

ISSN 0104-1347

Estimativa da produtividade e determinação das melhores épocas de semeadura para a cultura do amendoim no Estado de São Paulo

Assesment of crop yield and best sowing dates for peanut in the State of São Paulo, Brazil

Fábio Ricardo Marin¹, José Ricardo Macedo Pezzopane², Mário Pedro Jr.³, Ignácio José Godoy⁴,
Júlia Ribeiro Ferreira Gouvêa⁵

Resumo: A estimativa da produtividade das culturas com modelos agrometeorológicos permite determinar as melhores épocas de semeadura e as perdas de rendimento associadas a elas. Em função disso, o objetivo deste trabalho foi parametrizar o modelo das Zonas Agroecológicas (MZA) para dois tipos botânicos de amendoim, com a finalidade de se determinar as melhores épocas de semeadura dessa cultura em quatro regiões do Estado de São Paulo: Manduri, Ribeirão Preto, Campinas e Pindorama. Foram feitas as parametrizações do MZA para a estimativa da produtividade potencial e para a estimativa das perdas por deficiência hídrica para os dois tipos botânicos de amendoim. A parametrização do MZA envolveu a definição dos graus-dias necessários para a conclusão de cada uma das fases fenológicas da cultura, baseando-se em dados de campo. Ajustou-se, também, uma equação para estimativa do coeficiente de cultura (Kc) em função de graus-dia ao longo do ciclo da cultura. Foi necessário corrigir as estimativas obtidas pelo MZA utilizando-se um fator dependente da temperatura do ar, para ajuste da estimativa de produtividade potencial com o emprego de graus-dia para definição do ciclo. Após a parametrização, as estimativas do modelo foram confrontadas com dados obtidos em condições de campo. As épocas de semeadura com menores riscos de perdas por deficiência hídrica nos locais analisados vão de outubro a dezembro, com valores inferiores a 10% em todos os anos simulados. Para o amendoim da seca, semeadura entre fevereiro e março, foram observadas chances de 25% de ocorrência de perdas maiores que 10% em Ribeirão Preto e Pindorama. Em Campinas e Gália, as perdas maiores que 10% ocorreram em menos de 15% dos anos simulados.

Palavras-chave: *Arachis hypogea*, produtividade potencial, rendimento, deficiência hídrica, graus-dia, risco de perda.

Abstract: The assessment of crop yield based on agrometeorological models allows the determination of the best sowing dates and crop yield losses associated to each one of them. This paper aimed to parameterize the Agroecological Zone Model (MZA), to estimate potential productivity, and to determine yield losses caused by water deficits, for two botanical types of peanut in four regions of São Paulo State, Brazil: Manduri, Ribeirão Preto, Campinas and Pindorama. The model parameterization involved the determination of required degree-days for crop cycle and for each phenological phase. The assessment of statistical relationship between crop coefficient (Kc) and degree-days for each crop phase also was studied. A temperature factor was included in MZA to adjust the estimates obtained in association with

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, CP 6041, 13083-886 - Campinas, SP - marin@cnptia.embrapa.br

² Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas, Caixa Postal 28 - 13020-902 - Campinas, SP - rpezzo@iac.sp.gov.br

³ Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas, Caixa Postal 28 - 13020-902 - Campinas, SP - Bolsista do CNPq - mpedro@iac.sp.gov.br

⁴ Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas, Caixa Postal 28 - 13020-902 - Campinas, SP - Bolsista do CNPq

⁵ Acadêmica de Engenharia Ambiental da PUC-Campinas.

degree-days concept, used to define the crop cycle. After the parameterization, the relationship between estimated and measured yield data was established. From October to December, yield losses caused by water deficits were below of 10% in all simulations. From February to March, when growers use to sown out-of-season peanut crop, yield losses were greater than 10% in 25% of the years in Ribeirão Preto and Pindorama. For Campinas and Gália, there was less than 15% of years with losses greater than 10% occurred.

Key-Words: *Arachis hypogaeae*, potential productivity, yield, water deficit, degree-days, loss risk.

Introdução

O amendoim (*Arachis hypogea* L.) é planta originária do Brasil, especificamente da região oeste do Estado do Mato Grosso (Cummis, 1986), e cultura de grande importância econômica para o Estado de São Paulo, principal produtor nacional. Os dois principais tipos botânicos cultivados no país são o 'Valência', de porte ereto, ciclo relativamente mais curto, com sementes de tamanho médio e de coloração avermelhada; e o 'Virgínia', de porte rasteiro, ciclo mais longo e com sementes de coloração bege (Santos et al., 1997; Godoy, 2003).

Em São Paulo, o amendoim é cultivado como cultura principal, semeado no início do ano agrícola ("cultivo das águas") - entre outubro e novembro -, ou como cultura secundária, situação em que é semeado no final do período das chuvas ("cultivo da seca") - entre fevereiro e março -, épocas em que há maior risco de perdas por deficiência hídrica, porém vantajosas sob o ponto de vista econômico ou agrônomo. Esta opção é comum nas lavouras do Estado, especialmente quando se utiliza o amendoim como cultura de rotação nas áreas de reforma dos canaviais.

A diversidade dos sistemas de produção do amendoim em São Paulo e as necessidades de cultivo em períodos de entressafra exigem pesquisas visando determinar as melhores épocas de semeadura da cultura, com estimativas das chances de quebra de produtividade e dos fatores limitantes em cada época de semeadura ao longo do ano. Informações desse tipo permitem avaliar com mais segurança os riscos da implantação de um cultivo e sua viabilidade econômica.

São poucos os trabalhos sobre o efeito da época de semeadura e das condições meteorológicas na cultura do amendoim em São Paulo. Kasai et al.

(1999) analisaram a influência da época de semeadura na produtividade de quatro cultivares de amendoim em Adamantina, verificando que as maiores produtividades foram obtidas em semeaduras realizadas entre meados de setembro e o final de outubro. Pompeu et al. (1986) avaliaram o desempenho da cultura em semeaduras de inverno na região de Votuporanga, constatando o elevado potencial de produção na região, especialmente para lavouras irrigadas. Nesses trabalhos, o efeito da época de semeadura foi avaliado em ensaios de campo, mas com a ampliação dos conhecimentos básicos sobre as culturas de interesse econômico, os modelos agrometeorológicos passaram a ser amplamente empregados na análise de risco climático (Kanemasu, 1986), permitindo a simulação do desenvolvimento e da produção das culturas em relação às variáveis climáticas, reduzindo o dispêndio de recursos e o tempo exigido para a consecução das pesquisas.

Baseado nisso, este trabalho objetivou parametrizar o Método das Zonas Agroecológicas (MZA) (DOORENBOS & KASSAM, 1979), para estimativa da produtividade potencial, e o modelo da FAO, para estimar as perdas de rendimento devido ao déficit hídrico, de dois tipos botânicos de amendoim em quatro localidades do Estado de São Paulo e, a partir disso, determinar as melhores épocas de semeadura para cada uma dessas regiões.

Material e Métodos

Neste trabalho se utilizou séries de dados de temperatura média, mínima e máxima do ar (°C); insolação (horas) e precipitação (mm) das localidades de Campinas, Ribeirão Preto, Gália e Pindorama (Tabela 1), selecionadas pela importância que a cultura do amendoim representa nessas regiões. Nas simulações e análises realizadas, foram considerados os tipos botânicos de amendoim

Tabela 1. Locais analisados com as respectivas coordenadas geográficas, período de coleta de dados, número de anos efetivamente utilizados e valores dos coeficientes a e b da equação de Angström-PreScott.

Localidade	Latitude(graus)	Longitude(graus)	Altitude(m)	Período	Anos	a*	b*
Gália	22° 18' S	49° 33' W	522	1981-2000	19	0,27	0,52
Pindorama	21° 13' S	48° 56' W	562	1982-2001	19	0,27	0,52
Campinas	22° 54' S	47° 05' W	674	1981-2000	19	0,23	0,56
Rib. Preto	22° 11' S	47°48' W	621	1965-1998	30	0,13	0,73

* Os valores de a e b para Campinas e Ribeirão Preto foram extraídos de Pereira et al. (2002) e os de Gália e Pindorama foram estimados conforme Glover & Culloch (1958), citados por Pereira et al. (2002), sendo $a=0,29*\cos(\text{latitude})$ e $b=0,52$.

‘Virgínia’ e ‘Valência’. Na Figura 1 são apresentadas as variações mensais dos elementos climáticos e do balanço hídrico nos locais selecionados, ilustrando as diferenças climáticas entre elas.

A radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) foi estimada a partir dos dados de insolação pelo método de Angström-PreScott (Equação 1), utilizando-se os valores dos coeficientes a e b apresentados na Tabela 1:

$$Q_g = Q_o \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad (1)$$

em que Q_g é a irradiância solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); Q_o é a irradiância solar extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); n é número de horas de brilho solar; N é o fotoperíodo (horas); a e b são coeficientes empíricos de ajuste (adimensionais).

A estimativa da produtividade potencial (Pp) foi baseada no método da Zona Agroecológica – MZA (Doorenbos & Kassam, 1979), que pressupõe que as exigências hídricas, nutricionais e fitossanitárias da cultura sejam atendidas e que a produtividade seja condicionada apenas pelas características da cultura e pelas condições ambientais, representadas pela radiação solar, fotoperíodo e temperatura do ar. A Equação (2) descreve conceitualmente o método da Zona Agroecológica:

$$Pp = Fb \frac{C_{IAF} C_{RES} C_{COL} NDC}{1 + U} \quad (2)$$

em que Fb é a fotossíntese bruta de uma cultura hipotética padrão ($\text{t ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$), calculada em função da disponibilidade de radiação solar e da temperatura do ar; C_{IAF} é a correção da fotossíntese em função da variação da área foliar da cultura, calculada por uma função de segundo grau, tendo o IAF como variável independente (Pereira et al., 2002); C_{RES} é a correção para a taxa de manutenção da cultura (respiração), função da temperatura do ar e variando entre 0,5 ($\text{Temp} < 20^\circ\text{C}$) e 0,6 ($\text{Temp} \geq 20^\circ\text{C}$); C_{COL} é a correção para o índice de colheita (= 0,35); U é a correção para a umidade da parte colhida para conversão do peso seco em peso fresco (= 0,13); e NDC é a duração do período de desenvolvimento da cultura. Os valores de C_{RES} , C_{COL} e U foram obtidos de Doorenbos e Kassam (1979).

Os valores do IAF de cada tipo botânico foram definidos a partir dos dados apresentados por Banterng et al. (2003), considerando-se os valores médios de IAF para dois ciclos de cultivo. Os graus-dia ($^\circ\text{Cd}$) necessários para a conclusão de cada fase fenológica da cultura foram obtidos a partir de dados experimentais do programa de melhoramento do amendoim do Instituto Agrônomo de Campinas que compreendem cultivos anuais dos tipos botânicos ‘Valência’ e ‘Virgínia’ em Pindorama (anos agrícolas 82/83 a 93/94) e Campinas (anos agrícolas 81/82 a 93/94).

A produtividade real (Pr) foi estimada pelo modelo FAO, a partir da contabilização da deficiência hídrica relativa ($1 - \text{ETr}/\text{ETc}$), ponderada por um fator de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (Ky), conforme Doorenbos & Kassam (1979):

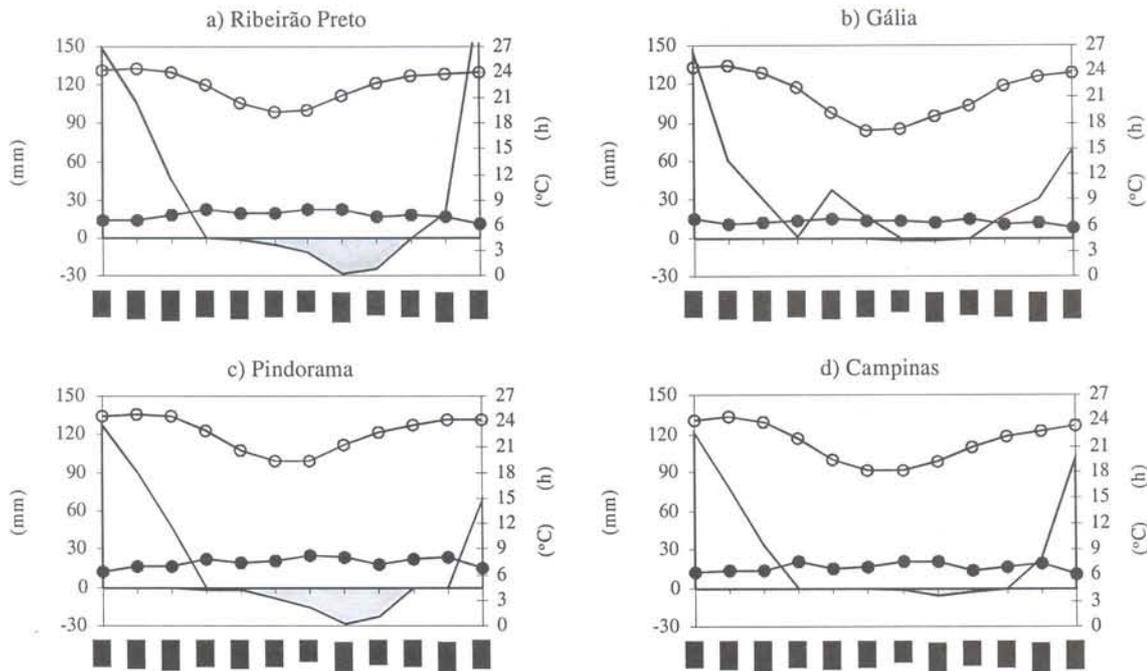


Figura 1. Variação mensal da temperatura (°C) média do ar (—○—), da insolação (h) média diária (—●—), da deficiência (□) e do excedente (■) hídrico (mm) para quatro municípios do Estado de São Paulo: a) Ribeirão Preto, b) Gália, c) Pindorama e d) Campinas.

$$\frac{Pr}{Pp} = \left[1 - ky \left(1 - \frac{ETr}{ETc} \right) \right] \quad (3)$$

em que: ETr é a evapotranspiração real da cultura; ETc a evapotranspiração máxima da cultura, dada pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ETo), estimada pelo método de Thornthwaite (1948), e o coeficiente de cultura (Kc) para cada fase fenológica (Tabela 3); Ky o fator de sensibilidade ao estresse hídrico, variável com a fase fenológica da cultura. Utilizaram-se os valores de Ky propostos por Doorenbos & Kassam (1979), apresentados na Tabela 3.

A razão entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência é denominada de coeficiente de cultivo (Kc) e é utilizada para o processamento do balanço hídrico da cultura e as estimativas pelo Método das Zonas Agroecológicas. Os valores de Kc utilizados neste trabalho foram extraídos de Doorenbos & Kassam (1979) e relacionados com o somatório de graus-dia, tomando-se um par de dados para cada fase fenológica.

As simulações do balanço hídrico de cultura foram feitas para 36 épocas de semeadura, utilizando-se dados organizados em períodos decendiais. Foi usado o método de Thornthwaite & Mather (1955), considerando-se a capacidade de água disponível (CAD) e o valor de Kc variáveis com as fases fenológicas da cultura, conforme Barbieri et al. (1997) (Tabela 2). Foram simuladas as quebras de rendimento (Q , em %) (Equação 4) para semeaduras realizadas em cada decêndio nas séries avaliadas, convertidas em frequência relativa para análise dos resultados.

$$Q(\%) = \left(1 - \frac{Pr}{Pp} \right) 100 \quad (4)$$

Resultados e Discussão

Parametrização do Método das Zonas Agroecológicas

Para o tipo botânico 'Valência', a soma térmica foi de 1712 °Cd e para o 'Virgínia' foi de 1930 °Cd,

valores próximos aos observados por Bennachio et al. (1978) e Ketring & Wheless (1989). Nessas determinações, considerou-se a temperatura-base da cultura de 10 °C (Ong, 1986). A Figura 2 apresenta a relação entre graus-dia (GD) e Kc, com as equações utilizadas no algoritmo de simulação de cada tipo botânico de amendoizeiro. Os valores de Kc e GD para cada fase fenológica foram definidos com base nos dados apresentados por Santos et al. (1997) e por Doorenbos & Kassam (1979) (Tabela 2). As equações foram ajustadas para cada tipo botânico e refletem suas características fenológicas e as diferenças quanto à duração do ciclo. Cada ponto utilizado para ajuste da equação refere-se ao valor de transição entre cada fase fenológica.

Aos valores estimados de produtividade potencial, a partir do MZA, foi aplicado um fator de ajuste para temperatura do ar (F_{Tar}), segundo a

proposta de Boote et al. (1986) que, por sua vez, baseou-se nos trabalhos de Cox (1979) e Young et al. (1979).

A necessidade de inclusão de um fator para redução da produtividade, baseado na temperatura do ar (equações 5, 6 e 7), foi detectada quando se estimava a produtividade potencial no outono e inverno. Os valores obtidos nessas épocas do ano eram muito elevados, incoerentes com os valores obtidos em condições de campo e, em alguns casos, chegavam a ser maiores que os estimados nas semeaduras de primavera e verão. Essa distorção é causada pelo fato do método ter sido desenvolvido e validado com a fixação do ciclo das culturas, sem se considerar, portanto, a influência da temperatura na duração do ciclo da cultura. Sem o uso de um fator de correção, as simulações feitas em períodos mais frios resultavam em prolongamento do ciclo

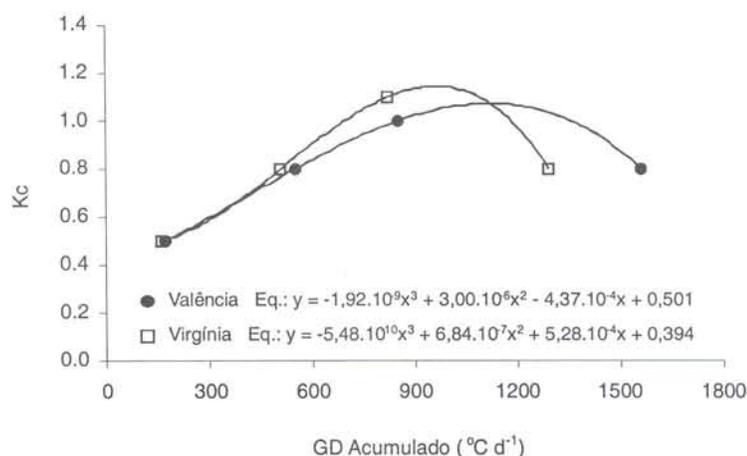


Figura 2. Relação entre o coeficiente de cultura (Kc) e graus-dia (GD) acumulado entre a semeadura e o início da fase de maturação para os tipos botânicos de amendoim 'Valência' e 'Virgínia', considerando-se a temperatura-base de 10°C.

Tabela 2. Valores de coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky), profundidade efetiva do sistema radicular (SR), capacidade de água disponível (CAD), índice de área foliar (IAF) e coeficiente de cultura (Kc).

Fase fenológica	Ky	SR (cm)	CAD (mm)	IAF Valência	IAF Virgínia	KcValência	KcVirgínia
Estabelecimento	0,2	20	20	0,5	0,5	0,5	0,5
Dês. Vegetativo	0,6	60	60	2,5	2,5	0,8	0,8
Florescimento	0,7	80	80	4,5	4,5	1,1	1,0
Frutificação	0,6	80	80	6,0	7,0	0,8	0,8
Maturação	0,2	80	80	4,0	4,5	0,6	0,6

da cultura e conseqüente elevação da produtividade potencial – o cômputo da produtividade potencial no MZA é diretamente proporcional a duração do ciclo da cultura (equação 2). Assim, ao se incorporar o conceito de graus-dia à rotina de cálculo, foi necessário também se incluir um fator dependente da temperatura do ar para deflacionar a produtividade potencial e tornar as estimativas mais realistas de produtividade potencial.

$$F_{Tar} = -0,26 + 0,05263 * Tar, \quad 5^{\circ}C < Tar < 24^{\circ}C \quad (5)$$

$$F_{Tar} = 4,091 - 0,09091 * Tar, \quad 34^{\circ}C < Tar < 45^{\circ}C \quad (6)$$

$$F_{Tar} = 1, \quad 24^{\circ}C \leq Tar \leq 34^{\circ}C \quad (7)$$

As estimativas de produtividade potencial obtida com o MZA foram ajustadas a partir dos dados de campo. Utilizou-se a análise de regressão linear buscando-se identificar uma relação estatística que permitisse corrigir os valores estimados de produtividade potencial obtidos pelo MZA, os quais normalmente apresentam estimativas com valores maiores do que os observados em condições de campo (Doorenbos & Kassam, 1979), mas que para a cultura do amendoim apresentou estimativas com valores abaixo dos observados em campo, especialmente para o tipo botânico ‘Virgínia’ em anos de alta produtividade. Utilizou-se a equação (8) para a correção das estimativas de produtividade real. Esta equação foi obtida a partir de análise de regressão envolvendo o conjunto de dados dos dois tipos botânicos e foi significativa a 1% de probabilidade (Figura 3):

$$P_{pcor} = P_p * 1,17 - 1675,56 \quad (5)$$

em que: P_p é a produtividade potencial estimada pelo MZA ($kg\ ha^{-1}$) e P_{pcor} a produtividade potencial corrigida a partir dos dados de campo coletados em Campinas e Pindorama.

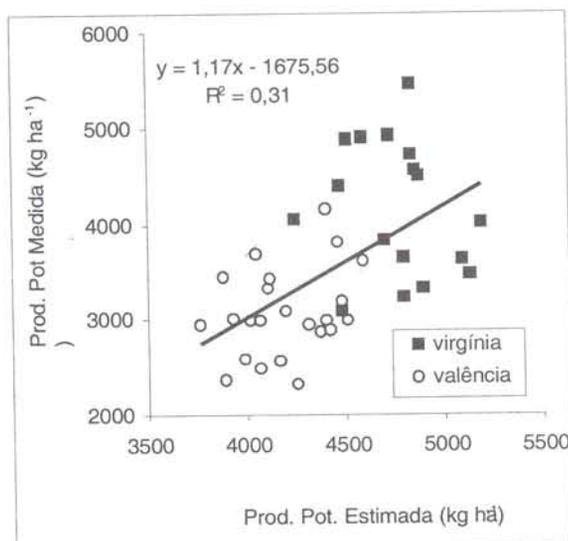


Figura 3. Relação entre os dados de produtividade potencial medida e estimada pelo método das zonas agroecológicas para os tipos botânicos de amendoim ‘Valência’ e ‘Virgínia’.

Duração do ciclo da cultura

A Figura 4 apresenta a variação decenal do ciclo da cultura do amendoim nos quatro locais analisados, destacando-se a grande variação sazonal e as diferenças entre os locais considerados. As diferenças macroclimáticas entre os locais, expressas principalmente pela temperatura do ar (Figura 2) explicam boa parte das variações observadas na Figura 4, já que a temperatura é considerada o fator de maior importância na definição da duração do ciclo do amendoim (Bennachio et al., 1978; Bolhvis & Groot, 1959). Em Pindorama e Ribeirão Preto, locais mais quentes, o ciclo da cultura estimado variou entre 116 e 160 dias para Valência, e entre 133 e 180 dias para ‘Virgínia’. Em Gália, onde a temperatura do ar é menor, as estimativas da duração do ciclo da cultura foram as maiores, oscilando entre 119 e 188 dias para Valência, e entre 139 e 209 dias para ‘Virgínia’. Em Campinas foram observados valores intermediários, entre 129 e 179 dias.

Na Figura 4, observa-se também que os ciclos mais longos são encontrados em Gália no período compreendido entre fevereiro e setembro. Para semeaduras realizadas entre 01/nov e 01/jan, contudo, a duração do ciclo em Gália é ligeiramente menor que nos demais locais, devido ao aumento

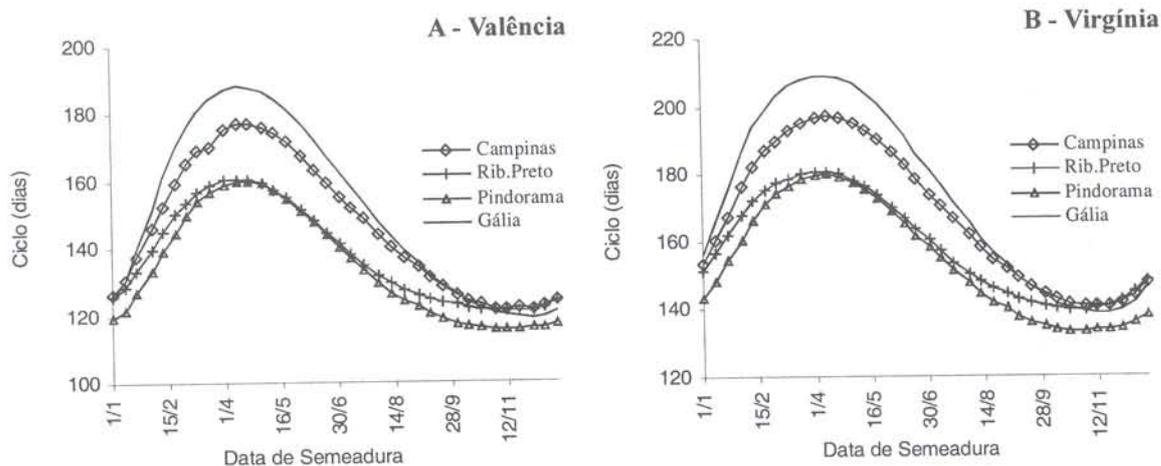


Figura 4. Variação decidual da duração do ciclo da cultura do amendoim, para os tipos botânicos de amendoim 'Valência' e 'Virgínia', em quatro locais do Estado de São Paulo.

do fotoperíodo e à elevação da temperatura do ar durante essa época do ano.

Quanto às diferenças entre os tipos botânicos, a duração média do ciclo do tipo 'Virgínia' foi cerca de 15% maior em relação ao que se observou para Valência, pela necessidade de acúmulo de maior soma térmica.

Os climas de Gália, Ribeirão Preto e Campinas são classificados como mesotérmico ou tropical de altitude (Cwa), com inverno seco e temperatura do mês mais quente superior a 22°C, segundo Koeppen. Apesar de receberem a mesma denominação climática, há diferenças climáticas importantes entre essas regiões, expressas principalmente pelo regime térmico e pela distribuição anual de chuvas. Campinas situa-se em zona de transição, entre Cwa e Cwb (tropical de altitude, típico do Sul de Minas Gerais), enquanto que Ribeirão Preto encontra-se situado em zona de transição climática, entre Cwa e Aw (típico do Centro-Oeste brasileiro), com temperaturas normalmente mais elevadas e condições climáticas similares às de Pindorama. A distribuição anual das chuvas confere à região de Gália características mais próximas dos climas Cfa (mesotérmico, sub-tropical úmido), que ocorrem em boa parte da região Sul do Brasil. O elevado volume anual de chuvas e sua boa distribuição ao longo do ano, juntamente com as menores temperaturas, são responsáveis pela ausência de deficiências hídricas, mesmo durante os meses de inverno, em Gália.

Quebra de Produtividade do Amendoim

Em Ribeirão Preto e Pindorama ocorreram os maiores valores de quebra de rendimento dentre os locais analisados (Figura 5), o que pode ser causado pela distribuição anual das chuvas nesses locais. Apesar dos volumes totais anuais de chuva serem semelhantes nas quatro localidades, em Campinas e Gália o regime de chuvas apresenta-se com uma melhor distribuição ao longo do ano, e as estações de outono e inverno apresentam menores deficiências hídricas. Além disso, as temperaturas mais amenas desses locais contribuem para a manutenção da evapotranspiração em níveis menores que os observados em Ribeirão Preto e Pindorama. A taxa de evapotranspiração estimada pelo método de Thornthwaite (1948) é, em média, 12% maior em Pindorama que em Gália.

Na Figura 5, pode-se observar que o período com menor risco de perda por deficiência hídrica está compreendido entre 01/11 e 10/01 para o tipo 'Valência' e entre 01/10 e 01/01 para o tipo 'Virgínia', com a obtenção de maiores produtividades em condições de campo, sem o uso da irrigação. O período entre 10 e 30 de novembro é o que oferece menores riscos de perdas por deficiência hídrica, já que as perdas estimadas para semeaduras realizadas nesse período ficaram abaixo de 3% para todos os anos analisados, para os dois tipos botânicos e nos quatro locais. Na Tabela 3 são apresentadas as frequências de ocorrência de perdas

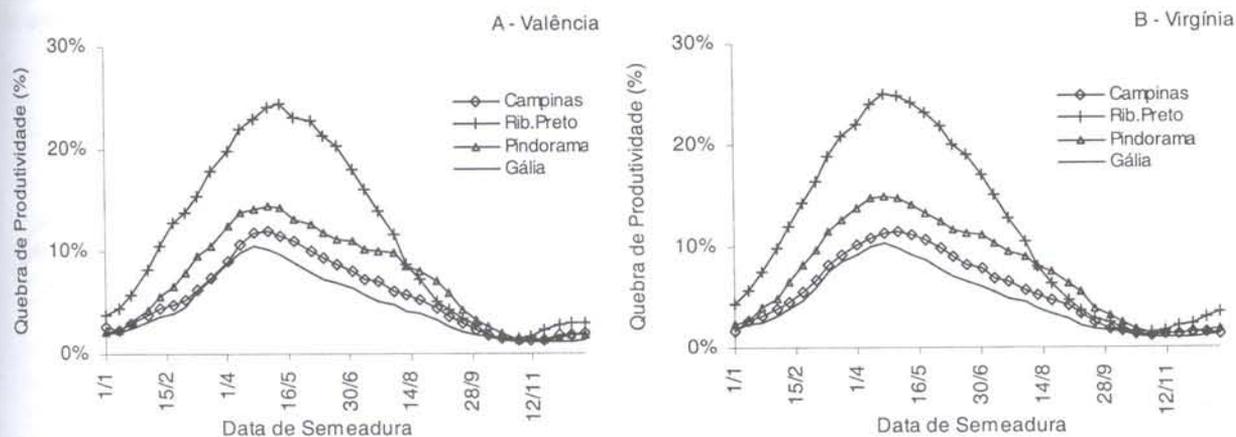


Figura 5. Variação decenal da quebra de produtividade para dois tipos botânicos de amendoim, 'Valência' e 'Virgínia', em quatro locais do Estado de São Paulo.

de produtividade para diferentes classes, indicando que os maiores riscos de cultivo na cultura do amendoim ocorrem nas sementeiras realizadas entre meados de fevereiro e meados de agosto. Nota-se, também, que a melhor época para a sementeira do amendoim 'Valência' e 'Virgínia', para os locais estudados, é de outubro a dezembro, período em que não ocorreram perdas acima de 10% em todas as simulações feitas.

A Tabela 3 permite analisar o risco de perda de produtividade para sementeiras realizadas em cada mês do ano, apresentando-se como importante ferramenta para o planejamento rural. A quantificação dos riscos de perdas, a decisão sobre o nível de investimento e até mesmo o estudo sobre a viabilidade econômica de um sistema de irrigação podem ser realizados com maior segurança quando se dispõem desses dados. Em conjunto com os dados apresentados nas Figuras 4 e 5, o planejamento do sistema de produção agrícola pode ser melhorado pela quantificação dos riscos associados a cada data de sementeira, pela seleção das melhores datas, pela previsão da data de colheita e pela possibilidade de se conhecer o rendimento médio nas diferentes regiões do Estado.

Estimativa da Produtividade

No MZA, a duração do ciclo tem grande influência sobre as estimativas de produtividade potencial e, por isso, observa-se que a produtividade em Gália se apresenta expressivamente maior que a

de Ribeirão Preto e Pindorama no período entre fevereiro e maio, com uma diferença superior a 19% para sementeiras realizadas em 10/04, para o tipo 'Valência', e 17% para o 'Virgínia' (Figura 6). Apesar das condições adversas para o desenvolvimento da cultura nas sementeiras realizadas a partir de fevereiro, a maior duração do ciclo, em Gália, eleva as estimativas de produção do amendoim nas épocas mais frias do ano.

A Figura 7 apresenta a correlação entre a duração do ciclo de cultivo e a produtividade medida em condições de campo para os tipos botânicos 'Virgínia' e 'Valência', utilizando-se o mesmo conjunto de dados empregados nas correções da produtividade potencial. Esses dados permitem inferir que para ciclos de até 150 dias houve elevação progressiva da produtividade potencial, o que poderia ratificar as simulações apresentadas na Figura 5. Entretanto, é sabido que os cultivos de segunda safra para o Estado de São Paulo, realizados entre janeiro e março, apresentam menores produtividades do que aqueles semeados na safra das águas, o que contraria os resultados das simulações feitas pelo MZA para Gália e Campinas, no período de fevereiro a março, especialmente para o tipo botânico 'Valência'.

Segundo Wessling (1966), em Presidente Prudente, SP, a temperatura do ar exerce papel importante na definição do potencial produtivo do amendoim. No período entre agosto e dezembro, os três outros locais apresentam condições de

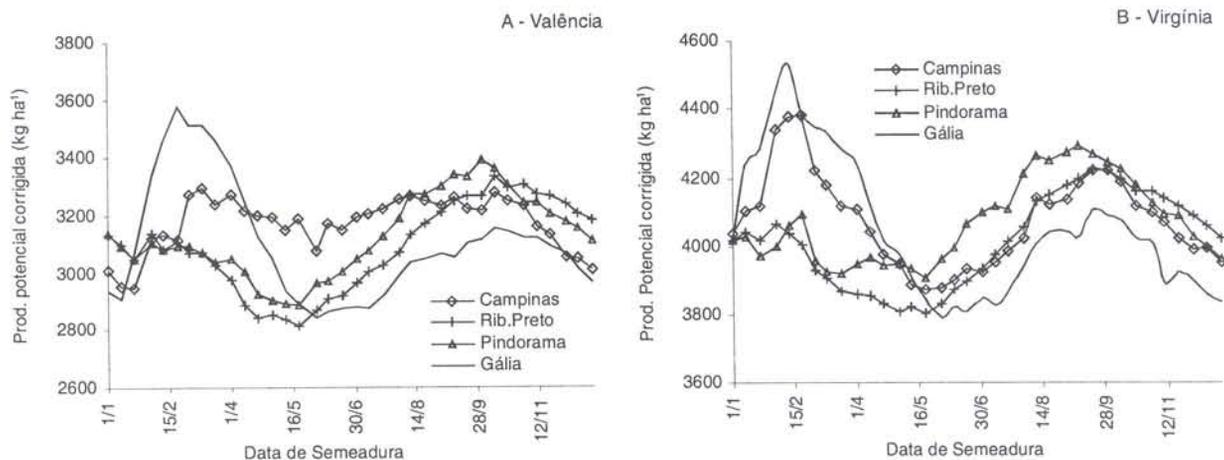


Figura 6. Variação decenal da produtividade potencial corrigida com base em dados de campo para dois tipos botânicos de amendoim, 'Valência' e 'Virgínia', em quatro locais do Estado de São Paulo.

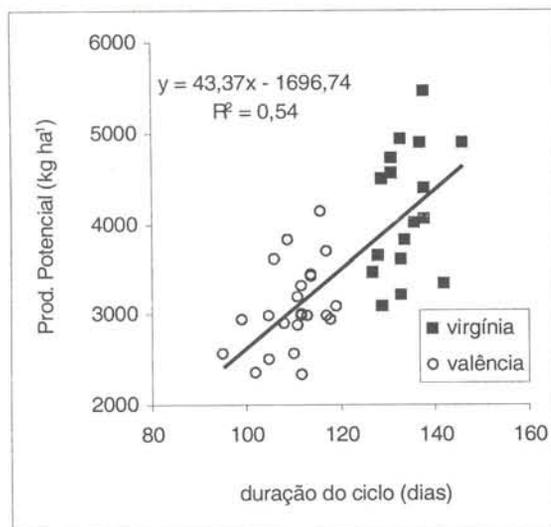


Figura 7. Correlação entre a produtividade potencial obtida em condições de campo em duas regiões do Estado de São Paulo e a duração do ciclo de dois tipos botânico de amendoim, 'Valência' e 'Virgínia'.

temperatura do ar e irradiância mais favoráveis ao desenvolvimento da cultura, tornando o potencial de produção cerca de 5% maior que o observado em Gália, tanto para 'Valência' como para 'Virgínia'. O autor também destaca, quanto à produtividade, que o tipo botânico 'Valência' mostrou-se mais sensível à variação da temperatura do ar.

O aumento da produção potencial nos períodos mais frios do ano é explicado pela baixa

sensibilidade do MZA às variações ambientais, de forma que o prolongamento do ciclo da cultura compensa a redução nas taxas de acúmulo de biomassa. Como característica do modelo, essa condição reflete parcialmente a realidade observada no campo e explica a grande produção de amendoim em municípios próximos a Gália, como Tupã, Pompéia e Borá (IBGE, 2004).

Pode-se inferir, baseando-se na tendência de aumento da produtividade com o prolongamento do ciclo, que o tipo 'Virgínia' é mais indicado para cultivo em regiões com características climáticas próximas do tipo Aw, mais quentes e onde a redução do período de cultivo devido a temperaturas mais altas seria compensada pela maior necessidade de graus-dia para a conclusão do ciclo. O raciocínio inverso pode ser empregado para se inferir que nas regiões mais frias o tipo 'Valência' seria o mais indicado.

A Figura 8 apresenta a variação decenal da produtividade real para os quatro locais estudados. Em Gália e Campinas, nota-se a mesma tendência de elevação da produtividade para semeaduras realizadas, comparando-se com a Figura 6. Como discutido anteriormente, esses resultados parecem refletir uma tendência do MZA, que a despeito da correção para temperatura do ar, forneceu estimativas elevadas de produtividade para as semeaduras de fevereiro e março. Nos demais locais, entretanto, as estimativas de produtividade real

Tabela 3. Freqüência de ocorrência de perdas de produtividade (%), para diferentes épocas de semeadura, para os tipos botânicos de amendoim 'Valência' e 'Virgínia', em quatro locais no Estado de São Paulo.

Mês	Valência			Virgínia		
	< 10%	10 a 20%	> 20%	< 10%	10 a 20%	> 20%
	Campinas					
Jan	94,7	5,3	0,0	98,2	1,8	0,0
Fev	94,7	5,3	0,0	93,0	7,0	0,0
Mar	84,2	15,8	0,0	70,2	29,8	0,0
Abr	40,4	59,6	0,0	40,4	59,6	0,0
Mai	36,8	59,6	3,5	45,6	50,9	3,5
Jun	63,2	31,6	5,3	63,2	33,3	3,5
Jul	73,7	21,1	5,3	75,4	24,6	0,0
Ago	86,0	14,0	0,0	87,7	12,3	0,0
Set	96,5	3,5	0,0	98,2	1,8	0,0
Out	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Nov	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Dez	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
	Ribeirão Preto					
Jan	97,8	2,2	0,0	94,4	5,6	0,0
Fev	78,9	21,1	0,0	74,4	23,3	2,2
Mar	57,8	35,6	6,7	46,7	40,0	13,3
Abr	28,9	57,8	13,3	23,3	61,1	15,5
Mai	17,8	58,9	23,3	20,0	52,2	27,8
Jun	36,7	42,2	21,1	41,1	44,4	14,4
Jul	53,3	37,8	8,9	55,6	38,9	5,6
Ago	87,8	8,9	3,3	90,0	8,9	1,1
Set	97,8	2,2	0,0	97,8	2,2	0,0
Out	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Nov	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Dez	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
	Gália					
Jan	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Fev	100,0	0,0	0,0	98,2	1,8	0,0
Mar	87,7	12,3	0,0	82,5	17,5	0,0
Abr	54,4	45,3	0,0	49,1	49,1	1,8
Mai	52,6	45,6	1,8	56,1	42,1	1,8
Jun	73,7	26,3	0,0	73,7	26,3	0,0
Jul	84,2	15,8	0,0	84,2	15,8	0,0
Ago	93,0	7,0	0,0	94,7	5,3	0,0
Set	98,2	1,8	0,0	100,0	0,0	0,0
Out	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Nov	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Dez	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
	Pindorama					
Jan	100,0	0,0	0,0	98,2	1,8	0,0
Fev	89,5	8,8	1,8	86,0	12,3	1,8
Mar	68,4	26,3	5,3	50,9	40,4	8,8
Abr	24,6	59,6	15,8	21,1	59,6	19,3
Mai	19,3	63,2	17,5	22,8	56,1	21,1
Jun	52,6	24,6	22,8	52,6	29,8	17,5
Jul	54,4	31,6	14,0	52,6	35,1	12,3
Ago	54,4	40,4	5,3	63,2	35,1	1,8
Set	82,5	17,5	0,0	84,2	15,8	0,0
Out	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Nov	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Dez	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0

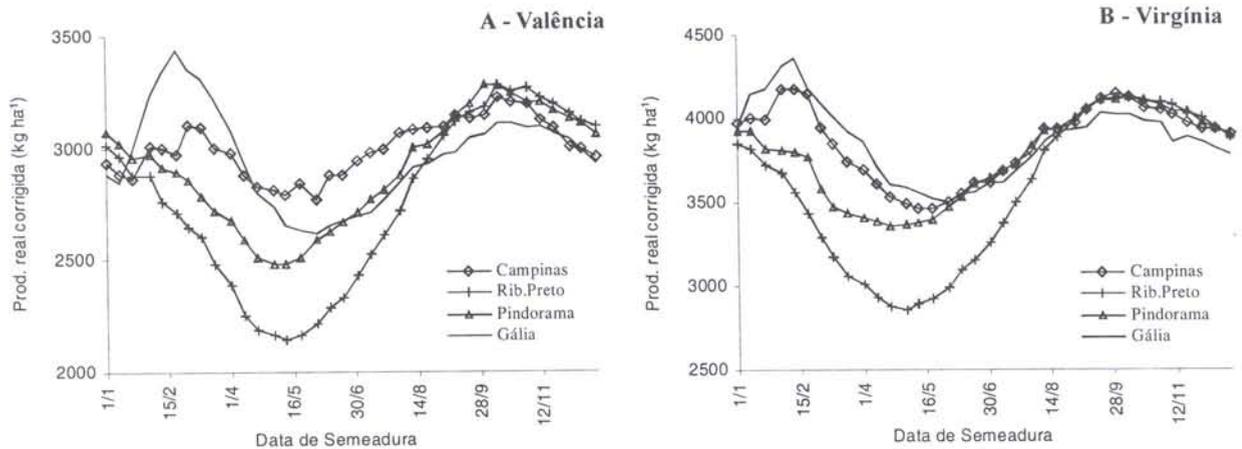


Figura 8. Variação decenal da produtividade real corrigida com base em dados de campo, tomando-se os dados de Gália como referência, para dois tipos botânicos de amendoim, 'Valência' e 'Virgínia', em quatro locais do Estado de São Paulo.

apresentam resultados semelhantes com o que se verifica em condições de campo, ou seja, produtividades elevadas para semeaduras realizadas entre outubro e dezembro e tendência de queda a partir de janeiro. Assim, têm-se nos dados apresentados na Figura 8, especialmente para Pindorama e Ribeirão Preto, indicativos dos níveis de produtividade por data de semeadura. Observa-se que o período de maior produtividade pode ser alcançado para semeaduras realizadas entre agosto e março, para ambas as cultivares, em todas as quatro regiões.

Conclusões

O MZA forneceu estimativas de produtividade coerentes com dados de campo e permitiu determinar as melhores épocas de semeadura com base na temperatura e na disponibilidade de água no solo. Para tanto, foi necessário incluir um fator de ajuste em função da temperatura do ar, corrigindo distorções decorrentes do uso do conceito de graus-dias para determinação da duração do ciclo da cultura; a concepção original do MZA não considera a influência da temperatura na duração do ciclo. Para os locais analisados, as perdas foram menores quando as semeaduras foram realizadas entre outubro e dezembro. Para a semeadura do amendoim das secas, entre fevereiro e março, ocorreram perdas acima de 10% em mais de 25% dos anos.

Referências bibliográficas

- BANTERNG, P.; PATANOTHAI, A.; PANNANGPRTCH, K.; JOGLOY, S.; HOOGENBOOM, G. Seasonal variation in the dynamic growth and development traits of peanut lines. *Journal of Agricultural Science*, v. 141, p.51-62, 2003.
- BARBIERI, V.; TERUEL, D.A.; SILVA, J.G. Balanço hídrico de Thornthwaite & Mather modificado para estimativa de deficiência nas culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10. Piracicaba, 1997. *Anais*. Piracicaba: SBA/ESALQ, 1997. p.587-589.
- BENNACHIO, S.; MAZZANI, B.; CANACHE, S. Estudio de algunas relaciones fenológico-ambientales en el cultivo del mani (*Arachis hypogea* L.) sembrado en diferentes épocas en Venezuela. *Agronomia Tropical*, v.28, n.5, p.483-507.
- BOLHVIS, G.G.; Groot, W.D. Observations on the effect of varying temperatures on the flowering and fruit set in three varieties of groundnut. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, v.7, n.4, p.317-326, 1959.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; MISHOE, J.W.; WILKERSON, G.G. Modeling growth and yield of groundnut. In: ICRISAT (International Crops

- Research Institute for Semi-Arid Tropics). 1986. Agrometeorology of Groundnut. **Proceedings of an International Symposium**, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger. p.243-258. 1986.
- COX, F.R. Effect of temperature treatment on peanut vegetative and fruit growth. **Peanut Science**. v.6, p.14-17, 1979.
- CUMMIS, D.G. Groundnut: the unpredictable legume? production constraints and research needs. In: ICRISAT (International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics). 1986. Agrometeorology of Groundnut. **Proceedings of an International Symposium**, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger. P.17-22. 1986.
- DE WIT, C.T. **Photosynthesis of leaf canopies**. Wageningen, Pudoc, 1965. 57p. (Agricultural Research Report 663).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yields response to water**. Rome: FAO, 1979. 306p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 33).
- GODOY, I.J. et al. Cultivares IAC de amendoim. **O Agrônômico**, Campinas, 55(1), 2003.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática -SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 dez. 2005.
- KANEMASU, E.T. Agrometeorological research in developing strategies for improved food production. In: ICRISAT (International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics). 1986. Agrometeorology of Groundnut. Proceedings of an International Symposium, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger. p.23-30. 1986.
- KASAI, F.I.; PAULO, E.M.; GODOY, I.J.; NAGAI, V. Influência da época de semeadura no crescimento, produtividade e outros fatores de produção em cultivares de amendoim na região da alta paulista. **Bragantia**, v.55, n.1, p.95-107, 1999.
- KETRING, D.L.; WHELESS, T.G. Thermal time requirements for phenological development of Peanut. **Agronomy Journal**, v.81, p.910-917, 1989.
- ONG, C.K. Agroclimatological factors affecting phenology of groundnut. In: ICRISAT (International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics). 1986. Agrometeorology of Groundnut. Proceedings of an International Symposium, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger. p.115-125. 1986.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas** Guaíba: Agropecuária, 2002, 478p.
- POMPEU, A.S.; GERIN, M.A.N.; ARRUDA, F.B.; TOLETTA, N.B. Produtividade do *amendoim* (*Arachis hypogaea*) no cultivo de inverno no Estado de São Paulo. **Ciência e Cultura**, v.38, n.6, p.1080-1092, 1986.
- SANTOS, R.C.; MELO FILHO, P.A.; BRITO, S.F.M.; MORAES, J.S. Fenologia de genótipos de amendoim dos tipos botânicos 'Valência' e 'Virgínia'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.6, p.607-612, 1997.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **The Geographical Review**, v.38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, R.J. **The water balance**. New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955.
- WESSLING, W.H. Reaction of peanuts to dry and wet growing periods in Brazil. **Agronomy Journal**, v. 58, p.23-26, 1966.
- YOUNG, J.H.; COX, F.R.; MARTIN, C.K. A peanut growth and development model. **Peanut Science**, v.6, p.27-36. 1979.