**DETERMINAÇÃO DE UNIDADES TÉRMICAS E AVALIAÇÃO DOS
EFEITOS DE NÍVEIS TÉRMICOS ELEVADOS SOBRE O
CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DE CULTURA DE BATATA
(*Solanum tuberosum* L.**

IRENE TREBEJO VARILLAS
Meteorologista

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS OMETTO

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Agrometeorologia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil
Maio - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Trebejo Varillas, Irene

T784d Determinação de unidades térmicas e avaliação dos
efeitos de níveis térmicos elevados sobre o crescimen-
to e a produção de cultura de batata (Solanum tubero -
sum L.). Piracicaba, 1991.
62p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Batata - Crescimento - Efeito da temperatura 2.
Batata - Efeito da temperatura - Avaliação 3. Batata -
Produção - Efeito da temperatura 4. Climatologia agrí-
cola I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba.

CDD 633.491

DETERMINAÇÃO DE UNIDADES TÉRMICAS E AVALIAÇÃO DOS
EFEITOS DE NÍVEIS TÉRMICOS ELEVADOS SOBRE O
CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DE CULTURA DE BATATA
(*Solanum tuberosum* L.)

IRENE TREBEJO VARILLAS

Aprovado em : 28/06/1991

Comissão Julgadora :

Dr. José Carlos Ometto

ESALQ/USP

Dr. Jairo Teixeira Mendes Abrahão

ESALQ/USP

Dr. Mário José Pedro Júnior

IAC

Dr. José Carlos Ometto
Orientador

Aos meus pais Abdón e Meletina,
pelos esforços dedicados à
minha educação, e aos meus
irmãos:

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Carlos Ometto, pela orientação, amizade e colaboração durante o transcorrer do curso.

Ao Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci, pela amizade, sugestões e colaboração durante o trabalho.

À Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agronômico de Campinas, na pessoa do Pesquisador Newton Prado, pela doação de sementes e cessão de dados fenológicos da cultura utilizados no presente trabalho.

À Seção de Climatologia do Instituto Agronômico de Campinas, pelo fornecimento dos dados meteorológicos utilizados.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP e ao Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia (SENAMHI), do Perú, pela oportunidade concedida.

À Organização Meteorológica Mundial (OMM), pela bolsa de estudos concedida.

Aos colegas e amigos do curso de Pós-Graduação em Agrometeorologia, em especial a Zildene P. de Oliveira, Artur Gustavo Müller e Mauro Januário, pelo agradável convívio e amizade.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agrometeorologia e aos funcionários do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, pela colaboração e amizade oferecida.

A todos meus amigos, pela satisfação de tê-los conhecido e desfrutado de sua amizade.

A todos que de uma forma ou de outra colaboraram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Origem e produção	3
2.2. O crescimento vegetativo	4
2.3. Exigências de solo e adubação	4
2.4. Algumas exigências agroclimáticas da cultura ...	5
2.4.1. Temperatura	6
2.4.2. Radiação solar	8
2.4.3. Água	9
2.5. Modelos de análise de crescimento em batata	9
2.6. Efeitos de manipulação microclimática para a cultura nos trópicos	12
2.7. Unidades térmicas e temperatura-base	14
3. MATERIAL E MÉTODO	18
3.1. Material	18
3.1.1. Locais	18
3.1.2. Material vegetal	18
3.1.3. Período de estudo	19
3.1.4. Condições meteorológicas	20

3.1.5. Parcela experimental	21
3.1.5.1. Dimensão	21
3.1.5.2. Solo e adubação	21
3.1.5.3. Irrigação	21
3.1.5.4. Práticas culturais	22
3.1.5.5. Delineamento experimental	22
3.2. Método	22
3.2.1. Unidades Térmicas	22
3.2.1.1. Determinação da temperatura-base	22
3.2.1.2. Graus-dia	24
3.2.2. Avaliação das respostas fisiológicas da cultura	26
3.2.2.1. Medidas de crescimento	26
3.2.2.2. Eficiência de uso de radiação solar	27
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	29
4.1. Temperatura-base	29
4.2. Graus-dia	34
4.3. Avaliação das respostas fisiológicas da cultura sob atuação de níveis térmicos elevados	38
4.3.1. Respostas no crescimento, desenvolvimento e rendimento	38
4.3.2. Eficiência de uso de radiação solar nos cultivares	45
5. CONCLUSÃO	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

DETERMINAÇÃO DE UNIDADES TÉRMICAS E AVALIAÇÃO DOS
EFEITOS DE NÍVEIS TÉRMICOS ELEVADOS SOBRE O
CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DE CULTURA DE BATATA
(*Solanum tuberosum* L.)

Autor: Irene Trebejo Varillas
Orientador: Dr. José Carlos Ometto

RESUMO

O trabalho foi realizado com dois cultivares de batata (Itararé e Apuã), em experimentos conduzidos pela Seção de Raízes e Tubérculos do IAC em Itararé (24°07'S, 49°20'W, 1150 m) e na ESALQ/USP em Piracicaba (22°42'S, 47°38'W, 580 m).

A temperatura-base determinada para a fase plantio-maturação nos dois cultivares foi de 8 °C.

Analisada a relação entre a temperatura média do ar e a taxa de desenvolvimento da cultura, encontrou-se uma relação linear para os plantios em Itararé, enquanto que os elevados níveis térmicos registrados em Piracicaba desviaram a linearidade dessa relação.

Em Itararé a fase plantio-maturação é completada ao atingir em média 1270 graus-dia. Na localidade de Piracicaba, considerando as correções por temperaturas ótimas na faixa de 21 a 23°C a fim de manter a linearidade do sistema no cálculo de graus-dia, obteve-se em média 1340 graus-dia. Ao não serem consideradas estas correções, as médias foram de 1642 graus-dia.

Ao avaliarem-se as respostas fisiológicas dos cultivares de batata quando submetidos a níveis térmicos elevados em Piracicaba, não foram encontradas diferenças significativas entre cultivares na acumulação de matéria seca total, nem em sua distribuição aos tubérculos. A tendência do cultivar Apuã foi de alocar maior parte de seus assimilados para o crescimento de tubérculos, mais intensamente na fase final, às expensas de uma significativa e rápida senescência da parte foliar. A diferença em rendimento entre os dois cultivares também não foi significativa, encontrando-se em média um rendimento de 1638 g/m², com 14,6% de conteúdo de matéria seca. A produção de matéria seca nos tubérculos por unidade de radiação solar interceptada (g/MJ) foi significativamente menor para o cultivar Itararé que para Apuã (0,28 e 0,36 g/MJ respectivamente). A diferença em eficiência de conversão para matéria seca total não foi significativa entre cultivares, alcançando em média 0,72 g/MJ para os cultivares.

**THERMAL UNITS AND EVALUATION OF HIGH THERMAL LEVELS
EFFECTS ON GROWTH AND PRODUCTIVITY OF POTATO CROP
(*Solanum tuberosum* L.)**

Author : Irene Trebejo Varillas
Adviser : Dr. José Carlos Ometto

SUMMARY

The research was based on phenologic data of two potato cultivars (Itararé e Apuã) collected from experiments conducted at Instituto Agronômico de Campinas, county of Itararé (24°07'S, 49°20'W, 1150m), and experiments carried out at the experimental station of ESALQ/USP, county of Piracicaba (22°42'S, 47°38'W, 580m).

The potato threshold temperature for the planting-maturation period was determined, resulting 8 °C.

The analysis of the ratio between average air temperature and development rate indicated a linear relationship for the Itararé crop. High thermal levels at Piracicaba decreased the linearity of this ratio.

For Itararé it was found that crops need, on the average, 1270 degree-days for the phase planting-maturation. For Piracicaba, considering corrections for optimum temperatures (range of 21 to 23 °C) in order to mantain linearity in the degree-day calculation system, it was found that crops need 1340 degree-days. Without correction for optimum temperature, the value increased to 1642 degree-day.

Evaluating physiological responses of cultivars submitted to the high thermal levels at Piracicaba, no significant differences were observed for dry matter accumulation and tuber distribution. The tendency of the Apuã variety was to allocate most of its assimilates to tuber growth, more intensively at the final stage, at the expense of a significant and quick senescence of the foliar parts. The yield difference between the two cultivars was also not significant, resulting an average of 1638 g/m², with 14.6 % of dry matter. The dry matter accumulation per unit intercepted solar radiation (g/MJ) was significantly lower for the Itararé variety than Apuã (0.28 and 0.36 g/MJ, respectively). On the other hand, there was no significant difference among varieties for the conversion efficiency of total dry matter, which was 0.72 g/MJ.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a batata (Solanum tuberosum L.) é considerada como um dos produtos alimentícios de maior importância no mundo, juntamente com o arroz, trigo e milho. Possui amplas possibilidades de consumo, sendo utilizada como alimento e matéria prima. É originária das partes altas da região andina do Peru e Bolívia, onde seu cultivo foi iniciado, porém o maior rendimento agrícola atualmente, é obtido na Europa.

Geralmente considera-se a batata como uma cultura de clima frio, contudo na última década, seu cultivo está sendo introduzido em regiões tropicais de baixa altitude. No Brasil, os trabalhos existentes com batata nesta área são praticamente inexistentes. O conhecimento das alterações que a planta sofre quando ali cultivada, torna-se bastante importante, desde que permitirá ajudar na melhoria das práticas agronômicas e na eleição de estratégias para a cultura se desenvolver mais eficientemente, constituindo-se assim como mais uma fonte de alimento alternativo em nossas regiões, dado o seu alto valor alimentício.

Por outro lado, os estudos bioclimáticos tem sido conduzidos amplamente pela associação do desenvolvimento da cultura com a temperatura do ar. Este parâmetro, segundo

vários autores, é um dos mais importantes elementos do clima para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Para cada fase de desenvolvimento e para cada tipo de planta há uma faixa térmica dentro da qual o processo atinge sua maior intensidade.

O conhecimento de determinado nível térmico abaixo do qual o crescimento do vegetal é efetivamente afetado (temperatura-base), tem sido bastante utilizado para a estimativa da duração dos estádios fenológicos de desenvolvimento, como também o planejamento das épocas de semeadura e colheita, e para o zoneamento agroclimático.

Pelo que, o presente trabalho foi realizado com os seguintes objetivos específicos:

- a) determinação da temperatura-base e quantificação dos graus-dia necessários para completar a fase plantio-maturação;
- b) avaliação das respostas fisiológicas da cultura sob atuação de níveis térmicos elevados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e Produção

A cultura da batata (Solanum tuberosum L.) é originária dos Andes, da zona tropical de altitude elevada entre Perú e Bolívia. Foi introduzida no continente Europeu pelos espanhóis e daí disseminada por todo o Leste Europeu.

Embora esta cultura seja originária da zona Andina da América do Sul, a área de maior produção encontra-se fora de seu centro de origem, como acontece com outros cultivos, tais como milho, soja e cevada, que tem em seus centros de origem, menores áreas de desenvolvimento e produção (KAWANO & JENNINGS, 1983). O uso de cultivares inapropriados, desconhecimento de práticas agronômicas e de manipulação microclimática, além de ocorrência de fatores meteorológicos adversos, assim como falta de tecnologia, promovem a baixa produção (CHRISTIANSEN, 1977).

Segundo a FAO (1989), a produção mundial em 1989 atingiu 276.740 mil toneladas, provenientes de 18.070 mil hectares. Entre os países de maior produção estão a URSS (72.000 mil t), Polónia (34.390 mil t), e China (30.045 mil t). A produção da América Latina equivale a 11.453 mil t, dos quais o Brasil alcança 2.104 mil t, isto é, 18 %.

2.2. O crescimento vegetativo.

A batata é uma planta C_3 , cujos cultivares, de acordo com o tempo requerido para o amadurecimento, podem ser agrupados em: precoces (90 a 120 dias), médios (120 a 150) e tardios (150 a 180) (DODRENBOS & KASSAM, 1979).

Dentro de cada cultivo, quatro fases principais podem ser destacadas:

- (a) período de estabelecimento (15 a 25 dias), quando a planta depende dos substratos da planta mãe;
- (b) fase vegetativa (20 a 40 dias), período de estolonização e início de tuberização, quando o índice de área foliar se situa entre 1 a 2 e com crescimento das raízes e caule;
- (c) período de maior crescimento dos tubérculos (45 a 60 dias), alcançando o IAF o valor máximo (3,5 a 6);
- (d) período de amadurecimento (20 a 35 dias), caracterizado pela senescência da parte aérea, e quando os tubérculos alcançam o máximo desenvolvimento, principalmente devido à translocação dos carboidratos (DODRENBOS & KASSAM, 1979; KLEINKOPF, 1983).

2.3. Exigências de solo e adubação

Em relação as exigências do solo e adubação, CARVALHO (1986), assinala que a batatinha precisa de um solo bem arejado, não com estrutura argilosa nem tampouco arenosa. São aconselháveis os solos ricos em matéria orgânica. Embora possa ser cultivada até em solos alcalinos, são preferidos os solos de pH entre 5,5 e 6,0.

A cultura absorve grandes quantidades de nitrogênio e potássio, necessitando de menor quantidade de magnésio, enxofre, fósforo e cálcio. Para os quatro primeiros elementos o máximo de absorção ocorre entre os 40 e os 50 dias após a emergência. Já o fósforo e o cálcio são absorvidos durante todo o ciclo vegetativo, atingindo o máximo aos 80 dias.

O fósforo estimula a formação de tubérculos e apressa a maturação, produzindo maior percentagem de tubérculos graúdos. O nitrogênio favorece o desenvolvimento geral e a formação de clorofila, indispensável à vida vegetal. O potássio, é o nutriente mais consumido pela planta, sendo o elemento essencial à formação da fécula, e dessa maneira melhorando as qualidades culinárias e de conservação dos tubérculos. Oferece, ainda, maior resistência às plantas contra o ataque de algumas moléstias.

2.4. Algumas exigências agroclimáticas da cultura.

O ambiente é uma das variáveis que mais afeta a produção dos cultivos. O conhecimento de como esta variável influe no desenvolvimento, crescimento e rendimento das plantas é de grande importância. A esse respeito, HAVERKORT (1988) e PASHIARDIS (1988) consideram que a produção otimizada de uma cultura requer o uso eficiente dos principais parâmetros climáticos, ou seja: temperatura, radiação solar, e, principalmente, da água, os quais influem nas taxas de processos fisiológicos, nos ritmos de expansão foliar e nas

taxas de fotossíntese (MOORBY & MILTHORPE, 1975).

2.4.1. Temperatura

Existe uma relação estreita entre a emergência da planta de batata e a temperatura média do solo à profundidade do tubérculo, sendo ótima de 22 a 25 °C e com menor faixa de tolerância para os tubérculos sem brotos que para os tubérculos com brotos. Temperaturas superiores mostraram retardar a emergência (MIDMORE, 1984).

Uma vez que a cultura se estabelece, já com os brotos emergidos, a temperatura do ar e do solo afetam as taxas de crescimento e a taxa de cobertura da superfície foliar que cobre o solo (MIDMORE & RHOADES, 1988).

A emergência dos primórdios foliares é dependente da temperatura (KIRK et alii, 1985). O desenvolvimento da superfície foliar depende principalmente da expansão das folhas presentes e da produção de ramos axilares (MOORBY & MILTHORPE, 1975), sendo as temperaturas mínimas e ótimas para o desenvolvimento foliar ao redor de 7 e 21 °C respectivamente. INGRAM & McCLOUD (1984), indicam serem ótimas as temperaturas na faixa de 20 a 24 °C. No entanto o índice ótimo para o alongamento do caule e produção de brotos é em torno de 25 °C (BODLAENDER, 1963).

As altas temperaturas do ar e do solo, características das zonas tropicais de baixas altitudes, mostram ser condições limitantes do cultivo da batata. Estimulam o crescimento do caule, mas não favorecem a expansão

das folhas (BODLAENDER, 1963). Além do mais, reduzem tanto a longevidade das folhas como a duração da folhagem depois do início da tuberização. Dessa maneira acelera a senescência e leva a uma menor interceptação da energia solar e crescimento dos tubérculos (NELSON & MIDMORE, 1986). É também reduzida a interceptação da energia solar por unidade de área foliar (INTERNATIONAL POTATO CENTER, 1985). A diminuição do rendimento dos tubérculos pode ser através da redução na quantidade líquida de material fotossintetizado disponível para o desenvolvimento da planta e através da redução na sua distribuição aos tubérculos (EWING, 1981).

A temperatura ótima para a formação de tubérculos é de 15 a 18 °C (CHRISTIANSEN, 1967; DOOREMBOS & KASSAM, 1979), dado que a disponibilidade líquida de produtos fotossintéticos aproveitáveis para sua acumulação nos tubérculos diminui progressivamente com o aumento de temperatura acima de 20 °C e é praticamente nula acima de 34°C (BURTON, 1966).

Não só a temperatura média do ar é importante, assim como a amplitude das temperaturas extremas (ZAAG van der, 1973; EZETA, 1986). A região com temperatura máxima entre 20 a 30 °C e mínima entre 8 e 15 °C é mais favorável para o cultivo, que regiões com pouca amplitude térmica.

A baixa temperatura não é o único elemento ambiental que favorece a translocação dos carboidratos aos

tubérculos. É também reconhecido que o fotoperíodo curto é muito importante (EWING, 1981).

2.4.2. Radiação Solar

SALE (1974), encontrou uma assimilação líquida de CO_2 máxima de $35 - 40 \text{ mg.dm}^{-2}.\text{h}^{-1}$ correspondente a uma taxa de energia de $400 - 450 \text{ w.m}^{-2}$, acima do qual ocorre a saturação pela luz. Embora nos trópicos a radiação recebida particularmente durante dias claros seja frequentemente acima de 450 w.m^{-2} por 4 a 5 horas diariamente, esta radiação excessiva para as exigências fotossintéticas representa para a planta de batata uma fonte inútil, visto que pode resultar num aquecimento das folhas, caso não seja dissipada por incremento da transpiração (MIDMORE & RHOADES, 1988). Por outro lado se a cultura não intercepta eficientemente a radiação solar, o solo será aquecido, e a refletividade da energia radiante pelo solo em forma de ondas curtas e emissão em forma de ondas longas pode induzir estresse adicional para a planta.

A radiação solar em excesso para as necessidades da cultura pode ser utilizada com êxito associando a batata com outras culturas que formam sombra, o que nos trópicos já está sendo pesquisado. Contudo, a sombra atua na redução da radiação disponível para a fotossíntese e no aquecimento do solo. Um delicado balanço deveria ser encontrado entre ganhos fotossintéticos e perdas respiratórias o qual favorece a acumulação de matéria seca nos tubérculos

(MIDMORE & RHOADES, 1988).

2.4.3. Água.

As necessidades hídricas da cultura de batata variam entre 400 - 700 mm por estação de crescimento (DOORENBOS & KASSAM, 1979; ZAAG vander & DEMAGANTE, 1985 e ROSS, 1986). Oscilando em função da localidade, da variação espacial e temporal dos parâmetros climáticos, e das características de retenção da água pelo solo.

A adequação das necessidades hídricas de cada cultura em suas diferentes fases de desenvolvimento, é realizada através dos coeficientes culturais (K_c), os quais são determinados experimentalmente e permitem planejar o manejo de água.

Em cultura de batata, segundo DOORENBOS & KASSAM (1979), o K_c é de 0,4 a 0,5 na etapa inicial (20 - 30 dias), de 0,7 a 0,8 na fase de desenvolvimento (30 a 40 dias), de 1,05 a 1,20 na fase de média estação (30 a 60 dias), e de 0,85 a 0,95 no final de estação (20 a 35 dias), e de 0,7 a 0,75 na etapa de maturação.

2.5. Modelos de análise de crescimento em batata.

Modelos matemáticos proporcionam as bases para identificar os efeitos dos parâmetros climáticos sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura. Existem modelos estáticos e dinâmicos, que podem ser usados para analisar crescimento e rendimento da cultura. Estes modelos ajudam a melhorar o entendimento da fisiologia e sua interação com o

ambiente. Ajudam também a avaliar as características genotípicas dos cultivares e as estratégias de manejo, as quais possam posteriormente levar a conseguir altos rendimentos.

Um dos modelos estáticos mais utilizado é o proposto por Monteith ¹, citado por SCOTT & WILCOCKSON, (1978) o qual considera que o rendimento potencial para uma cultura livre de secas e doenças, pode ser analisada em função da quantidade da radiação solar interceptada pela folhagem, de sua eficiência de conversão desta energia interceptada para matéria seca, e da partição da matéria seca dentro da porção útil da planta. Para a batata, numerosos estudos tem mostrado que existe uma relação linear entre a radiação interceptada e a quantidade de matéria seca produzida (ALLEN & SCOTT, 1980; KHURANA & McLAREN, 1982; MACKERRON & WAISTER, 1983; MIDMORE, 1984a e BURSTHALL & HARRIS, 1986).

Para regiões temperadas, KHURANA & McLAREN (1982) reportam uma eficiência de uso de radiação (EUR) de 1,7 e de 1,2 g/MJ para matéria seca total e de tubérculos, respectivamente; MACKERRON & WAISTER (1983), utilizam índices de conversão para matéria seca total de 1,4 a 1,8 g/MJ para modelos de crescimento e rendimento. Em regiões tropicais, HAVERKORT & HARRIS (1987) em Ruanda, a três altitudes (1350,

¹MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical transactions of the royal Society of London, 281: 277-94, 1977.

1850 e 2350 m) reportam índices de conversão de 0,8 a 1,2 g/MJ para produção de matéria seca total e de 0,6 a 1,0 g/MJ para produção de matéria seca de tubérculos; no Peru, MIDMORE (1984a) em três regiões quentes tropicais encontrou valores de EUR de 0,98 a 1,71 g/MJ para matéria seca total, enquanto que para tubérculos os valores encontrados foram de 0,57 a 1,0 g/MJ; TREBEJO & MIDMORE, (1990) para uma região árida tropical na estação do verão, reportam em média EUR de 1,23 e 0,38 g/MJ para matéria seca total e tubérculos, respectivamente.

Este índice de conversão em regiões baixas tropicais é até 40 % menor quando comparado aos dados obtidos para regiões temperadas, como consequência das altas perdas respiratórias provocadas pelas temperaturas elevadas, e aos maiores déficits de umidade do solo provocados pela maior capacidade evaporativa. Nessa situação cada unidade de radiação interceptada representa uma maior recepção de energia solar, a qual converte com menor eficiência a matéria seca (INTERNATIONAL POTATO CENTER, 1985).

Segundo BODLAENDER (1963), a baixa EUR para produção de tubérculos num ambiente de alta radiação parece estar associada com o atraso no início do engrossamento de tubérculos e incremento do crescimento de caules causado pelas altas temperaturas.

Por outro lado, segundo as referências, pode-se indicar que tanto a interceptação de energia, como a eficiência de uso de radiação, mostram uma variabilidade em relação às

altas temperaturas, e disponibilidade de energia e água. Ainda que este modelo seja aplicado com bastante sucesso em climas temperados, para ser usado com mais segurança em zonas tropicais, é preciso um número maior de experimentos.

2.6. Efeitos de manipulação microclimática para a cultura nos trópicos.

A cultura da batata não é normalmente adaptada a altas temperaturas do ar e do solo, sendo que nos trópicos, é, geralmente, cultivada nas regiões de altitude elevada na época chuvosa. Nesta última década está-se experimentando o cultivo nas regiões tropicais de baixa altitude. Para isso, utilizam-se de cultivares adaptados geneticamente à tolerância ao calor, e trabalha-se com controle da irrigação e de manipulação microclimática.

A partir do uso da cultura da batata com cobertura inerte no solo em ambientes tropicais, MIDMORE et alii (1986), verificaram que esse critério permite a conservação da umidade do solo, além de reduzir a temperatura do mesmo durante o dia. No entanto o calor é retido à noite e a grandeza de retenção depende das características do solo e das condições climáticas. Durante o dia o efeito benéfico é maior para os solos de baixa refletividade e ambientes de alta radiação e baixo conteúdo de umidade (MIDMORE et alii, 1986; MANRIQUE & MEYER, 1984).

O resfriamento do solo, utilizando-se de cobertura inerte, torna-se mais eficiente durante a fase de

estabelecimento da cultura, antes desta conseguir seu máximo desenvolvimento vegetativo. Quando a cultura cobre completamente o solo, o efeito do mulch é reduzido e ao final da estação, na senescência, quando a superfície do solo fica exposta, a compactação e perda de refletividade reduzem a eficiência. A combinação de cobertura inerte no início da estação, com sombreamento ao final com cultivos associados, pode ser mais benéfica (MIDMORE et alii, 1986).

Em outros experimentos para avaliar o efeito das coberturas sobre o desenvolvimento e rendimento da cultura em ambientes contrastantes, MIDMORE et alii (1986a), verificaram que as coberturas favoreceram a emergência, o desenvolvimento da folhagem, maior cobertura da cultura e interceptação da energia. Foi conseguido também um rápido início de tuberização e maiores taxas de crescimento de tubérculos, embora a melhora no rendimento tenha sido menos evidente para os lugares mais quentes (temperaturas do solo maiores de 25 °C durante a noite) e de alta refletividade do solo.

Por outro lado, o uso de sombra é uma prática tradicional de manipulação microclimática. SALE (1974), aplicou essa técnica para cultura da batata em clima temperado; em clima tropical, MIDMORE et alii (1988) constataram que o sombreamento através da redução da temperatura do solo e a manutenção do conteúdo de umidade, acelerou a emergência, e alcançou uma cobertura completa do

terreno com correspondentes incrementos no rendimento.

2.7. Unidades térmicas e temperatura-base.

Os primeiros estudos da interação clima-planta, iniciaram-se com Reamur em 1735, segundo WANG(1960). Reamur encontrou uma constante térmica em sua localidade e assumiu que esta expressava a quantidade de energia necessária para que uma determinada planta atingisse um certo grau de maturidade. Esse trabalho deu origem ao conhecido sistema de unidades térmicas ou graus-dia.

O conceito de graus-dia pressupõe a existência de uma temperatura-base abaixo da qual a planta não se desenvolve, e se o fizer, é a uma taxa muito reduzida. Baseia-se no fato de que uma planta necessita uma certa quantidade de energia, representada pela soma de centígrados acima do valor de temperatura-base, para completar determinada fase fenológica, ou mesmo seu ciclo total. Esta soma seria constante, independente da época de plantio ou do local (CAMARGO, 1984).

Esta teoria envolve as seguintes considerações;

- a) há uma relação linear entre o acréscimo de temperatura e o desenvolvimento da planta;
- b) as temperaturas diurnas e noturnas são de igual importância para o crescimento e desenvolvimento da planta, e que a influência dos outros elementos tais como fotoperiodismo e umidade do solo, desde que otimizados, é desprezível quando comparada ao da temperatura (BRUNINI, 1980).

Em relação à teoria dos graus-dia, DAUBENMIRE (1947) assinala que o requerimento de unidades de calor para um dado processo é constante somente para aquela fase onde existe uma relação linear entre a taxa de crescimento e a temperatura; WANG (1960), dentro de suas críticas ao sistema de unidades térmicas, manifesta que nem sempre a resposta da curva de crescimento da planta à temperatura é linear, e que temperaturas extremamente altas, às quais as plantas estão submetidas, têm efeitos negativos sobre a taxa de desenvolvimento. Podol'skii¹, citado por WANG (1960), fundamenta que ao ser atingida a temperatura ótima para o crescimento, a soma térmica não é mais linear.

Com a finalidade de elucidar essas questões, MADARIAGA & KNOTT (1951), trabalhando com alface, calcularam as unidades térmicas considerando uma temperatura-base mínima e descartando as temperaturas superiores a uma temperatura máxima que afeta o desenvolvimento da cultura, conseguindo assim uma menor variabilidade na somatória de unidades térmicas. KATZ (1952), observou elevadas somatórias de unidades térmicas para períodos mais quentes, sugerindo uma diminuição na linearidade do desenvolvimento na faixa de altas temperaturas. GILMORE & ROGERS (1958), consideram que os graus-dia calculados a partir da temperatura média e

¹PODOL'SKII, A.S. Novki metod fenologicheskikh prognozov i agroklimaticheskikh otsenok po teplovomu faktoru. Doklady Akad Nauk SSSR (n.s.) 121(5):932-35. 1958.

temperatura-base mínima da cultura, não representam as unidades de calor efetivas para a planta, dado que não são levadas em conta as temperaturas extremas, sugerindo adicionar correções por temperatura-base mínima e ótima, considerando que temperaturas acima da ótima retardam o crescimento.

Mesmo considerando certas restrições, tal método permitiu determinar, com boa precisão, a temperatura base de varias culturas tais como: milho (ASPIAZU, 1971; BERLATO & SUTILI, 1976), alface (BRUNINI et alii, 1976), lentilha (BURIOL et alii, 1978), soja (CAMARGO, 1984), girassol (MASSIGNAM, 1987) e arroz (SOUZA et alii, 1988).

Para cultura de batata, as referências de trabalhos em regiões tropicais, tanto em relação a unidades térmicas como a temperatura-base, são praticamente inexistentes. Na Inglaterra, a acumulação de graus-dia como uma medição da idade fisiológica dos tubérculos tem sido utilizada por O'BRIEN et alii (1983). Nos Estados Unidos JEFFERIES & MACKERRON (1987) utilizam o critério de unidades térmicas como um método não destrutivo da estimativa do início da tuberização; FRANC et alii (1987) e PSCHIEDT & STEVENSON (1988), utilizaram as unidades térmicas para predizer as primeiras lesões produzidas por Alternaria solani (Ellis e Martin) Jones e Grout, para iniciar o programa de aspersão de fungicidas protetores. No Hawaii, MANRIQUE & HODGES (1989) analisaram métodos lineares e não lineares para o cálculo do período térmico, para a estimativa do início da tuberização.

Adotando nestas pesquisas temperatura-base desde 0 a 8 °C. ARNOLD (1959), enfatiza a importancia do uso de uma temperatura-base apropriada, dado que a determinação desta temperatura depende do entendimento da natureza do erro que é introduzido num sistema linear de unidades térmicas pela seleção de uma temperatura-base incorreta, e quanto maior for a diferença entre a temperatura base correta e a assumida, mais pronunciados serão os erros e maior a variabilidade na somatória de unidades térmicas.

Nas regiões tropicais o conhecimento das unidades térmicas de uma cultura está sendo bastante utilizado para predizer a duração das fases de desenvolvimento e para o planejamento das épocas de plantio e de colheita.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

3.1.1. Locais

Os dados fenológicos e meteorológicos utilizados no presente estudo, foram obtidos dos experimentos conduzidos numa área situada a 100m do Posto Agrometeorológico do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Campus de Piracicaba, e dos experimentos conduzidos pela Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo (IAC), na Estação Experimental de Itararé.

Em Piracicaba, a área experimental localiza-se nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude $22^{\circ}42'S$, Longitude $47^{\circ}38'W$, Altitude 580 m. O clima da região é, segundo Köppen, do tipo Cwa (Subtropical úmido com estiagem no inverno).

A Estação Experimental de Itararé, está localizado nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude $24^{\circ}07'S$, Longitude $49^{\circ}20'W$, Altitude 1150 m. O clima da região é, conforme Köppen, do tipo Cfa (Mesotérmico e úmido sem estiagem).

3.1.2. Material vegetal

Foram utilizadas tubérculos sementes dos

cultivares de batata: ITARARÉ (IAC-5986) e APUÃ (IAC-5977), fornecidas pela Seção de Raízes e Tubérculos do IAC.

3.1.3. Período de estudo

Para o Experimento conduzido em Piracicaba, as datas de plantio e colheita para os dois cultivares foram:

13/10/89	a	26/01/90
25/10/89	a	07/02/90
09/11/89	a	15/02/90

Para a Estação de Itararé, foram utilizados 10 ensaios conduzidos pelo IAC, cujas datas de plantio e colheita para os mesmos cultivares foram as seguintes:

12/01/84	a	23/04/84	17/10/86	a	12/02/87
04/10/84	a	02/02/85	24/01/87	a	08/05/87
07/01/85	a	25/04/85	23/09/87	a	26/01/88
30/08/85	a	02/01/86	10/01/88	a	26/04/88
05/02/86	a	22/05/86	16/09/88	a	17/01/89

Os ensaios conduzidos pela Seção de Raízes e Tubérculos do IAC na localidade de Itararé, foram utilizados unicamente para a determinação da temperatura-base da cultura e a obtenção dos graus-dia correspondentes. Contudo, nos experimentos conduzidos em Piracicaba, além destes objetivos, foram também efetuadas análises de crescimento em subamostras

para avaliar as curvas de resposta fisiológica da cultura, quando conduzida sob condições energéticas elevadas.

3.1.4. Condições meteorológicas

As condições meteorológicas médias ocorridas durante os períodos analisados em Piracicaba, assim como na estação de Itararé, são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Condições meteorológicas médias para os períodos estudados, nas localidades de Piracicaba e Itararé.

Piracicaba

Meses	TEMPERATURA (°C)		RADIÇÃO SOLAR (W/m ²)	EVAPORAÇÃO TANQUE (mm)
	TMax	TMin		
Outubro	28.6	12.9	426	6.5
Novembro	29.2	16.3	432	6.7
Dezembro	29.7	17.7	406	6.5
Janeiro	31.5	19.7	411	6.4
Fevereiro	31.8	18.9	421	6.9

Itararé

Meses	TEMPERATURA (°C)		Meses	TEMPERATURA (°C)	
	TMax	TMin		TMax	TMin
Setembro	21.7	11.1	Fevereiro	24.7	16.3
Outubro	22.5	12.0	março	24.0	15.3
Novembro	23.7	13.7	Abril	22.0	14.2
Dezembro	24.2	15.0	Maio	20.2	12.6
Janeiro	24.6	16.0			

3.1.5. Parcela experimental

No campo experimental do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, Campus de Piracicaba, as características gerais do experimento foram as seguintes:

3.1.5.1. Dimensão

Numa área de 30,0 x 11,0 m, foram plantadas sementes pré-brotadas dos cultivares Itararé e Apuã em três épocas distintas.

Dentro de cada época, os dois cultivares de batata foram distribuídos ao acaso dentro das três repetições, de forma que cada parcela experimental continha seis linhas com 2,8m de comprimento espaçadas 0,8m. Os tubérculos sementes foram plantados a 0,8m entre linhas e a 0,35m dentro das linhas.

3.1.5.2. Solo e adubação

O solo do local foi descrito por RANZANI et alii (1966) como Terra Roxa Estruturada, Série "Luiz de Queiroz". Na classificação americana (ESTADOS UNIDOS, 1979) é um Paleudalf óxico.

Por ocasião de plantio, foi feita uma adubação de 2500 kg/ha de 4-14-8. Trinta dias após, no momento da amontoa, foram aplicados mais 100 kg/ha de nitrogênio. Conforme recomendações da Seção de Raízes e Tubérculos do IAC.

3.1.5.3. Irrigação

Irrigações complementares foram feitas no campo experimental com um sistema de aspersores. A frequência de

irrigação foi de 3 a 4 dias, utilizando-se como índice a evaporação do Tanque Classe A e considerando a curva do crescimento da cultura.

3.1.5.4. Práticas culturais

O controle de pragas foi feito aplicando periodicamente inseticida Folidol. O controle das plantas daninhas foi feito com capinas.

3.1.5.5. Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento completamente casualizado, com dois cultivares e três repetições.

3.2. Método

3.2.1. Unidades térmicas

3.2.1.1. Determinação da temperatura-base

Na determinação da temperatura-base dos cultivares de batata foram utilizados os três plantios conduzidos em Piracicaba, em 1989, e os 10 ensaios conduzidos pela Seção de Raízes e Tubérculos do IAC nos anos agrícolas de 1984/85, 1985/86, 1986/87, 1987/88 e 1988/89.

Os métodos utilizados foram:

(a) O da menor variabilidade proposto por ARNOLD (1959). Este método consiste em se determinar primeiramente a soma térmica para uma série de experimentos, a partir de temperaturas-base escolhidas "a priori", isto é:

$$GD = \sum_{i=1}^n (T_i - T_b) \quad (1)$$

Onde GD são os graus-dia acumulados no período, T_1 é a temperatura média diária ($^{\circ}\text{C}$), T_b a temperatura-base escolhida ($^{\circ}\text{C}$) e n o número de dias do período considerado.

Posteriormente, determina-se o desvio padrão em graus-dia (SDD) para toda a série de experimentos, para cada valor de temperatura-base escolhida.

A temperatura-base escolhida "a priori", que corresponder ao menor valor do desvio padrão da soma térmica (SD), expresso em dias, é a temperatura-base da cultura. O desvio padrão, em dias, é dado pela seguinte expressão:

$$SD = \frac{SDD}{(X_t - T_b)} \quad (2)$$

Onde SD é o desvio padrão em dias, SDD é o desvio padrão em graus-dia, e X_t é a temperatura média para toda a série de plantios ou de experimentos analisados.

As temperaturas-base pré-estabelecidas para o presente estudo foram de 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 $^{\circ}\text{C}$.

(b) Método da intersecção da abscissa por regressão. Este método, também estabelecido por ARNOLD (1959), baseia-se na regressão linear, na qual a temperatura média é a variável independente e o desenvolvimento relativo (DR) a variável dependente. DR é calculado pela expressão seguinte:

$$DR = \frac{100}{NUM} \quad (3)$$

NUM = Duração da fase.

A temperatura-base correspondente, é dada pela solução da equação de regressão, para um valor de DR igual a zero.

3.2.1.2. Graus-dia

O total de graus-dia necessários para completar a fase plantio-maturação foi calculado a partir das equações indicadas por OMETTO (1981):

(a) Quando a temperatura-base mínima da planta (T_b) é menor que a temperatura mínima do ar (T_m), e a temperatura-base máxima da planta (T_B) é maior que a temperatura máxima do ar (T_M):

$$GD = \frac{(T_M - T_m)}{2} + (T_m - T_b) \quad (4)$$

(b) Quando a temperatura-base mínima da planta (T_b) é menor que a temperatura mínima do ar (T_m), e a temperatura-base máxima da planta (T_B) é menor que a temperatura máxima do ar (T_M):

$$GD = \frac{[2 (T_M - T_m) (T_m - T_b) + (T_M - T_m)^2 - (T_M - T_B)^2]}{2 (T_M - T_m)} \quad (5)$$

Em relação a estas equações deve-se considerar que a temperatura-base máxima da planta (TB), ou máxima basal, não pode ser referida àquela onde o desenvolvimento relativo da planta, é mínimo, do contrario estar-se-ia atuando em sentido contrário às assumções adotadas pelo conceito de graus-dia. A ocorrência de altas temperaturas, têm efeitos negativos sobre a taxa de desenvolvimento das plantas (WANG, 1960). Portanto considera-se que a temperatura-base máxima nas equações corresponde à temperatura ótima para o desenvolvimento da planta, para manter desta forma a linearidade do sistema de unidades térmicas (Podol'skii¹, citado por WANG (1960)).

Para batata, MOORBY & MILTHORPE (1975) consideram que as taxas do desenvolvimento da superfície foliar são otimizadas em torno dos 21 °C; INGRAM & McCLOUD (1984) indicam uma faixa ótima dos 20 aos 24 °C.

Segundo a informação diária de temperaturas extremas, registradas na localidade de Itararé, os acúmulos de graus-dia foram calculados a partir da equação (4). Para a localidade de Piracicaba observa-se pela informação diária que as temperaturas máximas registradas encontram-se bem acima da faixa de temperatura ótima a considerar (21 a 23 °C),

¹PODOL'SKII, A.S. Novyi metod fenologicheskikh prognozov i agroklimaticheskikh otsenok po teplovomu faktoru. Doklady Akad Nauk SSSR (n.s.) 121(5):932-35. 1958

utilizando-se desta forma a equação (5) para a obtenção dos graus-dia acumulados; calculando-se adicionalmente os graus-dia sem considerar a correção por temperatura ótima para efeitos de quantificação (equação 4).

3.2.2. Avaliação das respostas fisiológicas da cultura.

3.2.2.1. Medidas de crescimento.

Foram feitas análises de crescimento aos 29, 50, 78 e 98 dias após plantio para uma das épocas do experimento em Piracicaba, considerando-se assim as curvas de crescimento encontradas nesta como as representativas para o período de outubro a fevereiro na região.

Seis plantas por cultivar (duas por parcela) foram removidas durante cada data de análise. Em cada planta, foram separados os seus diversos órgãos (folhas, caules, raízes e tubérculos) para as determinações de matéria seca. Dos tubérculos foi obtido também a massa fresca para cálculos de percentagem de massa seca. A determinação de matéria seca se faz necessária, como uma forma de padronização, visto que o teor de água na planta varia com a hora do dia, com as condições do ambiente e com o estágio de desenvolvimento da planta (PEREIRA & MACHADO, 1987).

Após as medidas de laboratório, as subamostras foram acondicionadas em sacos de papel, previamente identificadas e postas a secar em estufa de 70 a 80 °C com ventilação forçada.

Subamostras de folhas foram tomadas para medições de área foliar em cada planta. Mediante um perfurador de folhas, foram tomadas amostras dos discos de tecido foliar de área conhecida e relacionando a massa seca destes discos com a massa seca total das folhas, estimou-se a área foliar, e índice de área foliar respectivamente.

O grau de maturação dos dois cultivares foi aproximadamente o mesmo, de modo que foram colhidos nas mesmas datas. Durante a colheita (aos 105 dias), as seis linhas de cada parcela foram colhidas contando antes o número de plantas. Subamostras de tubérculos em cada parcela foram tomadas para determinações de porcentagem de matéria seca nos tubérculos.

3.2.2.2. Eficiência de uso de radiação solar

Desde que Monteith¹, citado por SCOTT & WILCOCKSON, (1978), propos que o crescimento pode ser analisado em termos da quantidade de energia interceptada pela superfície foliar (RI) e eficiência de seu uso (EUR), muitos pesquisadores têm-se interessado na medição da interceptação da radiação em cultura de batata. Esta pode ser medida diretamente através do uso de tubos solarímetros (SCOTT &

¹MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 281:277-94. 1977

WILCOCKSON, 1978 ; ALLEN & SCOTT, 1980). Posteriormente, BURSTALL & HARRIS, (1983) demostram que a percentagem da RI pode ser estimada pela cobertura foliar e pelo índice de área foliar (IAF). Neste trabalho, a RI foi estimada a partir do IAF:

$$RI = RSD \cdot (1 - e^{-kIAF}) \cdot 100 \quad (6)$$

Onde IAF é o índice de área foliar, k o coeficiente de extinção da radiação aproximadamente igual a 0,7 para a cultura da batata segundo FEDDES (1988), e RSD a radiação solar total disponível para o período (MJ/m^2).

A estimativa da eficiência de uso de radiação solar interceptada pela cultura para sua conversão em matéria seca, baseia-se em análises de regressão, onde a variável dependente é atribuída à massa seca total ou do tubérculo, e a variável independente é o valor acumulativo da radiação solar interceptada (ALLEN & SCOTT, 1980).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Temperatura-base

Na tabela 2 e figura 1 são apresentadas as temperaturas-base escolhidas "a priori" (4 a 10 °C), e os respectivos valores de desvio padrão da soma térmica para as variedades Apuã e Itararé durante a fase plantio-maturação nas duas localidades.

Na tabela 3 e figura 2, são apresentadas as equações lineares do desenvolvimento relativo (DR) em função da temperatura média do ar (TMED) para as fases plantio-maturação nos dois cultivares.

Baseando-se no método de ARNOLD (1959), onde a temperatura mínima basal (T_b) da cultura corresponde ao menor valor do desvio padrão (S_d), encontra-se uma temperatura-base de 7 °C para a localidade de Piracicaba e 8 °C para Itararé. A partir do método da interseção da abscissa por regressão em função da DR, onde o valor estimado de T_b corresponde a um valor de DR igual a zero, temos que para os dois cultivares estudados a temperatura-base mínima corresponde a 8 °C para as duas localidades, considerando as três e dez épocas de plantio respectivamente. Similares aos valores na faixa dos 7 °C adotados por SANDS & NIX (1979) para a elaboração de modelos de desenvolvimento na cultura.

Tabela 2 - Valores de desvio padrão dos graus-dia (Sdd e Sd), para os valores de temperatura-base (tb) pre-escolhidos durante a fase plantio-maturação dos cultivares Itararé e Apuã nas duas localidades.

Desvio Padrão	Temperatura base (°C)						
	4	5	6	7	8	9	10
Itararé							
Sdd	106.80	98.65	90.73	83.10	75.84	69.08	62.97
Sd	7.07	7.00	6.93	6.87	6.83	6.85	6.93
Piracicaba							
Sdd	44.95	42.05	39.42	37.11	35.20	33.75	32.81
Sd	2.24	2.21	2.19	2.18	2.19	2.24	2.34

Tabela 3 - Equações de regressão linear do desenvolvimento relativo (DR) em função da temperatura média do ar (TMED), correspondente a fase plantio-maturação para os dois cultivares nas duas localidades.

Localidade	Equação
Piracicaba	$DR = -0.458 + 0.059 \text{ TMED}$
Itararé	$DR = -0.675 + 0.081 \text{ TMED}$

(a)

31

(b)

Figura 1 - Desvio padrão (em dias) em função de temperaturas base pre-escolhidas, para o período plantio-maturação nos dois cultivares para a localidade de (a) Piracicaba, e (b) Itararé.

Mas, quando integrou-se a informação das duas localidades para ambos os métodos, procurando-se calcular uma única temperatura-base encontrou-se um valor de T_b negativo e sem significado fisiológico. Neste caso, a equação obtida para o desenvolvimento relativo em função da temperatura foi a seguinte:

$$DR = 0,52544 + 0,01809 \text{ TMED}$$

correspondendo uma interseção para $DR = 0$ de $\text{TMED} = -29^\circ\text{C}$.

Observou-se que na localidade de Itararé, os plantios corresponderam às épocas de crescimento recomendadas para a cultura, com temperaturas do ar na faixa ótima de valores segundo a bibliografia, enquanto que nos plantios conduzidos na localidade de Piracicaba as plantas estiveram sob a influência de altas temperaturas máximas (tabela 1), sendo que estas altas temperaturas não favorecem a expansão foliar (BODLAENDER, 1963). Elas aceleram a senescência, significando assim uma menor interceptação da energia solar e crescimento de tubérculos (NELSON & MIDMORE, 1986), alterando desta forma a taxa do desenvolvimento da cultura.

Tendo em conta estas considerações pode-se analisar a figura 2, que relaciona o desenvolvimento relativo da planta para as duas localidades em função da temperatura média do ar.

Observa-se que, para Itararé, dentro da faixa de temperatura média (TMED) na qual os experimentos foram conduzidos (18 a 20 $^\circ\text{C}$), a relação foi linear, alcançando

Figura 2 - Relação linear do desenvolvimento relativo com a temperatura média do ar, na fase fenológica plantio-maturação para os cultivares Itararé e Apuã.

valores de DR entre 0,8 a 1,0. Para a faixa de TMED entre 20 a 23 °C, não se dispõe de informação, mas acredita-se que se a relação continua sendo linear, a taxa de DR alcançaria valores maiores ainda, atingindo seu máximo dentro dessa faixa de temperatura, o que coincidiria com a faixa de temperatura ótima reportada por MOORBY & MILTHORPE (1975) e INGRAM & McCLOUD (1984). Acima desta faixa, correspondente aos valores de TMED na qual os experimentos em Piracicaba foram conduzidos (23 a 25 °C), os valores de DR encontram-se na faixa de 0,9 a 1,0 (em torno dos valores encontrados para Itararé), significando que as altas temperaturas registradas em Piracicaba desviaram da linearidade a relação entre a taxa de desenvolvimento da cultura e a temperatura. Isto reforçaria as evidências observadas por LEHENBAUER, (1914); GILMORE & ROGERS, (1958) e MASSIGNAM (1987), em relação a que temperaturas superiores ao máximo desenvolvimento relativo retardam as fases de desenvolvimento das culturas.

Devido a este efeito, pode não se ter encontrado uma temperatura-base comum ao se integrar a informação dos dois locais. Devendo-se ter em conta para evitar este efeito, que em cada localidade analisada a faixa de temperatura onde a cultura está instalada teria que estar otimizada.

4.2. Graus-dia

Aceitando uma temperatura-base mínima de 8 °C para os dois cultivares de batata, dado que representa uma

Tabela 4 - Graus-dia (GD) acumulados acima de uma temperatura mínima basal de 8 °C para o ciclo plantio-maturação nos dois cultivares, durante os anos agrícolas de 1984/85, 1985/86, 1986/87, 1987/88, e 1988/89, na localidade de Itararé.

Data de plantio	Graus-dia (GD)
12/01/84	1247
04/10/84	1256
07/01/85	1180
30/08/85	1146
05/02/86	1258
17/10/86	1289
24/01/87	1352
23/09/87	1351
10/01/88	1384
16/09/88	1245
Média	1270
Desvio padrão	75.7
CV	5.6

informação mais consistente, mostram-se na tabela 4, os graus-dia acumulados para a localidade de Itararé calculados a partir da equação (4). Verifica-se para os dois cultivares, que o ciclo plantio-maturação é completado ao atingir em média 1270 graus-dia, correspondendo esta informação aos períodos recomendados para o plantio de batata nessa localidade.

Na tabela 5, mostram-se os graus-dia acumulados para completar a fase plantio-maturação na localidade de Piracicaba, onde a cultura esteve sob a influência de altas temperaturas máximas que afetaram o desenvolvimento da planta, como já foi discutido acima. Quando foram feitos os cálculos de graus-dia considerando a temperatura-base mínima e temperatura ótima (máxima basal) na faixa de 21 a 23 °C, através da equação (5), alcançaram-se em média 1340 graus-dia. Ao serem feitos os cálculos considerando somente a temperatura base mínima (equação 4), alcançaram-se em média 1642 graus-dia para completar esta fase.

Em relação a esta diferença térmica, WANG (1960) manifesta que as temperaturas elevadas têm efeitos negativos sobre a taxa de desenvolvimento, e que ao serem atingidas as temperaturas ótimas para o crescimento, a soma térmica não é mais linear (Podol'skii¹, citado por WANG

¹PODOL'SKII, A.S. Novyi metod fenologicheskikh prognozov i agroklimaticheskikh otsenok po teplovomu faktoru. Doklady Akad SSSR (n.s.) 121(5):932-35. 1958.

Tabela 5 - Graus-dia acumulados acima de uma temperatura-base mínima de 8 °C, e graus-dia acumulados em função à temperatura-base mínima e temperatura ótima (máxima basal), para o ciclo plantio-maturação nos dois cultivares, na localidade de Piracicaba.

Datas de plantio	Graus-dia (GD)	Graus-dia (GD)		
		Temperatura ótima (°C)		
		21	22	23
13/10/89	1621	1279	1347	1406
25/10/89	1682	1301	1374	1437
09/11/89	1622	1235	1307	1371
Média	1642	1272	1343	1405
Desvio Padrão	34.9	33.6	33.7	33.0
CV	2.1	2.6	2.5	2.3

(1960)). Enfatizando este último na consideração de temperatura ótima para o desenvolvimento da planta para manter assim a linearidade do sistema de unidades térmicas, concordando deste modo com o argumento de DAUBENMIRE (1947).

A esse respeito, KATZ (1952) trabalhando com ervilha e GILMORE & ROGERS (1958) em experimentos com milho, também estabeleceram correções excluindo as temperaturas excessivas no cálculo de unidades térmicas. Embora ARNOLD (1959), argumente que elevados somatórios podem ser encontrados também pelo uso de temperaturas-base elevadas.

Verifica-se assim, que para completar o ciclo plantio-maturação, sob condições ótimas de temperatura e de disponibilidade hídrica, os cultivares de batata analisados exigem em média entre 1270 a 1340 graus-dia, para uma temperatura-base mínima de 8 °C.

4.3. Avaliação das respostas fisiológicas da cultura sob atuação de níveis térmicos elevados.

4.3.1. Respostas no crescimento, desenvolvimento e rendimento.

Durante as primeiras quatro semanas após plantio (DAP) o cultivar Apuã acumulou significativamente maior matéria seca que o cultivar Itararé (tabela 6 e figura 3). Posteriormente, a acumulação de matéria seca total aumentou para Itararé distribuindo-se principalmente nos caules e folhas, de modo que a partir dos 50 DAP as diferenças se tornaram não significativas estatisticamente entre os dois

(a)

39

(b)

Figura 3 - Acumulação e partição da matéria seca (folha, caule e tubérculo) em dois cultivares de batata, (a) Itararé, e (b) Apia.

Tabela 6- Dados de análise de crescimento correspondente ao plantio na localidade de Piracicaba (matéria seca e fresca, g/m²).

Variáveis	DAP	Cultivares		
		Itararé	Apua	
M.S. Folha	29	12,44	19,57	*
	50	78,67	74,25	n.s
	78	81,11	50,76	n.s
	98	45,16	27,19	n.s
M.S. Caule	29	9,88	17,05	*
	50	110,65	120,31	n.s
	78	201,36	152,14	n.s
	98	168,69	183,69	n.s
M.S. Raiz	29	1,09	1,69	*
	50	6,51	5,25	n.s
	78	8,76	7,67	n.s
	98	7,97	7,38	n.s
IAF	29	0,25	0,37	n.s
	50	1,82	1,88	n.s
	78	2,19	1,09	*
	98	0,68	0,36	*
M.F. Tubérculo	29	0,00	0,00	n.s
	50	0,59	0,45	n.s
	78	1096,50	927,70	n.s
	98	1798,40	2084,80	n.s
M.S. Tubérculo	29	0,00	0,00	n.s
	50	0,09	0,04	n.s
	78	165,40	140,80	n.s
	98	299,00	324,60	n.s
M.S. Total	29	23,41	38,32	*
	50	195,90	199,85	n.s
	78	456,69	351,36	n.s
	98	520,80	542,90	n.s
I. Colheita	29	0,00	0,00	n.s
	50	0,04	0,02	n.s
	78	35,70	40,14	n.s
	98	56,00	58,73	n.s

n.s diferença não significativa entre cultivares.

* diferença significativa entre cultivares à nível de 5%.

cultivares, tanto em acumulação de matéria seca total como na distribuição desta matéria seca aos tubérculos.

Mesmo sendo ligeiramente superior a produção de matéria seca total e de tubérculos (figuras 3 e 4) para o cultivar Itararé até os 78 DAP, a tendência para a translocação dos produtos fotossintetizados, foi mais para as partes não comercializáveis (folhas e caules), que para os tubérculos. Isto se vê refletido no comportamento do Índice de Colheita (IC), que é a proporção de acumulação de matéria seca nos tubérculos em relação ao total (figura 5), sendo esta ligeiramente superior em Apuã. Isto pode significar que houve a tendência no cultivar Apuã, de alocar desde sua fase inicial a maior parte de seus assimilados para o crescimento dos tubérculos, com mais intensidade na fase final, às expensas do crescimento das folhas, sem formação significativa de folhagem nova e causando uma rápida senescência da parte foliar, significativamente menor que o cultivar Itararé (figura 6).

Para ambos cultivares, o início da tuberização ocorre após os 50 dias do plantio (figura 3). É neste período que o cultivar Apuã consegue alcançar seu máximo índice de área foliar (IAF) de 1.9 (figura 6) e logo tende a declinar, enquanto que o cultivar Itararé consegue ainda elevar significativamente seu IAF máximo (2.2) e mantê-lo por mais tempo.

A partir deste baixo índice de área foliar encontrado, infere-se que a planta não conseguiu cobrir o solo

Figura 4 - Comportamento temporal do acúmulo de matéria seca de tubérculos para os dois cultivares.

Figura 5 - Proporção de matéria seca alocada nos tubérculos (índice de colheita), para os dois cultivares.

completamente e a alta energia disponível não foi aproveitada pela planta, além do que, a radiação disponível para estas regiões nesta época, encontra-se acima das necessidades para a fotossíntese (SALE, 1974). Isto pode ter resultado num aquecimento das folhas e do solo (MIDMORE & RHOADES, 1988) e aumento da respiração dos tubérculos (MIDMORE, 1987), o que se vê refletido no baixo rendimento de tubérculos. Acredita-se que uma redução no espaçamento entre linhas durante o plantio, poderia ter diminuído este efeito.

A partir da figura 7, pode-se observar que um índice de área foliar de 2,2 interceptou aproximadamente 75% da energia disponível. A respeito, ALLEN & SCOTT (1980) afirma que o incremento do IAF é proporcional ao aumento da energia solar interceptada (IR) até a ocorrência do acamamento e autosombreamento das folhas. KHURANA & McLAREN (1982), reportam a linearidade até um IAF de 2,3 enquanto que MACKERRON (1986) até um IAF de 3,0. Após esta linearidade, a IR incrementa em forma exponencial, e uma interceptação de 90% da energia disponível ocorre para valores de IAF em torno de 4,0 (KHURANA & McLAREN, 1982; MIDMORE, 1984a).

Em relação ao rendimento final de tubérculos, aos 105 dias para os dois cultivares (tabela 7), não se encontraram diferenças significativas na produção de tubérculos entre os cultivares para a estação utilizada, alcançando a média de 1627 e 1649 g/m² de massa fresca para os cultivares Itararé e Apuã, respectivamente. A diferença do

Figura 6 - Comportamento do Índice de área foliar (IAF) para os cultivares na localidade de Piracicaba.

Figura 7 - Relação entre o índice de área foliar (IAF) e a porcentagem de radiação interceptada (IR) nos dois cultivares.

conteúdo de matéria seca nos tubérculos também foi não significativa, sendo ligeiramente menor para o cultivar Itararé, alcançando as duas as médias de 15,2 e 14,1 % respectivamente.

Para o mesmo cultivar Apuã (IAC-5977), plantado em área circundante a lisímetros na mesma região, mas em outra época, ENCARNAÇÃO (1987), encontrou um rendimento médio de 1990 g/m², comparado ao rendimento potencial de 3220 g/m² encontrado dentro do lisímetro. Este último dado encontra-se na faixa dos valores mencionados para os dois cultivares na localidade de Itararé quando são cultivados sob condições de ambiente apropriadas (Prado¹, 1990).

Os resultados obtidos encontram-se na mesma faixa dos reportados por MIDMORE (1984), para cultivares de batata não tolerantes ao calor. Mas estes rendimentos foram melhorados em até 80 a 100 % através de tratamentos de esfriamento do solo.

4.3.2. Eficiência de uso de radiação solar nos cultivares

A energia solar total disponível para a estação foi de 2026 MJ/m². Em relação a esta energia disponível a eficiência de interceptação de radiação desde o plantio até a colheita foi maior para o cultivar Itararé (39%) comparado com Apuã (33%). Mas, a produção de matéria seca de tubérculos

¹PRADO, N. (IAC. Seção de Raízes e Tubérculos). Comunicação pessoal.

por unidade de radiação interceptada (eficiência de conversão (EUR), estimada pelo coeficiente angular da regressão em g/MJ) foi significativamente maior para o cultivar Apuã (tabela 8), alcançando uma EUR de 0,36 g/MJ comparada com 0,28 g/MJ para Itararé. A eficiência de conversão de energia para produção de matéria seca total não diferiu estatisticamente entre os cultivares, de modo que uma única expressão de eficiência de conversão pode ser representada por $0,72 \pm 0,06$ g/MJ ($r^2=0.91$).

Esta melhor EUR para produção de tubérculos encontrada para o cultivar Apuã em relação a Itararé pode estar associada com a tendência deste cultivar em translocar maior quantidade de produtos fotossintetizados desde a parte aérea até os tubérculos, a expensas de uma rápida senescência da folhagem. Ainda que a diferença em rendimento não tenha sido maior, estatisticamente, este cultivar foi significativamente mais eficiente no uso da radiação solar interceptada para produção de tubérculos.

Estes índices de EUR encontrados para produção de matéria seca de tubérculos, quando comparados com outros encontrados em experimentos nas regiões tropicais, onde a plantas cresceram também sob altos níveis de radiação e temperatura, encontram-se ligeiramente abaixo dos valores reportados por MIDMORE (1984a) e em torno dos encontrados por TREBEJO & MIDMORE (1990). Mas, a EUR para produção de matéria seca total encontra-se bem mais baixa que os

Tabela 7 - Rendimento de tubérculos para a colheita (dias após plantio), e percentagem de matéria seca contido nos tubérculos nos dois cultivares de batata.

Cultivar	Massa fresca de tubérculos g/m ²	Matéria seca %
Itararé	1627	15,15
Apua	1649 n.s.	14,11 n.s.

Tabela 8 - Eficiência de conversão de radiação solar interceptada a matéria seca total e de tubérculos (g/MJ $\pm$ sd) nos dois cultivares.

Radiação interceptada v. Matéria seca tubérculos		
Cultivar	b $\pm$ sd	r ²
Itararé	0.28 $\pm$ 0.04	0.81
Apua	0.36 $\pm$ 0.07	0.71
*		
Radiação interceptada v. Matéria seca total		
Cultivar	b $\pm$ sd	r ²
Itararé	0.67 $\pm$ 0.06	0.91
Apua	0.76 $\pm$ 0.07	0.90
n.s.		

n.s. não significativo

* significativo à nível de 5 %.

reportados para regiões tropicais. Isto poderia estar associado com a baixa produção de folhas, IAF e consequentemente uma reduzida interceptação da energia por estes cultivares, quando comparada às de outras regiões tropicais. É claro que as diferenças genéticas também determinam o grau de tolerância de cada cultivar em relação às altas temperaturas.

As diferenças em rendimento em cultura de batata estão principalmente relacionadas às diferenças na quantidade de radiação interceptada pela folhagem e na eficiência de seu uso (ALLEN & SCOTT, 1980). A partir disto, a produção de tubérculos pode ser melhorada estabelecendo uma folhagem capaz de interceptar a maior radiação solar incidente tão rapidamente quanto possível, para manter a assimilação da folhagem mais eficiente e por mais tempo (PASHIARDIS, 1988), e deste modo elevar a eficiência de uso de radiação interceptada para produção de matéria seca total e de tubérculos (MIDMORE & RHOADES, 1988).

Por outro lado, cultivando batata sob condições energéticas e térmicas elevadas dentro dos trópicos, em baixas altitudes, tem-se encontrado formas de elevar estes índices de EUR, incrementando assim a produção de matéria seca total e de tubérculos. Uma destas formas é através do melhoramento genético, e outra através de técnicas agronômicas e manipulação microclimática.

Assim, utilizando cobertura inerte conseguiu-se

melhorar a EUR de 0,98 a 1,24 g/MJ (INTERNATIONAL POTATO CENTER, 1985). A utilização de coberturas inertes (MANRIQUE & MEYER, 1984; MIDMORE et alii, 1986a) e de sombreamento através de cultivos associados (MIDMORE et alii, 1988) favoreceram o desenvolvimento da folhagem e interceptação de energia, aceleraram o início da tuberação e incrementaram a produção de tubérculos nestas regiões.

Assim, a partir deste trabalho propõe-se uma maior experimentação com cultivares de batata, seja para o conhecimento das respostas fisiológicas destes e para posteriormente iniciar a utilização de técnicas agronômicas e manipulações microclimáticas, de forma que esta cultura possa se constituir como mais uma fonte alternativa de alimento nas regiões tropicais.

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, conclue-se que:

a) o valor de temperatura-base para a fase plantio-maturação, determinada através do método de menor variabilidade difere em 1 °C entre localidades estudadas e pelo método da intersecção da abscissa por regressão, a temperatura-base encontrada corresponde a 8 °C para os cultivares nas duas localidades;

b) para completar o ciclo plantio-maturação, as exigências de graus-dia quando corrigidas por temperaturas ótimas assemelham-se entre as duas localidades, sendo em média 1270 a 1340 graus-dia, para a temperatura-base de 8 °C;

c) os dois cultivares acumulam e distribuem matéria seca aos tubérculos igualmente. A eficiência de conversão de matéria seca a tubérculos, por unidade de radiação interceptada é maior no cultivar Apuã, embora a eficiência de conversão para matéria seca total, não seja diferente entre cultivares.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, E.J. & R.K. SCOTT. An analysis of growth of the potato crop. Journal of Agricultural Science, 94: 583-606, 1980.
- ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base-temperature in a linear heat unit system. Proceeding American Society for Horticultural Science, 74: 430-45, 1959.
- ASPIAZU, C. Pronóstico de fases en cultivos de maiz dentado mediante sumas de temperatura. Revista Facultad de Agronomia y Veterinaria, Buenos Aires, 19 (1-2): 61-9, 1971.
- BERLATO M.A. & V.R. SUTILI. Ecologia do milho II. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-germinação e emergência-espigamento de três cultivares de milho (Zea mays L.). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11. Piracicaba. 1976. Anais. Piracicaba. ESALQ. 523-7, 1976.

- BODLAENDER, K.B.A. Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield. IN: J.D. Ivins & F.L. Milthorpe (Editors), The growth of the potato. Butterworths, London, U.K. 1963. p. 199-210.
- BRUNINI, O. Zoneamento agroclimático, materiais e métodos. IN: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 13. Londrina, Resumos. Londrina, IAPAR, 1980. p 162-87.
- BRUNINI, O.; LISBAO, R.S.; BERNARDI J.B.; FORNASTER J.B. & M.J. PEDRO JUNIOR. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston" em um sistema de unidades térmicas. Bragantia, Campinas, 35(19): 213-19, 1976.
- BURIOL, G.A. MANARA, N.T.F. & W. MANARA. Temperatura-base dos subperíodos emergência-floração e floração-maturação de quatro linhagem de lentilha (Lens culinaris Medre). Revista do Centro Ciências Rurais, Santa Maria, 8(2): 175-84, 1978.
- BURSTHALL, L. & P.M. HARRIS. The estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. Journal of Agricultural Science, 100: 241-44, 1983.

BURSTHALL, L. & P.M. HARRIS. The physiological basis for mixing varieties and seed 'ages' in potato crops. Journal of Agricultural Science, 106: 411-18, 1986.

BURTON, W.G. The potato. H. Veenman and Zonen. Wageningen. 1966. 382p.

CAMARGO, M.B.P. de. Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1984. 96p (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CARVALHO, C.A. Batatinha; uma cultura muito lucrativa para quem planta com cuidado. São Paulo, Coleção Brasil Agrícola, 1986. 104p.

CHRISTIANSEN, J. El cultivo de la papa en el Perú. Editorial Juridica S.A. Lima. 1967.

DAUBENMIRE, R.F. Plants and environment; a textbook of plant autecology. New York, John Wiley, 1947. 424p.

DOORENBOS, J. & A. KASSAM. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Boletín Técnico. FAO, Roma (33): 127-30, 1979.

ENCARNAÇÃO, C.R.F. de. Exigências hídricas e coeficientes culturais da batata (Solanum tuberosum L.). Piracicaba, 1987. 62p (Doutorado- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

ESTADOS UNIDOS. Departamento de Agricultura. Soil taxonomy: a basic system of soil classification to making and interpreting soil surveys. Washington, Agr. Handbook num. 4 36, 754 p. 1977.

EWING, E.E. Heat stress and the tuberization stimulus. American Potato Journal. 58: 31-49. 1981.

EZETA, F.N. Aspectos fisiológicos de la producción de papa. IN: CURSO INTERNACIONAL SOBRE EL CULTIVO DE PAPA CON ENFASIS EN PRODUCCIÓN DE SEMILLA, Lima, La Molina, 1986.

FAO. Production Yearbook 1989, Rome. 43: 137-38. 1989.

FEDDES, R.A. Agrometeorological aspects of emergence, water use, growth and dry matter yield of potatoes. In: RIJKS, D. & C.J. STIGTER, ed. Agrometeorology of the potato. Acta Horticulturae 214: 41-52. 1988.

FRANC, G.D.; HARRISON, M.D. & L.K. LAHMAN. Day-degree model for timing Early-blight control in Colorado. American

Potato Journal. Abst. 64(8): 438-9. 1987.

GILMORE, E. & J.S. ROGERS. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agronomy Journal, Madison, 50: 611-5, 1958.

HAVERKORT, A.J. Climate and potato crop growth interactions in Africa's continental divide region. In: RIJKS, D. & C.J. STIGTER, ed. Agrometeorology of the potato. Acta Horticulturae 214: 137-47. 1988.

HAVERKORT, A.J. & P.M. HARRIS. A model for potato growth and yield under tropical highland conditions. Agricultural and Forest Meteorology, 39:271-82. 1987.

INGRAM K.T. & D.M. McCLOUD. Simulation of potato crop growth and development. Crop Science, 24: 21-7. 1984.

INTERNATIONAL POTATO CENTER. Annual Report, 1984. Lima, Peru. 1985.

JEFFERIES, R.H. & D.K.L. MACKERRON. Thermal time as a non-destructive method of estimating tuber initiation in potatoes. Journal of Agricultural Science. 108(1): 249-52. 1987.

KATZ, Y.H. The relationship between heat unit accumulation and the planting and harvesting of canning peas. Agronomy journal, 44:74-8. 1952.

KAWANO, K. & P.R. JENNINGS. Tropical crop Breeding-Achievements and challenges. IN: International Rice Research Institute, Potential productivity of field crops under different environments. Los Baños, Philippines, 1983. p.81-99.

KIRK, W.W.; DAVIES, H.V. & B. MARSHALL. The effect of temperature on the initiation of leaf primordia in developing potato sprouts. Journal of Experimental Botany, 36(171): 1634-43. 1985.

KLEINKOPF, G. E. Potato. In: TEASE, I.D. & PEET, M.M., eds. Crop water relations. Wiley Interscience Publication, New York. 1983. cap. 9, p. 287-305.

KHURANA, S.C. & J.S. McLAREN. The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. Potato Research, 25: 329-42. 1982.

LEHENBAUER, P.A. Growth of maize seedlings in relation to temperature. Physiological Researches, 1:247-86. 1914.

- MACKERRON, D.K.L. Canopy development and senescence and light interception as modified by Nitrogen nutrition. Potato Research (Abstr). 29: 257, 1986.
- MACKERRON, D.K.L. & P.D. WAISTER. Light interception and dry matter accumulation in potato cultivars of contrasting habit. Potato Research (Abstr). 26: 88-9, 1983.
- MACKERRON, D.K.L. & P.D. WAISTER. A simple model of potato growth and yield I. Model development and sensitivity analysis. Agricultural and Forest Meteorology, 34:241-52. 1985.
- MADARIAGA, F.J. & J.E. KNOTT. Temperature summations in relation to lettuce growth. Proceeding American Society Horticultural Science, 58: 147-52, 1951.
- MANRIQUE, L.A. & R. MEYER. Effects of soil mulches on soil temperature, plant growth and potato yields in an Aridic Isothermic environment in Peru. Turrialba, 34(4): 413-20, 1984.
- MANRIQUE, L.A. & T. HODGES. Estimation of tuber initiation in potatoes grown in tropical environments based on different methods of computing thermal time. American Potato Journal. 66(7): 425-36. 1989.

MASSIGNAM, A.M. Determinação de temperaturas-base, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (Helianthus annuus L.). Piracicaba, 1987. 87p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MIDMORE, D.J. The potato (Solanum spp) in the hot tropics I. Soil temperature effects on emergence, plant development and yield. Field Crops Res. 8: 255-71. 1984.

MIDMORE, D.J. Potato in tropical environments; leaf area index, light interception and dry matter accumulation. Potato Research (Abstr.), 27: 313-14, 1984a.

MIDMORE, D.J. Fisiologia de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Documento de Tecnología Especializada, 24. Centro Internacional de la Papa-Lima. 15p. 1987.

MIDMORE, D.J. & R.E. RHOADES. Applications of agrometeorology to the production of potato in the warm tropics. In: RIJKS, D. & C.J. STIGTER, ed. Agrometeorology of the potato. Acta Horticulturae, 214: 103-36, 1988.

MIDMORE, D.J.; BERRIOS, D. & J. ROCA. Potato (Solanum spp.) in the hot tropics II. Soil temperature and moisture

modification by mulch in contrasting environments. Field Crops Research. 15(2): 97-108, 1986.

MIDMORE, D.J.; ROCA J. & D. BERRIOS. Potato (Solanum spp.) in the hot tropics III. Influence of mulch on weed growth, crop development, and yield in contrasting environments. Field Crops Research. 15(2): 109-24, 1986a.

MIDMORE, D.J.; ROCA J. & D. BERRIOS. Potato (Solanum spp.) in the hot tropics IV. Intercropping with maize and the influence of shade. Field Crops Research. 18(2,3): 141-57, 1988.

MOORBY, J & F.L. MILTHORPE. Potato. In: L.T. Evans, ed. Crop Physiology. Cambridge University Press. pp. 225-27, 1975.

NELSON, D. & D.J. MIDMORE. Light interception and crop productivity in contrasting environments Potato Research. (Abstr.) 29: 258. 1986.

O'BRIEN P.J.; ALLEN E.J.; BEAN J.N.; GRIFFITH; R.L.; JONES A.SUSAN & J.L. JONES. Accumulated day-degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. Journal of Agricultural Science, 101: 613-31. 1983.

OLIVEIRA, J.B. de; VALADARES, J.M.A.S. & C.L. ROTTA.
Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental
de Itararé. SP. Bragantia. 35(2): 295-333. 1976.

OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo. Agronômica
Ceres, 1981. 440pp.

PASHIARDIS, S.M. Improvements of potato yields. In: RIJKS,
D & C.J. STIGTER, ed. Agrometeorology of the potato. Acta
Horticulturae, 214: 28-44, 1988.

PEREIRA, A.R. & E.C. MACHADO. Análise quantitativa do
crescimento de comunidade vegetais. Boletim Técnico, 114.
Instituto Agronômico de Campinas, SP. 33p. 1987.

PSCHIEDT, J.W. & W.R. STEVENSON. The critical period for
control of Early blight (Alternaria Solani) of potato.
American Potato Journal. 65(8): 425-38. 1988.

RANZANI, G.; FREIRE, O. e T. KINJO. Levantamento da carta de
solos do município de Piracicaba. ESALQ/USP. Piracicaba. 85
p. 1966.

ROSS, C.W. The effect of subsoiling and irrigation on potato
production. Soil and Tillage Research, 7: 315-25, 1986.

SALE, P.J.M. Productivity of vegetable crops in a region of high solar input III. Carbon balance of potato crops. Australian Journal Plant Physiology, 1: 283-96, 1974.

SANDS, P.J.; HACKETT, C. & H.A. NIX. A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.) I. Derivation from well-managed field crops. Field crops Research, 2. 309-31. 1979.

SCOOT, R.K. & S.J. WILCOCKSON. Application of physiological and agronomic principles to the development of the potato industry. In: The Scientific Basis for improvement (ed. P.M. Harris). The potato crop. pp 678-704. London. 1978.

SOUZA, A. de; NOGUEIRA, J.M. de ; COELHO, T.D. & E.A. FARIA. Avaliação fenológica de quatro cultivares de arroz (Oryza sativa L.) em Uberaba (MG) baseado em graus-dia. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Rio de Janeiro. 1988. Anais. Soc. Bras. de Meteorologia, 1: 34-7. 1988.

TREBEJO I. & D.J. MIDMORE. Effect of water stress on potato growth, yield and water use in a hot and a cool tropical climate. Journal of Agricultural Science, 114:321-34. 1990.

WANG, J. Y. A critique of heat unit approach to plant

response studies. Ecology. 41(4): 785-90, 1960.

ZAAG, D.E. Van der. La patata y su cultivo en los paises bajos. Instituto Holandés de Consulta sobre la Patata y Ministerio de Agricultura y Pesca; Wageningen, Holanda, 1973. 72p.

ZAAG, P. Vander & A. DEMAGANTE. Water requirements as influenced by irrigation system and mulch for potato (*Solanum spp*) grown in an isohyperthermic environment in the Philippines. Philippine Agriculturist. 68: 571-83. 1985.