

**DESCRIÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE  
CLONES DE BATATA PRECOSES E TARDIOS  
VISANDO A ADAPTAÇÃO A CONDIÇÕES  
TROPICAIS**

**FELIPE LOPES DA SILVA**

**2006**

**FELIPE LOPES DA SILVA**

**DESCRIÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE CLONES DE  
BATATA PRECOSES E TARDIOS VISANDO A  
ADAPTAÇÃO A CONDIÇÕES TROPICAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. César Augusto Brasil  
Pereira Pinto

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

**FELIPE LOPES DA SILVA**

**DESCRIÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE CLONES DE  
BATATA PRECOSES E TARDIOS VISANDO A  
ADAPTAÇÃO A CONDIÇÕES TROPICAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em quarta-feira, 22 de março de 2006

Prof. Dr. José Donizeti Alves

UFLA

Pesq. Dr. Paulo César Magalhães

EMBRAPA

Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

Dedico este trabalho à minha esposa Ana Cláudia,  
pelo exemplo de amor e dedicação a mim.

Em homenagem a todos os meus familiares, certo de que cada um, a seu tempo,  
deu a contribuição necessária para a minha formação profissional.

“Vivo sem receio das tempestades,  
pois estou aprendendo a velejar o meu barco”.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por estar sempre iluminando a minha caminhada.

À Universidade Federal de Lavras pelas oportunidades a mim conferidas ao longo deste mestrado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

À minha esposa Ana Cláudia pelo apoio, amor, carinho e compreensão não só ao longo deste curso, mas durante todo o nosso convívio, enfrentando ao meu lado as barreiras da vida.

Aos meus pais, Alcides e Márcia, e meus irmãos, Simão e Samuel, que mesmo distantes, sempre me incentivaram e amaram.

A meu sogro e minha sogra, Nerlito e Almerinda, e meus cunhados, Eliane e Evandro, pelo apoio, incentivo e dedicação a mim e minha esposa ao longo de nossas caminhadas.

Aos demais familiares que de direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação profissional.

Ao grande amigo Prof. César Brasil pela orientação, confiança e incentivo ao longo deste curso.

Aos professores José Donizeti, Magno, João Bosco, João Cândido e Elaine pela importância em minha formação profissional e amizade demonstrada.

Ao Prof. Márcio Henrique Pereira Barbosa pelo incentivo à minha iniciação aos estudos de Genética e Melhoramento de Plantas

À secretária Elaine pela amizade e compreensão.

Aos amigos de república José Marcello e Gabriel pelo companheirismo e compreensão.

Aos colegas do programa de melhoramento da batata, André, Cristiana, Dheyne, Flávio, Gabriel, Josiane, Leonardo e Suzana, pela grande amizade.

Aos grandes amigos José Marcello, Flávio, Leonardo, Osnil, Caio e Alex por me ensinarem o verdadeiro valor da amizade.

A Dra. Daniela Fries pelo auxílio na realização deste trabalho.

Ao Núcleo de Estudos de Genética – GEN e a todos os seus associados pelo auxílio e pela troca de experiências ao longo desta pós-graduação.

Aos demais colegas do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, em especial Adriano, Francine, Elisa, Saulo, Kenni, Regiane e Marcelo Jacaré.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 Importância do melhoramento para resistência ao calor em batata.....	3
2.2 Influência da temperatura na cultura da batata.....	4
2.3 Aspectos gerais do melhoramento visando resistência ao calor.....	7
2.4 Estratégias visando a seleção de genótipos de batata resistentes ao calor .....	8
2.4.1 Ciclo vegetativo .....	11
2.4.2 Eficiência fotossintética .....	20
2.4.3 Produção e partição de matéria seca .....	23
2.4.3.1 Índices morfofisiológicos.....	28
2.4.3.1.1 Área foliar média.....	30
2.4.3.1.2 Taxa de crescimento médio da cultura.....	31
2.4.3.1.3 Taxa de crescimento relativo médio.....	31
2.4.3.1.4 Taxa assimilatória líquida média.....	31
2.4.3.1.5 Razão de área foliar média.....	32
2.4.3.1.6 Índice de área foliar.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	34
3.1 Material experimental .....	34
3.2 Condução experimental e delineamento experimental.....	35
3.3 Características avaliadas .....	36
3.4 Análises estatísticas.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
5 CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

ANEXOS ..... 78



## RESUMO

SILVA, Felipe Lopes da. **Descrição morfofisiológica de clones de batata precoces e tardios visando a adaptação a condições tropicais.** 2006. 81 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Os objetivos deste trabalho foram estudar os processos de crescimento, tuberização e partição de matéria seca para os tubérculos em clones de batata precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo, para o que foram utilizados caracteres morfofisiológicos, e certificar a viabilidade do uso destes caracteres para auxiliar a seleção de clones mais adaptados às condições tropicais. Dois clones de cada grupo de ciclo vegetativo foram utilizados no ensaio: CBM 16-15 e CBM 2-21, precoces; e CBM 22-19 e CBM 2-27, tardios. Os caracteres morfofisiológicos avaliados foram ciclo vegetativo, produção de tubérculos, número total de tubérculos por planta, peso médio de tubérculos, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos, porcentagem de matéria seca dos tubérculos, velocidade de tuberização, matéria seca total da parte aérea, partição de matéria seca para os tubérculos, teores de clorofila a, b e total das partes aéreas superior e inferior, área foliar das partes aéreas superior e inferior, área foliar total, taxa de crescimento relativa, duração da área foliar e taxa assimilatória líquida para os tubérculos. Os clones tardios foram mais produtivos que os precoces no final do ciclo vegetativo. A maior produção dos clones tardios foi devida ao crescimento vigoroso e à maior produção e duração da área foliar fotossinteticamente ativa, o que possibilita maior velocidade de tuberização ao longo do período de enchimento dos tubérculos. O período de enchimento de tubérculos para os clones tardios foi mais prolongado, possibilitando maior produção ao fim do ciclo vegetativo. Houve tendência de os clones tardios possuírem característica *stay-green*, sendo esta classificada pelo tipo A, segundo Thomas & Howarth (2000), caracterizada pelo atraso no início da senescência das plantas em relação aos clones precoces. Os resultados deste estudo sugerem que uma das estratégias possíveis de ser adotada para aumentar a produtividade da cultura da batata em regiões tropicais é a seleção visando o aumento do ciclo vegetativo. Sugerem ainda que os caracteres morfológicos utilizados são de extrema importância para a avaliação das características de produção visando a identificação de clones mais adaptados às condições tropicais. Os índices fisiológicos, teores de clorofila a, b e total da parte aérea

---

\* Comitê Orientador: Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto - UFLA (Orientador), Prof. Dr. José Donizeti Alves - UFLA (Co-Orientador).

superior, área foliar, duração da área foliar, taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida para os tubérculos foram relevantes na diferenciação dos clones tardios e precoces, fazendo com que tenham grande importância no melhoramento da batata visando a obtenção de clones adaptados às condições tropicais.

## ABSTRACT

SILVA, Felipe Lopes da. **Morphophysiological description of early and late potato clones aiming at adaptation to tropical conditions.** 2006. 81 p. Dissertation (MS Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.\*

The objective of this research was to study the growth, tuberization and dry matter partitioning to tubers of early and late potato clones during the vegetative growth. Besides, it was studied the viability for using morphophysiological traits as parameters to select clones more adapted to tropical conditions. Two clones from each maturity class were used, CBM 16-15 and CBM 2-21, as early clones, and CBM 22-19 and CBM 2-27 as late clones. The morphophysiological traits used were growth cycle, tuber yield, total number of tubers plant<sup>-1</sup>, tubers' mean weight, large-tubers' mean weight, percentage of large tubers, tuber dry matter content, tuberization speed, canopy total dry matter, dry matter partitioning to tubers, content of chlorophylls a, b and total of the upper and lower canopy parts, leaf area of upper and lower canopy parts, total leaf area, relative growth rate, leaf area duration and net assimilation rate to tubers. Late clones were more productive than early clones at the end of the growth cycle. The higher tuber yield of late clones was due to a more vigorous growth and to the longer duration of the photosynthetically active leaf area, which allows a greater tuberization speed during tuber bulking. Tuber bulking period for late clones was longer which allowed a greater tuber yield at the end of the growth cycle. There was a tendency of late clones to present the stay-green trait classified as type A according to Thomas and Howarth (2000), which is characterized by a late beginning of the senescence process compared to early clones. The results of this study suggest that of one strategy that could be used to increase potato tuber yield in the tropics is the selection for a longer growth cycle. Results also suggest that the morphological traits used in this study are important to evaluate clones more adapted to tropical conditions. The following physiological traits were relevant to differentiate late and early clones and should be used in breeding programs aimed at obtaining clones more adapted to tropical conditions: content of chlorophylls a, b and total of the upper canopy, leaf area, leaf area duration, relative growth rate, and net assimilation rate to tubers.

---

\* Major professors: Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto - UFLA, Prof. Dr. José Donizeti Alves - UFLA .



## 1 INTRODUÇÃO

A busca por cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) mais adaptadas ao clima tropical tem sido uma das preocupações dos melhoristas brasileiros. Devido a ser originária de países de clima ameno, quando submetida às condições tropicais a batata é afetada principalmente pelas altas temperaturas, além do fotoperíodo mais curto, fazendo com que a sua produtividade seja reduzida.

As altas temperaturas causam redução da produção de tubérculos por várias razões, seja pela redução na capacidade fotossintética ou pelo aumento das perdas com a respiração e diminuição da partição de fotoassimilados para os tubérculos. Ocorre ainda perda da qualidade dos tubérculos pela diminuição do teor de matéria seca e pelo aumento do número de tubérculos com desordens fisiológicas.

Apesar de as áreas produtoras de batata no Brasil se concentrarem no Sul e Sudeste, freqüentemente observam-se, nessas regiões, temperaturas acima das ideais, principalmente na safra das águas, cujo plantio estende-se de agosto a dezembro. Deste modo, a obtenção de cultivares mais adaptadas às condições climáticas tropicais, com temperaturas acima de 25°C, torna-se bastante importante para o país.

Em trabalho realizado sob condições mais favoráveis de temperatura no Sul de Minas Gerais, Silva & Pinto (2005) sugerem que uma das estratégias que poderia ser utilizada para aumentar a produtividade da batata em regiões tropicais seria a seleção de clones de ciclos vegetativos mais tardios. Sugerem, ainda, que a maior produção destes clones pode ser função da sua maior eficiência fotossintética e da possível condição de *stay-green*, segundo Thomas & Howarth (2000).

Nos clones tardios ocorre maior longevidade das folhas; assim, o período de formação e enchimento dos tubérculos pode prolongar-se, levando a um aumento significativo na produção de tubérculos, que é, em parte, devido à maior duração do ciclo vegetativo (Griffith et al., 1984; Kooman & Rabbinge, 1996).

Outro fator que interfere na produção final de tubérculos é a remobilização de fotoassimilados e de nitrogênio da parte aérea para os tubérculos no final do ciclo vegetativo (Moorby, 1970). Esta remobilização acarreta redução da longevidade das folhas, sendo mais acentuada nos clones precoces, que geralmente possuem menor parte aérea, sendo os clones tardios mais vantajosos devido à maior produção de matéria seca da parte aérea (Silva & Pinto, 2005).

Apesar de vários estudos realizados na área de fisiologia vegetal, os mecanismos de resistência e tolerância ao calor não são totalmente elucidados (Frusciante et al., 1999). Segundo Levy et al. (1991), a tolerância ao estresse por altas temperaturas parece envolver mecanismos bastante complexos e, em um genótipo adaptado, espera-se combinar alelos para tolerância ao calor e para bom desempenho em campo.

Entre os mecanismos fisiológicos relacionados com a tolerância ao calor em batata, citam-se a maior eficiência fotossintética a altas temperaturas (Wolf et al., 1990b) e a menor taxa de degradação de clorofila sob estresse térmico.

Os objetivos deste trabalho foram estudar os processos de crescimento, tuberização e partição de matéria seca para os tubérculos em clones de batata precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo, para o que foram utilizados caracteres morfofisiológicos, e certificar a viabilidade do uso destes caracteres para auxiliar a seleção de clones mais adaptados às condições tropicais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Importância do melhoramento para resistência ao calor em batata**

No início de sua domesticação, a batata estava confinada nos Andes, entre o Peru e a Bolívia, e em terras baixas no Sul do Chile; em ambos os casos, sempre adaptadas ao clima frio daquelas regiões, em altitudes ou longitudes elevadas (Hawkes, 1994). Dos Andes, a batata foi levada para a Europa. Nos ambientes europeus, sofreu seleção para adaptação a dias longos, encontrados no período de cultivo neste continente (Brown, 1993).

Da Europa, a batata foi levada à América do Norte, África do Sul e Austrália, no início do século XVIII (Hawkes, 1994; Harris, 1978). No Brasil, a batata cultivada foi introduzida no final do século XIX, sendo a maioria das cultivares atuais descendentes dos genótipos europeus (Fedalto, 1982).

A partir de 1950, a cultura da batata passou a ter maior importância nos países de clima tropical e outras regiões de latitudes mais baixas que o norte da Europa (Hijmans, 2001). Nestes ambientes, a batata não encontra condições ideais para o bom desenvolvimento, pois freqüentemente ocorrem temperaturas altas e déficit hídrico. Deste modo, o melhoramento genético para adaptação e tolerância ao calor tornou-se extremamente importante para que a produção fosse viável nessas áreas (Simmonds, 1971). Programas com este objetivo específico são bastante recentes e em pequeno número em todo o mundo (Levy, 1984).

A maioria das cultivares atualmente plantadas no Brasil foi desenvolvida para condições de climas temperados; porém, quando submetidas às condições tropicais brasileiras, apresentam produtividades e qualidades culinárias abaixo do seus potenciais genéticos. A produtividade nacional foi de 21,8 ton/ha em

2005, enquanto países como Holanda, Reino Unido, Alemanha e Estados Unidos, atingiram produtividades em torno de 42, 45, 40 e 44 ton/ha, respectivamente (FAO, 2005). Deste modo, a obtenção de cultivares adaptadas às condições tropicais brasileiras torna-se bastante importante para o país.

## **2.2 Influência da temperatura na cultura da batata**

Nas regiões tropicais, a cultura da batata sofre uma acentuada queda de produção e da qualidade de tubérculos devido às elevadas temperaturas. A temperatura média para a cultura da batata está entre 10 e 20°C (Antunes & Fortes, 1981), sendo que a faixa ideal para a formação de tubérculos e produção de matéria seca está entre 15 e 20°C (Van Der Zaag & Burton, 1978). Ambientes com temperaturas noturnas mais baixas e temperaturas diurnas que não ultrapassem os 25°C são recomendados por Fontes & Finger (1999) para o bom desenvolvimento da cultura.

As regiões brasileiras produtoras de batata podem ser classificadas em regiões de clima temperado (ao sul do paralelo 24° S) e tropical de altitude (ao norte do paralelo 24° S) (Wrege et al., 2004). Nestas últimas, em que se situa grande parte do Estado de São Paulo e todo o Estado de Minas Gerais, o cultivo de batata pode ser realizado em três safras distintas: safra da seca, safra de inverno e safra das águas (Carvalho Dias, 1993). Geralmente as safras das águas e da seca são cultivadas em regiões de altas altitudes, uma tentativa de minimizar os efeitos adversos causados pelas altas temperaturas, uma vez que temperaturas em torno de 25°C ocorrem com frequência, resultando em produtividades bem inferiores às da época de inverno.

O efeito da temperatura na cultura da batata depende do estágio de desenvolvimento da planta, que se divide em três: o primeiro compreende o período de emergência até o início de tuberização; o segundo compõe o início da



tuberização e o desenvolvimento inicial dos tubérculos; e o terceiro compreende o tempo de crescimento e amadurecimento dos tubérculos (Silva, 2004).

No primeiro estágio, baixas temperaturas são indesejáveis, pois causam atraso na emergência da planta (Iritani, 1963; Malik et al., 1992), além de aumentar a suscetibilidade à canela-preta (*Erwinia carotovora*) e à rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*). Estudos conduzidos por Epstein (1966) demonstraram que até os 60 dias as plantas não haviam emergido à temperatura de 9°C; e em temperaturas de 22 e 29°C, as plantas emergiram entre 13 e 18 dias após o plantio. Em geral, a emergência demora até 30 dias em temperaturas do solo por volta de 10 a 14°C e apenas 8 a 10 dias em temperaturas do solo entre 21 e 23°C. Entretanto, poderá não haver emergência em temperaturas do solo menores que 10°C (Fontes & Finger, 1999).

No segundo estágio, altas temperaturas ocasionam atraso no início da tuberização (Ewing, 1981; Manrique et al., 1989; Menezes et al., 1999; Prange et al., 1990; Van Dam et al., 1996) e aumentam a incidência de algumas doenças como a pinta-preta (*Alternaria solani*) (Bittencourt et al., 1985). Epstein (1966) observou que aos 30 dias após a emergência, plantas desenvolvidas em temperaturas de 9, 16 e 22°C apresentavam tubérculos, ao passo que em temperaturas de 29°C, nenhum tubérculo foi encontrado, o que evidencia um atraso no início da tuberização quando as temperaturas são altas. Porém, Hay & Allen (1978) demonstraram que o início da tuberização em batata pode ocorrer rapidamente, mesmo com temperaturas do ar e do solo em torno de 24 e 25°C.

No último estágio, altas temperaturas estimulam o desenvolvimento aéreo da planta, reduzindo a partição de fotoassimilados para os tubérculos, aumentando a intensidade da respiração e acarretando redução na produção de tubérculos (Burton, 1981; Khedher & Ewing, 1985; Manrique et al., 1989; Menezes & Pinto, 1995; Menezes et al., 2001). Marinus & Bodlaender (1975) testaram oito cultivares, em três temperaturas, e relataram que a produção de

tubérculos e de biomassa da planta foi menor quando a batata foi cultivada a 27°C que a 16 ou 22°C, e que plantas sob temperaturas mais altas tiveram uma maior proporção de folhas e hastes que de tubérculos. Estes mesmos autores relatam que outro efeito ocasionado pelas altas temperaturas é a senescência mais rápida de folhas, promovendo a redução no enchimento de tubérculos pelo encurtamento do período de acúmulo de reserva.

Existem vários relatos na literatura de redução na produção de tubérculos devido às altas temperaturas. Khedher & Ewing (1985) observaram uma redução de 65 a 80% na produção de tubérculos por planta em condições de temperaturas altas em relação a condições de temperaturas amenas.

Sarquís et al. (1996), trabalhando em ensaios de campo, em duas localidades contrastantes em temperatura, observaram uma redução de 52 e 94% na produção nos locais de altas temperaturas para as cultivares Alfa e Hertha, respectivamente, em relação aos locais de temperaturas baixas.

Os resultados obtidos por Menezes et al. (1999) mostraram que, em condições de altas temperaturas, a produção foi reduzida em 25,5%, principalmente devido ao atraso no início da tuberização e à redução na partição dos fotoassimilados para os tubérculos. Além disso, observaram uma redução no teor de matéria seca dos tubérculos. Estes resultados estão de acordo com Haynes et al. (1989), Haynes & Haynes (1983 e 1981), Johansen et al. (1967) e Prange et al. (1990) que observaram diminuição do teor de matéria seca dos tubérculos devido às condições de altas temperaturas. Isto é extremamente importante, pois quanto maior o teor de matéria seca, melhor é a qualidade de tubérculos para a fritura. Vários autores relatam ainda que altas temperaturas afetam a aparência do tubérculo devido à ocorrência de defeitos fisiológicos como rachaduras, crescimento secundário (embonecamento) e manchas internas (Hooker, 1990; Hughes, 1974; Marinus & Bodlaender, 1975; Menezes et al., 1999).

### **2.3 Aspectos gerais do melhoramento visando resistência ao calor**

Hall (2003a) comenta que os principais efeitos causados por altas temperaturas nas culturas são o aumento da respiração; o aumento da taxa de desenvolvimento e de senescência de folhas, reduzindo o período da produção de fotoassimilados para sementes e frutos; o aborto de flores; a redução de fotossíntese; a inibição da síntese de amido em grãos; a redução do número e do peso de grãos; e o aumento da transpiração e da possibilidade de estresse hídrico.

Os aspectos gerais do melhoramento para tolerância ao calor são discutidos por Hall (1992 e 1990), que comenta sobre as estratégias usadas em várias culturas. Diversos estudos sobre tolerância ao calor são encontrados na literatura, como, por exemplo, para a cultura do amendoim (Craufurd et al., 2003), feijão caupi (Ehlers & Hall, 1998; Hall, 2003b), trigo (Budak, 2001; Hede et al., 1999; Khanna-Chopra & Viswanathan, 1999; Souza & Ramalho, 2001; Tahir & Singh, 1993), milho (Karim et al., 2000; Soldati et al., 1999) e gramíneas forrageiras (Xu & Huang, 2001).

A tolerância ao calor está relacionada ao desempenho de um genótipo sob altas temperaturas, comparado ao desempenho do mesmo genótipo sob condições favoráveis (Hall, 2003b). Quando se comparam genótipos em condições de estresse térmico, busca-se a resistência genética ao calor (Hall, 2003b).

Vários são os métodos para realizar melhoramento visando resistência ao calor. Segundo Hall (2003b), o método tradicional tem sido avaliar linhagens avançadas em ambiente de produção com estresse e selecionar aquelas com produção maior que as cultivares disponíveis, o que se denomina medição direta da resistência. Outros métodos têm como base estudos fisiológicos para seleção indireta, avaliação de genótipos sob condições controladas de casa de vegetação e auxílio da biologia molecular.

Na cultura do trigo são usadas a avaliação da termoestabilidade de membranas, a partir de folhas de plantas desenvolvidas em campo (Blum et al., 2001; Tahir & Singh, 1993), e a avaliação do conteúdo de clorofila nas folhas; esta última para *screening* em casa de vegetação (Hede et al., 1999). A temperatura do dossel de folhas, que depende da taxa de transpiração, também tem sido usada para diferenciar genótipos de trigo tolerantes ao calor, apresentando alta correlação com a condutância de estômatos e a produção de grãos (Ayeneh et al., 2002).

Em algumas situações, progressos lentos foram alcançados a partir de seleção direta em campo, como observado em caupi (Ehlers & Hall, 1998), para o qual métodos adequados de *screening* necessitam ser desenvolvidos. Por exemplo, em caupi (Ehlers & Hall, 1998) e amendoim (Craufurd et al., 2003), a seleção de genótipos com resistência ao calor a partir de caracteres específicos durante a fase reprodutiva tem apresentado eficiência.

#### **2.4 Estratégias visando a seleção de genótipos de batata resistentes ao calor**

Segundo Menezes et al. (2001), a temperatura influencia significamente o rendimento de tubérculos, uma vez que afeta tanto a fotossíntese líquida como a taxa de respiração da planta. A magnitude do seu efeito depende do quanto esta influencia no desenvolvimento da parte aérea e na partição de matéria seca produzida, mas pode chegar a ser limitante à produção de batata, principalmente em regiões tropicais (Menezes et al., 2001).

Estudos de caracteres morfológicos têm sido desenvolvidos na tentativa de encontrar aqueles mais correlacionados com a tolerância ao calor. Variabilidade nestes caracteres, tais como altura e número de internódios, folhas e hastes em clones tolerantes e suscetíveis, sob condições controladas (35°C durante o dia e 22°C à noite, respeitando um fotoperíodo de 16 horas de luz),

foram consideradas mais adequadas à avaliação da tolerância ao calor (Morpurgo & Ortiz, 1988).

*Seedlings* de algumas espécies de *Solanum* foram submetidos a temperaturas de 35 a 42°C durante o dia e 30°C à noite e, com base no vigor e no peso da matéria fresca da parte aérea, os acessos foram classificados como tolerantes ou suscetíveis (Reynolds & Ewing, 1989). As espécies representadas por acessos tolerantes incluíram *S. chacoense*, *S. acaule*, *S. stoloniferum*, *S. bulbocastanum*, *S. demissum*, *S. brachycarpum* e *S. phureja*. A alta taxa fotossintética dessas espécies correlaciona-se com sua tolerância ao calor; contudo, apenas alguns acessos foram capazes de tuberizar bem sob altas temperaturas.

Uma técnica de *screening* foi desenvolvida com base na indução da tuberação em seções de hastes das plantas sob condições controladas de temperatura e fotoperíodo (Ewing, 1978). Entretanto, Harvey et al. (1988) não encontraram alta correlação com a produção em campo usando a técnica mencionada.

O desenvolvimento e a produção de cultivares e clones de batata foi estudado em diferentes altitudes, sendo a temperatura inversamente proporcional à altitude (Manrique et al., 1989). O número de hastes não variou, mas foram observadas plantas e internódios mais longos, mais ramos por haste, índices de área foliares maiores e menor número de tubérculos comerciáveis em altitudes menores. Os clones tolerantes ao calor iniciaram a tuberação mais cedo, mas isso não resultou em produções maiores.

Em *seedlings* de híbridos de *Solanum tuberosum* com espécies diplóides foi avaliado a tolerância ao calor (Veilleux et al., 1997). Foi possível identificar híbridos que apresentaram boa produção, considerando a porcentagem de plantas que tuberizaram e o número e peso de tubérculos, sob altas temperaturas em casa de vegetação. Os *seedlings* selecionados sob altas temperaturas apresentaram

maior tolerância ao calor na geração seguinte em relação aos *seedlings* selecionados para tuberação em temperaturas mais baixas.

Levy (1984) também avaliou *seedlings* para capacidade de tuberação sob altas temperaturas em casa de vegetação e alguns clones selecionados apresentaram bom desempenho em campo. Várias cultivares recomendadas para o clima quente de Israel têm sido lançadas a partir deste esquema de avaliações em casa de vegetação (Levy et al., 2001; Susnochi et al., 1987).

Os programas de melhoramento da batata usualmente empregam métodos de seleção que visam obter clones de adaptação ampla. Contudo, é comum a seleção de clones para ambientes favoráveis, que permite a maximização da variação genética (Byrne et al., 1995), bem como para ambientes desfavoráveis. Esta última tem grande importância para viabilizar a agricultura em áreas consideradas impróprias para o cultivo (Lambert, 2004).

Para Cecarelli et al. (1998), a maioria dos programas de melhoramento realiza a seleção sob condições favoráveis, ainda que o alvo sejam as condições desfavoráveis (estresse). Isto porque, nas condições favoráveis, o controle da variação ambiental é mais eficiente, fazendo com que sejam mais bem expressas as diferenças genéticas. Além do mais, os genótipos com altos potenciais produtivos, selecionados em condições ótimas, geralmente apresentam desempenho melhor do que os genótipos selecionados em condições adversas, não somente em condições favoráveis, mas também sob estresse moderado (Duvick, 1992).

Entretanto, Lambert (2004) verificou que clones de batata com bom desempenho em condições favoráveis nem sempre tiveram os mesmos resultados em condições de estresse térmico. Diante deste resultado, Lambert (2004) dividiu os clones em quatro grupos distintos: adaptados em condições favoráveis; adaptados em condições desfavoráveis; com adaptação ampla; e sem nenhum tipo de adaptação.

Na literatura há vários relatos que mencionam estratégias para obtenção de genótipos resistentes ao calor. Embora seja restrito o conhecimento sobre o controle genético da resistência ao calor, variabilidade para esse caráter em clones de batata tem sido relatada por diversos autores (Bennet et al., 1991; Demagante & Van Der Zaag, 1988; Harvey et al., 1988; Levy, 1984; Reynolds et al., 1990). Esta variabilidade existente tem permitido a seleção de clones tolerantes ao calor, que apresentam altas produtividades e outros atributos agronômicos desejáveis (Haynes & Haynes, 1983; Levy, 1984; Susnoschi et al., 1988; Susnoschi et al., 1987).

Uma das estratégias possíveis para se obterem genótipos resistentes ao calor seria a utilização de genótipos com um maior período de ciclo vegetativo (Silva, 2004). Outras estratégias seriam a seleção de genótipos com maior eficiência fotossintética, quando submetidos às condições de estresse, e a seleção direta de genótipos com alta produção e partição de matéria seca. Esta última pode ser mais bem empregada utilizando os índices morfofisiológicos (Magalhães, 1979; Radford, 1967), que agregam os valores de produção de matéria seca e a eficiência fotossintética da planta.

#### **2.4.1 Ciclo vegetativo**

As cultivares de batata são classificadas, segundo Griffith et al. (1984), dentro de três grupos de maturação: precoce, intermediário e tardio. Muitos estudos têm associado tolerância ao calor com precocidade de tuberização. Levy et al. (1991) mostraram que a tolerância ao calor está associada à precocidade, é controlada geneticamente e que genótipos tolerantes podem ser identificados em progênies de um genitor suscetível. Levy (1986) encontrou relação da precocidade de maturação de plantas com menores perdas de produção sob temperaturas elevadas, podendo ser a precocidade um mecanismo de escape ao estresse.

Malik et al. (1992) demonstraram que o clone DTO-28, que é precoce, apresentou boa produtividade tanto em condições amenas quanto no calor, sendo recomendado para locais em que a estação é curta. Entretanto, estudos realizados na safra da seca e das águas no Brasil demonstraram que este clone apresentou a maior taxa de rachadura dos tubérculos nestas safras (Menezes et al., 1999). Este resultado foi bastante desanimador para a obtenção de clones de batata adaptados às condições tropicais, pois embora o clone DTO-28 seja considerado tolerante ao calor, poderia transmitir esta característica indesejável (rachadura) para os seus descendentes (Menezes et al., 1999).

Estudos realizados por Levy et al. (1991) demonstraram que a presença da tolerância ao calor em cultivares com maturação intermediária e tardia, como a cultivar Diamant, indica que esta tolerância não está ligada a ciclo vegetativo. Tai et al. (1994) mostraram que o clone LT-7, que é tardio, apresenta forte tolerância ao calor, principalmente na fase inicial de desenvolvimento.

Khedher & Ewing (1985) realizaram dois experimentos, um com as cultivares Norland, Norchip, Kathadin, Red Pontiac, Russet Burbank e Belchip; e outro com as cultivares Spunta, Desireé e os clones DTO-28, LT-1 e LT-2. As cultivares Norchip, de maturação precoce, e o clone LT-1, de maturação tardia, destacaram-se como tolerantes no primeiro e segundo experimentos, respectivamente.

Estudos realizados por Marinus & Bodlaender (1975) demonstraram que a cultivar Up to Date é muito mais sensível ao calor que a Gineke, ambas de ciclo tardio, mostrando haver variabilidade genética para tolerância ao calor dentro do mesmo grupo de ciclo vegetativo.

Em geral, as cultivares precoces são associadas com baixo rendimento no final de ciclo, enquanto cultivares de ciclo intermediário e tardio chegam a altas produções, em parte devido ao maior período no campo (Griffith et al., 1984).



Alguns autores relatam que as diferenças encontradas entre cultivares contrastantes quanto ao ciclo vegetativo não são significativas (Allen, 1977; Gunasena & Harris, 1971). Entretanto, Griffith et al. (1984) estudaram comparativamente o desempenho de cultivares de batata com diferentes ciclos vegetativos quanto ao crescimento e à precocidade da produção de tubérculos, os quais verificaram que as cultivares de ciclo tardio são mais produtivas que as de ciclo precoce e que as cultivares com alta produção inicial mantêm esta condição até o final do ciclo vegetativo.

Realizando testes em *seedlings* em casa de vegetação, Sattelmacher (1983) encontrou melhor tuberação em campo para os clones tardios. O autor afirmou, com base também em outros estudos, que os clones muito precoces para tuberação apresentaram a desvantagem de não possuírem área foliar suficiente para suportar o enchimento de tubérculos. Propôs ainda uma simplificação para *screening* de *seedlings* em casa de vegetação sob altas temperaturas, selecionando apenas no final do ciclo para maior tamanho de tubérculo.

Em condições tropicais brasileiras, um estudo foi realizado por Silva & Pinto (2005) para definir a magnitude de acúmulo diário de fotoassimilados nos tubérculos. Para isto, o autor levou em consideração a duração do ciclo vegetativo dos clones em estudo e a implicação da colheita antecipada sobre a produção de tubérculos por planta, a porcentagem de tubérculos graúdos e o peso específico de tubérculos. Quanto à produção de tubérculos por planta, verificou-se que os clones mais tardios são mais produtivos, tanto na colheita antecipada quanto na colheita de fim de ciclo vegetativo. Em geral, a porcentagem de tubérculos graúdos foi maior na colheita de fim de ciclo para a maioria dos clones estudados. O peso específico dos tubérculos apresentou-se ligeiramente maior para a situação de colheita de fim de ciclo.

Resultados surpreendentes sobre a produção de clones precoces e tardios foram obtidos por Silva & Pinto (2005). Esperava-se que os clones tardios só pudessem ser vantajosos, em relação aos precoces, ao final da maturidade fisiológica dos tubérculos, como observado por Silva et al. (2003) em trigo. Contudo, os clones tardios apresentaram vantagem produtiva sobre os precoces desde o início da tuberização. Isto está de acordo com Griffith et al. (1984), que relatam que as cultivares de alta produção inicial mantêm esta condição até o final do ciclo vegetativo.

Diante destas observações, Silva & Pinto (2005) concluíram que uma das estratégias possíveis para aumentar a produtividade da cultura da batata em regiões tropicais é a seleção visando o aumento do ciclo vegetativo.

Segundo Allen & Scott (1980) e Spitters (1987), a produção de matéria seca da batata é determinada principalmente pelo comprimento de seu ciclo vegetativo. Silva (2004) concluiu que a maior produção dos clones tardios é devida ao crescimento vigoroso e à maior longevidade da parte aérea, que possibilitam a formação de maior número de tubérculos por planta e maior taxa de tuberização ao longo do período de enchimento dos tubérculos.

Kooman & Rabbinge (1996) relatam que as cultivares precoces de batata, comparadas às tardias, translocam grande parte dos fotoassimilados disponíveis para os tubérculos nos estádios iniciais do ciclo vegetativo, mas diferem principalmente pelo curto período de crescimento vegetativo e as baixas produções alcançadas.

Considerável remobilização de fotoassimilados (Moorby, 1970) e nitrogênio (Harris, 1983; Millard et al., 1989) da parte aérea para os tubérculos no final do ciclo vegetativo tem sido verificada em condições experimentais. Assim, assume-se que ao final do ciclo vegetativo, quando o sistema radicular está debilitado, os tubérculos removem nitrogênio das folhas e hastes. Esta remobilização promove a exaustão do nitrogênio disponível na parte aérea mais

rapidamente na cultivar de ciclo precoce, que geralmente possui menor parte aérea, do que na cultivar de ciclo tardio, que possui quantidade maior de folhas e hastes. Nas cultivares precoces isto resulta na diminuição da longevidade das folhas. Este é um processo que leva à auto-destruição da planta, sendo também descrito por Sinclair & De Wit (1976) em soja.

Em estudo com batata, Kooman & Rabbinge (1996) confirmaram a hipótese da auto-destruição de diversas maneiras. Primeiramente porque se verificou que as cultivares precoces têm menor longevidade das folhas do que as cultivares tardias; em segundo lugar devido à variabilidade na longevidade individual das folhas nas cultivares tardias, ou seja, poucas folhas na parte aérea destas cultivares senescem cedo. Estes acontecimentos têm sido atribuídos à remobilização do nitrogênio para os tubérculos. Um terceiro argumento é de que o rápido crescimento da planta leva à diminuição da longevidade das folhas, causando redução do ciclo vegetativo. Com o rápido crescimento da planta os tubérculos também crescem rapidamente; por esta razão, necessitam de mais nitrogênio às expensas da parte aérea, reduzindo, assim, a longevidade das folhas.

Com este estudo, Kooman & Rabbinge (1996) verificaram que o tempo para a iniciação dos tubérculos não é o único fator responsável na determinação da precocidade da planta e que o efeito do potencial de dreno dos tubérculos e a longevidade das folhas são mais importantes para a precocidade.

A maior longevidade da parte aérea da planta está relacionada à característica denominada *stay-green*. Este termo é empregado a um genótipo que possui uma baixa taxa de senescência quando comparado a um segundo genótipo da mesma espécie (Thomas & Howarth, 2000). Schittenheim et al. (2004) conceituam plantas *stay-green* como sendo quaisquer plantas que apresentam tendência em manter as folhas verdes.

Existem cinco tipos de *stay-green* relatados por Thomas & Howarth (2000) e Thomas & Smart (1993), os quais têm como base a taxa fotossintética e no conteúdo de clorofila. Através do acompanhamento destes caracteres, ao longo do período vegetativo da espécie em questão é possível evidenciar o ponto de início da degradação de clorofila, bem como a sua taxa de degradação, com conseqüente diminuição da taxa fotossintética, fazendo com que fique caracterizado um dos tipos de *stay-green*.

Dois tipos de *stay-green*, A e B, são consideradas funcionais (Thomas & Smart, 1993). Os autores relatam que estes dois tipos podem surgir devido às alterações dos genes envolvidos no ciclo vegetativo. O tipo A é caracterizado por atraso na iniciação da degradação de clorofila e diminuição da capacidade fotossintética, mas em velocidade normal. No tipo B, ocorre a iniciação da degradação da clorofila em tempo normal, mas a taxa de degradação da clorofila e a diminuição da capacidade fotossintética são menores quando comparadas à taxa padrão (Thomas & Howarth, 2000).

Os tipos C, D e E de *stay-green*, relatados por Thomas & Howarth (2000), referem-se, respectivamente, à iniciação e velocidade normais da diminuição da capacidade fotossintética, mas sem degradação de clorofila; à parada brusca na capacidade fotossintética, mas sem degradação de clorofila; e ao aumento de conteúdo de clorofila, mas com iniciação e velocidade normais da diminuição da capacidade fotossintética.

Thomas (1987) relatou que a característica *stay-green* possui herança monogênica recessiva em *Festuca pratensis*. Thomas et al. (2002) relatam que o gene *stay-green* de *Festuca pratensis* e os genes similares de outras espécies, como *Pisicum sativum* (Thomas et al., 1996) e *Phaseolus vulgaris* (Bachmann et al., 1994; Ronning et al., 1991), influenciam o catabolismo de clorofila e de proteínas durante a senescência foliar.

Existem relatos desta característica em algumas espécies, como milho (Bekavac et al., 1995; Duvick, 1992; Gentinetta et al., 1986; Russel, 1986); sorgo (Duncan et al., 1981; Tao et al., 2000; Thomas & Howarth, 2000); trigo (Silva et al., 2003; Spano et al., 2003) e girassol (Cukadar-Olmedo & Miller, 1997). A maioria destes estudos visa a seleção de genótipos *stay-green* adaptados às condições adversas de estresse.

Duvick (1992) e Russel (1986) avaliaram a contribuição do avanço genético na produção do milho nos Estados Unidos da América. Eles concluíram que progressos contínuos foram obtidos devido à habilidade de produção de híbridos e às características adicionais como a *stay-green* e observaram que híbridos com característica *stay-green* possuem alta produtividade devido a uma melhor resistência à morte prematura das plantas.

A fotossíntese total sobre o período do ciclo vegetativo de uma cultura anual pode ser incrementada estendendo a duração do período de fotossíntese ativa (Spano et al., 2003). Além disto, manter a fonte de assimilação de carbono para os grãos durante o período de enchimento assegura que o seu peso médio seja maximizado (Spano et al., 2003). Thomas & Howarth (2000), trabalhando com plantas de *Lolium temulentum*, calcularam um incremento de 11% na fixação de carbono devido a um atraso de apenas dois dias na senescência das plantas. O atraso na senescência foliar pode ter vantagens sobre algumas condições como altas temperaturas, que tendem a acelerar a senescência e, assim, diminuir o suprimento de assimilados para os grãos (Spano et al., 2003).

Thomas & Howarth (2000) relatam que genótipos de sorgo variam quanto ao tempo de inicialização e à velocidade da senescência das folhas. Em condições normais de cultivo, as folhas de sorgo senescem após a maturidade dos grãos. Alguns genótipos não somente permanecem verdes como também contêm, significativamente, mais carboidratos no caule durante todo os estádios de maturação, e possuem uma alta produção de grãos (Mc Bee et al., 1983).

Durante a seca o enchimento de grãos acelera a senescência das folhas, levando a uma morte prematura da planta (Rosenow & Clark, 1981). Quando há limitação de água, genótipos *stay-green* mantêm as folhas verdes por mais tempo que os genótipos ausentes desta característica, fazendo com que o enchimento de grãos ocorra regularmente (Rosenow et al., 1983).

Em trigo, o período que corresponde ao crescimento da espiga próximo à antese até o desenvolvimento total da semente é de grande importância (Silva et al., 2003). Maior disponibilidade de assimilados próximos à antese pode representar mais flores férteis e, conseqüentemente, sementes em maior número e tamanho, com maior capacidade de formar grãos cheios (Rodrigues, 2000; Rodrigues et al., 1998). Assim, uma vez determinado o número de sementes por espiguetas, o rendimento de sementes passa a depender da taxa de acúmulo da matéria seca e da duração do período de enchimento (Silva et al., 2003). No período de enchimento de sementes, a área foliar verde tem grande importância como tecido fotossintetizante ativo, proporcionando maior partição dos assimilados.

O efeito da temperatura na duração do período de enchimento e crescimento da semente tem sido bastante discutido. Segundo Rodrigues (2000), a ocorrência de baixas temperaturas retarda o desenvolvimento e aumenta o período de crescimento da semente, enquanto altas temperaturas provocam, além de redução no período de crescimento da semente, diminuição sensível de rendimento. Isso ocorre porque as temperaturas elevadas intensificam o movimento de assimilado da folha bandeira para a espiguetas, mas, por causa do aumento da taxa de respiração, não aumentam, necessariamente, a taxa de acúmulo de matéria seca (Bruckner & Frohberg, 1987; Gebeyehou et al., 1982). Segundo Nedel et al. (1999) e Sanford (1985), a elevação da temperatura aumenta moderadamente a taxa de enchimento da semente, enquanto a duração do enchimento é drasticamente reduzida.

O caráter *stay-green* tem sido utilizado para reduzir a senescência em trigo (Silva, 1999; Silva et al., 2000), resultando no aumento funcional da área foliar e, conseqüentemente, na elevação da taxa e da duração do enchimento da semente (Silva et al., 2003). A utilização de genótipos *stay-green* constitui uma estratégia eficiente na potencialização de disponibilidade de assimilados para a espiguetas e, conseqüentemente, na elevação do rendimento de semente, principalmente o componente peso médio de semente.

Silva et al. (2003) avaliaram a taxa de acúmulo de matéria seca e a duração do período de enchimento dos grãos de linhas quase-isogênicas de trigo, diferenciadas somente quanto à presença e ausência do caráter *stay-green*. Estes autores concluíram que linhas *stay-green* apresentam maior eficiência no desenvolvimento do ciclo, alongando a fase de enchimento de sementes e diminuindo o período para a senescência da planta. O caráter *stay-green* propiciou maior deposição de reservas nas sementes próximo à fase de maturidade fisiológica. Já para as linhagens sem este caráter, produziram maior acúmulo de matéria seca na fase inicial, após a antese, atingindo o ponto de maturidade fisiológica de forma mais precoce, fazendo com que o período de enchimento fosse encurtado.

Spano et al. (2003) selecionaram mutantes de trigo produtivos que possuíam característica *stay-green*. Os mutantes selecionados para esta característica fizeram com que houvesse um incremento de 10 a 12% no peso de sementes devido ao aumento da duração de fotossíntese, resultando em um aumento de translocação de fotoassimilados para os grãos.

Genótipos com senescência prematura, quando comparados com genótipos normais de girassol, têm peso de sementes, peso total e conteúdo de óleo inferiores (Cukadar-Olmedo & Miller, 1997). A característica *stay-green* contribui indiretamente para aumentar a performance da planta, fazendo com

que haja uma melhor produção na qualidade da semente (Cukadar-Olmedo & Miller, 1997).

Existem evidências de *stay-green* para a batata, mas informações a este respeito restringem-se basicamente ao trabalho de Schittenheim et al. (2004). Segundo estes autores, a planta transgênica de batata, Dara-5, na qual foi introduzido um gene que confere uma super expressão do fitocromo B, quando comparada às outras, apresentava uma tendência de permanecer verde por mais tempo, sendo classificada como um tipo A de *stay-green* (Thomas & Howarth, 2000).

Diante destes relatos, pode-se perceber que genótipos possuidores da característica *stay-green* tendem a manter por mais tempo a área foliar fotossinteticamente ativa, fazendo com que sejam úteis aos programas de melhoramento da batata que visam seleção de clones tolerantes às condições tropicais brasileiras.

#### **2.4.2 Eficiência fotossintética**

Entre os mecanismos fisiológicos e bioquímicos relacionados com a tolerância ao calor em batata, citam-se a maior eficiência fotossintética a altas temperaturas (Wolf et al., 1990a); a menor atividade da amilase e invertase e o menor acúmulo de amido em folhas (Basu & Minhas, 1991); e a síntese de proteínas *heat shock* por longos períodos (Ahan et al., 2004).

A produção de tubérculos de batata é determinada pela fotossíntese, respiração e partição de assimilados para os tubérculos, estando estes processos ligados a fatores ambientais, genéticos e de manejo da cultura (Fontes & Finger, 1999). Struik & Ewing (1994) relatam que a temperatura possui efeito pronunciado na fotossíntese em plantas de batata. De acordo com Benincasa (1977), a atividade fotossintética é um processo amplo que envolve numerosos



passos importantes e inter-relacionados, os quais dependem muito das condições ambientais.

Muitas culturas possuem um ótimo de temperatura para a fotossíntese (Wolf et al., 1990a). Temperaturas altas resultam em decréscimo na velocidade de fotossíntese, como, por exemplo, na cultura da batata (Dwelle et al., 1981; Ku et al., 1977) e do tomate (Bar-Tsur et al., 1985). Segundo Struik & Ewing (1994), altas temperaturas aumentam a área foliar da batata, mas reduzem a fotossíntese e encurtam a longevidade individual das folhas. Burton (1972) observou completa inibição de fotossíntese líquida, em batata, por temperaturas acima de 30°C. Em torno desta temperatura a respiração aumenta rapidamente, o que resulta em decréscimo na fotossíntese líquida e na produção de tubérculos. Temperaturas mais elevadas causam crescimento exuberante da parte aérea, baixa fotossíntese líquida, alta respiração e baixa partição de matéria seca para os tubérculos (Fontes & Finger, 1999).

A temperatura ideal para a fotossíntese das cultivares européias de batata está em torno de 20°C, e cada elevação de 5°C na temperatura da folha resulta, nessas cultivares, em redução por volta de 25% na taxa fotossintética; a respiração da folhagem pode ser dobrada devido à elevação de 10°C na temperatura (Burton, 1981).

O limite ótimo de temperatura para a fotossíntese, de 24 a 30°C, foi encontrado por Dwelle et al. (1981). Diversos autores relatam que o ótimo de temperatura para a fotossíntese líquida não ultrapassa 25°C (Dwelle et al., 1981; Ku et al., 1977).

Wolf et al. (1990a), estudando o efeito de temperaturas elevadas em algumas cultivares de batata, observaram que temperaturas até 38°C não ocasionaram redução na fotossíntese quando as plantas já vinham se desenvolvendo nessas condições a priori. Todavia, temperaturas maiores que 40 a 42°C, ou a transferência de plantas de regimes de 22°C para 32°C, causaram

redução na fotossíntese líquida. Os autores concluíram que a cultura da batata pode ser adaptada a temperaturas relativamente altas e ter uma adequada taxa fotossintética. Observaram, ainda, diferenças entre as cultivares para resistência ao calor, com o clone CL-884, mostrando maior capacidade para realizar fotossíntese em temperaturas acima de 40°C.

Em câmara de crescimento, cultivares de batata foram submetidas a temperaturas de 15 a 40°C, em intervalos de 5°C por hora (Hammes & Dejager, 1990). A taxa fotossintética decresceu com temperaturas acima de 20°C. Em temperaturas de 40°C, a taxa fotossintética foi apenas 37% da apresentada a 20°C.

Trabalhando com dez cultivares de batata, entre elas as cultivares Atlantic, Desireé, Norchips, Russet Burbank e o clone LT-1, Prange et al. (1990) observaram que a taxa de fotossíntese decresceu 34% quando a temperatura foi elevada de 18 para 21°C.

Em várias culturas utiliza-se a eficiência fotossintética para a obtenção de genótipos tolerantes e/ou resistentes às condições de estresse abiótico. Na cultura do feijoeiro (Costa et al., 2002; Ribeiro et al., 2004) e em caupi (Costa et al., 2002) foram feitos estudos da utilização da taxa fotossintética com o intuito de selecionar genótipos tolerantes às condições de altas temperaturas.

Tem sido relatada, em várias espécies diplóides de *Solanum*, variabilidade para outros caracteres fisiológicos considerados importantes para a resistência ao calor (Midmore & Prange, 1991; Reynolds & Ewing, 1989). Midmore & Prange (1991) concluíram que a tolerância é governada por dois mecanismos fisiológicos principais: a capacidade de tubular sob altas temperaturas e a de manter um balanço positivo de produção de matéria seca.

Existe uma grande variação na resposta fotossintética ao calor entre espécies e genótipos de batata (Midmore & Prange, 1991; Reynolds et al.,

1990), o que permite selecionar genótipos resistentes a esta condição ambiental através de métodos convencionais de melhoramento.

O sistema fotossintético de batata possui uma alta capacidade adaptativa a altas temperaturas (Reynolds et al., 1990; Wolf et al., 1990a). Reynolds et al. (1990) sugeriram que as diferenças na sensibilidade entre espécies de *Solanum* tolerantes e suscetíveis ao calor são resultantes da senescência acelerada, perda de clorofila, redução na condutância estomatal e inibição de reações em altas temperaturas. Sendo assim, estes caracteres possuem grande potencial para auxiliar a seleção de genótipos resistentes às condições tropicais.

#### **2.4.3 Produção e partição de matéria seca**

A produção de matéria seca de uma planta é função da sua capacidade fotossintética e do modo de partição entre seus órgãos. A produção e a partição de matéria seca são características importantes da planta de batata que podem ser alteradas pela ação do ambiente de desenvolvimento (Menezes et al., 1999).

Struik & Ewing (1994) relataram que a temperatura afeta a taxa de acúmulo de matéria seca; a partição de matéria seca para as folhas, ramos, raízes, estolões e tubérculos; a área foliar específica; o número e tamanho dos tubérculos; e a taxa de senescência da cultura.

Os efeitos da temperatura sobre a produção total de matéria seca resultam de seus efeitos sobre a velocidade da fotossíntese líquida e a duração da área foliar. Estas variáveis, contudo, interagem com a fisiologia da formação de tubérculos e a partição de matéria seca (Struik & Ewing, 1994).

Vários autores relatam que altas temperaturas aumentam a partição de matéria seca para a parte aérea em detrimento da raiz, dos estolões e dos tubérculos (Malik et al., 1992; Prange et al., 1990; Sarquís et al., 1996).

Ewing (1981) e Khedher & Ewing (1985) relatam que na seleção para tolerância ao calor é essencial que atenção seja dada não apenas à sobrevivência

e desenvolvimento da planta em altas temperaturas, mas também à partição de fotoassimilados para os tubérculos.

A distribuição de matéria seca pelos diferentes órgãos ou regiões da planta é um parâmetro importante a ser utilizado, tanto para detectar diferenças entre genótipos sob condições ambientais semelhantes como para estudar efeitos, em um dado genótipo, que são atribuídos a certas variações ambientais (Benincasa, 1988). Tai et al. (1994) utilizaram, como critério de seleção para tolerância ao calor, o caráter teor de matéria seca dos tubérculos.

Estudando o efeito de temperaturas elevadas e fotoperíodo na partição de assimilados e translocação de  $C^{14}$  entre os vários órgãos da planta de batata, Wolf et al. (1990b) observaram que a partição de matéria seca para os órgãos vegetativos (folhas e hastes) foi acentuada em altas temperaturas. Os autores sugerem ainda que, sob os regimes de temperaturas estudados, o efeito principal de altas temperaturas é na partição de assimilados e não na produtividade total de matéria seca da planta.

Van Dam et al. (1996), trabalhando com várias combinações de fotoperíodo e temperaturas, verificaram que temperaturas mais altas e fotoperíodo longo resultaram em menor partição de matéria seca para os tubérculos. Resultados semelhantes foram obtidos por diversos outros autores (Gawronska et al., 1992; Lafta & Lorenzen, 1995; Manrique & Bartholomew, 1991; Sarquís et al., 1996).

O desenvolvimento e a produção de cultivares e clones de batata, em diferentes altitudes no Hawaii, foram estudados observando a partição de matéria seca nos diferentes órgãos da planta (Manrique et al., 1989). Os resultados obtidos mostraram que existem plantas altas, com internódios mais longos, mais ramos por hastes, maior índice de área foliar e menor número de tubérculos comerciáveis em altitudes menores, representadas.

Manrique & Bartholomew (1991) estudaram o comportamento de genótipos tolerantes e sensíveis ao calor, sob diferentes altitudes, enfocando principalmente a produção de matéria seca e a eficiência de partição entre os órgãos da planta. Em altitudes menores a matéria seca da parte aérea geralmente foi maior; para peso seco de tubérculos aconteceu o inverso.

Khedher & Ewing (1985) trabalharam com onze cultivares em duas casas de vegetação, uma ventilada e outra sob temperaturas elevadas. Em condições de temperaturas amenas, mais de 80% da matéria seca foi particionada para os tubérculos, enquanto, em condições de altas temperaturas, apenas uma cultivar apresentou partição acima de 39%.

Com o objetivo de conhecer o processo de tuberização e a partição de matéria seca para os tubérculos em diferentes estádios de desenvolvimento de genótipos de batata, levando em conta a diferença do ciclo vegetativo, Silva (2004) sugeriu que a maior produção dos clones tardios foi devida ao crescimento vigoroso e à maior longevidade da parte aérea, que possibilita a formação de maior número de tubérculos por planta e a maior taxa de tuberização ao longo do período de enchimento dos tubérculos.

O estudo da matéria seca na planta pode ter como base técnicas simples de análise de crescimento, as quais se fundamentam na medida seqüencial do acúmulo de matéria seca pela planta, determinada normalmente pela mensuração da massa seca da planta e/ou de seus órgãos (Benincasa, 1988).

Van Heemst (1986) estudou a distribuição da matéria seca pelas diversas partes da planta de batata através da análise de informações de experimentos nos quais as plantas foram colhidas periodicamente durante os estádios iniciais de seu crescimento. O autor verificou que a distribuição de matéria seca para as várias partes da planta seguiu, aparentemente, um padrão regular, o qual se expressa como uma função dos estádios fenológicos de desenvolvimento.

Silva (2004), em sua revisão de literatura, relata diversos trabalhos que melhor elucidam estes aspectos da partição de matéria seca como sendo função dos estádios fenológicos de desenvolvimento da planta de batata. Struik & Ewing (1994) mencionam o efeito da temperatura sobre a partição de matéria seca no início da emissão de estolões, na inicialização da tuberização e no crescimento dos tubérculos.

A partição de matéria seca é um processo dinâmico que muda continuamente durante o desenvolvimento da cultura, e esta, quando quantificada em diferentes épocas de colheitas, permite o estudo mais detalhado dos fatores que levarão a uma dada produção final (Van Heemst, 1986).

Gawronska et al. (1984) estudaram a partição de fotoassimilados em quatro clones de batata sob condições de campo, verificando que a partição muda com os estádios de desenvolvimento da planta e varia entre os clones. Os autores observaram que ao final do ciclo vegetativo, alguns clones realocaram fotoassimilados para os tubérculos mais rapidamente que outros, existindo, assim, potencial para o melhoramento genético combinar longo ciclo vegetativo, com a planta realizando fotossíntese, à rápida e/ou elevada realocação de fotoassimilados para os tubérculos e, conseqüentemente, incremento no rendimento final da cultura.

Para Moorby (1970), a distribuição de fotoassimilados armazenados em outros órgãos da planta, principalmente folhas e hastes, possui importância considerável no enchimento dos tubérculos, sendo, portanto, mais um fator que afeta a produção final de tubérculos aliado ao acúmulo direto de fotoassimilados nos tubérculos pelo processo de fotossíntese. Este mesmo autor verificou que durante o período de decréscimo da matéria seca da parte aérea, cerca de 20 a 25% do incremento no peso de tubérculos foi devido à remobilização de fotoassimilados. No final do ciclo vegetativo, 90% da matéria seca encontrada

nos tubérculos resultava da translocação direta de fotoassimilados e 10%, da remobilização dos fotoassimilados encontrados na parte aérea da planta.

O crescimento da planta de batata tem sido estudado intensivamente, e vários modelos estão disponíveis para descrever ou prever o total de biomassa produzida quando os parâmetros ambientais são conhecidos (Ingram & Mc Cloud, 1984; Spitters, 1987).

Estudando as características do ciclo vegetativo da cultivar de batata Achat, Paula (1986) verificou que o máximo crescimento vegetativo da planta ocorreu entre 40 e 50 dias após a emergência, sendo que, desta fase até o final do ciclo vegetativo, ocorreu apenas o enchimento dos tubérculos.

Na análise de crescimento em plantas de batata foi verificado que ganhos em produtividades podem ser obtidos com o aumento do número de hastes, folhas e tubérculos por planta (Meltzer, 1992). Juzl (1994), utilizando a estimativa do índice de área foliar, observou que a máxima produção de tubérculos ocorria com índice de área foliar de 40 a 50  $\text{dm}^2 \text{m}^{-2}$  em plantas de batata.

No entanto, segundo Burton (1966), é possível que uma planta com parte aérea excessivamente desenvolvida, cuja fotossíntese não é maior do que em uma planta de menor tamanho, uma vez que a intensidade luminosa incidente é a mesma para uma dada superfície de solo, produza menos tubérculos em relação a uma planta menos desenvolvida devido, em grande parte, à maior taxa respiratória da planta mais desenvolvida. Outros fatores, além da intensidade luminosa, afetam a distribuição da matéria seca na planta, como as condições de cultivo, o fotoperíodo, a temperatura e a cultivar utilizada.

A utilização da técnica da análise de crescimento pode contribuir para a identificação de genótipos mais bem adaptados às condições de cultivo, em relação à capacidade produtiva e fisiológica, levando em consideração os aspectos anatômicos das folhas que podem condicionar uma melhor eficiência

fotossintética (Benincasa, 1988). Alguns autores, como Magalhães (1979) e Radford (1967), sugerem a utilização de índices denominados de morfofisiológicos, que aliam aspectos morfológicos e fisiológicos, para estudos de análise de crescimento, discriminando genótipos adaptados às condições adversas de cultivo.

#### **2.4.3.1 Índices morfofisiológicos**

A análise quantitativa do crescimento vegetal foi desenvolvida por fitofisiólogos ingleses (Blackman, 1968; Blackman, 1919; Briggs et al., 1920; Watson, 1952) e é considerada internacionalmente como o método padrão para a estimativa da produtividade biológica, ou produtividade primária das comunidades vegetais (Magalhães, 1979), a qual se destina à avaliação da produção líquida das plantas, derivada do processo fotossintético, e é o resultado do desempenho do sistema assimilatório durante um certo período de tempo (Magalhães, 1979).

Dois parâmetros são necessários para se proceder à análise de crescimento: o total de matéria seca planta (W) e o total de área foliar na planta (A). Se a planta em estudo formar uma cobertura no solo, então os parâmetros a serem avaliados serão o total de matéria seca da planta por unidade de área do solo (W) e o total de área foliar da planta por unidade de área de solo (A); este último denominado de índice de área foliar (IAF) (Radford, 1967).

Formas gerais de expressar os conceitos de W e A seriam a quantificação do material vegetal presente e a quantificação da magnitude do sistema assimilatório do material vegetal, respectivamente (Radford, 1967).

Radford (1967) demonstra os estimadores dos índices morfofisiológicos mais utilizados na análise de crescimento:



a) taxa de crescimento de uma cultura por unidade de solo (TCC), em um instante de tempo (t) - definida como sendo o incremento de material vegetal por unidade de tempo:

$$\text{TCC} = \frac{dW}{dt};$$

b) taxa de crescimento relativo de uma planta (TCR) em um instante de tempo (t) - definida como o incremento de material vegetal por unidade de tempo:

$$\text{TCR} = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt} (\ln W);$$

c) taxa assimilatória líquida de uma planta (TAL) em um instante de tempo (t) - definida como sendo o incremento do material vegetal por unidade de material assimilado por unidade de tempo:

$$\text{TAL} = \frac{1}{A} \frac{dW}{dt}; \text{ e,}$$

d) razão de área foliar de uma planta (RAF) em um instante de tempo - definida como a taxa de material assimilado por unidade de material vegetal presente:

$$\text{RAF} = \frac{A}{W}.$$

A RAF pode ser considerada como um produto de dois componentes:  $\frac{LW}{W}$  (taxa de massa foliar) e  $\frac{A}{LW}$  (área foliar específica), em que LW é a massa foliar da planta. Sendo assim, a LAR pode ser expressa do seguinte modo:

$$RAF = \frac{LW}{W} \frac{A}{LW}.$$

Pode-se verificar que as expressões de TCR, TAL e RAF são interrelacionadas. Em um determinado instante de tempo, tem-se:

$$TCR = TAL \times RAF.$$

Na prática não se faz o uso destes índices morfofisiológicos em tempos pontuais, ou colheitas, separadamente. O que tem sido feito é calcular a média desses índices entre sucessivas amostragens. Os estimadores utilizados para isto serão demonstrados nos tópicos seguintes e relatadas por Magalhães (1979) e Radford (1967).

#### **2.4.3.1.1 Área foliar média**

A área foliar média sobre um período de tempo de  $t_1$  a  $t_2$  é dada por:

$$\bar{A} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} A dt.$$

A expressão  $\int_{t_1}^{t_2} A$  é denominada de duração da área foliar, considerada como um índice morfofisiológico. Este índice representa o tamanho do aparelho

fotossintético que permanece na planta em relação ao tempo (Aguiar Netto et al., 2000).

#### **2.4.3.1.2 Taxa de crescimento médio da cultura**

A taxa de crescimento médio da cultura (TCC) é dada por:

$$\overline{\text{TCC}} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1},$$

em que  $W_1$  e  $W_2$  são os valores de  $W$  nos tempos  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente.

#### **2.4.3.1.3 Taxa de crescimento relativo médio**

A medida mais apropriada para a avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado, é a taxa de crescimento relativo (TCR) (Briggs et al., 1920).

A expressão para este índice é dada por:

$$\overline{\text{TCR}} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{(t_2 - t_1)}.$$

O resultado é expresso em unidades de material vegetal produzido por material vegetal existente, durante um intervalo de tempo prefixado.

#### **2.4.3.1.4 Taxa assimilatória líquida média**

O valor da taxa de crescimento relativo resulta da contribuição de dois componentes: o primeiro se refere à taxa de aumento do crescimento, por unidade de tempo e de área foliar, denominada taxa assimilatória líquida (TAL);

o segundo é definido pela relação entre a área foliar e o peso seco da planta, chamada de razão da área foliar (RAF).

A TAL reflete a dimensão do sistema assimilador que é envolvido na produção de matéria seca, ou seja, é uma estimativa da fotossíntese líquida.

O estimador médio deste índice é dado por:

$$\overline{TAL} = \frac{W_2 - W_1}{A_2 - A_1} \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{(t_2 - t_1)},$$

em que  $A_1$  e  $A_2$  são valores de  $A$  nos tempos  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente.

Os resultados são expressos em unidades de crescimento (peso) por superfície foliar presente (área), por unidade de tempo.

A  $\overline{TAL}$  depende de fatores ambientais, principalmente da radiação solar. Devido ao efeito do auto-sombreamento, a  $\overline{TAL}$  diminui com o aumento da área foliar e, conseqüentemente, durante o crescimento da cultura.

#### 2.4.3.1.5 Razão de área foliar média

A razão de área foliar (RAF) é a medida da dimensão relativa do aparelho assimilador e serve como um parâmetro apropriado para as avaliações dos efeitos genotípicos, climáticos e do manejo de comunidades vegetais (Magalhães, 1979).

A razão de área foliar média, durante um intervalo de tempo  $t_1$  a  $t_2$ , pode ser obtida por:

$$\overline{RAF} = \frac{A_2 - A_1}{W_2 - W_1} \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{(\ln A_2 - \ln A_1)}.$$

#### **2.4.3.1.6 Índice de área foliar**

O índice de área foliar (IAF) determina a área foliar existente em uma superfície de solo determinada. Este índice descreve a dimensão do sistema assimilador de uma cultura. Em alguns casos, outras partes da planta, além das folhas, contribuem de maneira substancial para a fotossíntese, como pecíolos e caules, os quais devem ser adicionados à área foliar no cálculo dos parâmetros da análise de crescimento (Magalhães, 1979). Este índice pode substituir o valor de A nas demais equações descritas anteriormente.

Magalhães (1979) citou que a taxa de crescimento da cultura (TCC) depende do IAF e da TAL e pode ser calculada pela equação:

$$TCC = TAL \times IAF.$$

Como sugerido por Benincasa (1988), a utilização da técnica da análise de crescimento utilizando os índices morfofisiológicos pode contribuir para a identificação de genótipos resistentes às condições adversas do ambiente, sendo esta uma potencial ferramenta para o melhoramento de plantas.

Aguiar Netto et al. (2000) utilizaram os índices morfofisiológicos para estudar as respostas da cultura da batata a diferentes lâminas de irrigação. Neste estudo foi utilizada a cultivar Aracy. Os autores observaram que o aumento nas lâminas de irrigação induziu incremento no índice de área foliar, na duração da área foliar, na taxa de crescimento relativo e na taxa assimilatória líquida. Diante destas observações, concluíram que a redução nas lâminas de água de irrigação afeta negativamente os índices morfofisiológicos do crescimento na cultura da batata.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material experimental

Os quatro clones utilizados para a instalação do ensaio, bem como a suas respectivas genealogias e os ciclos vegetativos correspondentes, encontram-se na Tabela 1. Estes clones foram selecionados como tolerantes ao calor pelo Programa de Melhoramento da Batata da UFLA, com base em ensaios realizados em ambientes na presença e ausência de estresse por altas temperaturas. O clone CBM 2-21 é classificado como tolerante ao calor porque apresenta as menores perdas de produção em ambientes com estresse em relação à produção em ambientes sem estresse. Contudo, este clone é adaptado somente às condições de estresse por altas temperaturas, já que não é responsivo à melhora ambiental, apresentando baixa média da produção sob condições mais favoráveis de temperatura. O mesmo ocorre para o clone CBM 2-27.

Os clones CBM 16-15 e CBM 22-19 possuem adaptação ampla porque apresentam alta produção de tubérculos em ambientes com e sem a presença de estresse por altas temperaturas.

TABELA 1 Genealogia e ciclo vegetativo dos clones avaliados no ensaio.

Clone	Genealogia	Ciclo vegetativo
CBM 16-15	LT-7 x EPAMIG 76-0526	Precoce
CBM 2-21	LT-7 x Aracy	Precoce
CBM 22-19	LT-9 x EPAMIG 76-0580	Tardio
CBM 2-27	LT-7 x Aracy	Tardio

Os clones LT-7 e LT-9 foram liberados pelo CIP (Centro Internacional de la Papa) como tolerantes ao calor. Os clones EPAMIG 76-0526 e 76-0580 foram gerados pelo programa de melhoramento da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e apresentam características agronômicas de interesse para serem utilizados como genitores (Pinto et al., 1994). A cultivar Aracy foi selecionada pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e é considerada um genótipo de ampla adaptação.

### **3.2 Condução experimental e delineamento experimental**

Os tubérculos-semente foram obtidos do cultivo da safra de verão de 2004/2005, na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA (DBI-UFLA), e ficaram conservados em câmara frigorífica a 4° C e 85% de umidade relativa do ar até um mês antes da instalação do experimento, quando foram colocados em câmara de brotação forçada com bissulfureto de carbono.

O experimento foi instalado no campo experimental do DBI-UFLA, localizado a 21°14' de latitude sul, 40°17' de longitude oeste e a uma altitude de 918 m, no município de Lavras – MG. O experimento foi conduzido na safra das águas (no período de Agosto a Dezembro de 2005).

O solo foi preparado através de aração e gradagem. Nos sulcos de plantio foi feita uma adubação correspondente a 3000 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 4-14-8 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O). Aos 40 dias após o plantio, na ocasião da amontoa, foi feita uma adubação de cobertura com 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 20-0-20 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O).

Os demais tratamentos culturais (irrigação complementar, controle de plantas daninhas, pragas e doenças) foram realizados conforme os normalmente utilizados pelo Programa de Melhoramento Genético da Batata da UFLA. A temperatura ambiental foi monitorada ao longo do experimento.

Foram efetuadas dez épocas de amostragens, realizadas aos 30, 40, 50, 62, 70, 80, 88, 106, 115 e 124 dias após o plantio (DAP). Conforme ocorria a completa senescência do clone, devido ao seu ciclo vegetativo, não eram realizadas as colheitas subsequentes. Cada uma das dez épocas de amostragens foi considerada como um experimento em delineamento em blocos casualizados com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de duas plantas espaçadas de 0,30 m entre plantas x 0,80 m entre linhas. Entre as parcelas experimentais foi plantado um tubérculo da cultivar Asterix, que possui a película rosada, com a finalidade de minimizar o efeito compensatório causado pelo número reduzido de plantas na parcela.

### **3.3 Características avaliadas**

Foram avaliadas as seguintes características:

a) Ciclo vegetativo: número de dias do plantio à senescência natural da parte aérea, considerando a data em que uma das plantas constituintes da parcela estava em completa senescência;

b) Produção de tubérculos ( $\text{g planta}^{-1}$ ): produção de tubérculos dividida pelo número de plantas da parcela;

c) Número total de tubérculos por planta: número total de tubérculos dividido pelo número de plantas da parcela;

d) Peso médio de tubérculos (g): Produção total de tubérculos dividida pelo número de tubérculos da parcela;

e) Peso médio de tubérculos graúdos (g): produção de tubérculos com diâmetro transversal superior a 45 mm dividida pelo número de tubérculos graúdos da parcela;

f) Porcentagem de tubérculos graúdos (%): produção de tubérculos graúdos da parcela dividida pela produção total da parcela;



g) Porcentagem de matéria seca dos tubérculos (%): obtida com base na matéria fresca e na matéria seca de uma amostra em torno de 350 g, através da simples relação entre as massas;

h) Taxa de tuberização (g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>): para cada época de amostragem foi estimada conforme a equação:

$$T_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{DAP_i - DAP_{i-1}},$$

em que:

$T_i$  : é a taxa de tuberização observada, referente à época de amostragem  $i$ ;

$P_i$  : é a produção de tubérculos referente à época de amostragem  $i$ ;

$P_{i-1}$  : é a produção de tubérculos referente à época de amostragem  $i-1$ ;

$DAP_i$  : é o número de dias após o plantio referente à época de amostragem  $i$ ;

$DAP_{i-1}$  : é o número de dias após o plantio referente à época de amostragem  $i-1$ .

i) Matéria seca da parte aérea total (g planta<sup>-1</sup>): obtida pela secagem das folhas e hastes, em estufa a 60° C com fluxo de ar forçado até peso constante, dividida pelo número de plantas da parcela;

j) Partição de matéria seca para os tubérculos (%): é a relação entre a matéria seca particionada para os tubérculos e a matéria seca total da planta;

k) Teor de clorofila total, clorofila a e clorofila b das partes superior e inferior da planta (mg g de matéria fresca foliar<sup>-1</sup>): determinados através do método proposto por Arnon (1949), sendo coletadas amostras que representam cada parte estudada da planta. Utilizou-se a determinação da absorbância das amostras com base nas leituras espectrofotométricas, a 663 e 645 nm, respectivamente para clorofilas a e b. Em seguida, procedeu-se a quantificação e

os cálculos de mg de clorofila por grama de matéria fresca do tecido foliar, a partir das equações:

$$\text{Clo a} = (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) (V/1000P),$$

$$\text{Clo b} = (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) (V/1000P) \text{ e}$$

$$\text{Clo total} = \text{Clo a} + \text{Clo b},$$

em que,

A: é a absorvância dos extratos no comprimento de onda determinado;

V: é o volume final do extrato clorofila-acetona;

P: matéria fresca em gramas do material vegetal.

l) Determinação dos índices morfofisiológicos: taxa de crescimento relativo da planta ( $\text{g de folha}^{-1} \text{ planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ); duração da área foliar ( $\text{m}^2 \text{ de folha planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e taxa assimilatória líquida para os tubérculos ( $\text{g m}^{-2} \text{ de folha planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ).

Para o cálculo destes índices foi necessário mensurar dois parâmetros importantes para cada colheita: a produção de matéria seca total da planta, obtida pela soma da estimativa de produção de matéria seca de tubérculos e da parte aérea; e a área foliar fotossinteticamente ativa, obtida com o auxílio do programa computacional de análise de imagens QUANT (Vale et al., 2001).

### 3.4 Análises estatísticas

Realizou-se a análise de variância para cada experimento e, posteriormente, a análise de variância conjunta considerando o desdobramento dos clones nos dois grupos de acordo com a duração do ciclo vegetativo, bem

como o desdobramento dos clones dentro de cada um destes grupos (Ramalho et al., 2005).

Para a análise de variância foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_{j(i)} + b_k + (tb)_{ik} + e_{(ijk)},$$

em que:

$Y_{ijk}$  : é o valor observado referente à época de amostragem  $i$  na repetição  $j$ , no genótipo  $k$ ;

$\mu$  : é o efeito fixo da média geral do experimento;

$t_i$  : é o efeito fixo da época de amostragem  $i$ , sendo  $i = 30, 40, 50, 62, 70, 80, 88, 106, 115$  e  $124$  DAP;

$r_{j(i)}$  : é o efeito aleatório da repetição  $j$  dentro da época de amostragem  $i$ , sendo  $j = 1, 2$  e  $3$ ;

$b_k$  : é o efeito fixo do genótipo  $k$ , sendo  $k = 1, 2, 3, 4, 5$  e  $6$ ;

$(tb)_{ik}$  : é o efeito da interação da época de amostragem  $i$  com o genótipo  $k$ ;

$e_{(ijk)}$  : é o erro experimental, assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância  $\sigma^2$ .

Os coeficientes de variação ambiental para as características avaliadas foram estimados a partir das seguintes expressões:

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\mu} \cdot 100,$$

em que:

$CV_e$  : é o coeficiente de variação ambiental em porcentagem;

$\sigma_e^2$  : é a variância do erro experimental;

$\mu$  : é a média geral do experimento.

As análises de variância foram realizadas utilizando o programa computacional SISVAR.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ciclos vegetativos observados para os clones em estudo foram de 106 DAP para os clones CBM 16-15 e CBM 2-21, ambos precoces; 115 DAP para o CBM 22-19; e 124 DAP para o CBM 2-27. Em média os clones tardios apresentaram ciclo vegetativo cerca de 13 dias mais longo que os clones precoces.

Devido à morte dos clones precoces aos 106 DAP, as análises conjuntas de variância foram realizadas tomando as oito colheitas em que estavam presentes todos os clones, ou seja, as colheitas aos 30, 40, 50, 62, 70, 80, 88 e 106 DAP. O resumo das análises conjuntas de variância para todas as características encontra-se na Tabela 1A.

Para a fonte de variação amostragens, todas as características avaliadas apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 1A). Este resultado era esperado devido ao desenvolvimento da planta de batata ao longo do ciclo vegetativo.

Para as características teor de clorofila a da parte aérea superior e inferior, teor de clorofila b da parte aérea inferior, teor de clorofila total da parte aérea inferior e taxa de crescimento relativo, não ocorreram diferenças significativas entre os clones. Já para as demais características houve diferenças significativas (Tabela 1A). Para evidenciar as diferenças entre clones, esta fonte de variação foi desdobrada em grupos (precoces vs. tardios) e clones dentro de cada grupo. Conseqüentemente, a interação amostragens x clones também foi desdobrada nas interações amostragens x grupo e amostragens x clones dentro de cada grupo (Tabela 1A).

A fonte de variação amostragens x grupos destaca-se das demais porque representa o comportamento dos grupos de clones ao longo de seus ciclos vegetativos, sendo este o principal objetivo deste estudo. Assim, para as

características peso médio de tubérculos e teores de clorofilas a, b e total da parte aérea inferior não houve diferenças significativas para esta fonte de variação (Tabela 1A). Já para as demais características houve diferenças significativas, mostrando existir a possibilidade de estudos de regressão, importantes na discriminação das diferenças entre os dois grupos de clones, precoces e tardios, ao longo do ciclo vegetativo.

Nas Figuras 1 a 18 estão representados os comportamentos médios dos grupos de clones precoces e tardios nas dez épocas de colheitas, bem como as equações de regressão para cada grupo.

Observa-se que os clones precoces foram ligeiramente mais produtivos que os clones tardios até cerca de 80 DAP. A partir deste ponto os clones tardios apresentaram maior produção (Figura 1). O mesmo não aconteceu com os estudos de Silva & Pinto (2005). Estes autores mostraram que, apesar de os ensaios terem sido conduzidos em condições mais favoráveis, os clones tardios já eram mais produtivos que os precoces desde a colheita aos 58 DAP. Estes resultados evidenciam as mudanças no comportamento dos grupos de clones frente às altas temperaturas.

Na Tabela 2 estão representados os períodos, em porcentagem, entre as colheitas, em que ocorreram os limites de temperatura determinados. A temperatura ideal para a cultura da batata está entre 15° e 20° C (Van Der Zaag & Burton, 1978). Observa-se, portanto, que ao longo do ciclo vegetativo houve temperaturas acima das ideais, fazendo com que isto se reflita de forma negativa no desenvolvimento da cultura (Tabela 2).

Diversos autores relatam que altas temperaturas estimulam o desenvolvimento aéreo, reduzindo a partição de fotoassimilados para os tubérculos, aumentando a intensidade da respiração e acarretando redução na produção de tubérculos (Burton, 1981; Khedher & Ewing, 1985; Manrique et al., 1989; Menezes et al., 2001; Menezes & Pinto, 1995). Observaram-se, neste

trabalho, em aproximadamente 50 % do período de cultivo, temperaturas acima de 20° C (Tabela 2).

O início da tuberização se deu aproximadamente aos 40 DAP (Figura 1). No período entre o início da tuberização e o desenvolvimento inicial dos tubérculos (60 DAP), houve aumento da temperatura ambiental, ou seja, cerca de 54 % deste foram caracterizados por temperaturas acima de 20° C (Tabela 2), causando redução no desenvolvimento inicial dos tubérculos e acarretando, conseqüentemente, redução na produção final de tubérculos. Altas temperaturas são consideradas fatores limitantes à produção de tubérculos neste estágio de desenvolvimento da planta.

Utilizando as equações de regressão (Figura 1), foi possível calcular os pontos de máxima produção para ambos os grupos de clones. Os clones precoces atingiram o máximo de produção aos 91,4 DAP. Já os clones tardios atingiram o máximo de produção aos 167 DAP, sendo que este valor evidencia a tendência de aumento na produção ao longo do ciclo vegetativo.

TABELA 2 Porcentagens do tempo entre as amostragens que ocorreram os limites de temperaturas 10 a 14,9° C, 15 a 19,9° C, 20 a 24,9° C, 25 a 29,9° C e 30 a 35 ° C. Lavras, 2005.

Período entre as colheitas	Intervalos de temperaturas (° C)					Tempo total
	10 a 14,9	15 a 19,9	20 a 24,9	25 a 29,9	30 a 35	
0 a 30 DAP	7.66	44.35	25.94	19.09	2.96	100
31 a 40 DAP	5.00	47.50	26.25	19.58	1.67	100
41 a 50 DAP	19.58	42.50	24.58	10.83	2.51	100
51 a 62 DAP	0.69	29.86	30.56	19.44	19.45	100
63 a 70 DAP	0.00	43.75	33.33	19.79	3.13	100
71 a 80 DAP	0.00	45.83	35.83	15.00	3.34	100
81 a 88 DAP	12.50	54.17	21.88	11.45	0.00	100
89 a 106 DAP	0.00	46.30	34.72	18.05	0.93	100
107 a 115 DAP	6.48	43.52	34.26	15.74	0.00	100
116 a 124 DAP	0.00	51.85	31.48	16.67	0.00	100

Os resultados para a produção de tubérculos mostram que aos 106 DAP, data em que os clones precoces encerraram os seus ciclos vegetativos, os clones tardios produziram cerca de 42% a mais que os clones precoces, sendo, portanto, vantajosa a utilização dos clones tardios em condições tropicais.

Ao final do ciclo vegetativo, 124 DAP, a produção dos clones tardios foi de 864,5 g planta<sup>-1</sup>, sendo esta produção cerca de 51% maior que a produção máxima obtida pelos clones precoces (573 g planta<sup>-1</sup>).

Na Figura 1 é possível evidenciar que os clones tardios possuem um período de enchimento de tubérculos mais prolongado que os precoces, sendo este prolongamento uma vantagem dos clones tardios sobre os precoces, fazendo com que ao final do ciclo os primeiros sejam mais produtivos.

Para o número total de tubérculos por planta, os clones precoces atingiram o valor máximo aos 87.1 DAP, sendo que, a partir deste ponto, os

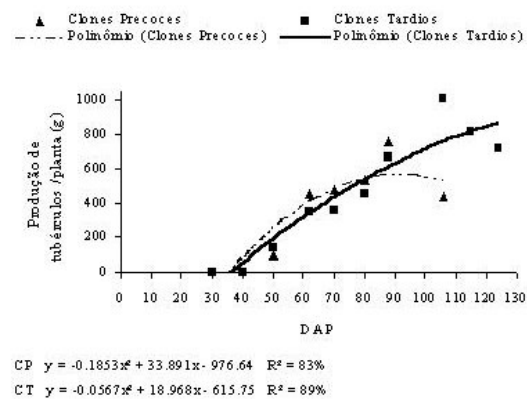


FIGURA 1 Produção de tubérculos para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.



clones tardios apresentaram maiores valores (Figura 2). Os clones tardios apresentaram o máximo de número de tubérculos aos 117.6 DAP, sendo que, aos 60 DAP, apresentavam 51% do valor máximo, e aos 88 DAP, atingiram cerca de 87% do valor máximo, indicando tendência crescente de número de tubérculos por planta; ou seja, novos tubérculos estão sendo formados tardiamente. Silva & Pinto (2005) observaram que os tubérculos desenvolvidos mais tardiamente possuíram pouco tempo para acumular matéria seca, não sendo importantes para a produção comerciável, pois não houve aumento na porcentagem de tubérculos graúdos após os 108 DAP. Já neste trabalho observou-se que os clones tardios apresentaram aumento de 17% de tubérculos graúdos entre 108 e 124 DAP (Figura 3). Isto indica que não seria vantajoso colher os clones tardios mais precocemente, como sugerido por Silva & Pinto (2005).

A porcentagem de tubérculos graúdos (Figura 3) teve comportamento semelhante entre os dois grupos de clones até a colheita realizada aos 106 DAP, quando ocorreu a completa senescência da parte aérea dos clones precoces.

Até aproximadamente os 75 DAP, as médias para peso médio de tubérculos foram semelhantes para os dois grupos de clones (Figura 4), sendo que, a partir deste ponto, os clones tardios apresentaram peso de tubérculos maiores, atingindo o ponto máximo aos 103,1 DAP. Já para os clones precoces, o ponto de máxima foi aos 85,2 DAP.

Os clones precoces e tardios tiveram comportamento semelhante até aproximadamente os 75 DAP para a característica peso médio de tubérculos graúdos (Figura 5). Para ambos os grupos ocorreu um ligeiro decréscimo no peso médio de tubérculos graúdos na última colheita, sendo os valores máximos para a característica em questão de 93,2 e 110,4 para os grupos precoces e tardios, respectivamente (Figura 5).

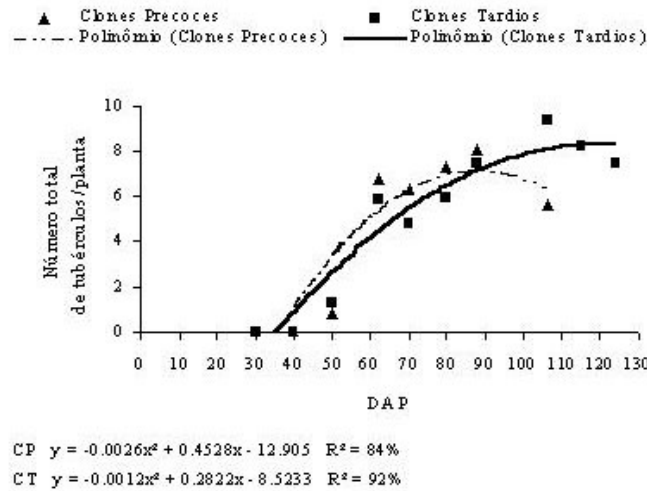


FIGURA 2 Número total de tubérculos para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

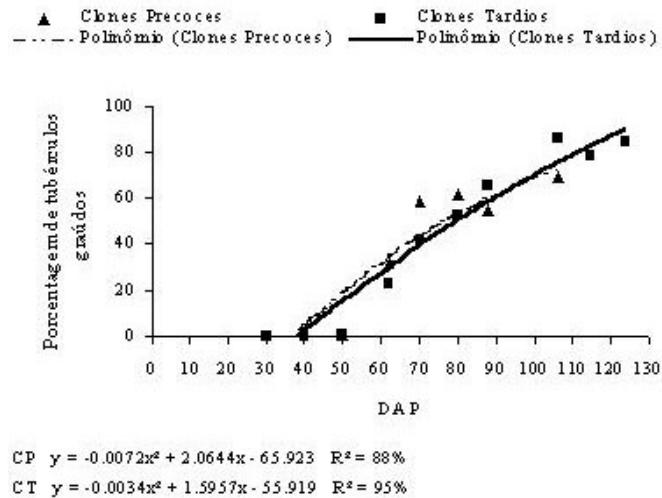


FIGURA 3 Porcentagem de tubérculos graúdos para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

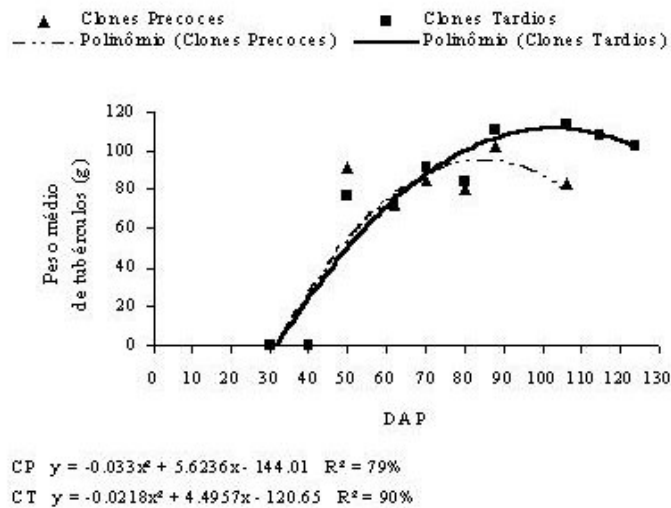


FIGURA 4 Peso médio de tubérculos para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

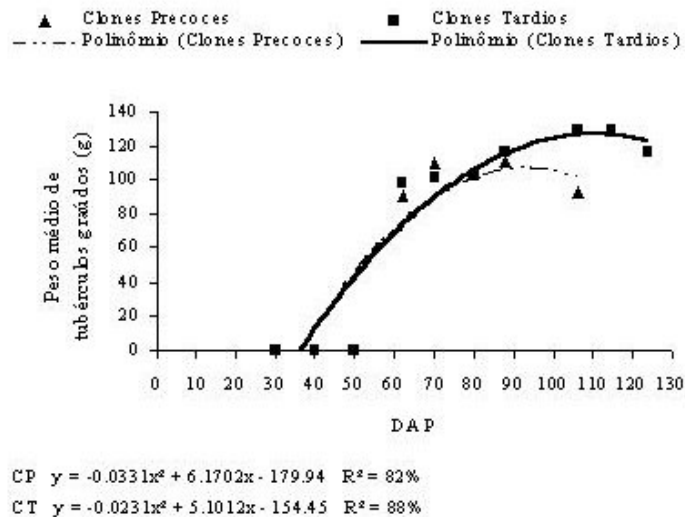


FIGURA 5 Peso médio de tubérculos graúdos para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

A porcentagem de matéria seca dos tubérculos (Figura 6) foi maior para os clones precoces durante todo o período vegetativo, sendo o valor máximo, 19,97 %, atingido aos 90,1 DAP. Já para os clones tardios o valor máximo, 18,5 %, foi atingido aos 99,1 DAP. Valores acima de 20% são tidos como ideais para o processamento industrial da batata, sendo que, para o consumo in natura, os valores atingidos pelos grupos em estudo são aceitáveis, visto que em condições mais favoráveis de temperatura, a cultivar Monalisa atinge cerca de 18,6% de matéria seca dos tubérculos. O fato de este ensaio ter sido conduzido em condições mais desfavoráveis de temperatura contribuiu para que houvesse essa queda de matéria seca dos tubérculos, conforme relatado por diversos autores (Haynes et al., 1989; Haynes & Haynes (1983 e 1981); Johansen et al., 1967; Menezes et al., 1999; Prange et al., 1990).

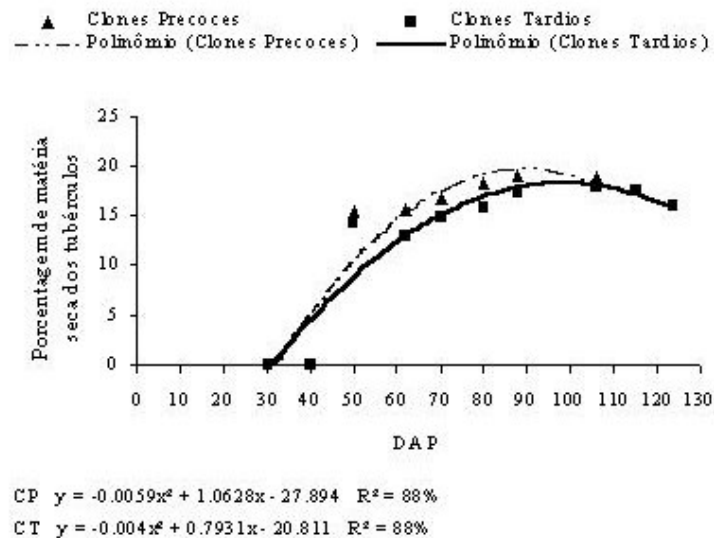


FIGURA 6 Porcentagem de matéria seca dos tubérculos para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

Na Figura 7 estão representados os comportamentos dos grupos em relação à taxa de tuberização. Os clones precoces foram mais eficientes em tuberizar até aproximadamente 85 DAP; a partir disto os clones tardios passaram a ser mais eficientes. As máximas taxas de tuberização ocorreram aos 71,1 e 87,7 DAP para os clones precoces e tardios, respectivamente.

Com as equações de regressões (Figura 7) foi possível calcular o número de dias em que a taxa de tuberização permaneceu acima dos 70% dos valores máximos atingidos para ambos os grupos de clones. Os clones precoces permaneceram 43 dias no limite entre 70% a 100% do valor máximo, ou seja, entre 50 e 93 DAP; já os clones tardios permaneceram 55 dias correspondentes ao período entre 60 e 115 DAP. Este maior período conferiu aos clones tardios incremento adicional na produção de tubérculos, fazendo com que estes fossem mais produtivos ao final do ciclo vegetativo.

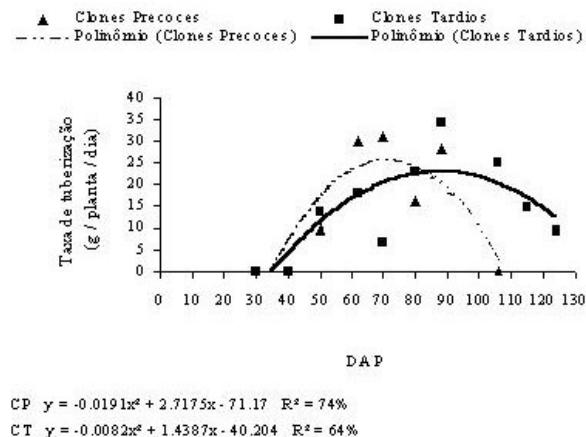


FIGURA 7 Taxa de tuberização para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

Os desenvolvimentos vegetativos máximos foram atingidos aos 69,2 e 80,3 DAP para os clones precoces e tardios, respectivamente (Figura 8). A partir deste período houve decréscimo na matéria seca total da parte aérea devido à senescência natural e à remobilização de matéria seca para os tubérculos (Kooman & Rabbinge, 1996; Moorby, 1970;). A matéria seca da parte aérea aos 60 DAP já representava, em média, cerca de 95,5% e 84% dos valores máximos obtidos, respectivamente, para os clones precoces e tardios. Isto demonstra que a formação de hastes e folhas se dá em maior proporção na fase inicial do desenvolvimento da planta.

É importante destacar que os clones tardios foram sempre superiores aos precoces, evidenciando o potencial destes clones em apresentar maior área foliar fotossinteticamente ativa, como observado posteriormente nas Figuras 13 a 15, concordando com os resultados apresentados por Silva & Pinto (2005).

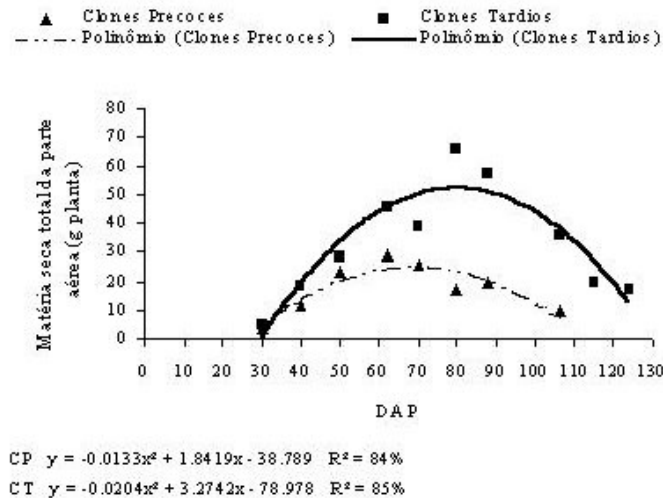


FIGURA 8 Matéria seca total da parte aérea para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

Para os clones tardios a partição de matéria seca para os tubérculos apresentou aumento progressivo no decorrer do ciclo vegetativo (Figura 9), sendo que o máximo de partição, 93,5%, ocorreu aos 124 DAP. Isto era esperado, uma vez que à medida que ocorre o desenvolvimento das plantas, maior proporção de matéria seca é destinada à formação de tubérculos, corroborando Silva & Pinto (2005). Para os clones precoces, o máximo de partição de matéria seca para os tubérculos, 96,7%, ocorreu aos 92,8 DAP.

Apesar de os clones precoces sempre particionarem maior proporção de matéria seca para os tubérculos que os clones tardios ao longo do ciclo vegetativo (Figura 9), vale ressaltar que, em valores absolutos, os clones tardios particionam maior proporção de matéria seca que os precoces, devido a estes últimos possuírem baixa produção de matéria seca na parte aérea (Figura 8).

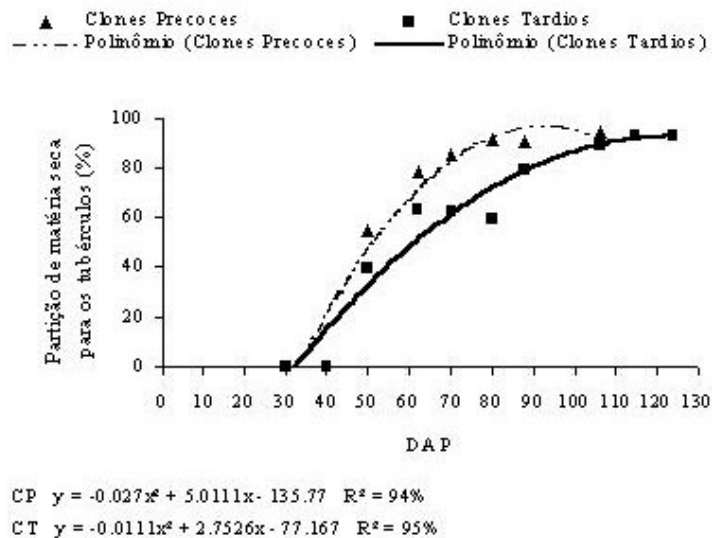


FIGURA 9 Partição de matéria seca para os tubérculos para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

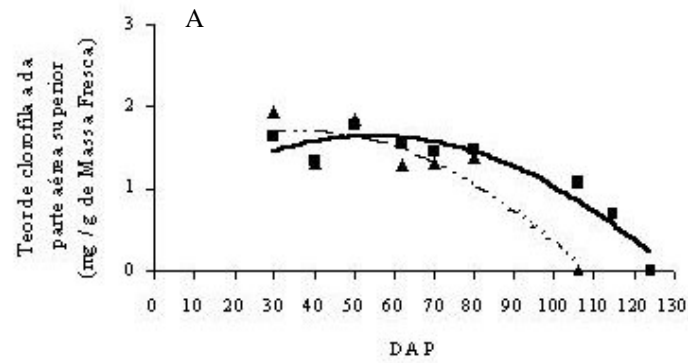
Os comportamentos dos grupos em relação aos teores de clorofila a, b e total das partes aéreas superior e inferior se encontram nas Figuras 10 a 12. Para todos os teores de clorofila da parte aérea inferior, os grupos tiveram os mesmos comportamentos (Figuras 10B, 11B e 12B). Isto ocorreu devido ao autossombreamento que, em geral, foi semelhante em todos os tratamentos, ocasionando redução dos valores dos teores de clorofila na mesma época e na mesma intensidade para os dois grupos de clones (Figuras 10B, 11B e 12B).

Para a parte aérea superior, os clones tardios apresentaram-se diferentes dos precoces para todos os teores de clorofila avaliados (Figuras 10A, 11A e 12A), o que evidencia a importância da parte aérea superior na produção final de tubérculos. Outra evidência disto são os valores dos teores de clorofilas a, b e total da parte aérea superior determinarem a velocidade inicial da taxa de tuberização (Figura 7). Observa-se que a velocidade inicial da taxa de tuberização dos clones precoces é maior que a dos clones tardios, o que é decorrente dos maiores valores dos teores de clorofila a, b e total da parte aérea superior dos clones precoces no início do ciclo vegetativo (Figuras 10A, 11A e 12A).

Utilizando as épocas em que os teores de clorofilas a, b e total atingiram os valores máximos para a parte aérea superior, é possível identificar o início de senescência fisiológica da planta, fazendo com que seja caracterizado o tipo de *stay-green* (Thomas & Howarth, 2000) que, tendenciosamente, os clones tardios possuem. Os valores máximos foram atingidos em épocas diferentes e o início da senescência fisiológica ocorreu, em média, aos 35 e 63,6 DAP, para os clones precoces e tardios, respectivamente, considerando todos os teores de clorofila avaliados para a parte aérea superior. Nesta análise fica evidenciada a tendência dos clones tardios em serem caracterizados pelo tipo A de *stay-green*; o início da senescência fisiológica dos clones tardios sofreu um atraso de 28,6 dias em relação à dos clones precoces (Thomas & Howarth, 2000).

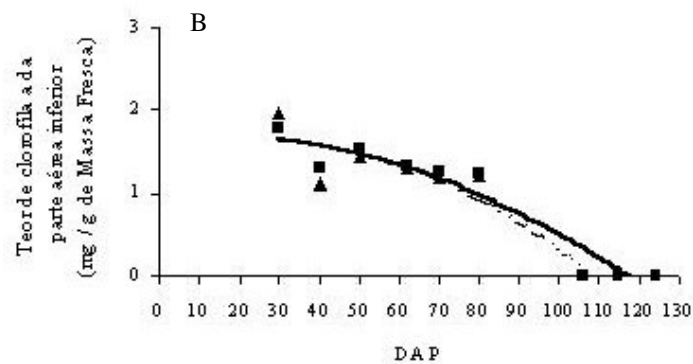


▲ Clones Precoces      ■ Clones Tardios  
 - - - Polinômio (Clones Precoces)      — Polinômio (Clones Tardios)



$$CP \ y = -0.0003x^2 + 0.0243x + 1.2626 \quad R^2 = 83\%$$

$$CT \ y = -0.0003x^2 + 0.0324x + 0.7416 \quad R^2 = 90\%$$

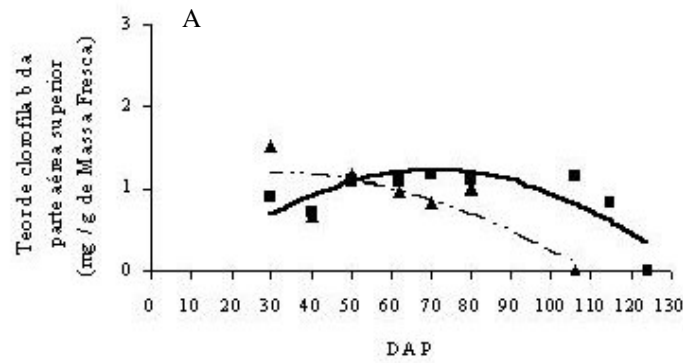


$$CP \ y = -0.0002x^2 + 0.0121x + 1.4709 \quad R^2 = 80\%$$

$$CT \ y = -0.0001x^2 + 0.0032x + 1.6779 \quad R^2 = 92\%$$

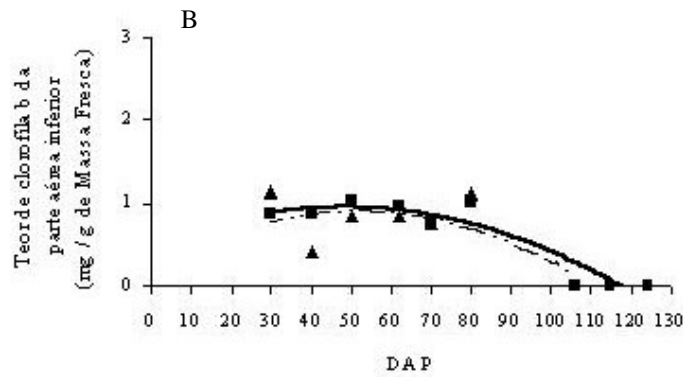
FIGURA 10 Teor de clorofila a das partes aéreas superior (A) e inferior (B) para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

▲ Clones Precoces      ■ Clones Tardios  
 - - - Polinômio (Clones Precoces)      — Polinômio (Clones Tardios)



$$CP \ y = -0.0002x^2 + 0.0115x + 1.0137 \quad R^2 = 66\%$$

$$CT \ y = -0.0003x^2 + 0.044x - 0.3461 \quad R^2 = 68\%$$



$$CP \ y = -0.0003x^2 + 0.0282x + 0.1788 \quad R^2 = 46\%$$

$$CT \ y = -0.0002x^2 + 0.0196x + 0.4849 \quad R^2 = 88\%$$

FIGURA 11 Teor de clorofila b das partes aéreas superior (A) e inferior (B) para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

▲ Clones Precoces      ■ Clones Tardios  
 - - - Polinômio (Clones Precoces)      — Polinômio (Clones Tardios)

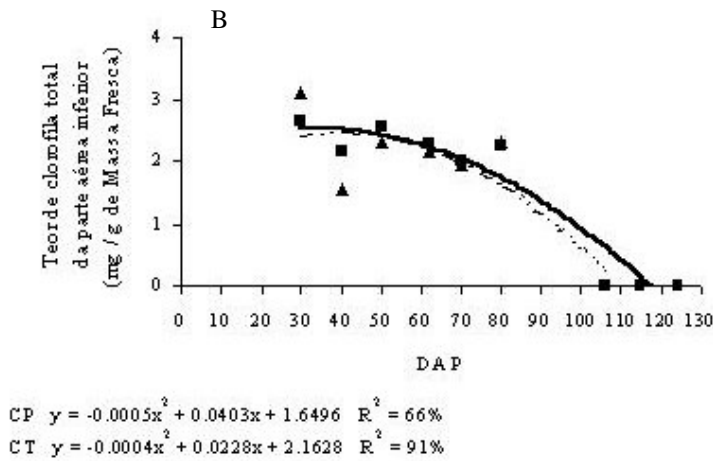
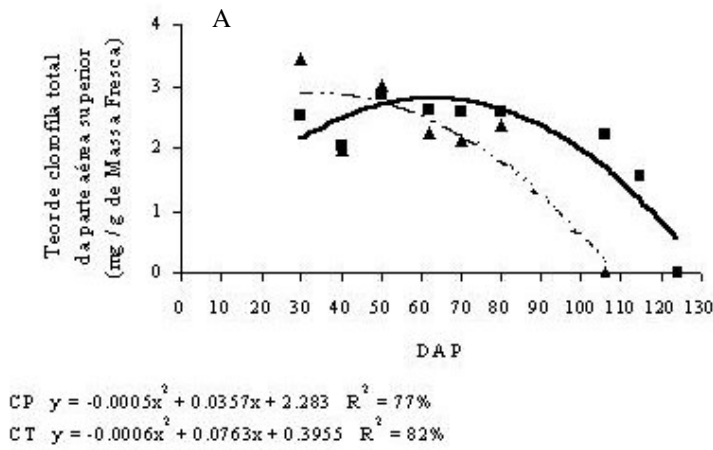


FIGURA 12 Teor de clorofila total das partes aéreas superior (A) e inferior (B) para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

Os clones tardios apresentaram valores superiores aos dos clones precoces para as características área foliar fotossinteticamente ativa das partes aéreas superior, inferior e total ao longo do ciclo vegetativo (Figuras 13 a 15), evidenciando a maior produção de matéria seca da parte aérea por estes clones. Através destas figuras é possível, novamente, evidenciar o tipo A de *stay-green* para os clones tardios, uma vez que as épocas de máxima produção de área foliar para os clones precoces (70,3 , 69,0 e 69,3 DAP, para a área foliar da parte aérea superior, inferior e total, respectivamente) e tardios (91,0 , 71,5 e 84,7 DAP) não são as mesmas, sendo que os clones tardios mantêm por mais tempo folhas fotossinteticamente ativas, fato evidenciado posteriormente na Figura 16, fazendo com que haja maior produção final de tubérculos (Figura 1).

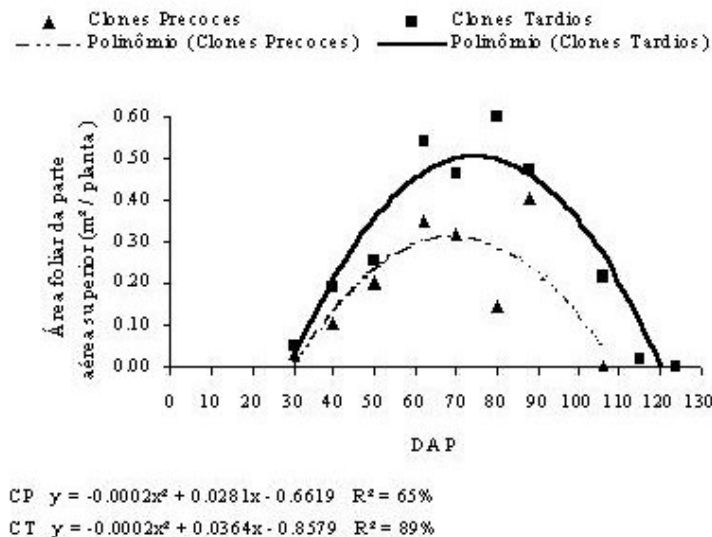


FIGURA 13 Área foliar da parte aérea superior para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

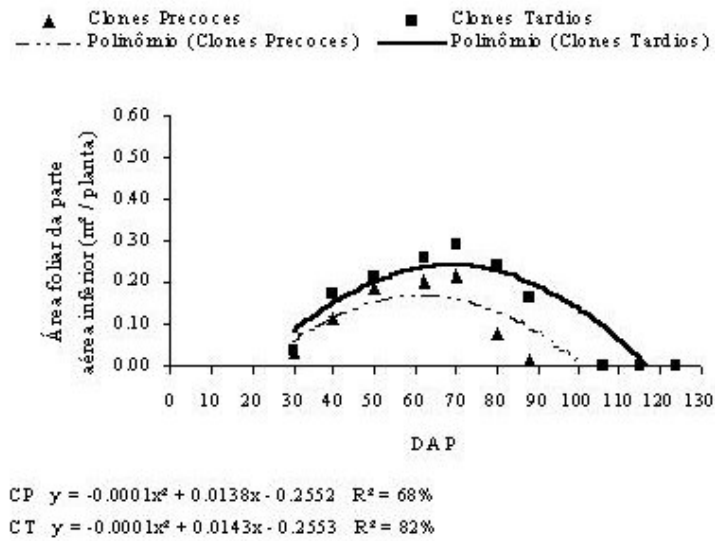


FIGURA 14 Área foliar da parte aérea inferior para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

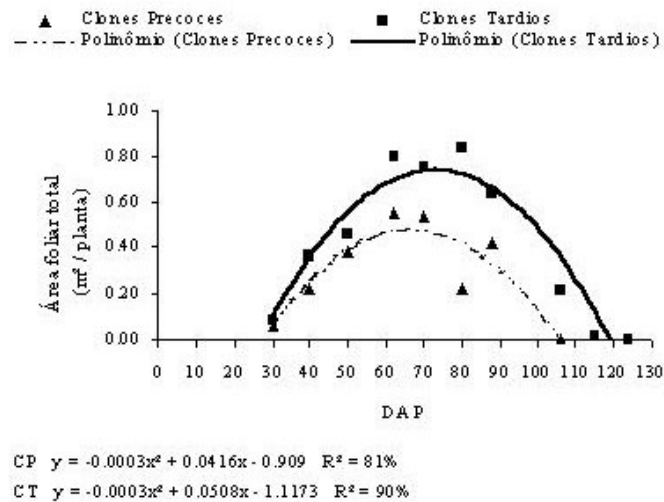


FIGURA 15 Área foliar total para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

Os comportamentos dos índices morfofisiológicos avaliados para os dois grupos de clones se encontram nas Figuras 16 a 18.

Na Figura 16 estão representados os comportamentos da duração de área foliar dos clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Este índice expressa o tamanho relativo do aparelho fotossintético que permanece na planta em relação ao tempo (Aguiar Netto et al., 2000), sendo expresso em  $m^2 \text{ planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Observa-se que ao longo do ciclo vegetativo os clones tardios foram sempre superiores na duração da área foliar que os precoces. Esta maior duração de área foliar condiciona os clones tardios a uma maior produção final de tubérculos, uma vez que estes clones mantêm por mais tempo um maior aparelho fotossintético ativo.

Estes resultados evidenciam a importância da utilização deste índice fisiológico na descrição de clones precoces e tardios visando a adaptação a condições tropicais.

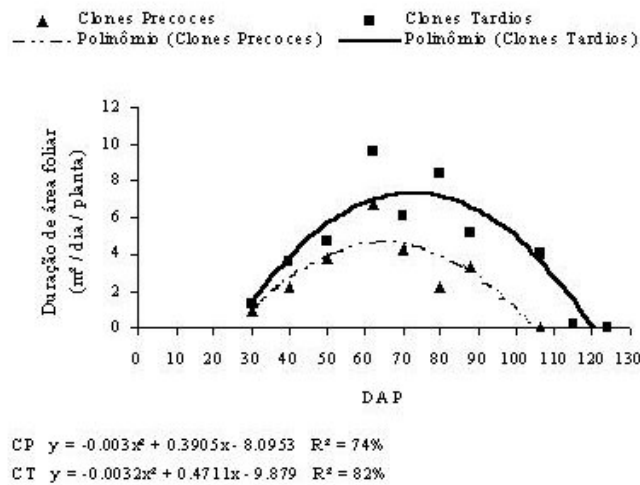


FIGURA 16 Duração de área foliar para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

A taxa de crescimento relativo avalia o quanto de matéria seca é produzida pela planta em relação à matéria seca já existente, ou seja, ela mede a capacidade da planta em produzir material vegetal novo (Radford, 1976). Os clones precoces foram superiores aos tardios até aproximadamente os 88 DAP; a partir deste ponto esta relação foi invertida (Figura 17).

Estabelecendo uma relação deste índice com a produção de tubérculos, observa-se que a partir do terço final do ciclo vegetativo estas duas características estão intimamente relacionadas, uma vez que o incremento na matéria seca total da planta está diretamente ligado à produção de tubérculos. Sendo assim, é possível, através deste índice, observar o prolongamento do tempo de enchimento dos tubérculos para os clones tardios, o que lhes confere uma maior produção final de tubérculos (Figura 17). Fica evidenciado, novamente, que os clones tardios devem ser colhidos no final do ciclo vegetativo, fazendo com que este prolongamento do tempo de enchimento seja vantajoso.

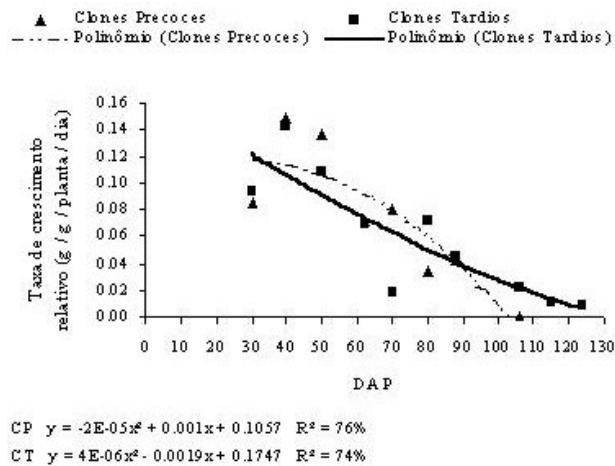


FIGURA 17 Taxa de crescimento relativo para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

Na Figura 18 estão os comportamentos dos clones precoces e tardios com relação à taxa assimilatória líquida para os tubérculos. Este índice reflete o quanto de matéria seca de tubérculos é produzida por unidade de área foliar, por dia. Esta é uma forma indireta de calcular a relação fonte-dreno para os tubérculos da planta, ou seja, a fotossíntese líquida. Os valores deste índice para os clones tardios foram sempre inferiores aos dos clones precoces, ao longo do ciclo vegetativo (Figura 18). O máximo de assimilação líquida para os tubérculos ocorreu aos 81,8 e 81 DAP para os clones precoces e tardios, respectivamente. Considerando que o estimador deste índice possui, no seu denominador, a produção de área foliar, é possível afirmar que o grupo de clones precoces possui uma maior eficiência fotossintética, ao longo do seu ciclo vegetativo, que os clones tardios, pois produzem mais matéria seca de tubérculos por unidade de área. Em contrapartida, os clones tardios possuem maior produção de matéria seca de tubérculos por apresentarem uma maior produção e duração de área foliar ao longo do ciclo vegetativo (Figuras 13 a 16).

Depois de encerrado o ciclo vegetativo dos clones precoces, os clones tardios continuaram a fornecer fotoassimilados para os tubérculos (Figura 18), fazendo com que esta seja a grande vantagem deste grupo de clones. Isto refletiu em uma maior produção de tubérculos no final do seu ciclo vegetativo (Figura 1).

Diante deste estudo, pôde-se observar que a utilização dos índices morfofisiológicos é de grande importância para a descrição de clones de batata visando a adaptação a condições tropicais.



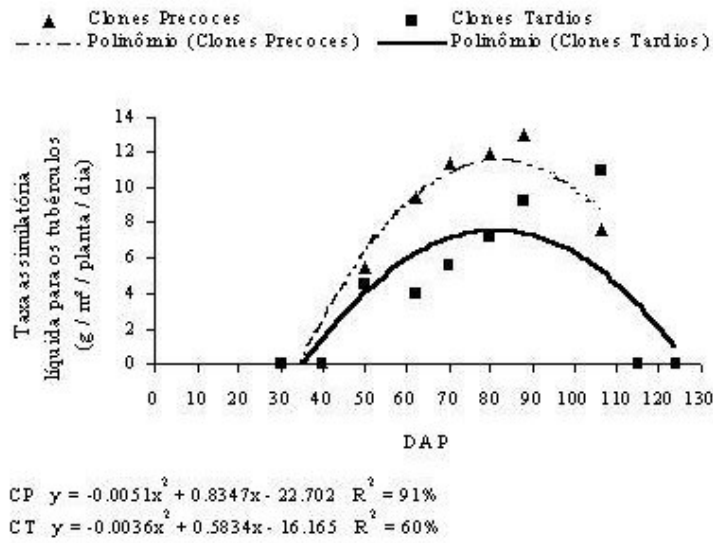


FIGURA 18 Taxa assimilatória líquida para os tubérculos para os grupos de clones precoces e tardios ao longo do ciclo vegetativo. Lavras, 2005.

## 5 CONCLUSÕES

A maior produção dos clones tardios é devida ao crescimento vigoroso e à maior produção e duração da área foliar fotossinteticamente ativa, o que possibilita maior velocidade de tuberização ao longo do período de enchimento dos tubérculos.

O período de enchimento de tubérculos para os clones tardios é mais prolongado, possibilitando maior produção ao fim do ciclo vegetativo.

Há tendência de os clones tardios possuírem característica *stay-green*, sendo esta classificada pelo tipo A, caracterizada pelo atraso no início da senescência das plantas em relação aos clones precoces.

Os resultados deste estudo sugerem que uma das estratégias possíveis de serem adotadas para aumentar a produtividade da cultura da batata em regiões tropicais é a seleção visando o aumento do ciclo vegetativo.

Todos os caracteres morfológicos utilizados são de extrema importância para a avaliação das características de produção visando a identificação de clones mais adaptados às condições tropicais.

Os índices fisiológicos, os teores de clorofila a, b e total da parte aérea superior, a área foliar, a duração da área foliar, a taxa de crescimento relativo e a taxa assimilatória líquida para os tubérculos foram relevantes na diferenciação dos clones tardios e precoces, fazendo com que tenham grande importância no melhoramento da batata visando a obtenção de clones adaptados às condições tropicais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETTO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 901-907, maio 2000.

AHN, Y. J.; CLAUSSEN, K.; ZIMMERMAN, J. L. Genotypic differences in the heat-shock response and thermotolerance in four potato cultivars. **Plant Science**, Shannon, v. 166, n. 4, p. 901-911, Apr. 2004.

ALLEN, E. J. Effects of date of planting on growth and yield of contrasting potato varieties in Pembrokeshire. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 89, n. 3, p. 711-735, Oct. 1977.

ALLEN, E. J.; SCOTT, R. K. An analysis of growth of the potato crop. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 94, n. 3, p. 583-606, June 1980.

ANTUNES, F. Z.; FORTES, M. Exigências climáticas da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 76, p. 19-23, abr. 1981.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v. 24, n. 1, p. 1-15, Jan. 1949.

AYENEH, A.; van GINKEL, M.; REYNOLDS, M. P.; AMMAR, K. Comparisons of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 2/3, p. 173-184, Dec. 2002.

BACHMANN, A.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; GINSBURG, S.; THOMAS, H.; BOUWKAMP, J. C.; SOLOMOS, T.; MATILE, P. Stay-green genotypes of *Phaseolus vulgaris* L. - chloroplast proteins and chlorophyll catabolites during foliar senescence. **New Phytologist**, Cambridge, v. 126, n. 4, p. 593-600, Apr. 1994.

BAR-TSUR, A.; RUDICH, J.; BRAVDO, B. High temperature effects on CO<sub>2</sub> gas exchange in heat tolerant and sensitive tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, n. 4, p. 582-586, July 1985.

BASU, P. S.; MINHAS, J. S. Heat tolerance and assimilate transport in different potato genotypes. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 42, n. 240, p. 861-866, July 1991.

BEKAVAC, G.; STOJAKOVIC, D. J.; PURAR, B.; POPOV R. Path analysis of stay-green trait in maize. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 26, n. 2, p. 161-167, 1995.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 1988. 42 p.

BENINCASA, M. M. P. **Influência de exposições norte e sul sobre parâmetros de crescimento de *Sorghum bicolor* (L.) Moench**. 1977. 149 p. Mestrado (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

BENNETT, S. M.; TIBBITTS, T. W.; CAO, W. Diurnal temperature fluctuation effects on potatoes grown with 12 hr photoperiod. **American Potato Journal**, Orono, v. 68, n. 2, p. 81-86, Feb. 1991.

BITTENCOURT, C.; REIFSCHEIDER, F. J. B.; MAGALHÃES, J. R.; FUROMOTO, O.; FEDALTO, A. A.; MARRQUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; FRANÇA, F. H.; ÁVILA, A. C.; GIORDANO, L. B. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1985. 20 p. (Instruções técnicas, n. 8).

BLACKMAN, G. E. The application of the concepts of growth analysis to the assessment of productivity. In: ECKARDT F. E. (Ed.). **Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level**. Paris: UNESCO, 1968. p. 243-259.

BLACKMAN, V. H. The compound interest law and plant growth. **Annals of Botany**, London, v. 33, p. 353-360, 1919.

BLUM, A.; KLUEVA, N.; NGUYEN, H. T. Wheat cellular thermotolerance is related to yield under heat stress. **Euphytica**, Wageningen, v. 117, n. 2, p. 117-123, 2001.

BRIGGS, G. E.; KIDD, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Parts I and II. **Annals of Applied Biology**, Warnick, v. 7, p. 103-123, 202-223, 1920.

BROWN, C. R. Origin and history of the potato. **American Potato Journal**, Orono, v. 70, n. 5, p. 363-373, May 1993.

BRUCKNER, P. L.; FROHBERG, R. C. Stress tolerance and adaptation in spring wheat. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 1, p. 31-36, Jan./Feb. 1987.

BUDAK, N. Breeding durum and bread wheat lines resistant to high temperatures during grain filling period. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 29, n. 3/4, p. 351-358, 2001.

BURTON, W. G. Challenges for stress physiology in potato. **American Potato Journal**, Orono, v. 58, n. 1, p. 3-14, Jan. 1981.

BURTON, W. G. **The potato**. Wageningen: Veenman & Zonen, 1966. 382 p.

BURTON, W. G. The response of the potato plant and tuber to temperature. In: REES A. R.; COCKSHULL, K. E.; HAND, D. W.; HURD, P. G. **Crop processes in controlled environments**. London: Academic Press, 1972. p. 217-233.

BYRNE, P. F.; BOLANOS, J.; EDMEADES, G. O.; EATON, D. L. Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 63-69, Jan./Feb. 1995.

CARVALHO DIAS, C. A. **Cultura da batata**. Campinas: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1993. 33 p. (Documento Técnico da CATI, 65).

CECARELLI, S.; GRANDO, S.; IMPIGLIA, A. Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. **Euphytica**, Wageningen, v. 103, n. 3, p. 307-318, 1998.

COSTA, E. S.; BRESSAN-SMITH, R.; DE OLIVEIRA, J. G.; CAMPOSTRINI, E.; PIMENTEL, C. Photochemical efficiency in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) during recovery from high temperature stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 105-110, May/Apr. 2002.

CRAUFURD, P. Q.; PRASAD, P. V. V.; KAKANI, V. G.; WHEELER, T. R.; NIGAM, S. N. Heat tolerance in groundnut. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 80, n. 1, p. 63-77, Jan. 2003.

CUKADAR-OLMEDO B.; MILLER J. F. Inheritance of the stay green trait in sunflower. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 1, p. 150-153, Jan./Feb. 1997.

DEMAGANTE, A. L.; VAN DER ZAAG, P. The response of potato (*Solanum tuberosum*) to photoperiod and light intensity under high temperature. **Potato Research**, Wageningen, v. 31, n. 1, p. 73-83, Mar. 1988.

DUNCAN, R. R.; BOCKHOLT, A. J.; MILLER, F. R. Descriptive comparison of senescent and non-senescent sorghum genotypes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, n. 5, p. 849-853, Sept./Oct. 1981.

DUVICK, D. N. Genetic contributions to advances in yield of US maize. **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 1, p. 69-79, 1992.

DWELLE, R. B.; KLEINKOPF, G. E.; PAVEK, J. J. Stomatal conductance and gross photosynthesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) as influenced by irradiance, temperature, and growth stage. **Potato Research**, Wageningen, v. 24, n. 1, p. 49-59, 1981.

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Heat tolerance of contrasting cowpea lines in short and long days. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 55, n. 2/3, p. 11-21, Mar. 1998.

EPSTEIN, E. Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 2, p. 169-171, Mar./Apr. 1966.

EWING, E. E. Critical photoperiods for tuberization: a screening technique with potato cuttings. **American Potato Journal**, Orono, v. 55, n. 1, p. 43-53, Jan. 1978.

EWING, E. E. Heat stress and the tuberization stimulus. **American Potato Journal**, Orono, v. 58, n. 1, p. 31-49, Jan. 1981.

FAO, 2005. Disponível em: [www. faostat. fao. org](http://www.faostat.fao.org)>. Acesso em: 2006.

FEDALTO, A. A. **Avaliação da produtividade de tubérculos de plantas oriundas de sementes sexuadas de batata (*Solanum tuberosum* L.) e da primeira geração de propagação vegetativa**. 1982. 70 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. Dormência dos tubérculos, crescimento da parte aérea e tuberização da batateira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 24-29, mar./abr. 1999.

FRUSCIANTE, L.; BARONE, A.; CARPUTO, D.; RANALLI, P. Breeding and physiological aspects of potato cultivation in the Mediterranean region. **Potato Research**, Wageningen, v. 42, p. 265-277, 1999. Supplement.

GAWRONSKA, H.; DWELLE, R. B.; PAVEK, J. J.; ROWE, P. Partitioning of photoassimilates by four potato clones. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 6, p. 1031-1036, Nov./Dec. 1984.

GAWRONSKA, H.; THORNTON, M. K.; DWELLE, R. B. Influence of heat on dry matter production and photoassimilate partitioning by four potato clones. **American Potato Journal**, Orono, v. 69, n. 10, p. 653-665, Oct. 1992.

GEBEYEHOU, G.; KNOT, D. R.; BAYER, R. J. Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivates. **Crop science**, Madison, v. 22, n. 2, p. 337-340, Mar./Apr. 1982.

GENTINETTA, E.; CEPPI, D.; LPORI, C.; PERICO, G.; MOTTO, M.; SALAMINI, F. A major gene for delayed senescence in maize. Pattern of photosynthates accumulation and inheritance. **Plant Breeding**, Berlin, v. 97, n. 3, p. 193-203, Oct. 1986.

GRIFFITH, R. L.; ALLEN, E. J.; O'BRIEN, SUSAN A.; O'BRIEN, P. J. Comparisons of growth and early yields of potato varieties of contrasting maturity classification at three sites. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 103, n. 2, p. 443-458, Oct. 1984.

GUNASENA, H. P. M.; HARRIS, P. M. The effect of CCC, nitrogen and potassium on the growth and yield of two varieties of potatoes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 76, n. 1, p. 33-52, Feb. 1971.

HALL, A. E. Breeding for heat tolerance – An approach based on whole-plant physiology. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 1, p. 17-19, Jan. 1990.

HALL, A. E. Breeding for heat tolerance. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 10, p. 129-168, 1992.

HALL, A. E. **Heat stress and its impact**. 2003a. Disponível em: <[www.plantstress.com/articles/heat\\_i/heat\\_i.htm](http://www.plantstress.com/articles/heat_i/heat_i.htm)>. Acesso em: 2004.

HALL, A. E. **The mitigation of heat stress**. 2003b. Disponível em: <[www.plantstress.com/articles/index.aps](http://www.plantstress.com/articles/index.aps)>. Acesso em: 2004.

HAMMES, P. S.; DEJAGER, J. A. Net photosynthetic rate of potato at high temperatures. **Potato Research**, Wageningen, v. 33, n. 3, p. 515-520, Dec. 1990.

HARRIS, P. M. The use of root data in some agronomic research. Root ecology and its practical application. **Proceedings International Symposium Gumpenstein**, p. 525-533, 1983.

HARRIS, P. M. Water. In: HARRIS, P. M. **The potato crop: the scientific basis for improvement**. London: Chapman & Hall, 1978. Cap. 6, p. 244-277. 730 p.

HARVEY, B. M. R.; LEE, H. C.; SUSNOSCHI, M. Assesment of heat tolerance in potato (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) under controlled environmental conditions: The "cutting technique". **Potato Research**, Wageningen, v. 31, n. 4, p. 659-666, Dec. 1988.

HAWKES, J. G. Origins of cultivated potatoes and species relationships. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. **Potato Genetics**, Wallingford: CAB International, 1994. p. 3-42.

HAY, R. K.; ALLEN, N. E. J. Tuber initiation and bulking in the potato (*Solanum tuberosum*) under tropical conditions: The importance of soil and air temperature. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 55, n. 4, p. 289-295, Oct. 1978.

HAYNES, K. G.; HAYNES, F. L. Stability of high specific gravity genotypes of potatoes under high temperatures. **American Potato Journal**, Orono, v. 60, n. 1, p. 17-26, Jan. 1983.

HAYNES, K. G.; HAYNES, F. L. The stability of high specific gravity genotypes of potatoes under high temperatures. **American Potato Journal**, Orono, v. 58, n. 10, p. 503-508, Oct. 1981.

HAYNES, K. G.; WEBB, R. E.; GOTH, R. W.; WILSON, D. R. The correlation of yield and specific gravity in the USA potato breeding program. **American Potato Journal**, Orono, v. 66, n. 9, p. 587-592, Sept. 1989.

HEDE, A. R.; SKOVMAND, B.; REYNOLDS, M. P.; CROSSA, J.; VILHELMSSEN, A. L.; STOLEN, O. Evaluating genetic diversity for heat tolerance traits in Mexican wheat landraces. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 46, n. 1, p. 37-45, Feb. 1999.

HIJMANS, R. J. Global distribution of the potato crop. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 78, n. 6, p. 403-412, Nov./Dec. 2001.



- HOOKER, W. J. **Compendium of potato diseases**. St. Paul: APS Press, 1990. 125 p.
- HUGHES, J. C. Factors influencing the quality of ware potatoes. 2. Environmental factors. **Potato Research**, Wageningen, v. 17, n. 6, p. 512-547, 1974.
- INGRAM, K. T.; McCLOUD, D. E. Simulation of potato crop growth and development. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 1, p. 21-27, Jan./Feb. 1984.
- IRITANI, W. M. The effect of summer temperatures in Idaho on yield of Russet Burbank potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 40, n. 2, p. 47-52, Feb. 1963.
- JOHANSEN, R. H.; MILLER, J. C.; NEWSOM, D. W.; FONTENOT, J. F. The influence of environment on the specific gravity, plant maturity and vigor of potato progenies. **American Potato Journal**, Orono, v. 44, n. 4, p. 107-122, Apr. 1967.
- JUZL, M. The effect of leaf area index on the yield of very early potato cultivars Prior and Impala. **Acta Universitatis Agriculturae Facultas Agronomica**, Brno, v. 42, p. 127-136, 1994.
- KARIM, M. A.; FRACHEBOUD, Y.; STAMP, P. Effect of high temperature on seedling growth and photosynthesis of tropical maize genotypes. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Berlin, v. 184, n. 4, p. 217-223, June 2000.
- KHANNA-CHOPRA, R.; VISWANATHAN, C. Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of *T. aestivum* and related species. I. Stability in yield and yield components. **Euphytica**, Wageningen, v. 106, n. 2, p. 169-180, 1999.
- KHEDHER, M. B.; EWING, E. E. Growth analysis of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. **American Potato Journal**, Orono, v. 62, n. 10, p. 537-554, Oct. 1985.
- KOOMAN, P. L.; RABBINGE, R. An analysis of the relation between dry matter allocation to the tuber and earliness of a potato crop. **Annals of Botany**, New York, v. 77, n. 3, p. 235-242, Mar. 1996.

- KU, S. B.; EDWARDS G. E.; TANNER C. B. Effect of light, carbon dioxide and temperature on photosynthesis and transpiration in *Solanum tuberosum*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 59, n. 5, p. 868-872, May 1977.
- LAFTA, A. M.; LORENZEN, J. H. Effect of high temperature on plant grown and carbohydrate metabolism in potato. **Plant Physiology**, Rockville, v. 109, n. 2, p. 637-643, Oct. 1995.
- LAMBERT, E. S. **Estratégias para o melhoramento da batata para condições tropicais**. 2004. 142 p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- LEVY, D. Cultivated *Solanum tuberosum* L. as a source for the selection of cultivars adapted to hot climates. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 61, n. 3, p. 167-170, July 1984.
- LEVY, D. Genotypic variation in the response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to high ambient temperatures and water deficit. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 85-96, Oct. 1986.
- LEVY, D.; ITZHAK, Y.; FOGELMAN, E.; MARGALIT, E.; VEILLEUX, R. E. Ori, Idit, Zohar and Zahov: Tablestock and chpstock cultivars bred for adaptation to Israel. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 78, n. 3, p. 167-173, May/June 2001.
- LEVY, D.; KASTENBAUM, E.; ITZHAK, Y. Evaluation of parents for heat tolerance in the early generations of a potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding program. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 2, p. 130-136, July 1991.
- MAGALHÃES A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI M. G. **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU:EDUSP, 1979. 350 p.
- MALIK, N. J.; DWELLE, R. B.; THORNTON, M. K.; PAVEK, J. J. Dry matter accumulation in potato clones under seasonal high temperature conditions in Pakistan. **American Potato Journal**, Orono, v. 69, n. 10, p. 667-677, Oct. 1992.
- MANRIQUE, L. A.; BARTHOLOMEW, D. P. Growth and yield performance of potato grown at three elevations in Hawaii: II. Dry matter production and efficiency of partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 2, p. 367-372, Mar./Apr. 1991.

MANRIQUE, L. A.; BARTHOLOMEW, D. P.; EWING, E. E. Growth and yield performance of several potato clones grown at three elevations in Hawaii: I. Plant morphology. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 2, p. 363-370, Mar./Apr. 1989.

MARINUS, J.; BODLAENDER, K. B. A. Response of some potato varieties to temperature. **Potato Research**, Wageningen, v. 18, n. 2, p. 189-201, 1975.

MCBEE, G. G.; WASKOM, R. M.; MILLER, F. R.; CREELMAN, R. A. Effect of senescence and non-senescence on carbohydrates in sorghum during late kernel maturity states. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 2, p. 372-377, Mar./Apr. 1983.

MELTZER, H. The effect of growth regulators on the relationship between numbers of stems and tubers in potato. **Potato Research**, Wageningen, v. 35, n. 3, p. 297-303, 1992.

MENEZES, C. B. de; PINTO, C. A. B. P. Efeitos de temperaturas altas na produção da batata e escolha de parentais para o melhoramento visando a seleção de clones tolerantes. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESAL/UFLA, 8.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PIBIC/CNPq, 3., 1995, Lavras. **Resumos...** Lavras: UFLA, 1995. p. 115.

MENEZES, C. B. de; PINTO, C. A. B. P.; NURMBERG, P. L.; LAMBERT, E. S. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras das águas e inverno no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 777-784, out./dez. 1999.

MENEZES, C. B. de; PINTO, C. A. B. P.; NURMBERG, P. L.; LAMBERT, E. S. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 145-157, Apr./June 2001.

MIDMORE, D. J.; PRANGE, R. K. Sources of heat tolerance amongst potato cultivars, breeding lines, and *Solanum* species. **Euphytica**, Wageningen, v. 55, n. 3, p. 235-245, June 1991.

MILLARD, P.; ROBINSON, D.; MACKIE-DAWSON, L. A. Nitrogen partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant in relation to nitrogen supply. **Annals of Botany**, New York, v. 63, n. 2, p. 289-296, Feb. 1989.

MOORBY, J. The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants. **Annals of Botany**, New York, v. 34, n. 2, p. 297-308, Feb. 1970.

MOPURGO, R.; ORTIZ, R. Morphological variation in potato (*Solanum* spp.) under contrasting environments. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 28, n. 3, p. 165-169, July 1988.

NEDEL, J. L.; GONZÁLES, C. N. E. M.; PESKE, S. T. Variação e associação de características ligadas à formação do grão de genótipos de trigo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1255-1260, out./dez. 1999.

PAULA, M. B. Produção de matéria seca e absorção de macronutrientes por cultivares de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 10-16, mar. 1986.

PINTO, C. A. B. P.; OLIVEIRA, A. F.; PINTO, J. E. B. P.; BARBOSA, M. H. P.; PÁDUA, J. G. Produtividade de clones de batata na região sul de Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 158-164, abr./jun. 1994.

PRANGE, R. K.; McRAE, K. B.; MIDMORE, D. J.; DENG, R. Reduction in potato growth at high temperature: role of photosynthesis and dark respiration. **American Potato Journal**, Orono, v. 67, n. 6, p. 357-369, June 1990.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 3, p. 171-175, May-June 1967.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Editora UFLA, 2005. 322 p.

REYNOLDS, M. P.; EWING, E. E. Heat tolerance in tuber bearing *Solanum* species: a protocol for screening. **American Potato Journal**, Orono, v. 66, n. 1, p. 63-75, Jan. 1989.

REYNOLDS, M. P.; EWING, E. E.; OWENS, T. G. Photosynthesis at high temperature in tuber bearing *Solanum* species. **Plant Physiology**, Rockville, v. 93, n. 2, p. 791-797, June 1990.

RIBEIRO R. V.; DOS SANTOS M. G.; SOUZA G. M.; MACHADO E. C.; OLIVEIRA R. F.; ANGELOCCI L. R.; PIMENTEL C. Environmental effects

on photosynthetic capacity of bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 615-623, jun. 2004.

RODRIGUES, O. Manejo de trigo: bases ecofisiológicas. In: CUNHA G. R.; BACALTCHUK B. **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, 2000. p. 120-169.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; MARCHESI, J. A.; SCIPIONI, C. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 839-846, jun. 1998.

RONNING, C. M.; BOUWKAMP, J. C.; SOLOMOS, T. Observations on the senescence of a mutant non-yellowing genotype of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 42, n. 235, p. 235-241, Feb. 1991.

ROSENOW, D. T.; CLARK, L. E. Drought tolerance in sorghum. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 36., 1981. **Proceedings... 1981**. p. 18-31.

ROSENOW, D. T.; QUISENBERRY, J. E.; WENDT, C. W.; CLARK, L. E. Drought-tolerant sorghum and cotton germplasm. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 7, n. 1/3, p. 207-222, 1983.

RUSSEL, W. A. Contribution of breeding to maize improvement in the United States, 1920s-1980s. **Iowa State Journal Research**, Iowa, v. 61, n. 1, p. 5-34, 1986.

SANFORD, D. A. Variation in kernel growth characters among soft red winter wheats. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 4, p. 626-630, July/Aug. 1985.

SARQUÍ, J. I.; GONZÁLES, H.; BERNAL-LUG, I. Response of two potato clones (*Solanum tuberosum* L.) to contrasting temperature regimes in the field. **American Potato Journal**, Orono, v. 73, n. 7, p. 285-300, July 1996.

SATTELMACHER, B. A rapid seedling test for adaptation to high temperatures. **Potato Research**, Wageningen, v. 26, n. 2, p. 133-138, 1983.

SCHITTENHEIM S.; MENGE-HARTMANN U.; OLDENBURG E. Photosynthesis, carbohydrate metabolism, and yield of phytochrome-B-overexpressing potatoes under different light regimes. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 1, p. 131-142, Jan./Feb. 2004.

SILVA, L. A. S. **Duração do ciclo vegetativo e sua relação com o potencial produtivo de genótipos de batata.** 2004. 106 p. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, S. A. **Estimativa da herança do caráter "stay green" em genótipos de trigo hexaplóide.** 1999. 56 p. Dissertação (Mestrado em fitomelhoramento) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SILVA, S. A.; CARVALHO F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; PESKE, S. T.; SIMIONI, D.; CARGNIN, A. Enchimento de sementes em linhas quase-isogênicas de trigo com presença e ausência do caráter “stay-green”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 613-618, maio 2003.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; OLIVEIRA, A. C.; CIMBRA, J. L. M.; VASCONCELLOS, N. J. S.; LORENCETTI, C. Genetic basis of stay-green trait in bread wheat. **Journal of New Seeds**, Binghamton, v. 2, n. 1, p. 55-68, 2000.

SILVA, L. A. S.; PINTO, C. A. B. P. Duration of the growth cycle and the yield potential of potato genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 20-28, mar. 2005.

SIMMONDS, N. W. The potential of potatoes in the tropics. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 48, n. 4, p. 291-295, July 1971.

SINCLAIR, T. R.; DE WIT, C. T. Analysis of the carbon and nitrogen limitations to soybean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 2, p. 319-324, Mar./Apr. 1976.

SOLDATI, A.; STHELI, A.; STAMP, P. Temperature adaptation of tropical highland maize (*Zea mays* L.) during early growth and in controlled conditions. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 10, n. 2, p. 111-117, Mar. 1999.

SOUZA, M. A.; RAMALHO, M. A. P. Genetic control and tolerance to the heat stress in wheat hybrid population and cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1245-1253, out. 2001.

SPANO, G.; DI FONZO, N.; PERROTTA, C.; PLATANI, C.; RONGA, G.; LAWLOR, D. W.; NAPIER, J. A.; SHEWRY, P. R. Physiological

characterization of stay green mutants in durum wheat. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 54, n. 386, p. 1415-1420, May 2003.

SPITTERS, C. J. T. An analysis of variation in yield among potato cultivars in terms of light absorption, light utilization and dry matter partitioning. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 214, p. 71-84, 1987.

STRUIK, P. C.; EWING, E. E. Crop physiology of potato (*Solanum tuberosum*): responses to photoperiod and temperature relevant to crop modelling. In: HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K. L. **Potato ecology and modelling of crops under conditions limiting growth**. Wageningen: Kluwer Academic Publishers, 1994. p. 19-40.

SUSNOSCHI, M.; COSTELLOE, B.; LIFSHITZ, Y.; LEE, H. C.; ROSEMAN, Y. Arma: A potato cultivar resistant to heat stress. **American Potato Journal**, Orono, v. 64, n. 4, p. 191-197, Apr. 1987.

SUSNOSCHI, M.; COSTELLOE, B.; LIFSHITZ, Y.; LEE, H. C.; ROSEMAN, Y. Nieta: a early maturing, high-yielding potato cultivar adapted to hot weather. **American Potato Journal**, Orono, v. 65, n. 5, p. 277-281, May 1988.

TAHIR, M.; SINGH, M. Assessment of screening techniques for heat tolerance in wheat. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 3, p. 740-744, May/June 1993.

TAI, G. C. C.; LEVY, D.; COLEMAN, W. K. Path analysis of genotype-environment interactions of potatoes exposed to increasing warm-climate constraints. **Euphytica**, Wageningen, v. 75, n. 1/2, p. 49-61, 1994.

TAO, Y. Z.; HENZELL, R. G.; JORDAN, D. R.; BUTLER, D. G.; KELLY, A. M.; MCINTYRE, C. L. Identification of genomic regions associated with stay-green in sorghum by testing RILs in multiple environments. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 100, n. 8, p. 1225-1232, June 2000.

THOMAS, H. Sid: a Mendelian locus controlling thylakoid membrane disassembly in senescing leaves of *Festuca pratensis*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 136, n. 4, p. 551-555, 1987.

THOMAS, H.; HOWARTH, C. J. Five ways to stay green. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 51, p. 329-337, Feb. 2000. Supplement.

THOMAS, H.; OUGHAM, H.; CANTER, P.; DONNISON, I. What stay-green mutants tell us about nitrogen remobilization in leaf senescence. **Journal of Experimental Botany**, Columbus, v. 53, n. 370, p. 801-808, Apr. 2002.

THOMAS, H.; SCHELLENBERG, M.; VICENTINI, F.; MATILE, P. Gregor Mendel's green and yellow pea seeds. **Botanica Acta**, Stuttgart, v. 109, n. 1, p. 3-4, Feb. 1996.

THOMAS, H.; SMART, C. M. Crops that stay green. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 123, n. 1, p. 193-219, Aug. 1993.

VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L. Quant – A software to quantify plant disease severity. In: INTERNACIONAL WORKSHOP ON PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY, 8., 2001, Ouro Preto. **Proceedings...** Ouro Preto: International Society of Plant Pathology, 2001. p. 160.

VAN DAM, J.; KOOMAN, P. L.; STRUIK, P. C. Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tuber in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Potato Research**, Wageningen, v. 39, n. 1, p. 51-62, Feb. 1996.

VAN DER ZAAG, D. E.; BURTON, W. G. Potential yield of the potato crop and its limitations. EAPR. In: CONFERENCE SURVEY PAPERS, 7., 1978, Warsaw, Poland. Warsaw, Poland, 1978. p. 7-22.

VAN HEEMST, H. D. J. The distribution of dry matter during growth of a potato crop. **Potato Research**, Wageningen, v. 29, n. 1, p. 55-66, Feb. 1986.

VEILLEUX, R. E.; PAZ, M. M.; LEVY, D. Potato germoplasm development for warm climates: Genetic enhancement of tolerant to heat stress. **Euphytica**, Wageningen, v. 98, n. 1/2, p. 83-92, 1997.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, New York, v. 4, p. 101-144, 1952.

WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; PEREIRA, A. S.; CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C.; MALTZENAUER, R.; CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; FERREIRA, J. S. A.; SANS, L. M. A. **Caracterização climática das regiões produtoras de batata no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 35 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 133).



WOLF, S.; MARANI, A.; RUDICH, J. Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants. **Annals of Botany**, New York, v. 66, n. 5, p. 513-520, Nov. 1990b.

WOLF, S.; OLESINSKI, A. A.; RUDICH, J.; MARANI, A. Effect of high temperature on photosynthesis in potatoes. **Annals of Botany**, New York, v. 65, n. 2, p. 179-185, Aug. 1990a.

XU, Q. Z.; HUANG, B. R. Morphological and physiological characteristics associated with heat tolerance in creeping bentgrass. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 1, p. 127-133, Jan./Feb. 2001.

## ANEXOS

### ANEXO A

Página

TABELA 1A - Resumo das análises conjuntas de variância para a produção de tubérculos, número total de tubérculos, peso médio de tubérculos, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos, porcentagem de matéria seca de tubérculos, taxa de tuberização, matéria seca total da parte aérea, partição de matéria seca para os tubérculos, teor de clorofila a da parte aérea superior, teor de clorofila b da parte aérea superior, teor de clorofila total da parte aérea superior, teor de clorofila a da parte aérea inferior, teor de clorofila b da parte aérea inferior, teor de clorofila total da parte aérea inferior, área foliar da parte aérea superior, área foliar da parte aérea inferior, área foliar total, taxa de crescimento relativo, duração de área foliar e taxa assimilatória líquida. Lavras, 2005.....	79
--	----

TABELA 1A Resumo das análises conjuntas de variância para a produção de tubérculos, número total de tubérculos, peso médio de tubérculos, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos, porcentagem de matéria seca de tubérculos, taxa de tuberização, matéria seca total da parte aérea, partição de matéria seca para os tubérculos, teor de clorofila a da parte aérea superior, teor de clorofila b da parte aérea superior, teor de clorofila total da parte aérea superior, teor de clorofila a da parte aérea inferior, teor de clorofila b da parte aérea inferior, teor de clorofila total da parte aérea inferior, área foliar da parte aérea superior, área foliar da parte aérea inferior, área foliar total, taxa de crescimento relativo, duração de área foliar e taxa assimilatória líquida. Lavras, 2005.

FV	GL	Quadrado Médio			
		Produção de tubérculos por planta	Número total de tubérculos por planta	Peso médio de túberculos	Peso médio dos tubérculos graúdos
Amostragens	7	1026352.46 **	138.12 **	21475.50 **	36037.07 **
Rep. / Amost.	16	42432.05 **	4.89 **	2620.73 **	105.36 NS
Clones	3	218678.43 **	28.02 **	4000.44 **	1946.32 **
Grupos	1	16765.34 NS	0.01 NS	435.16 NS	505.91 **
Clon. / Grup.	2	319634.97 **	42.03 **	5783.08 **	2666.52 **
Amost. x Clones	21	75751.42 **	6.31 **	3050.10 **	750.79 **
Amost. x Grup.	7	156917.41 **	8.65 **	496.02 NS	561.93 **
Amost. x Clon./Grup.	14	35168.43 *	5.14 **	4327.15 **	845.21 **
Erro	48	14976.08	2.03	575.78	109.01
CV (%)		34.10	32.76	36.12	15.82

\*, \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F; <sup>NS</sup> Não significativo.

“...continua ...”

“TABELA 1A, Cont.”

FV	GL	Quadrado Médio									
		Porcentagem de tubérculos graúdos		Porcentagem de matéria seca dos tubérculos		Taxa de tuberização	Matéria seca total da parte aérea	Partição de matéria seca para os tubérculos			
Amostragens	7	11672.01	**	715.87	**	1446.01	**	1979.08	**	16086.54	**
Rep. / Amost.	16	39.03	NS	0.48	NS	161.56	*	89.69	NS	49.75	NS
Clones	3	2102.36	**	35.80	**	600.76	**	4056.57	**	2766.07	**
Grupos	1	19.23	NS	48.15	**	13.22	NS	8991.56	**	3936.00	**
Clon. / Grup.	2	3143.92	**	29.62	**	894.53	**	1589.08	**	2181.11	**
Amost. x Clones	21	604.85	**	4.06	**	342.64	**	530.04	**	301.99	**
Amost. x Grup.	7	351.98	**	3.50	**	621.85	**	850.68	**	369.44	**
Amost. x Clon./Grup.	14	731.29	**	4.34	**	203.04	**	369.71	*	268.26	**
Erro	48	63.86		0.98		72.24		178.03		64.96	
CV (%)		23.46		8.05		57.88		49.17		14.53	

\*, \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F; <sup>NS</sup> Não significativo.

08

“...continua...”

“TABELA 1A, Cont.”

FV	GL	Quadrado Médio											
		Teor de clorofila a da parte aérea superior		Teor de clorofila b da parte aérea superior		Teor de clorofila total da parte aérea superior		Teor de clorofila a da parte aérea inferior		Teor de clorofila b da parte aérea inferior		Teor de clorofila total da parte aérea inferior	
Amostragens	7	2.68	**	2.42	**	9.45	**	4.373	**	3.835	**	15.274	**
Rep. / Amost.	16	0.16	NS	0.09	NS	0.37	NS	0.060	NS	0.068	NS	0.190	NS
Clones	3	0.26	NS	0.92	**	1.99	*	0.216	NS	0.251	NS	0.888	NS
Grupos	1	0.43	NS	0.41	NS	1.67	NS	0.002	NS	0.002	NS	0.000003	NS
Clon. / Grup.	2	0.17	**	1.18	**	2.14	*	0.323	*	0.376	*	1.331	*
Amost. x Clones	21	0.51	**	0.85	**	2.57	**	0.137	NS	0.209	*	0.644	NS
Amost. x Grup.	7	0.52	**	0.72	**	2.42	**	0.054	NS	0.178	NS	0.410	NS
Amost. x Clon./Grup.	14	0.50	**	0.92	**	2.65	**	0.178	*	0.225	*	0.761	*
Erro	48	0.11		0.19		0.55		0.092		0.116		0.383	
CV (%)		23.05		39.32		29.01		23.56		36.91		28.05	

\*, \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F; <sup>NS</sup> Não significativo.

“TABELA 1A, Cont.”

Quadrado Médio													
		Área foliar da parte aérea superior		Área foliar da parte aérea inferior		Área foliar total		Taxa de crescimento relativo					
Amostragens	7	0.31	**	0.099	**	0.63	**	0.0234	**	57.42	**	306.32	**
Rep. / Amost.	16	0.02	NS	0.007	NS	0.03	NS	0.0021	NS	3.62	NS	14.59	NS
Clones	3	0.20	**	0.049	**	0.42	**	0.0008	NS	49.38	**	146.69	**
Grupos	1	0.57	**	0.105	**	1.16	**	0.0003	NS	136.47	**	172.06	**
Clon. / Grup.	2	0.01	NS	0.022	**	0.05	NS	0.0010	NS	5.84	NS	134.01	**
Amost. x Clones	21	0.05	**	0.012	**	0.08	**	0.0023	*	8.85	**	66.62	**
Amost. x Grup.	7	0.06	*	0.012	**	0.10	*	0.0027	*	10.98	**	103.48	**
Amost. x Clon./Grup.	14	0.05	*	0.013	**	0.07	*	0.0021	NS	7.79	**	48.19	**
Erro	48	0.02		0.004		0.03		0.0012		3.28		10.55	
CV (%)		55.15		43.45		45.14		47.45		43.86		48.39	

\*, \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F; <sup>NS</sup> Não significativo.