a atmosfera e o solo fica mascarada em condições de seca e à medida em que se aprofunda no solo. Sugere-se que futuramente sejam desenvolvidos outros trabalhos específicos a fim de estudar essa relação atmosfera-solo. Só assim poderemos ter uma resposta mais confiável.

Tabela 7. Média da temperatura do solo a 20 cm e do ar diária para os meses de 2012 e respectivas equações estimada da temperatura do solo, correlação e classificação.

Meses	TAr °C	TSs 20 cm °C	Equação	R ²	r	Classificação
Janeiro	28,07	31,12	$TSS_{20} = 0,7415T_{ar} + 10,269$	$R^2 = 0,27$	0,52	Moderada
Fevereiro	27,41	30,35	$TSS_{20} = 0,4651T_{ar} + 17,61$	$R^2 = 0,52$	0,72	Alta
Março	28,01	31,57	$TSS_{20} = 0,2191T_{ar} + 25,428$	$R^2 = 0,07$	0,26	Baixa
Abril	28,23	31,39	$TSS_{20} = 0,1775T_{ar} + 26,372$	$R^2 = 0,05$	0,23	Baixa
Mai	28,38	32,59	$TSS_{20} = 0,0953T_{ar} + 29,881$	$R^2 = 0,04$	0,20	Baixa
Junho	27,78	31,55	$TSS_{20} = 1,2571T_{ar} - 3,4588$	$R^2 = 0,48$	0,69	Alta
Julho	23,67	26,69	$TSS_{20} = 0,2456T_{ar} + 24,035$	$R^2 = 0,02$	0,15	Baixa
Agosto	27,80	33,21	$TSS_{20} = 0,1091T_{ar} + 30,175$	$R^2 = 0,02$	0,13	Baixa
Setembro	27,86	34,22	$TSS_{20} = 0,0453T_{ar} + 32,955$	$R^2 = 0,01$	0,05	Muito Baixa
Outubro	28,09	35,12	$TSS_{20} = 0,1503T_{ar} + 30,903$	$R^2 = 0,05$	0,23	Baixa
Novembro	27,87	35,15	$TSS_{20} = 0,3184T_{ar} + 26,272$	$R^2 = 0,21$	0,46	Moderada
Dezembro	28,40	34,98	$TSS_{20} = 0,258T_{ar} + 27,65$	$R^2 = 0,19$	0,60	Alta
Média	27,63	32,33	-	$R^2 = 0,16$	-	-

Finalmente, verificou-se uma pequena variação da temperatura do ar e do solo entre os anos chuvoso de 2011 e o ano seco de 2012. O ano chuvoso registrou temperaturas média do ar de 26,86 °C com mínima de 25,51 °C e máxima de 28,05 °C. Em 2012 esses valores foram: média 27,63 °C; mínima 23,67 °C e máxima 28,40 °C. Para profundidade a 2 cm em 2011 os valores foram: média 30,04 °C , mínima 28,18 °C e máxima 30,25 °C. Em 2012 foram registrados: média 32,60 °C , mínima 30,46 °C e máxima 35,71 °C . Para a profundidade de 20 cm em 2011: média 30,07 °C, mínima 28,27 °C e máxima 31,17 °C. Em 2012 foram registradas: média 32,33 °C, mínima 30,35 °C e máxima 35,15 °C. As temperaturas a 2 cm de profundidade apresentaram-se sempre maiores que a 20 cm, principalmente no segundo semestre de cada ano. O ano seco apresentou temperaturas mais elevadas que o ano chuvoso. A amplitude térmica anual do ar foi 2,54 °C em 2011 contra 4,73 °C em 2012. Para 2 cm de profundidade as amplitudes térmicas anuais foram 2,07 °C e 5,25 °C, respectivamente, para os dois anos chuvoso e seco. Já para 20cm as amplitudes foram 2,9 °C em 2011 e 4,8 °C em 2012. De todas as temperaturas medidas o valor máximo médio mensal registrado foi 35,71 °C em outubro de 2012. Corroborando esses fatos, Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) descrevem que a temperatura do ar influencia na temperatura nas camadas superficiais do solo. Tal fato ressalta a influência da temperatura do ar sobre a dinâmica da temperatura no perfil do solo. Em um estudo realizado por Moura & Querino (2010) para analisar a temperatura do solo em um manguezal tropical constatou-se que as temperaturas das camadas mais próximas à

superfície foram um pouco mais elevadas do que as mais profundas no período de estiagem e esta relação se inverteu substancialmente no período chuvoso.

Dos parâmetros estudados, a radiação solar teve mais influência na menor profundidade 2 cm do que na maior a 20 cm. Segundo Rao (2005), as temperaturas nas camadas mais próximas à superfície (entre 2 cm e 10 cm) variam mais facilmente em relação as demais, tendendo a serem mais amenas nos momentos em que o solo tem menos influência do calor oriundo da radiação e o oposto, onde há maiores temperaturas nas ocasiões em que existe maior influência deste calor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com bases nos dados e nos gráficos apresentados observou-se que a temperatura do solo varia com a profundidade, com a camada mais superficial se aquecendo mais por receber maior incidência da radiação solar.

Em épocas de maior precipitação pluviométrica a temperatura do solo a 2 cm foi mais amena em relação a profundidade de 20 cm. O período seco apresentou uma amplitude térmica maior quando comparada com o período chuvoso, além de maiores variações com a profundidade.

Com relação aos elementos meteorológicos analisados os maiores valores de temperatura do ar foram verificados em dias de maior incidência de radiação solar e maiores velocidades do vento, com comportamento inversamente proporcional à umidade relativa do ar.

A metodologia apresentada gerou equações que se ajustaram bem para o ano chuvoso, principalmente no primeiro semestre, apresentando restrições para os períodos secos. As equações ajustadas para a profundidade de 2cm apresentaram melhores correlações do que aquelas geradas para 20 cm de profundidade.

Concluimos que a temperatura do solo depende de fatores meteorológicos como a radiação solar, a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

Sugere-se que novos trabalhos sejam desenvolvidos na região a fim de que se tenham conclusões mais precisas, o que fortalecerá o aconselhamento de uso das equações ajustadas, principalmente para os anos considerados secos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R.R.; SENTELHAS, P.C. Estimativa da temperatura do solo através da temperatura do ar em abrigo meteorológico. **Revista Bras. de Agrometeorologia**, v.4, n.2, p.57-61, 1996.
- ALFONSI, R. R.; PEDRO J. R., M.J.; VILLA NOVA, N.A. Estimativa da temperatura média diária do solo, através de observações convencionais em posto meteorológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.150-152, 1981.
- ALVES, E. D. L.; BIUDES, M. S. Padrões da temperatura do ar e da umidade relativa: estudo de caso no campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. **Boletim de Geografia**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.5-16, 27 ago. 2012. Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i3.13114>>. Acesso em: 23 jul. 2017.
- ALVES, E. D. L.; SANTOS, B. C.; NEVES, G. Z. F.. A Temperatura do Ar na Cidade de Iporá (Go): Análise Espacial em Cidade de Pequeno Porte. 2016. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Disponível em: <[http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_3/trabalho\(8\).pdf](http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_3/trabalho(8).pdf)>. Acesso em: 27 set. 2017.
- AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.
- AZEVEDO, P. V.; LEITAO, M. M. V. B. R.; SOUSA, I. F.; MACIEL, G. F. Balanço de Radiação Sobre Culturas Irrigadas no Semi-Árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p.403-410, 23 1990. Disponível em: <http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=435>. Acesso em: 23 maio 2017.
- BARRY R. G.; CHORLEY R. J. **Atmosfera tempo e clima**. Porto Alegre: Bookman, ed.9, 2013.
- BELAN, L. L.; XAVIER, T. M. T.; TORRES, H.; TOLEDO, J. V.; PEZZOPANE, J. E. M. Dinâmica entre temperaturas do ar e do solo sob duas condições de cobertura. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 11, n. 1, p.147-154, 2013. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/academica?dd1=12441&dd99=view&dd98=pb>>. Acesso em: 05 set. 2017.
- BELLAVER, V.; PEREIRA, O. A.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; SILVA, L. B. 2009. Estimativa da Difusividade Térmica do solo de uma Área com Monodominância de Cambará no Norte do Pantanal. In: Mudanças Climáticas, Recursos Hídricos e Energia para uma Agricultura Sustentável, 2009, Belo Horizonte. **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R.. Modelos de ajuste para médias de temperatura do solo em diferentes profundidades. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, p.95-99, 1993.
- BEZERRA, R. B.. **Variabilidade espacial do balanço hídrico climatológico da região Norte do Brasil e influência do de**. 2004. 75 f. Dissertação (Mestrado) -Curso de

Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004. Disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/trabalhos.html>. Acesso em: 13 set. 2017.

BÍSCARO, G. A.. **Meteorologia Agrícola Básica**. 1 ed. UNI-GRAF – Gráfica & Editora União Ltda. Cassilândia – MS. 2007. 87p.

BRAGA, Marcos B et al. Coberturas do solo e uso de manta agrotêxtil (TNT) no cultivo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 35, n. 1, p.147-153, mar. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170123>>. Acesso em: 06 set. 2017.

CAMPOS, C.G.C.; VIEIRA, H.J.; BACK, A.J.; SILVA, A.L. Fluxos de radiação solar global em vinhedos de altitude de São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, p. 722-729, 2013.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados meteorológicos de Mossoró** (janeiro de 1989 a dezembro de 1990), Mossoró: ESAM, FGD, 1991, 110p, Coleção Mossoroense, Série C, 630.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; SILVA, V. P. R.; JUNIOR, R. S. S.; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p.99-108, fev. 2014.

CASTRO, O.M. Preparo do solo para a cultura do milho. Campinas, **Fundação Cargill**, 1989. 41p.

COELHO, R. D.; MONTEIRO, R. Effects of subsurface drip irrigation (SDI) and plastic mulching on melon crop under protect environment. In: **Annual International Meeting**. 2009, Reno. ASABE. Reno: v. 1. CD ROM.

CUNHA, P. C. R.; NASCIMENTO, J. L.; SILVEIRA, P. M.; ALVES JÚNIOR, J. Eficiência de métodos para o cálculo de coeficientes do tanque classe A na estimativa da evapotranspiração de referência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 114-122, 2013.

DANTAS, R. T.; NÓBREGA, R. S.; CORREIA, A. M; RAO, T. V. R. Estimativas das temperaturas máximas e mínimas do ar em Campina Grande - PB. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**; Rio de Janeiro, 11. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro. SBMET, 2000. p. 534-537.

ELTZ, F. L. F; ROVEDDER, A. P. M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 2, p. 193-200, 2005.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FALCÃO, R. M.; GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; CRUZ, B. R, P. Análise da Variação da umidade relativa do Ar do Pico da Bandeira, Parque Nacional Alto Caparaó, brasil. 2010. **VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de**

Geografia **Física.** Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/rita_falcao>. Acesso em: 27 set. 2017.

FURLANI, C. E. A; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, n. 1, p. 375-380, 2008.

GASPARIM, E.; RICIERI, R. P.; SILVA, S. L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p.107-115, jan. 2005. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2127>>. Acesso em: 05 set. 2017.

GEIGER, R. **Manual de micrometeorologia**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1980. 556p. <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>. Acesso em: 02 set. 2017.

JERVELL, J. T.. **Estudo da influência das características do vento no desempenho de aerogeradores**. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal - Porto, 2008. Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/~em02090/Documentos/final2.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2017. Meteorologia. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/edicoes.php?cgid=12>>. Acesso em: 30 set. 2017.

JESUS, E. S.; GONÇALVES, P. H. L.; OLIVEIRA, M. C. F. A Variabilidade dos Elementos Meteorológicos Associados Ao Fenômeno El Niño Na Cidade De Macapá-Ap. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Edição XI, Rio de Janeiro, 2000. p. 1009-1013. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/edicoes.php?cgid=12>>. Acesso em: 07 set. 2017.

JOHNSON, M.D; LOWERY, B.. Effect of three conservation tillage practices on soil temperature and thermal properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 49:1547-1552, 1985.

LAL, R.. Effect of constant and fluctuating soil temperature on the growth, development and nutrient uptake of maize seedlings. **Plant Soil**, 40:589-606, 1974.

Lohmann, S.; Schillings, C.; Mayer, B.; Meyer, R. Long-term variability of solar direct and global radiation derived from ISCCP data and comparison with reanalysis data. **Solar Energy**, v.80, n.11, p.1390-1401, 2006.

LORENTZ, L. H. Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica relacionada com técnicas experimentais. 2004. 82 f. **Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MAGALHÃES, A. R.; GLANTZ, M. H. 1992: **Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil**, United Nations Environment Program (UNEP), Secretariat for Planning and Coordination State of Ceara (SEPLAN), Esquel Brasil Foundation, 155 p.

MARIANO, Z. de F.; ROCHA, J. R. R.; ALVES, W. S.; FELTRIN, J. C. Análise das Umidades Máximas e Mínimas Absolutas nas Cidades do Cerrado de Goiás: Jataí, Caçu e Iporá. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. 2016. Disponível em: <[http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_3/trabalho \(17\).pdf](http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_3/trabalho%20(17).pdf)>. Acesso em: 27 set. 2017.

MATTEUCCI, M. B. A.; LOBATO, E. J. V. ESTUDO DO REGIME TÉRMICO EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO, EM GOIÂNIA, GO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p.161-166, set. 2004. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2309>>. Acesso em: 15 set. 2017.

MEDEIROS, R. M.; TAVARES, A. L.; KASCAR, C. B.; SILVA, J. A. S.; SILVA, V. P. R. Metodologias de cálculo da temperatura média diária do ar: aplicação para os municípios de Parnaíba, picos e Gilbués, PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, n. 4, p.283-295, 20 dez. 2012. INOVAGRI. Disponível em: <<http://www.inovagri.org.br>>. Acesso em: 02 set. 2017.

MELO JUNIOR, J. C. F. et al. Distribuição espacial da frequência de chuvas na região hidrográfica do Atlântico, Leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 02, 2006.

MENDEZ, M. E. G.; ASSIS, F. N. Comportamento térmico de um planossolo da unidade de mapeamento Pelotas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 2., 1981, Pelotas. Anais... Pelotas: Sociedade Brasileira de agrometeorologia, 1981. p. 234-236.

MORAES, S. L.; SANTOS, D. D.; GALVANI, E. Variação da Umidade Relativa do Ar Média e Mínima no Perfil Topoclimático da Trilha Caminhos do Mar (SP). **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. 2016. Disponível em: <<http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/>>. Acesso em: 27 set. 2017.

MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo, Nobel, 1989. 201p.

MOURA, M.A.L.; QUERINO, C.A.S. Variação sazonal do fluxo de calor no solo dentro de um manguezal tropical. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 296-302, 2010.

MULLER, A. G. **Comportamento térmico do solo e do ar em alface (Lactuca sativa L.) para diferentes tipos de cobertura do solo**. 1991. 77 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. **VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTRASAZONAL SOBRE O NORDESTE DO BRASIL EM 1998-2000**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Paulo_Nobre2/publication/37679018_Variabilidade_climatica_intrasazonal_sobre_o_Nordeste_do_Brasil_em_1998-2000/links/0c960528343c6d1135000000.pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; COSTA, J. M. N. Estimativa de temperaturas mínima, média e máxima do território brasileiro situado entre 16 e 24° latitude sul e 48 e 60° longitude oeste. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 10, n. 1-4, p. 57-61, 2002.

OLIVEIRA, D. B. C.; ALBUQUERQUE NETO, N. A.; SOARES, W. A. Estimativas da Difusividade Térmica e do Fluxo de Calor de um Solo no Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 8, n. 4, p.1053-1067, dez. 2015. Disponível em: <www.ufpe.br/rbgfe>. Acesso em: 06 set. 2017.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, SP: Agronômica Ceres 1981. 440 p.

PÁDUA, J. G.; CASALI, V. W. D.; PINTO, C. M. F. Efeitos climáticos sobre pimentão e pimenta. **Inf. Agropec.**, v. 10, n. 1, p.11-13, 1984.

PALMA, J. S. **Variabilidade das chuvas em Salvador e suas tendências espaço temporais Bahia/Brasil**. 2010.

PARTON, W. J.; LOGAN, J. A. A model for diurnal variation in soil and in temperature. **Agricultural Meteorology**, v.23, p.205- 216, 1981.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.. **LCE 306 - Meteorologia Agrícola**. 3. ed. Piracicaba: Revista e Ampliada, 2007.

PILLAR, V.D. 1995. Clima e vegetação. UFRGS, Departamento de Botânica. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>. Acesso em: 07 set. 2017.

RAO, T. V. R. ; Silva ,B. B. ; Moreira A. A. 2005. Características térmicas do solo em Salvador, BA. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** .9, 554-559.

ROSENBERG, N.J. **Microclimate**: the biological environmet. New York: Hohn Wiley & Sons, 1974. 315p.

SANSIGOLO, C. A. Variabilidade interanual da estação chuvosa no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, p.1001-105, 1996.

SANTOS, J. W. M. C. Ritmo Climático e Sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no Sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 1, n. esp., p. 1-20, 2005.

SANTOS, D.M.; ARAUJO, S.M.; ARAUJO, K.D.; ROSA, P.R.O.; PAZERA JÚNIOR, E. Variabilidade temporal da radiação solar e insolação no município de Araguaína-TO. **Revista Raega**, Curitiba, n. 18, p. 35-40, 2009.

SANTOS, W. D. O.; BARRETO, H. B. F.; COSTA, F. G. B.; FREIRE, F. G. C.; SOBRINHO, J. E.; NETO, C. M. C. Caracterização da velocidade média dos ventos na região de Mossoró-rn. 2012. **Anais II Inovagri International Meeting**. Disponível em: <<http://www.inovagri.org.br/meeting2012/wp-content/uploads/2012/06/Protocolo049.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2017.

SANTOS, W. O.; MESQUITA, F. O.; BATISTA, B. D. O.; BATISTA, R. O.; ALVES, A. S. precipitações máximas para o município de Mossoró de 1964 a 2011 pela distribuição de GUMBEL. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 2, p.207-213, abr. 2014. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/756/958>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

SENA, J.; PINHEIRO, M. E.; TEICHRIEB, C.; FEELDHAUS, P.; OLIVEIRA, P.; ZIMENRMANN, H.; ROBERTI. D. Simulação Do Comportamento da Temperatura do Solo Através da Temperatura do Ar. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. , p.291-294, 13 nov. 2013. Universidad Federal de Santa Maria. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x11631>. Acesso em: 06 set. 2017.

SILVA, S. A. O. **Análise das variáveis meteorológicas no município de Mossoró-rn (1970-2013)**. 2014. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014. Disponível em: <<https://labimc.ufersa.edu.br/>>. Acesso em: 23 out. 2017.

SILVA, M. F. A.; SANTOS, M. N.; SANTOS, C. E. Leite; WHITE, B. L. A. Avaliação da temperatura do solo, temperatura do ar e umidade relativa do ar em uma clareira de mata atlântica no município de São Cristóvão, Sergipe, Brasil. **Agroforestalis News**, Aracaju, v. 1, n. 1, p.58-62, set. 2016.

SLATER, P.N. **Remote sensing, optics and optical systems**. Massachussets: Addison Wesley, 1980. 575p.

SOUSA, R.R.; ROSA, D.B.; NASCIMENTO, L.A.; LIMA, P.R.M. Estudo da variabilidade pluviométrica no extremo norte do Estado de Mato Grosso entre os anos de 1990 a 1996. **Revista Geoambiente On-Line**, Jataí, v.1, n.7, p.89-107, 2006.

TEÓFILO, T.M.S.; FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, J. F.; FERNANDES, D.; GRANGEIRO, L. C.; TOMAZ, H. V. Q.; RODRIGUES, A. P. M. S. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.547-556, set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582012000300010>. Acesso em: 19 out. 2017.

TREVISAN, R.; HERTER, F. G.; PEREIRA, I. S. Variação da amplitude térmica do solo em pomar de pessegueiro cultivado com aveia preta (*Avena sp.*) e em sistema convencional. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 2, p. 155-157, 2002.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G. Uso de Sistema de Informações Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 255-262, 2000.

VEIGA, M.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Tillage systems and nutrient sources affecting soil cover, temperature and moisture in clayey Oxisol under corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 2011-2020, 2010.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1991. 449 p.

ZOBEL, R.W. Soil environmental constraints to root growth. In: HATFIELD, J.J. & STEWART, B.A., eds. Limitations to plant root growth. New York, Springer-Verlag, 1992, p.27-48.