

ANÁLISE TEMPORAL DO COMPORTAMENTO DO FOTOPERÍODO E DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR E DO SOLO EM TUPÃ-SP

Bianca Bueno Nogueira¹; Willian Aparecido Leoti Zanetti²; Fernando Ferrari Putti³

RESUMO

A radiação solar é a maior fonte de energia na Terra, tratando-se então do principal elemento meteorológico, pois afeta todos os elementos relacionados como a temperatura do ar e do solo, pressão, vento, precipitação e umidade. Um dos setores mais influenciados pelas condições climáticas e meteorológicas é a agricultura, desde a semeadura até o pós-colheita, sendo que diversas atividades agrícolas são promovidas em função do clima. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do fotoperíodo e da temperatura média do ar e do solo sobre as culturas agrícolas desenvolvidas na cidade de Tupã. Para isso determinou-se a variável fotoperíodo para a cidade de Tupã e para as latitudes de 0°S e 30°S à nível de comparação. Assim, notou-se que o fotoperíodo é altamente influenciador, principalmente na agropecuária, sobre as estações do ano, além de ser um indicador dos períodos de melhor plantio para o desenvolvimento adequado das culturas. A cidade de Tupã, mostrou uma grande variação em seu fotoperíodo, propiciando clima favorável para produção de cana-de-açúcar, abacate, entre outros.

Palavras-Chave: produção agrícola; fotoperíodo; clima; latitude.

1 INTRODUÇÃO

A radiação solar é a maior fonte de energia na Terra, tratando-se então do principal elemento meteorológico, pois afeta todos os elementos relacionados como a temperatura do ar e do solo, pressão, vento, precipitação, umidade, entre outros. A energia solar é a fonte primária de energia para os processos biológicos e meteorológicos, desde a fotossíntese até o desenvolvimento de furacões e tempestades (VAREJÃO, 2014). Alguns fatores influenciam a variação da radiação solar, entre eles estão a latitude e a forma arredondada da Terra, a movimento de rotação, de translação e a inclinação do eixo da Terra em relação ao plano de órbita e outras condições locais (exposição geográfica, nebulosidade, entre outras).

¹ Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa-MG. E-mail: bianca.bueno@ufv.br

² Mestrando em irrigação e drenagem, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Botucatu-SP. E-mail: willianleoti@gmail.com

³ Docente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Tupã-SP. E-mail: fernandoputti@tupa.unesp.br

O planeta, em seu movimento anual em torno do Sol, descreve uma trajetória elíptica em inclinação de aproximadamente $23,5^\circ$ em relação ao plano equatorial. Essa inclinação é responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte e nas variações que ocorrem no clima derivadas da mesma. Uma posição sobre a Terra é referenciada em relação à linha do Equador e ao meridiano de Greenwich e é expressa em latitude e longitude. A latitude é a distância em graus de qualquer ponto da superfície terrestre até a linha do Equador, variando de 0° (Equador) até 90° para o Norte ou 90° para o Sul. Já a longitude é determinada através das linhas imaginárias verticalmente (meridianos), sendo definida como a distância em graus de qualquer ponto da superfície terrestre até o Meridiano de Greenwich (CARVALHO; ARAÚJO 2011).

O balanço de radiação é variável ao longo do ano e essa variação é decorrente da declinação solar. Durante o dia o balanço da radiação é positivo e ocorre o aquecimento do solo e vegetação, já durante a noite esse balanço é negativo. Logo as superfícies do solo e vegetação se esfriam, retirando calor da camada de ar em contato, invertendo o perfil vertical da temperatura do ar. No solo, o fluxo de calor passa a ser das camadas mais profundas para as mais superficiais. O balanço de radiação é o que determina flutuações na temperatura do solo, da vegetação e do ar, originando os fenômenos meteorológicos (PILAU; ANGELOCCI, 2018).

Um dos setores mais influenciados pelas condições climáticas e meteorológicas é a agricultura, desde a semeadura até o pós-colheita, sendo que diversas atividades agrícolas são promovidas em função do clima. As principais variáveis meteorológicas que afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de uma cultura são a pluviosidade, a radiação solar, o fotoperíodo, entre outras (ALENCAR et al., 2016).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência do fotoperíodo e da temperatura média do ar e do solo sobre as culturas agrícolas de Tupã-SP.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para análise do Fotoperíodo ou Insolação Máxima, foram utilizadas as latitudes de 5°S , 30°S e a latitude da cidade Tupã, obtida por meio do site da Prefeitura do município, que corresponde a $21^\circ56'06''\text{S}$, em relação ao marco zero da cidade que

é a própria prefeitura. Para estimativa da média mensal do ar, além da latitude também foi utilizada a altitude do local, neste caso de 524 m.

Inicialmente, determinou-se a declinação solar (δ), que é o ângulo formado entre o equador e a linha imaginária que contém o plano do sol (variando entre $+23^{\circ}27'$ e $-23^{\circ}27'$) para os meses do ano, de acordo com os dias julianos do ano de 2017, referentes ao décimo quinto (15) dia de cada mês, utilizando a Equação 1.

$$\delta = 23,45 \left[\frac{360(284+NDA)}{365} \right] \quad (1)$$

Onde:

NDA: Número do Dia Juliano do ano.

Na sequência determinou-se o fotoperíodo, que corresponde ao número de horas de brilho solar sem considerar os efeitos da atmosfera para aquele dia do ano e para aquela latitude. Na linha do Equador o fotoperíodo se mantém constante em 12 horas. Para obtê-lo é necessário determinar o ângulo horário ao nascer do Sol (hn) (Equação 2). Em seguida considerando as relações astronômicas Terra-Sol, determina-se o fotoperíodo (N) (Equação 3).

$$hn = \cos^{-1}(-(tg\theta * tg\delta)) \quad (2)$$

$$N = \frac{2*hn}{15} \quad (3)$$

Onde:

θ : É a latitude do local.

As equações apresentadas anteriormente relacionaram o fotoperíodo aos meses do ano, de acordo com os dias julianos e conjuntamente a análise da relação da agricultura com essas variáveis. A partir da determinação do fotoperíodo, realizou-se a análise de sua influência sobre a agricultura em relação à latitude de Tupã.

A estimativa da temperatura média mensal normal é obtida a partir da realização de uma regressão linear múltipla, conforme a Equação 4.

$$T_{med} = a + b * Alt + c * Lat + d * Long \quad (4)$$

Onde:

a, b e c: Coeficientes obtidos estatisticamente;

Alt, Lat e Long: Altitude, Latitude e Longitude do local, respectivamente.

Os coeficientes citados anteriormente variam de acordo com as características de cada local e com a época do ano. Esses valores estão disponíveis para vários estados brasileiros. A partir da Equação 4 foi possível obter as temperaturas médias.

Para obtenção da temperatura média mensal do solo, adotou-se a análise em um solo Vermelho Escuro Desnudo, com informações para as profundidades de 2, 4, 10, 20, 40 e 100 cm e a partir destas, realizou-se a análise do comportamento da temperatura do ar de acordo com as diferentes profundidades. É possível determinar a temperatura média mensal do solo utilizando a relação da temperatura do solo com a temperatura do ar, através da Equação 5.

$$T_s = a + b * T_{ar} \quad (05)$$

Onde:

T_s : Temperatura Média do Solo;

T_{ar} : Temperatura Média do Ar (obtida na Equação 4);

a e b: Coeficientes em função do tipo do solo e da profundidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a Tabela 1, torna-se nítida a diferença entre os meses do ano e o nível de variação entre o máximo e o mínimo valor encontrado para o fotoperíodo em determinadas latitudes, nota-se que para 5°S o máximo e mínimo permanecem muito próximo às 12 horas (esperado), pois na linha do Equador, como já dito anteriormente o fotoperíodo se mantém constante em 12 horas ao longo do ano. Já para 30°S vê-se a maior variação entre os meses, pois a inclinação terrestre e o movimento de rotação da Terra fazem com que a incidência da radiação solar nessas localidades seja variável ao decorrer do ano, formando assim as diferentes estações.

Tabela 1: Valores máximos e mínimos para o fotoperíodo no ano de 2017.

Latitudes	Máximo N – Dezembro (horas)	Mínimo N – Junho (horas)
5°S	12,29	11,71
21°56'06"S	13,33	10,67
30°S	13,92	10,08

Fonte: Adaptado de INMET (2017).

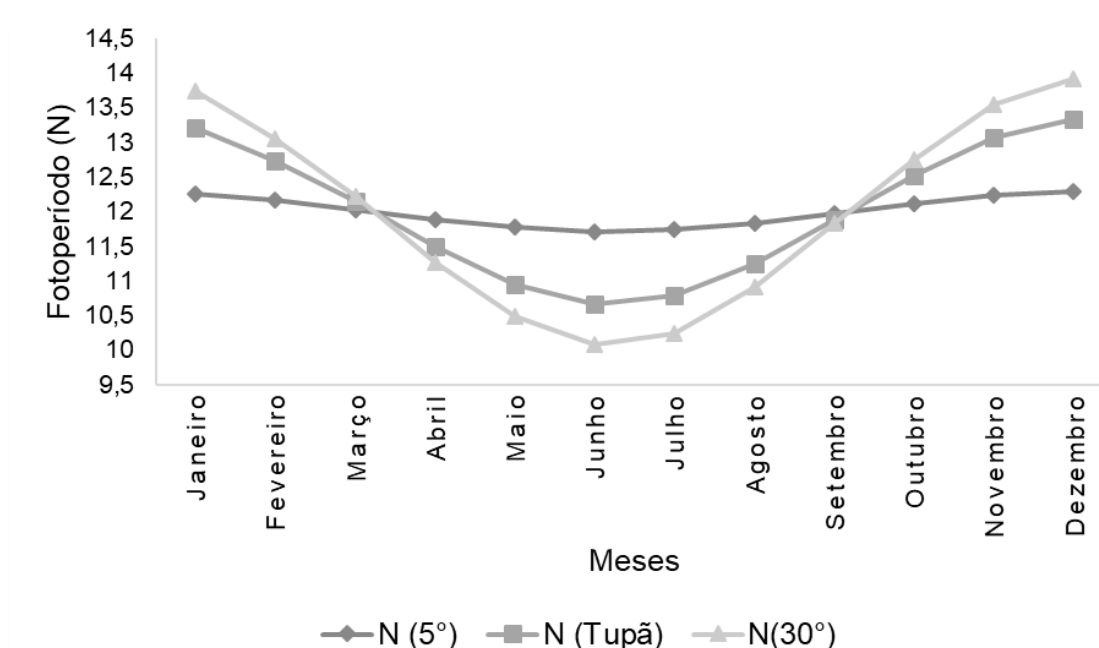
Segundo a SIMEPAR (2017), no Brasil, as estações do ano são assinaladas oficialmente nos dias dos solstícios e nos dias dos equinócios, e como o país está no

hemisfério sul (quase totalmente), a primavera inicia-se em setembro, o verão em dezembro, o outono em março e o inverno em junho. Porém, as quatro estações do ano existem de fato na Região Sul, nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul e nas regiões serranas de Minas Gerais e do Rio de Janeiro. Na Amazônia não ocorrem variações significativas de temperatura e pluviosidade durante o ano todo, por isso na prática não há estações do ano. No restante do país existem apenas duas estações: a estação chuvosa e a estação seca. Logo, nota-se como as latitudes influenciam diretamente as plantações cultivadas em cada região da Terra.

Pode-se observar na Figura 1 que há coerência nos resultados obtidos para o fotoperíodo nos meses analisados quando comparados com a literatura. Pois, os maiores valores para o fotoperíodo se encontram nas estações da primavera e do verão, e no inverno estão os menores valores.

Em relação à latitude de 5°S nota-se pouca variação em relação ao fotoperíodo, mantendo-se relativamente constante. O contrário ocorre com a latitude de 30°S, que mostra grande variação ao decorrer do ano. A latitude de Tupã, que se encontra mais próxima da latitude de 30°S mostra também uma variação considerável em seu fotoperíodo, mostrando a clara diferenciação entre as estações do ano nesta região, sendo que Tupã se localiza no Sudeste do Brasil.

Figura 1: Gráfico da variação do fotoperíodo, em horas, ao longo do ano de 2017.



Fonte: Adaptado de INMET (2017).

Ressalta-se que de acordo com a latitude pode-se fazer um paralelo com a temperatura, pois sabe-se que quanto maior a distância entre o ponto da superfície terrestre analisado e a linha do Equador, menor é a temperatura, porque a incidência dos raios solares será diminuída devido à inclinação terrestre e vice-versa.

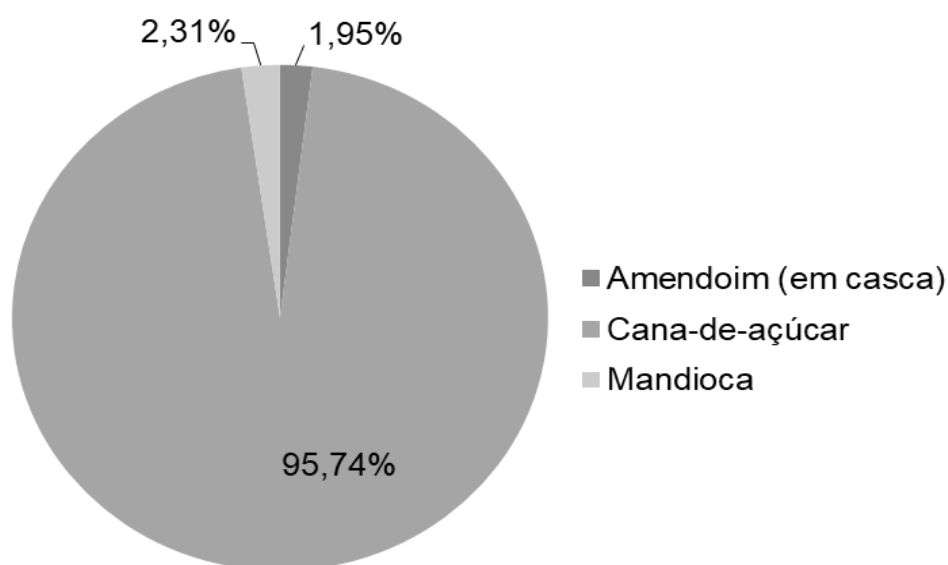
3.1 INFLUÊNCIA DO FOTOPERÍODO SOBRE A AGROPECUÁRIA

Para conseguir analisar e discutir a influência do fotoperíodo sobre a agropecuária é necessário conhecer alguns aspectos fisiológicos das plantas que se relacionam com a área discutida. De modo geral, as plantas de dias longos, crescem na estação fria, florescem durante a primavera, que é quando o fotoperíodo se alonga, para por fim, encerram seu ciclo no final da primavera ou início do verão. Já as espécies de dias curtos iniciam seu ciclo na primavera, florescem quando os dias já estão se encurtando, no verão ou início de outono, e terminam seu ciclo no outono ou início do inverno (BALDISERA, 2017).

A partir dos dados encontrados no site do IBGE (2015), referentes ao ano de 2015, foi possível analisar os cultivos produzidos em Tupã e verificar qual a relação do fotoperíodo e a sua produção. O Instituto classifica a lavoura em duas categorias, a temporária, que compreende a área plantada ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração, e que necessitarão de novo plantio após a colheita, e a permanente, que compreende a área plantada ou em preparo para o plantio de culturas de longa duração, ou seja, que não necessitarão de novo plantio, produzindo por vários anos sucessivos.

Com essas informações foi possível selecionar os três cultivares de maior significância de produção de cada categoria e elaborar gráficos para serem discutidos. A Figura 2 ilustra a categoria temporária.

Figura 2: Rendimento médio, em toneladas, das culturas temporárias produzidas na cidade de Tupã no ano de 2015.



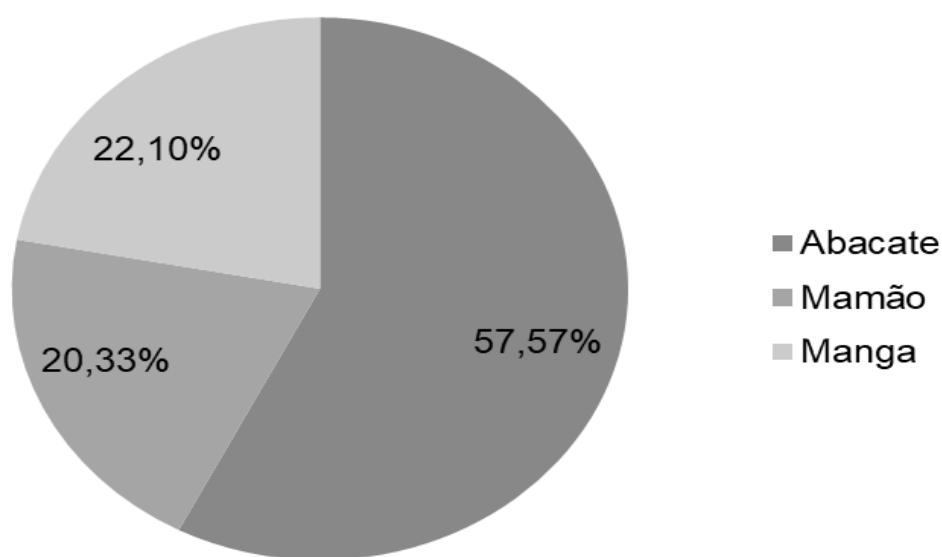
Fonte: Adaptado de IBGE (2015).

A cana-de-açúcar, por ser uma espécie de grande eficiência fotoenergética, tem seu ponto de saturação luminosa elevado. Assim, quanto maior for a intensidade luminosa, mais fotossíntese será realizada pela cultura, tornando o crescimento e o desenvolvimento mais eficientes, além do maior acúmulo de açúcares. O fotoperíodo atua como condicionador do florescimento, juntamente com a temperatura, sendo o fotoperíodo mais indicado para essa fase entre 12 e 12,5 horas (GOUVÊA, 2008).

A cidade de Tupã é uma grande produtora de amendoim, mas essa cultura é considerada neutra, ou seja, não sofre influência do fotoperíodo e em condições de campo a luz não é fator limitante para a fotossíntese (FERRARI NETO; COSTA; CASTRO, 2012).

Quanto à influência do fotoperíodo na cultura da mandioca, que é uma planta de dia curto que alcança maiores produções de raízes com fotoperíodo entre 10 e 12 horas. Dias longos favorecem o crescimento da parte aérea e diminuem o crescimento das raízes de reserva, e dias curtos aumentam o crescimento das raízes de reserva e reduzem o da parte aérea (FAGUNDES et al., 2010). Esta análise também foi realizada para as culturas permanentes, conforme a Figura 3.

Figura 3: Rendimento médio, em porcentagem, para principais culturas permanentes produzidas na cidade de Tupã no ano de 2015 (IBGE).



Fonte: Adaptado de IBGE (2015).

Em relação à manga, os trabalhos sobre a cultura são escassos, mas conforme Silva (2005), a mangueira pode ser considerada uma planta neutra em relação ao fotoperíodo. Já o abacateiro tem como fatores determinantes para a indução floral a temperatura e o fotoperíodo, sendo que temperaturas $\leq 15^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo $\leq 10\text{h}$ durante quatro semanas são suficientes para induzir a gema vegetativa a tornar-se florífera (OLIVEIRA et al., 2008). O fotoperíodo encontrado em Tupã é o indicado para o desenvolvimento do abacateiro, pois a essa latitude atinge-se fotoperíodo próximo de 10 horas durante o mês de Junho, propiciando o desenvolvimento dessa cultura.

A região de Tupã, em anos passados, também era grande produtora de leite, porém, o cenário se modificou, mas essa produção ainda é significativa. O fotoperíodo é uma ferramenta de manejo utilizada para aumentar a produtividade de vacas leiteiras. Dados apontam que, nos períodos de dias longos, a produção leiteira aumenta 8 a 10% em relação aos dias mais curtos, sendo que há também o aumento da ingestão de matéria seca (DIAS, 2007).

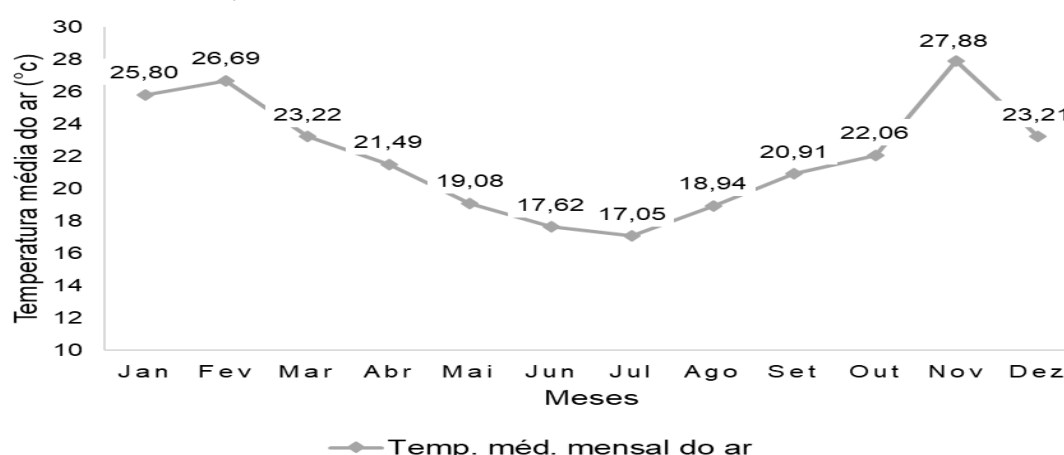
Tendo em vista a variedade agropecuária da cidade de Tupã, o fotoperíodo permite maior variabilidade e rotatividade de culturas características dessa região.

3.2 ESTIMATIVA DA TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DO AR

Para análise da temperatura do ar foi elaborado um gráfico (Figura 4), que possibilita analisar temporalmente a mesma na cidade de Tupã- SP. Nota-se que as maiores temperaturas são encontradas no verão e as menores no inverno. Alguns fatores são determinantes sobre a temperatura do ar para Manzione (2017), e podem ser divididos em três escalas de fenômenos atmosféricos, entre eles pode-se citar a latitude, a altitude, o relevo e a cobertura do relevo.

Tanto o aquecimento como o resfriamento do ar se dão a partir da superfície, durante o dia a tendência é da temperatura do ar ser maior próxima à superfície e menor com a altura, pois o sol aquece o ar por condução, mas o ar é mau condutor de calor, logo esse processo ocorre só até poucos centímetros da superfície. Já na madrugada, a situação é inversa, a temperatura menor se torna a próxima à superfície, demonstrando a influência da altitude sobre essa variável.

Figura 4: Variação anual da temperatura média ar na cidade de Tupã- SP.



Fonte: Adaptado de INMET (2017).

De acordo com Steinke (2012), o relevo possui efeito moderador sobre a temperatura do ar. Exemplifica e explica a diferença de média anual da temperatura do ar entre duas cidades localizadas próximas, uma que possui altitude de 950 m e que apresenta temperatura média de 16°C, e a outra, com uma altitude de 5 m e temperatura média de 22°C, através da diferença das altitudes.

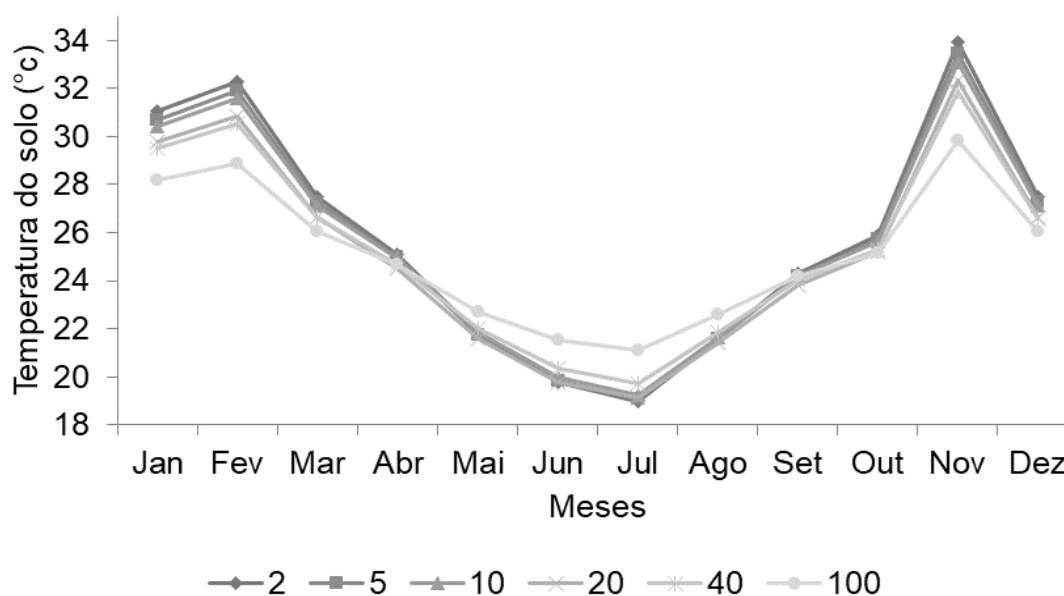
Esse fator decorre, em parte, da diminuição média da temperatura na troposfera (gradiente ambiental) e, parte, da absorção e reirradiação da energia solar pela superfície terrestre.

3.3 ESTIMATIVA DA TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DO SOLO

Em relação à temperatura do solo, foi confeccionado um gráfico (Figura 5), com as variáveis, temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$), diferentes profundidades (2, 4, 10, 20, 40, e 100 cm) e a variação anual (meses), que fornecem a base para uma análise temporal.

Os fatores mais importantes para determinar a temperatura do solo é a latitude, pois varia a quantidade de onda curta incidente por ano, tipo de solo e condição do solo, sendo que latitudes mais altas apresentam menor intensidade do fluxo de radiação incidente na superfície (LOENGO; SOARES, 2013).

Figura 5: Variação anual da temperatura média do solo em diferentes profundidades (2, 5, 10, 20, 40 e 100 cm).



Fonte: Autora (2017).

Nota-se na Figura 5, que quanto menor a profundidade maior é a variação da temperatura do solo isso é explicado pela disponibilidade de energia na superfície, e, que os valores de temperatura máximos ocorrem no verão e os mínimos no inverno.

Nota-se também um atraso nos valores máximos e mínimos ao passo que se aumentam as profundidades. Logo, no verão a temperatura média mensal é maior na superfície e no inverno isso se inverte.

É possível estabelecer um paralelo entre as temperaturas médias do ar e do solo. No geral as duas apresentam curvas temporais visualmente muito semelhantes, porém nota-se que os valores máximos e mínimos para ambas são distintos, sendo que a temperatura do solo é altamente influenciada conforme se variam as profundidades. Os valores maiores para a temperatura são encontrados no solo, isso ocorre, pois, o solo conduz calor muito mais lentamente do que o ar, que por sua vez é um péssimo condutor de calor. O inverso ocorre para os valores mínimos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises realizadas sobre o fotoperíodo, é possível concluir sua real importância, pois, é alto influenciador na agropecuária, sobre as estações do ano, além de ser um indicador dos melhores períodos para manejo nas culturas. As latitudes propiciam diferentes climas o que acarreta na produção de diferentes cultivos em determinados locais. Tupã, mostrou ter uma grande variação em seu fotoperíodo, propiciando clima favorável para produção de cana-de-açúcar, abacate, entre outros.

Em relação à temperatura média do solo pode-se concluir que o fluxo de calor ocorre da superfície para o interior do solo e vice-versa por meio da condução e, conseqüentemente, quanto maior for a profundidade do solo menor será a variação temporal da temperatura. No tocante à temperatura média do ar conclui-se que, como esperado, as maiores temperaturas são encontradas no verão e as maiores no inverno sendo a altitude um grande influenciador.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J. R.; ROMANI, L. A. S.; MERLO, T. P.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F. Avaliação dos impactos do uso do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agrimempo). **Revista de Política Agrícola**, v.25, n.1, p.5-19, 2016.
- BALDISERA, R. S. Influência das variáveis climáticas declinação solar, fotoperíodo e irradiação no topo da atmosfera, em regiões agricultáveis do Brasil. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.15, n.2, p.109-115, 2017.
- CARVALHO, E. A.; ARAÚJO, P. C. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I**. Natal: EDUFRRN, 2011. 278p.

DIAS, R. O. S. **Fotoperíodo**: Efeitos na lactação e no período seco. Brasil: Milkpoint, 2007.

FAGUNDES, L. K.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; ZANON, A. J.; LOPES, S. J. Desenvolvimento, crescimento e produtividade da mandioca em diferentes datas de plantio em região subtropical. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2460-2466, 2010.

FERRARI NETO, J.; COSTA, C. H.; CASTRO, G. S. A. Ecofisiologia do amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.4, p.1-13, 2012.

GOUVÊA, J. R. F. **Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP**. 2008. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**. Brasil: IBGE, 2015.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações meteorológicas**. 2017. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acessado em: 03 abr. 2015.

LOENGO, F. A. G.; SOARES, J. R. Estudo observacional da onda de temperatura do solo da Estação Brasileira Comandante Ferraz. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IAG-USP, 2013, São Paulo. **Anais....** São Paulo: IAG-USP, 2013.

MANZIONE, R. L. **Meteorologia**: Temperatura do ar e do solo. São Paulo: UNESP, 2017.

OLIVEIRA, I. V. M.; CAVALCANTE, I. H. L.; MARTINS, A. B. G.; SILVA, R. R. S. Caracterização anatômica e morfológica de gemas de abacateiro ‘Hass’ e ‘Fortuna’. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.145-151, 2008.

PILAU, Felipe Gustavo; ANGELOCCI, Luiz Roberto. Medir e modelar o balanço de radiação de uma laranjeira. **Agrometeoros**, v. 26, n. 2, 2020.

SILVA, G. J. N. Manejo da indução floral da mangueira. In: SIMPÓSIO DE MANGA DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 1., 2005, Juazeiro. **Anais....** Juazeiro: Embrapa, 2005. p.1-14.

SIMEPAR – SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ. **Estações do Ano**. Brasil: Simepar, 2017.

STEINKE, E. T. **Climatologia fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

VAREJÃO, M. A. **Radiação Solar e Terrestre**. Minas Gerais: UFVJM, 2014.