

**SELEÇÃO DIVERGENTE PARA DURAÇÃO
DO CICLO VEGETATIVO EM BATATA**

GABRIEL BELFORT RODRIGUES

2006

GABRIEL BELFORT RODRIGUES

**SELEÇÃO DIVERGENTE PARA DURAÇÃO DO CICLO
VEGETATIVO EM BATATA**

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 a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Rodrigues, Gabriel Belfort

Seleção divergente para duração do ciclo vegetativo em batata. / Gabriel Belfort Rodrigues. -- Lavras : UFLA, 2006.

55 p. : il.

Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Produção de tubérculo. 2. Genética quantitativa. 3. Melhoramento genético.
4. Correlação. 5. Seleção precoce. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.523

GABRIEL BELFORT RODRIGUES

**SELEÇÃO DIVERGENTE PARA DURAÇÃO DO CICLO VEGETATIVO
EM BATATA**

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 a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2006

Prof. Wilson Roberto Maluf

UFLA

Pesq. Cícero Bezerra de Menezes

SAKATA

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

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Ofereço este trabalho à toda minha família,
por ser o alicerce da minha vida.

E dedico aos meus pais, Renato e Margarida, pelo amor e dedicação;
Às minhas irmãs, Renata e Ana, pela paciência e carinho;
E à Pâmela pelo amor que tem por mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que tem sido e será a minha vida.

Aos meus pais pelo apoio e incentivo ao estudo desde a infância.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de cursar o Mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa.

À todos os professores e funcionários do Departamento de Biologia da UFLA.

Ao professor César que com paciência, amizade, dedicação e empenho me orientou. Além dos conselhos tanto profissionais como pessoais.

Aos amigos e colegas do grupo da batata pela ajuda e apoio na condução desse trabalho.

E aos amigos e companheiros de república, José Marcelo e Felipe, pela amizade, paciência e apoio nos momentos de dificuldade.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 Origem da batata.....	2
2.2 Fenologia da batata	3
2.2.1 Desenvolvimento do broto.....	3
2.2.2 Crescimento da planta.....	5
2.3 Fatores que influenciam o ciclo vegetativo	10
2.3.1 Clima.....	10
2.3.2 Manejo da cultura	13
2.3.3 Cultivar	16
2.4 Seleção de clones tardios	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Material genético	19
3.2 Experimentos	19
3.2.1 Primeira geração clonal	19
3.2.2 Segunda geração clonal	21
3.3 Análises estatísticas genéticas	21
3.3.1 Primeira geração clonal	21
3.3.2 Segunda geração clonal:	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Primeira geração clonal	32
4.2 Segunda geração clonal	39

5 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

RESUMO

RODRIGUES, Gabriel Belfort. **Seleção divergente para duração do ciclo vegetativo em batata**. 2006. 55p. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A batata levada à Europa era adaptada às condições de temperaturas amenas e dias curtos. Após aproximadamente 200 anos, pela seleção não intencional, a batata foi adaptada às condições de dias longos da Europa, de onde passou a ser cultivada em diversos países. No Brasil, a maioria das cultivares plantas ainda são importadas. O cultivo dessa cultura no país sofre os efeitos adversos das temperaturas mais elevadas e do curto fotoperíodo. Essas condições climáticas contribuem para a diminuição da produção de tubérculos, principalmente pela redução no ciclo vegetativo. Tanto em condições tropicais, como em condições temperadas, clones com ciclo vegetativo tardio geralmente são mais produtivos que clones com ciclo precoce. Assim, o aumento do ciclo vegetativo é uma alternativa para o aumento da produção de tubérculos. Este trabalho teve como objetivos (i) avaliar o potencial da seleção para aumentar ou diminuir o ciclo vegetativo da batata e (ii) verificar a relação entre o ciclo vegetativo e a produção de tubérculos. Em um experimento foram avaliadas, individualmente, a produção de tubérculos e o ciclo vegetativo de 1.561 genótipos diferentes de 22 famílias de irmãos germanos. Em outro avaliaram-se as mesmas características de 320 genótipos selecionados para ciclo vegetativo precoce (78, 85 e 92 dias após o plantio - DAP), intermediário (99 e 106 DAP) e tardio (113 e 120 DAP). Em ambos os experimentos, utilizaram-se como testemunhas, as cultivares Monalisa, Atlantic e Asterix, e os genótipos CBM 16-16 e CBM 9-10. A seleção nas gerações iniciais é eficiente, tanto para diminuir como para aumentar o ciclo vegetativo. A seleção para ciclo vegetativo indivíduos permite obter maior ganho do que a seleção entre famílias. De modo geral, os genótipos mais tardios são mais produtivos que os genótipos mais precoces.

* Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto - UFLA.

ABSTRACT

RODRIGUES, Gabriel Belfort. **Divergent selection for growth cycle duration in potato**. 2006. 55p. Dissertation (Master in Plant Genetics and Breeding) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The potato taken to Europe was adapted to the conditions of cool temperatures and short days. After approximately 200 years, through non intentional selection, potato became adapted to the conditions of long European photoperiod, and became cultivated at several countries. In Brazil, most cultivars were bred in temperate countries . Thus, the potato crop suffers the adverse effects of the high temperatures and of the short days. Those climatic conditions contribute to decrease tuber yield, mainly through the reduction in the duration of the growth cycle. Both in tropical and temperate conditions, late clones are reportedly more productive than clones with short growth cycle. Thus, extending the growth cycle may be an alternative to increase tuber yield. This work aimed at (i) evaluating the selection potential to increase or to decrease the potato growth cycle and (ii) to verify the relationship between growth cycle duration and tuber yield. In one experiment tuber yield and the growth cycle duration were evaluated for 1561 different genotypes from 22 sib families. In another experiment, the same characteristics were evaluated for 320 genotypes selected from early (78, 85 and 92 DAP), intermediate (99 and 106 days after planting - DAP) and late (113 and 120 DAP) clones . In both experiments, the cultivars Monalisa, Atlantic and Asterix, and the clones CBM 16-16 and CBM 9-10 were used as checks. The divergent selection in the initial generations was efficient both to decrease as well as to increase the growth cycle. The selection for growth cycle based on individuals performance allows a larger gain than the selection among families. In general, the latest genotypes are more productive than the earliest genotypes.

* Adviser: César Augusto Brasil Pereira Pinto - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) foi domesticada na Europa a partir da seleção de clones de *S. tuberosum* ssp. *andigena* (ou grupo Andígena) introduzidas em 1570. O grupo Andígena foi domesticado nos Andes, do sul do Peru e norte da Bolívia, em condições de fotoperíodo curto (cerca de 12 horas) e temperaturas amenas. Na Europa, ela foi adaptada aos dias longos do verão do norte europeu. No século XVII, ela passou a ser cultivada em diversos países ao redor do mundo.

No Brasil, a batata foi introduzida no final do século XIX, por imigrantes europeus. Até os dias atuais, a maioria das cultivares empregadas no país é de origem européia e sofre os efeitos adversos das temperaturas mais elevadas e do curto fotoperíodo. Essas condições climáticas contribuem, entre outros fatores, para a redução do potencial produtivo das cultivares nas regiões tropicais.

Um dos efeitos adversos é o encurtamento do ciclo vegetativo para cerca de 100 dias. É sabido que, em regiões temperadas, as cultivares com ciclo mais longo (>130 dias) são mais produtivas que os materiais mais precoces. Silva & Pinto (2005) demonstraram que, também para as condições tropicais, clones com ciclo mais tardio são, de modo geral, mais produtivos que os clones mais precoces e sugeriram que a seleção de clones tardios possa ser uma estratégia para aumentar a produtividade da cultura da batata nessas regiões.

Os objetivos deste trabalho foram: (i) avaliar o potencial da seleção para aumentar ou diminuir o ciclo vegetativo da batata e (ii) verificar a relação entre ciclo vegetativo e a produção de tubérculos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem da batata

A batata é originária da região dos Andes na América do Sul, onde é cultivada desde a Antiguidade. Pertence ao gênero *Solanum*, sendo sete as espécies cultivadas: duas diplóides, duas triplóides, duas tetraplóides e uma pentaplóide. No entanto, a espécie tetraplóide *S. tuberosum* L. é a espécie cultivada de maior importância econômica no mundo.

S. tuberosum L. foi selecionada a partir de *S. tuberosum* subespécie *andigena*, a qual foi levada da América para a Europa por exploradores espanhóis em 1570. As plantas do grupo Andigena apresentavam adaptação a dias curtos e temperaturas amenas, após um período de seleção não intencional para a produção precoce e adaptação a dias longos originou a subespécie *tuberosum*, que vem sendo utilizada como alimento na Europa desde a metade do século dezoito (Hawkes, 1994) e hoje é cultivada em regiões de clima temperado, tropical e subtropical.

A cultura da batata é a quarta em importância econômica no mundo, depois do trigo, do arroz e do milho (Fabeiro et al., 2001). No Brasil, ela foi introduzida no final do século XIX, mas ainda apresenta baixa produtividade. Em geral, a relação entre a produção efetiva e a potencial é baixa em climas tropicais e subtropicais. Um dos fatores causadores dessa defasagem da produção é o uso de cultivares não adaptadas importadas de países temperados.

As cultivares introduzidas estão adaptadas a temperaturas médias abaixo de 20°C e fotoperíodo próximo a 16 horas. Já as regiões tropicais, como o Sul de Minas Gerais, latitude 21° S, são caracterizadas por temperaturas médias acima de 25°C e fotoperíodo próximo a 13 horas. Portanto, as cultivares importadas não são adaptadas a altas temperaturas (Meneses et al., 1999) e fotoperíodos

curtos das regiões tropicais e subtropicais essas condições adversas, às quais as batatas são submetidas, interferem na sua produção e geram uma série de modificações em sua fenologia.

2.2 Fenologia da batata

A fenologia é a parte da botânica que estuda os vários fenômenos periódicos das plantas e suas relações com o clima. A descrição fenológica de uma cultura é necessária para identificar morfológicamente o estágio fisiológico em que a planta se encontra e, dessa forma, poder manejar os insumos de modo mais eficiente para atender às necessidades da planta em cada fase (Câmara, 1998). Assim, aumentam-se as chances de sucesso com a cultura. Basicamente, a fenologia da batata pode ser dividida em desenvolvimento do broto e crescimento da planta.

2.2.1 Desenvolvimento do broto

Essa primeira etapa inicia-se com a formação das gemas nos tubérculos; é o momento decisivo para o crescimento e a produção da planta (Horton, 1987). O tubérculo apresenta quatro idades fisiológicas distintas: dormência, dominância apical, pleno vigor de brotação, brotações longas e senescência (Souza, 2003).

A dormência dos tubérculos é o estágio fisiológico pelo qual não ocorrerá desenvolvimento dos brotos, mesmo sob condições ótimas de cultivo (Fontes & Finger, 1999). A duração dessa fase é determinada por hormônios, sendo o ácido abscísico e a giberelina os principais deles.

O ácido abscísico é supressor da brotação, provavelmente por inibir a síntese de ácido nucléico, mas ainda, não existem estudos conclusivos a esse respeito. Já a giberelina estimula a brotação e o alongamento celular. Ela acentua a transcrição do mRNA da α -amilase (Jacobsen et al., 1995), que causa a quebra

do amido em sacarose que é hidrolisada em glicose e frutose. Com isso, grande quantidade desses açúcares é armazenada na gema durante a brotação (Moorby & Milthorpe, 1975).

Há dificuldade em se entender corretamente o controle hormonal da dormência. Taiz & Zeiger (2004) referem-se à genética molecular como uma ferramenta importante para o entendimento desses caracteres. O período de dormência depende da própria cultivar, das condições climáticas durante o desenvolvimento do tubérculo mãe, do grau de maturação dos tubérculos, de injúrias mecânicas, de doenças e de danos causados por insetos nos tubérculos. É possível a utilização de bissulfureto de carbono em concentrações adequadas a cada cultivar para a quebra de dormência e ao estímulo para a brotação de maior número de gemas em batata semente.

Com o fim da dormência, os tubérculos se encontram na fase de quiescência, ou seja, dependente de fatores exógenos para brotar. Nessa fase variações na temperatura e luminosidade favorecem o equilíbrio hormonal no sentido de produção de giberelina, conduzindo ao início da brotação. Inicialmente, observa-se a dominância apical. Caso haja a remoção do broto principal, observar-se-á a brotação das demais gemas (Souza, 2003).

A fase de pleno vigor de brotação é ideal para o plantio dos tubérculos no campo. Nela os tubérculos ainda estão túrgidos e há o bom desenvolvimento da maioria dos brotos (Van Der Zaag, 1973). Caso o tubérculo semente seja plantado antes ou após a fase de pleno vigor, será observada perda de produtividade proporcional ao tempo que se antecipou ou se atrasou o plantio. Tal fenômeno é denominado de degenerescência fisiológica (Kawakami, 1962).

Com o avanço da idade fisiológica dos tubérculos, observam-se brotações longas e perda de turgescência. Segue-se a senescência dos tubérculos, podendo ocorrer a formação de pequenos tubérculos nos brotos (Van Der Zaag, 1973).

2.2.2 Crescimento da planta

Após o plantio do tubérculo, o crescimento da planta de batata pode ser dividido em quatro estádios: emergência, estabelecimento da planta, tuberização e maturação. A velocidade e a duração em que ocorre cada estágio dependem de fatores edafoclimáticos interagindo com os fatores genéticos (Love et al., 1995; Van Heemst, 1986).

2.2.2.1 Emergência

A emergência dura de uma a duas semanas para as cultivares precoces e tardias, respectivamente. Em temperaturas entre 10°C e 14°C a emergência ocorre em 30 dias, mas, se a temperatura for entre 21°C e 23°C o tempo para emergência diminui para 8 a 10 dias. Em temperaturas menores que 10°C, pode não ocorrer a emergência (Epstein, 1966; Fontes & Finger, 1999). No entanto, a temperatura do solo e o tamanho do tubérculo semente determinam a velocidade da emergência. A magnitude do efeito da temperatura dependerá da quantidade de reserva existente no tubérculo, ou seja, dependerá do seu tamanho.

Além desse efeito conjunto com a temperatura, o tamanho do tubérculo determinará o número de hastes da planta. Diversos autores referem-se ao número de hastes como fator determinante da produção de batata (Fontes & Finger, 1999; Filgueira, 2000) e relatam que existe uma correlação alta e positiva entre tamanho de tubérculo e número de hastes. No entanto, o plantio de tubérculos maiores não traz incremento à produção.

O maior número de hastes por planta gera um aumento no número de tubérculos, mas a maior competição entre as hastes causa diminuição do tamanho dos tubérculos. Além disso, o tamanho adequado deve simplesmente ter a quantidade de reserva suficiente para a produção de folhas com vigor inicial capaz de suprir as necessidades da planta posteriormente (Cao & Tibbitts, 1997). Por isso, Fontes & Finger (1999) recomendam a utilização de tubérculos

com tamanho entre 20 a 40g como semente, devido ao menor gasto de material por ha.

O potencial produtivo da batateira também depende diretamente da idade fisiológica do tubérculo (Van Der Zaag & Van Loon, 1987), o que foi chamado anteriormente de degenerescência. O correto manejo no plantio e a utilização do material de plantio adequado estabelecerão uma relação favorável à produção de fotoassimilados, gerando o número e o tamanho de tubérculos comercialmente desejáveis.

Antes da emergência do broto, já existe raiz no caule subterrâneo (Fontes & Finger, 1999). Ainda nessa fase, há pouca exigência de água devido a dependência da planta em relação ao tubérculo-mãe. Com a emergência do broto, prossegue-se o estabelecimento da planta.

2.2.2.2 Estabelecimento

Nessa fase, há o desenvolvimento simultâneo da parte aérea e das raízes, ainda há dependência do tubérculo mãe e aumento da exigência de água. O bom estabelecimento do sistema radicular nessa fase será determinante para o sucesso da cultura ao longo do ciclo. Nesse momento, é muito importante o controle de pragas e doenças que venham a causar danos nas folhas e raízes (Love et al., 1995).

Se o manejo de água, de nutrientes, de pragas, de doenças e de plantas daninhas não estiver limitando as condições de cultivo, a expansão foliar dependerá, principalmente, da temperatura, do fotoperíodo, do potencial de dreno da folha e do genótipo (Van Delden et al., 2000). Outros fatores, como umidade relativa, qualidade da luz e características físicas do solo, também influenciam o desenvolvimento das folhas (Dale, 1998).

As diferenças genéticas têm efeito na expansão foliar principalmente nos estádios mais avançados, mas, são pouco expressivas no início do

desenvolvimento das folhas (Spitters, 1987). A expansão foliar inicial é importante devido à relação entre o crescimento da cultura e o índice de área foliar, particularmente nos estádios iniciais. Jamieson et al. (1998) mostraram que, em trigo, havia um aumento na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa quando essa razão era pequena. Em condições temperadas, a expansão foliar precisa ser o mais precoce possível, pois, a estação de cultivo é bem limitada e, caso haja atrasos, poderá haver frustração de colheita ou o produto colhido terá sua qualidade piorada, principalmente pela inversão de açúcares causada pelo frio. Para as condições tropicais, a rápida emergência é necessária para que haja aumento do tempo de fotossíntese da planta.

Nessa fase, há um aumento da necessidade de água e o controle de pragas e doenças tem que ser eficiente. Esta fase inicia-se após a emergência e termina com o início da senescência das folhas. Conjuntamente ocorre a tuberização.

2.2.2.3 Tuberização

A tuberização é o processo de formação dos tubérculos de batata, que ocorre na extremidade dos estolões. Primeiramente, há a indução e a iniciação dos estolões, seguidas da alongação, da paralisação do crescimento longitudinal e da indução e formação dos tubérculos (Costa & Lopes, 1981).

A tuberização está sujeita ao controle genético, hormonal e ambiental (Lucchesi, 1985). Por exemplo, a subespécie *andigena* tuberiza com menos de 12 horas de luz, enquanto que há a formação de tubérculos na subespécie *tuberosum* em fotoperíodo de até 18 horas (Hawkes, 1994).

Para que ocorra a tuberização, a planta depende do balanço hormonal entre citocinina e giberelina (Fontes & Finger, 1999). A citocinina pode causar o efeito denominado como mobilização de nutriente, ou seja, esse hormônio muda

a relação fonte dreno na planta (Taiz & Zeiger, 2004). Esses autores dizem que experimentos têm mostrado que os nutrientes são preferencialmente transportados e acumulados em tecidos tratados com citocinina. Portanto a concentração de citocinina deve ser mais alta no “gancho”, que é a parte que dará origem ao tubérculo na extremidade dos estolões, do que nas folhas.

O efeito da giberelina na tuberização foi comprovado por Carrera et al. (2000), que demonstraram que o gene GA 20-oxidase (GA20ox), responsável pela síntese de giberelina, regula a tuberização. As plantas de batata que superexpressam o gene GA20ox apresentaram retardo na tuberização, já a transformação com o gene GA20ox anti-senso promoveu a tuberização.

As giberelinas são produzidas em tecidos apicais (Elliott et al., 2001). A gema apical promove o crescimento tanto por meio da biossíntese direta da auxina como pela biossíntese de giberelina induzida por auxina (Ross et al., 2000; Roos & O’Neill, 2001). A temperatura e o fotoperíodo alteram os níveis de giberelinas ativas por atingirem genes da rota biossintética (Yamaguchi & Kamiya, 2000).

A temperatura é um fator limitante à produção nesse período de formação do tubérculo. Primeiramente, ela pode afetar o início da tuberização (Menezes et al., 2001). Posteriormente, ela transforma a folha em dreno preferencial, diminuindo a translocação de fotoassimilados para os tubérculos (Sarquis et al., 1996). Além disso, altas temperaturas aumentam a incidência de doenças, como a pinta-preta (*Alternaria solani*), diminuindo a vida útil das folhas (Bittencourt et al., 1985). Desta forma, há diminuição na produção e qualidade dos tubérculos (Prange et al., 1990). Temperaturas entre 15°C e 20°C são ideais para a produção e acúmulo de matéria seca nos tubérculos (Van Dam et al., 1996).

O fotoperíodo não é um fator tão limitante como a temperatura, mas também pode atuar, tanto na indução como na eficiência do processo de

tuberização. Fotoperíodo curto antecipa a indução da tuberização e limita o crescimento da parte aérea. Nessas condições, há tendência de maior partição de matéria seca para os tubérculos. No entanto, há menor produção de fotoassimilados porque ocorre menor período de fotossíntese e menor área foliar. Em dias longos, a parte aérea é mantida por mais tempo, permitindo maior período de fotossíntese, conseqüentemente, maior produção de tubérculos. A partir do fotoperíodo crítico há inibição da tuberização (Burton, 1966).

Além dos fatores mencionados, a tuberização também depende da correta adubação, do espaçamento adequado, da irrigação e do controle de pragas e doenças. É nessa fase que se observa o máximo de área foliar e com o correto manejo da planta pode haver o acúmulo de 400 a 700kg de tubérculo ha⁻¹.dia⁻¹ (Fontes & Finger, 1999).

2.2.2.4 Maturação

No final da tuberização, as folhas iniciam a senescência, marcando o início da maturação. A antecipação dessa fase pode ser feita pela seca das folhas realizada pela dissecação com herbicida. Em cultivares precoces a maturação inicia-se na 12ª semana; já para as cultivares tardias isso ocorre na 14ª semana (Filgueira, 1999).

Nos tubérculos observam-se o espessamento e o endurecimento da pele (periderme). Esse processo ocorre nas células da periderme pela suberização seguida da morte das células do tecido (Sabba & Lulai, 2002). Isso é importante para que haja menos perda por respiração durante o armazenamento dos tubérculos. Além disso, durante a maturação, há aumento no peso específico e conversão de açúcares livres em amido (Dale & Mackay, 1994).

O tempo para maturação é de 10-15 dias (Filgueira, 1999). Se os tubérculos permanecerem por um período prolongado de tempo no solo, após a

morte da parte aérea, os benefícios dessa fase serão perdidos pela inversão de amido em açúcares e perda de matéria seca por respiração.

Em suma, todos os estádios fenológicos possuem sua particularidade e exigência. Todos contribuem de determinada forma para a produção final. No entanto, a fase de enchimento dos tubérculos é primordial para o sucesso da lavoura. A duração desta fase é função do potencial fotossintético da planta que, por sua vez, depende da duração do ciclo vegetativo.

2.3 Fatores que influenciam o ciclo vegetativo

As condições tropicais geram uma série de modificações na cultura da batata. Uma delas é o encurtamento do ciclo vegetativo, sendo este o principal fator de diminuição de produção da batata nessas regiões (Kooman et al., 1996c). Quando não há limitação de água e nutrientes, e o controle de pragas e de doenças é realizado adequadamente, as diferenças em produção entre as cultivares são devido às diferenças na interceptação de luz.

O crescimento total, a produção total de tubérculos e a produção de matéria seca nos tubérculos na cultura da batata dependem, principalmente, da duração do ciclo, que por sua vez depende do clima, do manejo da cultura e da cultivar (Kooman et al., 1996c; Kooman et al., 1996b).

2.3.1 Clima

As cultivares de batata são altamente influenciadas pelos fatores climáticos que agirão no sentido de aumentar ou diminuir o ciclo vegetativo de forma a aumentar ou diminuir a interceptação da radiação.

Segundo Kooman et al. (1996b), o efeito do clima no desenvolvimento da cultura explicou melhor a duração do período que vai da emergência ao início da tuberização. Esse período é determinante do ciclo vegetativo e produção de

matéria seca nos tubérculos. Portanto, o início precoce da tuberização prejudica a produção da planta.

Dentre os fatores climáticos, a temperatura e o fotoperíodo são de maior importância. A temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura da batata depende das diferentes fases de cultivo. Entre a emergência e o início da tuberização, a temperatura tem seu maior efeito (Kooman et. al., 1996c). Altas temperaturas (>25°C) atrasam o início da tuberização (Menezes et al., 1999) e aumentam o período de crescimento das folhas e, conseqüentemente, aumentam o ciclo (Marinus & Bodlaender, 1975). No entanto, segundo Menzel (1985) altas temperaturas aumentam a taxa de senescência das folhas, portanto, diminuem o ciclo. É necessário considerar que essas conclusões foram para condições diferentes de experimentação. Entre os trabalhos desses autores existem diferenças, principalmente de cultivar e fotoperíodo, que são fatores que atuam conjuntamente com a temperatura.

Durante o enchimento dos tubérculos, altas temperaturas reduzem a partição de fotoassimilados para os tubérculos, aumentam a taxa de respiração e levam à redução na produção de tubérculos (Menezes et al., 2001). No entanto, além da fase em que se encontra a planta, a magnitude do efeito da temperatura depende do fotoperíodo. A redução no comprimento do dia acarreta encurtamento do ciclo vegetativo, supressão da floração, iniciação precoce da tuberização, rápido enchimento e maturação fisiológica precoce dos tubérculos (Fontes & Finger, 1999).

A indução da tuberização ocorre em determinado fotoperíodo, que depende da cultivar e temperatura (Lovato, 1993). Se ocorrerem dias curtos (menores que 12 horas de luz) sob altas temperaturas, ocorrerá indução precoce da tuberização; caso contrário, a tuberização será atrasada (Kooman et.al., 1996c). No entanto, a magnitude do efeito da interação desses dois fatores dependerá da cultivar.

Dias longos (maiores que 14 horas de luz) podem favorecer rendimentos maiores pela manutenção da parte aérea por mais tempo e conseqüente ampliação da duração do ciclo vegetativo. Todavia, se passar de determinado valor crítico, a iniciação da tuberização pode não ocorrer. Em fotoperíodo longo pode ocorrer a indução ao florescimento da planta. Se ocorrer a frutificação, haverá redução do índice de área foliar, da proporção de crescimento dos tubérculos e da partição de matéria seca para os tubérculos. O desenvolvimento de frutos reduz o número e a produção total e comercializável de tubérculos. Além disso, a frutificação reduz o peso específico e a matéria seca dos tubérculos (Tekalign & Hammes, 2005).

As partes vegetativas da planta em fase reprodutiva competem com frutos por fotoassimilados, havendo restrição do crescimento vegetativo. Dessa forma, será observado menor potencial fotossintético, menor longevidade das folhas, menor período de enchimento dos tubérculos e, conseqüentemente, redução na produção e qualidade de tubérculos (Tsegaw & Zelleke, 2002).

No entanto, o comprimento do dia não é o único fator relacionado à luz que interfere no cultivo da batata. A intensidade luminosa tem seu efeito considerando que há interação com os fatores acima referidos.

Baixa intensidade luminosa (125 a $300 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ou dias nublados ($800 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) podem causar alongamento do caule e aumento da altura da planta, redução do tamanho da folha, atraso tanto na iniciação dos tubérculos como na senescência das folhas e redução na produção de tubérculos por planta. Já altas intensidades de luz (maiores que $800 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) aumentam a fotossíntese, a produção de matéria seca e aceleram a iniciação e o desenvolvimento dos tubérculos (Fontes, 2005). Portanto, baixas intensidades luminosas aumentam o ciclo alterando a partição de assimilados para as hastes e altas intensidades encurtam o ciclo da cultura, beneficiando a produção de tubérculos (Kooman et al., 1996a).

2.3.2 Manejo da cultura

O cultivo é afetado por fatores incontroláveis (fatores climáticos) e por fatores controláveis ou manejáveis (água, nutrientes, controle de doenças e pragas). A planta de batata é altamente exigente nos fatores controláveis.

O manejo da água em todos os estádios do desenvolvimento da cultura é um dos fatores mais importantes para a obtenção de produção e qualidade de tubérculos. A falta ou o excesso de água diminuem a produção, pois, alteram o crescimento e o desenvolvimento da planta, a incidência de pragas e de doenças, e a movimentação de nutrientes no solo (Oliveira & Valadão, 1999).

O excesso de água favorece o desenvolvimento de doenças, como a requeima (*Phytophthora infestans*) e a canela-preta (*Erwinia carotovora*), que diminuem a longevidade das folhas. Dessa forma, há diminuição de área foliar e encurtamento do ciclo. Em condições extremas de excesso de água as raízes não conseguem realizar a respiração devido à falta de oxigênio (hipoxia). A hipoxia diminui a condução de íons para a parte aérea. Dessa forma, as folhas não possuem energia suficiente para realizar os processos fisiológicos. Além disso, as raízes diminuem seu potencial de absorção e translocação de íons no xilema. Assim, as folhas velhas senescem prematuramente, devido à realocação de elementos móveis no floema (N, P, K) para as folhas jovens. A hipoxia também acelera a produção de precursores de etileno 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) nas raízes. O ACC é transportado pelo xilema à parte aérea, onde, em contato com o oxigênio, por meio da ACC oxidase, é convertido em etileno. O principal sintoma desse hormônio na parte aérea é a queda das folhas (Taiz & Zeiger, 2004).

Contrariamente, a falta de água reduz a taxa de emergência das plantas, a taxa fotossintética e a área foliar. Na fase inicial, o déficit hídrico afeta a fotossíntese foliar e a condutância dos estômatos. Assim ocorre o fechamento

dos estômatos para aumentar a eficiência do uso da água. Quando o estresse é mais severo, há inibição da fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2004).

A redução da área foliar é uma estratégia que a planta utiliza para diminuir a perda de água, e a interceptação de luz será, conseqüentemente, diminuída. Vale salientar que as plantas alteram sua taxa de crescimento em resposta ao estresse, principalmente pela síntese de parede celular, divisão celular e síntese protéica (Bursens et al., 2000). Com isso a planta utiliza parte do seu aparato de produção de assimilados que seriam acumulados nos tubérculos para tentar sobreviver ao estresse. Isso diminui o potencial produtivo da planta pela diminuição do número e do tamanho de tubérculos por planta. O déficit hídrico associado a altas temperaturas piora a qualidade de tubérculos para fritura devido ao aumento do teor de açúcares redutores, que causa o escurecimento (Pereira & Costa, 1997) e a brotação. Todas essas conseqüências da falta de água aceleram a senescência da planta.

Quando a água não é fator limitante para o cultivo da batata o controle de pragas e doenças torna-se um fator de produção importantíssimo. As pragas foliares são importantes para o ciclo vegetativo por causarem danos às folhas que comprometem sua manutenção. No caso de moscas minadoras, por exemplo, o ataque chega a ocorrer em 90% dos folíolos (Souza & Reis, 1999). Essa praga causa a antecipação do ciclo da cultura dentro do período de maior ganho em peso e diâmetro dos tubérculos (Souza et al., 1998).

Diversas doenças se desenvolvem nas folhas da batata, mas a requeima (*P. infestans*) e a pinta preta (*A. solani*) são as principais. Essas duas doenças, ao encontrarem condições propícias ao seu desenvolvimento, possuem alto poder destrutivo das folhas. Dessa forma, haverá diminuição da área foliar e, quanto menor a área foliar ativa por período de tempo, menor a produção de tubérculos de tamanho comercial. Portanto, é extremamente importante o manejo que vise à manutenção dessa área foliar pelo maior período de tempo.

Outro fator de manejo importante é a nutrição das plantas. Para obter um adequado rendimento de tubérculos é necessário um período de desenvolvimento da parte aérea rápido e relativamente curto, e uma fase de maior acúmulo de nutrientes (Fontes, 1999). Para tanto, é necessária uma nutrição equilibrada entre os nutrientes, de forma a suprir as necessidades da planta. Diversos distúrbios são observados nas plantas com deficiência ou excesso de algum nutriente. Dentre eles, o nitrogênio é o principal nutriente que permite a ótima área foliar e o crescimento de tubérculos (Westermann & Davis, 1992). A deficiência de nitrogênio causa clorose foliar e diminuição do ciclo. Já altas doses de nitrogênio tornam a planta mais suscetível ao ataque de doenças foliares, diminuindo, assim, a longevidade das folhas. No entanto, em doses equilibradas, o nitrogênio atrasa a tuberização, prolonga o ciclo e a longevidade das folhas, e, conseqüentemente, a produção de tubérculos (Oliveira, 2000).

Um elemento também importante na dinâmica do crescimento da batata é o potássio. A deficiência desse nutriente causa diminuição do crescimento da planta e aumento da incidência de requeima e canela-preta (Davenport & Bentley, 2001). As conseqüências da primeira já foram discutidas anteriormente. Já a canela-preta causa necrose da base do caule, impedindo, assim, o transporte da seiva bruta das raízes às folhas e de assimilados para os tubérculos e raízes. Dessa forma, a planta terá seu ciclo diminuído devido a esse bloqueio entre seus órgãos que são mutuamente dependentes. Portanto, o manejo de nutrientes deve ser realizado de forma a suprir equilibradamente as necessidades da planta.

A densidade de plantas é um fator importante para o manejo da nutrição. No entanto, o espaçamento de plantio depende do objetivo principal da cultura. Para a produção de batata-semente, o plantio deve ser mais adensado para a produção de tubérculos menores. Já em plantio para a produção de batata para consumo, a densidade de plantas deve ser menor, a fim de se obter maior tamanho de tubérculo. Oliveira (2000) observou que, em espaçamento na linha

de 15 centímetros, reduziu-se a área foliar em relação ao espaçamento de 30 centímetros. Além disso, a maior densidade diminuiu o número de folhas ativas aos 80 e 100 dias após o plantio. Assim, é possível concluir que maiores densidades causam diminuição do ciclo.

2.3.3 Cultivar

A variação na duração do ciclo vegetativo é um fator controlado geneticamente (Van Delden et al., 2000). Para tanto, as cultivares de batata podem ser classificadas como precoces, intermediárias e tardias (Griffith et al., 1984).

Todos as cultivares começam seu desenvolvimento produzindo folhas. Após a indução da tuberização, os fotoassimilados são direcionados aos tubérculos. Nas cultivares precoces, o período de formação de folhas é curto e o dreno para os tubérculos inicia-se rapidamente. Já as cultivares tardias investem mais no desenvolvimento das folhas. Isso causa um atraso no início da tuberização, mas, o maior potencial fotossintético associado ao maior período de vida das folhas resulta na maior produção de tubérculos (Kooman, 1995).

As cultivares precoces translocam os fotoassimilados para os tubérculos nos estádios iniciais da fase de enchimento, mas, apresentam curto período de crescimento vegetativo e baixas produções (Kooman et al., 1996a). Portanto o início da tuberização precoce não permite que essas cultivares tenham o crescimento tão vigoroso como as cultivares tardias (Silva, 2004).

O início da tuberização é mais importante na determinação da longevidade das folhas nas cultivares precoces (Kooman & Rabbinge, 1996). Esse tipo de cultivar tem menor longevidade das folhas que as cultivares tardias e estas últimas possuem variabilidade na longevidade das folhas dentro da planta. Além disso, o rápido crescimento de cultivares precoces leva à menor longevidade das folhas que o crescimento lento apresentado pelas cultivares

tardias. Portanto, há uma competição interna entre os diferentes órgãos da planta, sendo o tubérculo o dreno preferencial sob condições ideais. As raízes e folhas diminuem o crescimento com o início da tuberização, pela realocação de fotoassimilados (Moorby, 1970), principalmente de nitrogênio (Harris, 1983). Essa realocação de nitrogênio esgota a folhagem mais rapidamente em cultivares precoces, que possuem menor área foliar do que em cultivares tardias, que possuem maior área foliar. Portanto, essa realocação em cultivares precoces causa a diminuição da longevidade das folhas (Kooman & Rabbinge, 1996).

As diferenças entre cultivares, sob adequado manejo, estão relacionadas, primeiramente, à interceptação de radiação (Spitters, 1987). Portanto, maior ciclo permite maior interceptação de radiação.

2.4 Seleção de clones tardios

A produção de biomassa depende da área foliar e da duração do ciclo de produção sob a luz aproveitada pela planta (Van der Zaag, 1973). Quanto maior o ciclo, maior é o período de interceptação de luz e, portanto, a cultura apresentará maior rendimento. Isso fica bem claro em regiões tropicais, que geralmente apresentam condições subótimas para o desenvolvimento da cultura da batata. Silva (2004), trabalhando com clones tardios e precoces em região tropical, mostrou que os primeiros apresentavam vantagem em relação ao segundo, mesmo quando a colheita era realizada aos 80 dias após o plantio. Dessa forma, os agricultores poderiam utilizar os clones tardios sem, necessariamente, realizar a colheita no final do ciclo vegetativo. Caso o mercado não estivesse pagando bons preços, ele ainda teria flexibilidade para colher mais tardiamente e obter ganhos adicionais de produtividade.

Em um dos seus experimentos, Silva (2004) observou que, na colheita realizada ao final do ciclo vegetativo, os clones tardios foram 187%, 110% e 215% superiores aos clones precoces para a produção de tubérculos, a

porcentagem de tubérculos graúdos e para a taxa de tuberização, respectivamente. Além disso, os clones tardios apresentaram um incremento de 0,007 no peso específico. Na colheita antecipada, o comportamento de superioridade dos clones tardios em relação aos precoces permaneceu. De maneira geral, esta superioridade foi de aproximadamente 71% para a produção de tubérculos, 80% para a porcentagem de tubérculos graúdos, 71% para a taxa de tuberização e, ainda, os clones tardios tiveram 0,004 a mais de peso específico que os clones precoces. Assim uma das estratégias possíveis de serem adotadas para aumentar a produção de tubérculos da cultura da batata em regiões tropicais seria a seleção visando ao aumento do ciclo vegetativo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

Foram utilizadas 22 famílias de irmãos germanos cada uma representada por 100 clones. A genealogia das famílias está apresentada na Tabela 1. Como testemunhas, empregaram-se as cultivares Monalisa, Atlantic e Asterix, e os clones CBM 16-16 e CBM 9-10 do Programa de Melhoramento da UFLA.

3.2 Experimentos

Foram conduzidos dois experimentos de campo, um no município de Carrancas, MG, no período de 2 de fevereiro a 2 de junho de 2006 (safra da seca), com a primeira geração clonal e outro no município de São João da Mata, MG, no período de 30 de agosto de 2005 a 12 de janeiro de 2006 (safra das águas), com a segunda geração clonal.

3.2.1 Primeira geração clonal

Esse experimento foi instalado em fazenda de produção comercial de batata do município de Carrancas, sul de Minas Gerais, localizada a 21°35' de latitude S e 44°53' longitude W, com 1.052m de altitude. O preparo e a correção do solo, o controle de doenças e plantas daninhas, e a irrigação foram conduzidos segundo recomendado para a cultura. Para a adubação de plantio foi utilizado a fórmula 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O) na dose de 4.000 kg/ha. Na amontoa foi realizada uma adubação de cobertura com 300 kg/ha de Sulfato de Amônia.

TABELA 1. Genealogia das 22 famílias de irmãos germanos. Lavras, MG, 2004.

Família	Cruzamento	Família	Cruzamento
1	SR1-4-01 x SR1-4-19	12	SR1-5-08 x SR1-7-01
2	SR1-4-01 x SR1-5-08	13	SR1-7-14 x SR1-5-08
3	SR1-4-04 x SR1-4-19	14	CBM 7-12 x Governsten
4	SR1-4-04 x SR1-7-14	15	MHB28-16 x NES3-42
5	SR1-4-19 x SR1-5-04	16	Deltagold x GBA 7-12
6	SR1-5-08 x SR1-4-19	17	Chiquita x GBA 7-12
7	SR1-4-19 x SR1-6-14	18	SR1-7-01 x SR1-7-38
8	SR1-7-01 x SR1-4-19	19	CBM 7-12 x Chiquita
9	SR1-7-14 x SR1-4-19	20	SR1-4-19 x SR1-7-30
10	SR1-5-08 x SR1-5-04	21	GBA 3-44 x Chiquita
11	SR1-7-14 x SR1-5-04	22	CBM8-17 x CBM10-27

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. As 22 famílias foram distribuídas nas parcelas contendo 25 plantas, sendo cada planta um clone diferente, espaçadas de 0,5m x 0,8m. Em cada bloco, havia uma parcela que continha as cinco testemunhas aleatorizadas e representadas por 5 plantas.

Avaliaram-se a produção de tubérculos (g/planta) e o ciclo vegetativo de cada planta individualmente. Para a avaliação do ciclo vegetativo foram realizadas sete visitas semanais, a partir dos 78 dias após o plantio (DAP). Nessas visitas, foram colhidas as plantas mortas, sendo o padrão de morte as plantas com folhas secas.

3.2.2 Segunda geração clonal

Esse experimento foi conduzido em campo de produção comercial de batata do município de São João da Mata, Sul de Minas Gerais, situado a 21°55' latitude S e 45°57' longitude W, com 1.200m de altitude. Os tratos culturais foram aqueles normalmente empregados na região. A adubação de plantio utilizou-se a fórmula 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O) na dose de 3.000 kg/ha e na amontoa realizada aos 30 dias após o plantio foi utilizado o mesmo adubo e dose do que na primeira geração clonal.

Da primeira geração, foram selecionados 144 clones precoces, 122 clones intermediários e 54 clones tardios para representarem a média e a distribuição do número de clones, em cada ciclo vegetativo, da população formada pelas 22 famílias. Esses 320 clones selecionados e as cinco testemunhas foram levados ao campo em delineamento em blocos ao acaso com três repetições e duas plantas por parcela no espaçamento de 0,3m x 0,8m. Nesse experimento com a segunda geração clonal, as parcelas das testemunhas foram aleatorizadas dentro do bloco, da mesma forma que os clones selecionados.

Avaliaram-se a produção de tubérculos (g/planta) e o ciclo vegetativo em visitas semanais a partir de 74 DAP. A colheita foi realizada no final do ciclo vegetativo.

3.3 Análises estatísticas genéticas

3.3.1 Primeira geração clonal

Os dados foram submetidos à análise de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (Steel et al., 1997) e, em seguida, realizou-se a análise de variância considerando-se o seguinte modelo (Ramalho et al., 2000):

$$Y_{ijk} = m + p_i + b_j + e_{(ij)} + d_{(ij)k}$$

em que:

Y_{ijk} : é a observação da planta k no bloco j da família i;

m: é a média geral;

p_i : é o efeito da família i (i = 1, 2 ... 22);

b_j : é o efeito do bloco j (j= 1, 2, 3, 4);

e_{ij} : é o erro referente à parcela;

$d_{(ij)k}$: é o efeito da planta k dentro da parcela ij (k= 1, 2 ... 25).

A partir das esperanças dos quadrados médios da análise de variância foi estimada a variância genética entre famílias (σ_g^2). Para estimar a variância genética entre plantas dentro de famílias (σ_{gd}^2) utilizou-se o quadrado médio do efeito dentro de família subtraído do quadrado médio dentro da ANAVA, feita com as testemunhas, utilizando-se o mesmo modelo (Tabela 2). As ANAVAs foram realizadas utilizando-se o procedimento PROC GLM do SAS (SAS INSTITUTE, 2000).

Para cada característica, foi estimada a herdabilidade no sentido amplo para a seleção entre famílias (h_a^2) (Vencovsky & Barriga, 1992) e a herdabilidade para a seleção de clones dentro da família (h_d^2), somente para o ciclo vegetativo (Paiva et al., 2002):

$$h_a^2 = \frac{QM1 - QM2}{QM1}$$

em que:

h_a^2 : herdabilidade no sentido amplo para a seleção entre famílias;

QM1: quadrado médio de família;

QM2: quadrado médio do erro.

$$h_d^2 = \frac{QM3 - QMt}{QM3}$$

em que:

h_d^2 : herdabilidade para a seleção de clones;

QM3: quadrado médio dentro da ANAVA de família;

QMt: quadrado médio dentro das testemunhas.

TABELA 2. Quadro da análise de variância com os respectivos quadrados médios utilizados para as estimativas do coeficiente de variação ambiental (CV_e), da variância genética entre famílias (σ_g^2), da herdabilidade no sentido amplo para a seleção de famílias (h_a^2) seguida do intervalo de confiança ($IC_{h_a^2}$), da variância genética dentro de famílias (σ_{gd}^2), da herdabilidade no sentido amplo para a seleção dentro de famílias (h_d^2) e do seu intervalo de confiança ($IC_{h_d^2}$).

FV	Quadrado Médio
Bloco	
Família	QM1
Erro	QM2
Dentro	QM3
CV_e (%)	raiz[(QM2-QM3)/kh*]/média
σ_g^2	(QM1-QM2)/rh.kh
h_a^2	(QM1-QM2)/QM2
$IC_{h_a^2}$	$\left\{ 1 - [QM1/QM2]^{-1} F_{1-\alpha/2; 1} - [QM1/QM2]^{-1} F_{\alpha/2} \right\}$
σ_{gd}^2	QM3-QMt**
h_d^2	(QM3-QMt)/QM3
$IC_{h_d^2}$	$\left\{ 1 - [QM3/QMt]**^{-1} F_{1-\alpha/2; 1} - [QM3/QMt]**^{-1} F_{\alpha/2} \right\}$

* kh: média harmônica do número de plantas dentro da parcela e rh: média harmônica do número de repetições; ** quadrado médio dentro da análise de variância das testemunhas (variância ambiental dentro da parcela).

Para cada herdabilidade, foi estimado o intervalo de confiança de acordo com as expressões de Knap et al. (1985):

$$IC_{h_a^2} = \left\{ 1 - [(QM_1/QM_2).F(1-\alpha/2)]^{-1}; 1 - [(QM_1/QM_2).F(\alpha/2)]^{-1} \right\}$$

em que:

$IC_{h_a^2}$: intervalo de confiança para a herdabilidade no sentido amplo para a seleção entre famílias;

QM₁: quadrado médio de família;

QM₂: quadrado médio do erro;

F: valor tabelado da distribuição F de Snedecor, a partir dos graus de liberdade de família, graus de liberdade do erro e do nível de significância ($\alpha = 0,05$).

$$IC_{h_a^2} = \left\{ 1 - [(QM_3/QMt).F(1-\alpha/2)]^{-1}; 1 - [(QM_3/QMt).F(\alpha/2)]^{-1} \right\}$$

em que:

$IC_{h_a^2}$: intervalo de confiança para a herdabilidade para a seleção de clones dentro da família;

QM₃: quadrado médio dentro da ANAVA de família;

QM_t: quadrado médio dentro das testemunhas;

F: valor tabelado da distribuição F de Snedecor, a partir dos graus de liberdade de família, graus de liberdade do erro e do nível de significância ($\alpha = 0,05$).

O coeficiente de variação ambiental para as características avaliadas foi estimado a partir da seguinte expressão:

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

em que:

CV_e : é o coeficiente de variação ambiental em porcentagem;

σ_e^2 : variância ambiental entre parcelas;

μ : é a média geral do ensaio.

Para a estimativa do ganho esperado com a seleção de 3 famílias (13,6%), tanto no sentido de encurtar o ciclo vegetativo (famílias mais precoces) como para aumentar (famílias mais tardias), utilizou-se a seguinte expressão (Falconer & Mackay, 1996):

$$GES_{família} = h_a \cdot \sigma_g \cdot i_N$$

em que:

$GES_{família}$: ganho esperado com a seleção de famílias;

h_a : raiz quadrada da herdabilidade no sentido amplo para a seleção entre famílias;

σ_g : desvio padrão genético entre famílias.

i_N : intensidade de seleção standardizada, obtida na tabela de Fisher & Yates (1971) corrigida para amostras de pequeno tamanho ($N < 50$) pela expressão de Wricke & Weber (1986):

$$i_N = i - \frac{1-f}{2 \cdot i \cdot f \cdot (N+1)}$$

em que:

i : intensidade de seleção standardizada para populações grandes, obtida na tabela de Fisher & Yates (1971);

f : proporção selecionada;

N : número de indivíduos.

O ganho esperado com a seleção dos 144 clones precoces foi estimado pela seguinte expressão:

$$GES_{clones} = h_d \cdot \sigma_{gd} \cdot i$$

em que:

GES_{clones} : ganho esperado com a seleção de clones;

h_d : raiz quadrada da herdabilidade para a seleção de clones;

σ_{gd} : desvio padrão genético dentro de famílias;

i : intensidade de seleção standardizada da tabela de Fisher & Yates (1971).

O ganho esperado pela seleção dos 54 clones tardios foi estimado da mesma forma que para os clones precoces.

As estimativas de correlação de Pearson entre as características foram obtidas pelo PROC CORR do SAS (SAS INSTITUTE, 2000), e as equações de regressão e o coeficiente de determinação pelo Excel (Micorsoft, 2002). Os pontos de máximo foram obtidos por derivação.

3.3.2 Segunda geração clonal

Os dados foram submetidos à análise de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (Steel et al., 1997). Em seguida, realizou-se a análise de variância, considerando-se o seguinte modelo apresentado por Cruz & Carneiro (2003):

$$Y_{ij} = m + g_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : é a observação do genótipo i e no bloco j ;

m : é a média geral;

g_i : é o efeito do genótipo i ($i = 1, 2 \dots 325$);

b_j : é o efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3$);

e_{ij} : é o efeito do erro experimental.

Para a estimativa do ganho realizado com a seleção de famílias, utilizou-se o comportamento médio na segunda geração dos clones das três famílias mais precoces (ou mais tardias) e o comportamento médio na segunda geração dos 320 clones selecionados. Para tanto, utilizou-se a seguinte expressão:

$$GRS_{famílias} = \frac{m_{família} - M}{M}$$

em que:

$GRS_{família}$: ganho realizado com a seleção de famílias;

M : média dos 320 clones na segunda geração clonal;

$média_{família}$: média na segunda geração das três famílias mais precoces na primeira geração.

A herdabilidade realizada para a seleção das três famílias mais precoces (ou mais tardias) foi estimada pela seguinte expressão (Bernado, 2002):

$$h_{realizada\ família}^2 = \frac{GRS_{família}}{ds_{família}}$$

em que:

$h_{realizada\ família}^2$: herdabilidade realizada para a seleção de clones dentro da família;

$GRS_{família}$: ganho realizado com a seleção de famílias;

$ds_{família}$: diferencial de seleção da primeira geração estimado da seguinte expressão:

$$ds_{família} = \frac{M_{família\ C1} - M_{C1}}{M_{C1}}$$

$M_{família\ C1}$: média das três famílias mais precoces na primeira geração clonal , sendo essa média representada pela média dos valores dos clones selecionados para cada uma;

M_{C1} : média dos 320 clones selecionados na primeira geração clonal.

O ganho realizado com a seleção de clones precoces foi estimado pela seguinte expressão:

$$GRS_{clones\ precoces} = \frac{média_{clone\ precoce} - M}{M}$$

em que:

$GRS_{clones\ precoces}$: ganho realizado com a seleção de clones precoces;

M : média dos 320 clones na segunda geração clonal;

$média_{clone\ precoce}$: média dos 144 clones precoces na segunda geração.

A herdabilidade realizada para a seleção dos 144 clones precoces foi estimada pela seguinte expressão (Bernado, 2002):

$$h^2_{realizada\ clone\ precoce} = \frac{GRS_{clone\ precoce}}{ds_{clone}}$$

em que:

$h^2_{realizada\ clone\ precoce}$: herdabilidade para a seleção de clones precoces;

$GRS_{clone\ precoce}$: ganho realizado com a seleção de clones precoces;

ds_{clone} : diferencial de seleção da primeira geração clonal estimado pela expressão:

$$ds_{clone} = \frac{M_{clone\ C1} - M_{C1}}{M_{C1}}$$

$M_{clone\ C1}$: média dos 144 clones precoces na primeira geração clonal;

M_{C1} : média dos 320 clones selecionados na primeira geração clonal.

O mesmo procedimento foi adotado para se estimar o ganho realizado e a herdabilidade realizada para a seleção dos 54 clones tardios.

Foi estimada a correlação de Pearson entre o ciclo vegetativo e a produção de tubérculos da primeira e segunda geração clonal para as médias de famílias. Estimou-se, ainda, a correlação entre as mesmas características utilizando-se os valores dos clones selecionados na primeira geração clonal e suas médias na segunda geração clonal. As correlações, as equações de regressão e os coeficientes de determinação foram estimados utilizando-se os mesmos recursos computacionais descritos anteriormente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeira geração clonal

Dos 2.200 clones plantados em Carrancas, somente 1.561 foram colhidos, devido a perdas ocorridas durante a condução do experimento. De acordo com o ciclo vegetativo, esses clones foram classificados em precoces (78, 85 e 92 DAP), intermediários (99 e 106 DAP) e tardios (113 e 120 DAP). A distribuição do número de clones em cada um desses grupos está apresentada na Figura 1: 46,1%, 44,7% e 9,2% dos clones se enquadraram como de ciclo vegetativo precoce, intermediário e tardio, respectivamente.

As análises de variância estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4. Detectaram-se diferenças significativas entre as famílias e entre as testemunhas para ciclo vegetativo e produção de tubérculos. Em média, as testemunhas foram mais produtivas que os 1.561 clones. Nas testemunhas, as cultivares holandesas Asterix e Monalisa e a cultivar americana Atlantic apresentaram médias menores que os clones do Programa de Melhoramento de Batata da UFLA, CBM 9-10 e CBM 16-16 (Tabela 5). Tanto para famílias como para testemunhas, o ciclo vegetativo foi avaliado com maior precisão que a produção de tubérculos (Tabelas 3 e 4). Na ANOVA para famílias, o coeficiente de variação ambiental foi 257,4% maior para produção em relação a ciclo (12,5 vs 11,53). Tal fato se deve à grande variação no tamanho dos tubérculos semente, que deu origem à planta da primeira geração clonal, influenciando nas suas características produtivas (Pinto et al., 1994).

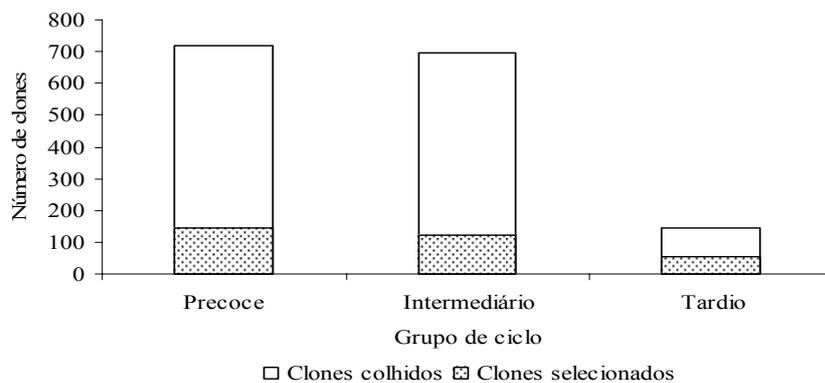


FIGURA 1. Distribuição do número de clones colhidos nos grupos precoce, intermediário e tardio e dos clones selecionados em cada grupo. Carrancas, MG, 2005.

Nas testemunhas, os clones CBM 16-16 e CBM 9-10, que foram selecionados para condições tropicais de cultivo (Menezes, 1999), apresentaram ciclo vegetativo de 93,6 e 99,9 DAP, os maiores entre as testemunhas utilizadas. Já as cultivares importadas Atlantic, Monalisa e Asterix apresentaram ciclo vegetativos de 84,3, 90,4 e 91,7 DAP, respectivamente (Tabela 5). De modo geral, o ciclo vegetativo observado neste experimento foi menor do que no trabalho de Silva (2004), bem como diversos outros experimentos realizados em condições semelhantes. Uma possível explicação é o critério utilizado, pois, consideraram-se como planta morta, aquelas que apresentavam as folhas secas. Assim, plantas com caules ainda verdes poderiam ter sido classificadas como mortas.

TABELA 3. Análise de variância para ciclo vegetativo e produção de tubérculos das 22 famílias. Carrancas, MG, 2005.

FV	GL	Quadrado Médio	
		Ciclo vegetativo (DAP)	Produção de tubérculos (g/planta)
Bloco	3	1609,1	468316,3
Família	21	977,9**	365472,3**
Erro	63	226,9	105865,8
Dentro	1687	67,0	76697,6
Média		97,5	504,8
CV_e (%) *		3,5	12,5
r	3,1		
k	20,5		
σ_g^2		11,53	3986,10
h_a^2		0,77	0,71
$IC_{0,05}$		0,49 a 0,88	0,36 a 0,85
σ_{gd}^2		35,79	-18575,34
h_d^2		0,53	-
$IC_{0,05}$		0,35 a 0,69	-

**Efeito significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F; * coeficiente de variação ambiental (CV_e), variância genética entre famílias (σ_g^2), herdabilidade no sentido amplo para a seleção de famílias (h_a^2) seguida do seu intervalo de confiança ($IC_{h_a^2}$), variância genética dentro de famílias (σ_{gd}^2), herdabilidade no sentido amplo para a seleção dentro de famílias (h_d^2) e seu intervalo de confiança ($IC_{h_d^2}$).

TABELA 4. Análise de variância para ciclo vegetativo e produção de tubérculos das testemunhas Asterix, Atlantic, CBM 9-10, CBM 16-16 e Monalisa. Carrancas, MG, 2005.

FV	GL	Quadrado médio	
		Ciclo vegetativo (DAP)	Produção de tubérculos (g/planta)
Bloco	3	167,8	23151,6
Testemunha	4	575,6*	746596,0*
Erro	32	111,5	188862,4
Dentro	38	31,2	95272,9
Média		91,9	644,2
CV (%)		11,5	67,5

* Efeito significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 5. Ciclo vegetativo e produção de tubérculos das testemunhas. Carrancas, MG, 2005.

Testemunhas	Ciclo vegetativo (DAP)	Produção de tubérculos (g/planta)
Asterix	91,7	550,3
Atlantic	84,3	476,1
CBM 16-16	93,6	662,8
CBM 9-10	99,9	994,1
Monalisa	90,4	530,8
Média	91,9	644,2

A variância genética para ciclo vegetativo dentro das famílias foi 3,1 vezes maior do que a variância genética entre famílias (Tabela 3). Em alguns trabalhos, tem sido demonstrado que as variâncias fenotípica e genética são maiores dentro de famílias do que entre famílias (Bradshaw et al., 1998; Diniz, 2002; Gopal, 2001).

Para a produção de tubérculos, a estimativa da variância ambiental dentro, obtida pela análise de variância das testemunhas (Tabela 4), foi maior que a variância fenotípica dentro das famílias (Tabela 3), o que resultaria numa estimativa negativa para a variância genética dentro. Portanto, não houve precisão experimental para detectar a variância genética dentro de famílias para

a produção de tubérculos. De acordo com Simmonds (1996), a discriminação da variação entre famílias é mais eficiente do que a discriminação da variação entre indivíduos da mesma família, pois, o efeito do ambiente é menor entre famílias do que entre os indivíduos da família (Souza et al., 2005).

A estimativa da herdabilidade para ciclo vegetativo entre famílias foi de 0,77 (Tabela 3). Já a herdabilidade dentro de famílias foi de 0,53, valor semelhante ao 0,58 encontrado por Silva (2004) obtido pela avaliação de 120 clones. Como esperado, a herdabilidade entre famílias foi superior àquela para clones individuais, propiciando maiores ganhos. No entanto, a seleção entre clones dentro de famílias também pode permitir progresso.

Dos 1.561 clones, foram selecionados 320, de forma a representar todas as famílias em cada grupo de ciclo, exceto as famílias 9, 16, 17 e 21, que não apresentaram clones com ciclo tardio (Tabela 6). A média de ciclo vegetativo dos 320 clones selecionados (97,4 DAP) foi praticamente a mesma que a média dos 1.561 clones da população (97,5 DAP). Além disso, a distribuição do número de clones, em cada grupo de ciclo vegetativo teve a tendência de distribuição semelhante à observada pelos 1.561 clones (Figura 1). Sendo assim, os indivíduos selecionados representaram a média da população para ciclo vegetativo. Foram selecionados, em média, 14,5 clones por família. As famílias mais precoces foram 7, 17 e 9, que apresentaram ciclo vegetativo de 90,6, 91,1 e 91,5 DAP, respectivamente (Tabela 6). Já as famílias mais tardias, 22, 15 e 10, tiveram, respectivamente, ciclo vegetativo de 105,1, 106,0 e 107,0 DAP.

TABELA 6. Número total de clones, número de clones selecionados e porcentagem selecionada para os grupos precoces, intermediários e tardios em cada família. Carrancas, MG, 2005.

Família	Nº clones	Média dos selecionados	Número de clones selecionados			Porcentagem selecionada		
			Precoces	Intermediários	Tardios	Precoces	Intermediários	Tardios
1	61	92,9	10	4	1	16,4	6,6	1,6
2	42	97,4	4	8	1	9,5	19,0	2,4
3	82	94,3	10	3	2	12,2	3,7	2,4
4	65	93,0	8	5	1	12,3	7,7	1,5
5	89	102,0	5	5	4	5,6	5,6	4,5
6	59	98,0	5	6	3	8,5	10,2	5,1
7	85	90,6	10	4	1	11,8	4,7	1,2
8	95	97,1	5	8	2	5,3	8,4	2,1
9	47	91,5	10	5	0	21,3	10,6	0,0
10	45	107,0	4	5	5	8,9	11,1	11,1
11	89	102,2	4	5	4	4,5	5,6	4,5
12	86	96,2	5	8	2	5,8	9,3	2,3
13	60	97,0	5	6	3	8,3	10,0	5,0
14	59	103,0	5	4	5	8,5	6,8	8,5
15	83	106,0	5	5	5	6,0	6,0	6,0
16	82	92,4	9	7	0	11,0	8,5	0,0
17	47	91,1	10	5	0	21,3	10,6	0,0
18	65	99,9	5	5	5	7,7	7,7	7,7
19	89	95,5	5	7	2	5,6	7,9	2,2
20	82	98,5	5	7	3	6,1	8,5	3,7
21	71	92,5	10	5	0	14,1	7,0	0,0
22	78	105,1	5	5	5	6,4	6,4	6,4
Total	1561		144	122	54			

Tanto para a seleção entre famílias como para a seleção de clones individuais, espera-se obter ganho no sentido de diminuir ou de aumentar o ciclo vegetativo (Tabelas 7 e 8). É esperado maior ganho para ciclo vegetativo quando a seleção é realizada no indivíduo, mesmo que a herdabilidade para a seleção de famílias seja maior. Isso se deve ao maior desvio padrão genético dentro de famílias (5,98) do que o desvio padrão genético entre famílias (3,40) para o ciclo vegetativo.

TABELA 7. Média e ganho esperado para ciclo vegetativo pela seleção de três famílias mais precoces (famílias 7, 9 e 17) e três famílias mais tardias (famílias 22, 15 e 10). Carrancas, MG, 2005.

Grupo	Ciclo vegetativo (DAP)	Ganho esperado (DAP)
Precoce	91,1	-4,6
Tardia	105,2	4,6
Média		4,6

TABELA 8. Média e ganho esperado para ciclo vegetativo pela seleção 144 clones precoces e 54 tardios. Carrancas, MG, 2005.

Grupo	Ciclo vegetativo (DAP)	Ganho esperado (DAP)
Precoce	85,4	-11,8
Tardio	118,8	13,3
Média		12,6

A correlação entre os valores de ciclo vegetativo e produção de tubérculos dos 320 clones selecionados na primeira geração clonal foi significativa ($r = 0,30^{**}$). Embora este valor seja menor do que o encontrado por Silva & Pinto (2005), que foi $r = 0,66$, observa-se a mesma tendência de produções mais elevadas para os clones mais tardios. É possível que a correlação estimada no presente trabalho tenha sido menor em função de terem sido empregados clones de primeira geração. Sabe-se que, nesta geração, o comportamento produtivo da planta é muito afetado pelo tamanho de tubérculo-semente (Pinto et al., 1994), o que poderia ter encoberto o efeito do ciclo vegetativo.

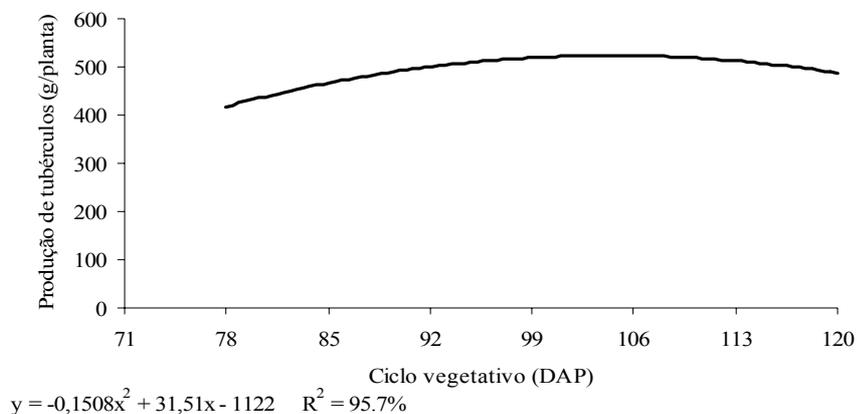


FIGURA 2. Produção de tubérculos em função de sete classes de duração do ciclo vegetativo dos 1.561 clones de primeira geração. Carrancas, MG, 2005.

A tendência de aumento da produção de tubérculos com o aumento do ciclo vegetativo também é observada na Figura 2. Pela equação de regressão estimou-se que a produção máxima (524,0 g/planta) ocorreu aos 104,5 DAP. A partir dessa data, a produção de tubérculos tendeu a diminuir com o aumento do ciclo vegetativo, evidenciando que o aumento excessivo do ciclo não seria vantajoso.

4.2 Segunda geração clonal

Houve diferença significativa entre os genótipos, tanto para ciclo vegetativo como para a produção de tubérculos (Tabela 9). A média geral do ciclo vegetativo nessa geração foi 114,2 DAP, ou seja, 16,7 dias a mais do que a média de ciclo na primeira geração clonal. Uma possível explicação para o maior ciclo vegetativo é o critério utilizado para considerar a planta como morta.

Na segunda geração clonal, considerou-se o término do ciclo vegetativo quando a haste estava completamente seca. Outra razão podem ter sido as melhores condições ambientais em São João da Mata que contribuíram para alongar o ciclo vegetativo. Essas melhores condições ambientais são evidenciadas pelo comportamento das testemunhas (Tabela 10) que tiveram rendimento 91,4% superior (1232,9 vs 644,2 g/planta). A produção média dos clones experimentais foi 100,0% superior (504,8 vs 1009,6 g/planta) àquela obtida em Carrancas. Esta superioridade reflete, além das melhores condições experimentais, o efeito do avanço da primeira para a segunda geração.

Novamente, as testemunhas (Tabela 10) foram, em média, mais produtivas que os 320 clones, mas, a média das cultivares (806,3 g/planta) foi menor que a média dos 320 clones selecionados (1004,9 g/planta). Dentre as testemunhas, os clones CBM 9-10 e CBM 16-16 apresentaram ciclo vegetativo cerca de 16 dias mais longo que as cultivares Atlantic, Monalisa e Asterix. Os clones CBM 9-10 e CBM 16-16 foram também mais produtivos que as cultivares e, mais uma vez, confirmaram a superioridade dos materiais melhorados para condições tropicais.

À semelhança da primeira geração clonal, o coeficiente de variação para ciclo foi de apenas 4,8%, demonstrando a boa precisão para a avaliação deste caráter (Tabela 9). Já para a produção de tubérculos, o coeficiente de variação foi mais elevado (30,4%), mas, está de acordo com valores de coeficiente de variação citados por Vermeer (1990).

Os clones das famílias 21, 3 e 4 apresentaram média de ciclo vegetativo, respectivamente, de 105,2, 107,8 e 108,6 DAP e foram as famílias mais precoces da segunda geração clonal (Tabela 11). Já os clones das famílias 11, 5 e 22 foram os mais tardios, com média de ciclo vegetativo de 122,7, 124,1 e 126,9 DAP, respectivamente. Das 11 famílias mais precoces na primeira geração

clonal (7, 17, 9, 16, 21, 1, 4, 2, 3, 19 e 12), apenas duas famílias (1 e 19) não permaneceram entre as 11 famílias mais precoces da segunda geração clonal.

TABELA 9. Análise de variância para ciclo vegetativo e produção de tubérculos na segunda geração clonal. São João da Mata, MG, 2005/2006.

FV	GL	QM	
		Ciclo vegetativo (DAP)	Produção de tubérculos (g/planta)
Bloco	2	711,2	2424855,7
Genótipo	324	480,8**	493587,0**
Testemunhas (T)	4	270,5**	1404520,8**
Clones (C)	319	481,1**	480044,2**
T vs C	1	1218,3**	1170005,2**
Erro	651	30,0	93875,6
Média		114,2	1009,6
CV (%)		4,8	30,4

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 10. Média para ciclo vegetativo e produção de tubérculos das testemunhas. São João da Mata, MG, 2005/2006.

Testemunhas	Ciclo vegetativo (DAP)	Produção de tubérculos (g/planta)
Asterix	103,3	854,2
Atlantic	100,7	845,8
CBM 16-16	116,3	1375,0
CBM 9-10	123,7	2370,8
Monalisa	108,0	718,8
Média	110,4	1232,9

TABELA 11. Médias para ciclo vegetativo e produção de tubérculos das 22 famílias na segunda geração clonal. São João da Mata, MG, 2005/2006.

Famílias	Média dos clones selecionados de cada família	
	Ciclo vegetativo (DAP)	Produção de tubérculos (g/planta)
1	113,1	1033,7
2	111,0	699,9
3	107,8	997,1
4	108,6	1019,8
5	124,1	1309,8
6	114,8	998,8
7	109,6	936,5
8	115,5	1277,6
9	110,0	942,8
10	121,1	947,0
11	122,7	1105,0
12	110,6	879,3
13	110,5	726,9
14	116,7	1284,2
15	119,3	1131,7
16	111,1	899,6
17	112,3	976,4
18	116,3	988,5
19	115,9	1071,0
20	110,6	1017,2
21	105,2	668,5
22	126,9	1196,3
Média	114,3	1004,9

Os ganhos realizados com a seleção podem ser observados nas Tabelas 12 e 13. Tanto para a seleção de famílias como para a seleção de clones, é possível diminuir e aumentar o ciclo vegetativo, mas para a seleção de clones o ganho realizado foi maior. Esse maior ganho é reflexo do diferencial de seleção empregado, pois, para a seleção de famílias todos os indivíduos que a representam são considerados. Assim, em uma família precoce, por exemplo, existem indivíduos com ciclo vegetativo precoce, intermediário e tardio. Dessa

forma a média de ciclo vegetativo de uma família é mais próximo da média geral do que a média dos clones, já que no caso da seleção de clones só havia indivíduos com ciclo vegetativo precoce ou tardio.

As herdabilidades realizadas para a seleção de famílias tardias ou precoces foram de 0,90 e 0,50, respectivamente. A média dessas herdabilidades foi 0,70 e está bem próxima do valor estimado ($h_a^2 = 0,77$). As herdabilidades realizadas para a seleção de clones foram de 0,48 e 0,55 para seleção de tardios e precoces, respectivamente. A média dessas herdabilidade foi 0,52 e também está próxima do valor estimado ($h_a^2=0,53$).

TABELA 12. Média, diferencial de seleção (ds), ganho realizado ($GRS_{família}$) e herdabilidade realizada para ciclo vegetativo pela seleção de três famílias mais precoces (7, 9 e 17) e três famílias mais tardias (22, 15 e 10). São João da Mata, MG, 2005/2006.

Grupo	Ciclo vegetativo (DAP)	ds	$GRS_{família}$ (%)	herdabilidade realizada
Precoce	110,6	-0,06	-3	0,50
Tardia	122,5	0,08	7	0,90

TABELA 13. Média, diferencial de seleção (ds), ganho realizado (GRS_{clone}) e herdabilidade realizada para ciclo vegetativo pela seleção 144 clones precoces e 54 tardios. São João da Mata, MG, 2005/2006.

Grupo	Ciclo vegetativo (DAP)	ds	GRS_{clone} (%)	herdabilidade realizada
Precoce	106,6	-0,12	-8	0,55
Tardia	126,3	0,22	10	0,48

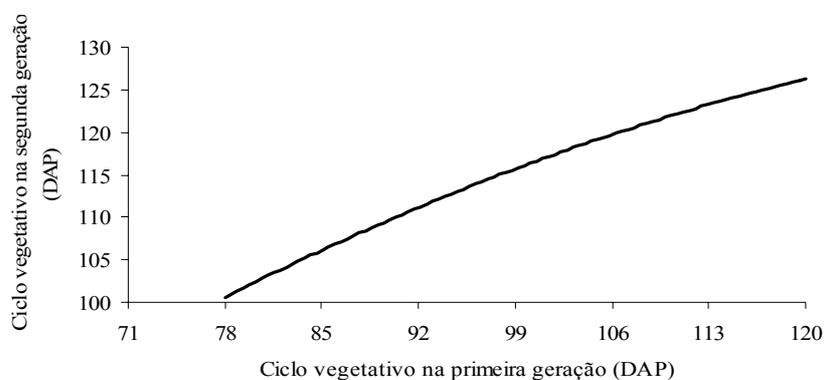
TABELA 14. Correlação de Pearson para clones (ou médias de famílias) na primeira e segunda geração clonal. Carrancas e São João da mata, MG, 2005/2006.

	Ciclo vegetativo na segunda geração	Produção de tubérculos na primeira geração	Produção de tubérculos na segunda geração
Ciclo vegetativo na primeira geração	0,64** (0,78**)	0,30** (0,46*)	0,20** (0,55*)
Ciclo vegetativo na segunda geração		0,27** (0,42*)	0,34** (0,64**)
Produção de tubérculos na primeira geração			0,32** (0,49*)

* e ** significativos, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste t.

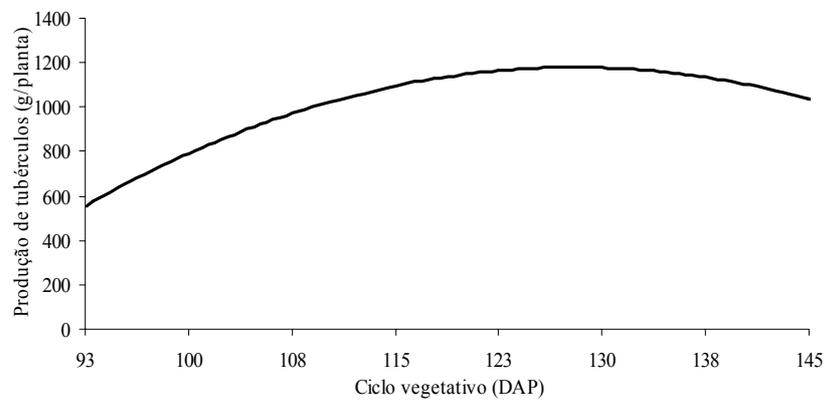
As correlações entre o ciclo vegetativo e a produção de tubérculos da primeira e segunda geração clonal estão apresentadas na Tabela 14. As correlações foram mais elevadas entre as famílias do que entre clones individuais. A correlação entre ciclo vegetativo das duas gerações fica evidenciada também pela Figura 3. Houve tendência ($R^2 = 95,8\%$) dos clones mais precoces na primeira geração serem os mais precoces também na segunda geração. O mesmo ocorreu para os clones tardios. A correlação entre ciclo vegetativo e produção de tubérculos para as famílias foi mais elevada para a segunda geração do que para a primeira. Provavelmente isso, se deve ao fato de que, na segunda geração, a produtividade dos clones é menos influenciada pelas diferenças nos tamanhos dos tubérculos semente do que a primeira geração clonal. Dessa forma, as diferenças no ciclo vegetativo tiveram uma participação mais acentuada na produtividade.

Houve tendência ($R^2 = 93,17\%$) de aumento da produção de tubérculos com o aumento do ciclo vegetativo (Figura 4). Pela equação de regressão estimou-se que a produção máxima (1179,7 g/planta) ocorreu aos 128,2 DAP. Como na primeira geração, o aumento o aumento excessivo do ciclo vegetativo não seria vantajoso.



$$y = -0,0051x^2 + 1,618x + 5,295 \quad R^2 = 95,8\%$$

FIGURA 3. Ciclo vegetativo na segunda geração clonal em função do ciclo vegetativo na primeira geração clonal dos 320 clones selecionados. São João da Mata, MG, 2005/2006.



$$y = -0,5044x^2 + 129,31x - 7107,9 \quad R^2 = 93,17\%$$

FIGURA 4. Produção de tubérculos em função de sete classes de duração do ciclo vegetativo dos 320 clones de segunda geração. São João da Mata, MG, 2005/2006.

5 CONCLUSÕES

A seleção divergente nas primeiras gerações clonais é eficiente, tanto para diminuir como para aumentar o ciclo vegetativo.

A herdabilidade para a seleção de famílias é maior do que para a seleção de clones. Contudo, a seleção para ciclo vegetativo realizada em clones permite maior ganho do que a seleção entre famílias.

De modo geral, os clones mais tardios são mais produtivos que os clones precoces.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNADO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Minnesota, 2002. 369p.
- BITTENCOURT, C. et al. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1985. 20p. (Instruções Técnicas, 8).
- BRADSHAW, J.E. et al. Early-generation selection between and within pair crosses in potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.97, n.8, p.1331-1339, Dec. 1998.
- BURSENS, S.; HIMANEN, K.; VAN DE COTTE, B.; BEECKMAN, T.; VAN MONTAGU, M.; HIZE, D.; VERBRUGGEN, N. Expression of cell cycle regulatory genes and morphological alterations in response to salt stress in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, v.211, p.632-640, 2000.
- BURTON, W.G. **The potato**. Wageningen: Veenman & Zonen, 1966. 382p.
- CÂMARA, G.M.S. Fenologia da soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.82, p.1-6, jun. 1998.
- CAO, W.; TIBBITTS, T.W. Starch concentration and impact on specific leaf weight and element concentrations in potatoes leaves under varied carbon dioxide and temperature. **Journal of Plant Nutrition**, v.20, p.871-881, 1997.
- CARRERA, E. et al. Changes in GA 20-oxidase gene expression strongly affect stem length, tuber induction and tuber yield of potato plants. **Plant Journal**, v.22, p.247-256, 2000.
- COSTA, D.M. da; LOPES, N.F. Período e velocidade de tuberação em cinco cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 28, n. 160, p. 530-545, nov./dez. 1981.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicado ao melhoramento de genético**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 585p.
- DALE, J.E. The control of leaf expansion. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.39, p.267-295, 1998.

DALE, M.F.B.; MACKAY, G.R. Inheritance of table and processing quality. In: BRADSHAW, J.E.; MACKAY, M.F.B. **Potato genetics**. Cambridge: CAB International, 1994. p.285-315.

DAVENPORT, J.R.; BENTLEY, E.M. Does potassium fertilizer form, source, and time of application influence potato yield and quality in the columbia basin. **American Potato Journal**, Orono, v.78, p.311-318, 2001.

DINIZ, M.C.D.R. **Número de clones por família, seleção clonal e seleção de famílias em programas de melhoramento de batata**. 2002. 125p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ELLIOTT, R.C. et al. Feed-foward regulation of gibberellin deactivation in pea. **Journal Plant Growth Regul.**, v.20, p.87-94, 2001.

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.

FABEIRO, C., MARTIN DE SANTA OLALLA, F., DE JUAN, J.A. Yield and size of deficit irrigated potatoes. **Agricultural Water Manage**, v.48, p.255–266, 2001.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. London: Longman, 1996. 464p.

FILGUEIRA, F.A.R. Práticas culturais adequadas em bataticultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p.34-41, mar./abr. 1999.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402p.

FISHER, R.H.; YATES, F. **Tabelas estatísticas para pesquisa e, biologia, medicina e agricultura**. São Paulo: Polígono, 1971. 150p.

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.

FONTES, P.C.R. Calagem e adubação da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p.42-52, 1999.

FONTES, P.C.R. Cultura da batata. In: Fontes, P.C.R.(Ed.). **Olericultura teoria e prática**. Viçosa, MG:UFV, 2005. p.323-344.

GOPAL, J. Between and within variation and family selection in potato breeding programmes. **Journal of Genetics and Breeding**, v.36, p.201-208, 2001.

GRIFFITH, R.L. et al. 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.

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.

HORTON, D. 1987. **Potatoes: production, marketing, and programs for developing countries**. 1ed. London, Westview Press, 243p.

JACOBSEN, J.V.; GUBLER, F.; CHANDLER, P.M. Giberellin action in germinated cereal grains. In: DAVIS, P.J. (Ed.). **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht, Netherlands: Kluwer, 1995. p.246-271.

JAMIESON, P.D. et al. Sirius: a mechanistic model of wheat response the enviromente variation. **European Journal of Agronomy**. v.8, p.161-179, 1998.

KAWAKAMI, K. The physiological degeneration of potato seed tubers and its control. **European Potato Journal**. Wageningen, v.5, p.40-90, 1962.

KNAPP, S. J.; STOUP, W. W.; ROSS, W. M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 1, p.192-194, Jan./Fev. 1985.

KOOMAN, P.L. **Yielding ability of potato crops as influenced by temperature and daylength**. 1995. 155p. Tesis (Doctor)-Wageningen Agricultural University, Wageningem;

KOOMAN, P.L. et al. 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. 1996a.

- KOOMAN, P.L. et al. Effects of climate on different potato genotypes 1. Radiation interception, total and tuber dry matter production. **European Journal of Agronomy**, v.5, p.193-205, 1996b.
- KOOMAN, P.L. et al. Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. **European Journal of Agronomy**, v.5, p.207-217, 1996c.
- 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.
- LOVATO, C. Influência do ambiente no desenvolvimento da batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.23, n.1, p.101-106, jan./abr. 1993.
- LOVE, S.L.; EBERLEIN, C.V.; STARK, J.C. Cultivar and seed piece spacing effects on potato competitiveness with weed. **American Potato Journal**, Orono, v.72, p.197-213, 1995.
- LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise quantitativa do crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.42, p.401-428, 1985.
- MARINUS, J.; BODLAENDER, K. B. A. Response of some potato varieties to temperature. **Potato Research**, Wageningen, v. 18, n. 2, p. 189-201, 1975.
- MENEZES, C. B. et al. 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, 2001.
- MENEZES, C.B. de. et al. 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.
- MENZEL, C. M. Tuberization in potato at high temperatures: response of physiologically young plants to disbudding and growth inhibitors. **Potato Research**, Wageningen, v. 28, n. 2, p. 267-269, 1985.
- MICROSOFT, 2002. **Project for Windows 2002, version 7**: project planning software. Redmond, Wa, Microsoft Corporation. Conjunto de programas 1 CD-ROM.

MOORBY, J.; MILTHORPE, F.L. 1975. Potato. In:Evants, L.T. (ed) **Crop physiology**. Cambridge, Cambridge University Press, 225-257.

MOORBY, J.; MILTHORPE, F.L. Potato. In:EVANTS, L.T. (Ed). **Crop physiology**. Cambridge, Cambridge University, 1975. p.225-257.

OLIVEIRA, C.A. da S.; VALADÃO, L.T. Manejo da irrigação da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 1999. v.20, n.197, p.53-55, 1999.

OLIVEIRA, C.A.S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.939-950, 2000.

PAIVA, J.R.; ALVES, R.E.; MELO, F.I.O. Genetic progress of selections between and within Caribbean cherry open pollination progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, p.299-306, 2002.

PEREIRA, A. da S.; COSTA, D.M. da. Qualidade e estabilidade de 'chips'de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.62-65, maio 1997.

PINTO, C.A.B.P.; VALVERDE, V.I.R.; ROSSI, M.S. Eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais em batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.771-778, maio 1994.

PRANGE, R.K. et al. 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.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326p.

ROSS, J.J.; O'NEILL, D.P. New interactions between classical plant hormones. **Trends Plant Science**, v.6, p.2-4, 2001.

ROSS, J.J.; O'NEILL, D.P.; KERCKHOFFS, L.H.J. Evidence that auxin promotes gibberellin A1 biosynthesis in pea. **Plant Journal**, v.21, p.547-552, 2000.

SABBA, R.P.; LULAI, E.C. Histological analysis of the maturation of native and wound periderm in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. **Annals of Botany**, v.90, p.1-10, 2002.

SARQUÍS, 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.

SAS INSTITUTE. **SAS System**. Cary, NC, 2000. Versão 8.1.

SILVA, L.A.S. **Duração do ciclo vegetativo e sua relação com o potencial produtivo de genótipos de batata**. 2004.106p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

SIMMONDS, N.W. Family selection in plant breeding. **Euphytica**, v.90, p.201-208, 1996.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R. O minador-das-folhas de batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p.77-85, 1999.

SOUZA, J.C. DE; SALGADO, L.O.; RIGITANO, R.L.; REIS, P.R. Danos causados pela mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Diptera: Agromyzidae) na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), no plantio de inverno no sul de Minas Gerais, e eficiência do aldicarb no seu controle. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.1, p.22-29, jan./mar. 1998.

SOUZA, V.Q. et al. Potencial of selection among and within potato clonal families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.199-206, 2005.

SOUZA, Z.S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Informações Tecnológicas, 2003. p.80-104.

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.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1997. 666p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 704p.

- TEKALIGN, T.; HAMMES, P.S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth II. Growth analysis, tuber yield and quality. **Scientia Horticulturae**, v.105, p.29-44, 2005.
- TSEGAW, T.; ZELLEKE, A. Removal of reproductive growth increases yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Tropical Agricultural**, Trinidad, v.79, p.125-128, 2002.
- 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, Jan./Feb. 1996.
- VAN DELDEN, A.; PECIO, A.; HARVERKORT, A.J. Temperature response of early foliar expansion of potato and wheat. **Annals of Botany**, v.86, p.355-369, 2000.
- VAN DER ZAAG, D.E. **Potato and their cultivation in the Netherlands**. Netherlands, Dutch Information Center for Potatoes, 1973. 72p.
- VAN DER ZAAG, D.E.; VAN LOON, C.D. Effects of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 5. Review of literature and integration of some experimental results. **Potato Research**. v.30, p.451-472, 1987.
- 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.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496p.
- VERMEER, H. Optimizing potato breeding I. The genotypic, environmental and genotype-environmental coefficients of variation for tuber yield and other traits in potato (*Solanum tuberosum* L.) under different experimental conditions. **Euphytica**, Wageningen, v.49, n.3, p.229-239, Sept. 1990.
- WESTERMANN, D.T.; DAVIS, J.R. Potato nutritional management changes and challenges into the next century. **American Potato Journal**, Orono, v.69, p.753-767, 1992.
- WRICHE, G.; WEBER, W.E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Walter de Gruyter, 1986. 406p.

YAMAGUCHI, S.; KAMIYA, Y. Gibberellin biosynthesis: Its regulation by endogenous and environment signals. **Plant Cell Physiology**, v.41, p.251-257, 2000.