

**ALBERTO MOURA DE CASTRO**

**EFEITO DE DESFRUTIFICAÇÕES SEQUENCIADAS  
SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DO  
CAFEEIRO ARÁBICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C355e  
2002

Castro, Alberto Moura de, 1966-

Efeito de desfrutificações seqüenciadas sobre o crescimento e a produção do cafeeiro arábico / Alberto Moura de Castro. – Viçosa : UFV, 2002.  
97p. : il.

Orientador: Raimundo Santos Barros

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Café - Desfrutificação. 2. Café - Crescimento - Efeito da desfrutificação. 3. Café - Produção - Efeito da desfrutificação. 4. Café - Níveis de carboidratos - Efeito da desfrutificação. 5. Café - Crescimento - Aspectos ambientais.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 583.52041

CDD 20.ed. 583.52041

ALBERTO MOURA DE CASTRO

EFEITO DE DESFRUTIFICAÇÕES SEQUENCIADAS SOBRE O  
CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DO CAFEEIRO ARÁBICO

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Fisiologia Vegetal,  
para obtenção do título de “Doctor  
Scientiae”

APROVADA: 14 de março de 2002

---

Prof. Fábio Murilo Da Matta  
(Conselheiro)

---

Prof. Fernando Luiz Finger  
(Conselheiro)

---

Dr. Antônio Alves Pereira

---

Dr. Antônio Teixeira Cordeiro

---

Prof. Raimundo Santos Barros  
(Orientador)

A Deus, acima de tudo.

Aos meus familiares, pelos incentivos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Biologia Vegetal, pela oportunidade de realização deste curso.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, que me liberou das atividades profissionais e possibilitou a conclusão deste curso.

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Prof. Raimundo Santos Barros, pela orientação e exemplo marcante de determinação.

Ao Pesquisador da EPAMIG Antônio Alves Pereira, pela cessão do campo experimental e apoio logístico durante a condução dos trabalhos.

Aos colegas Claudinéia Pelacani, Claudivan Feitosa, Fernando Gomes, Frank James, Hugo Halves, Jay Wallace, Jaílson Cruz, Marlos Bezerra, Juliana Medeiros, Marcelo Carnelosi, pela convivência e solidariedade.

Aos amigos Alba Valéria, Ângelo Giovanni, Arlindo Sena, Bárbara Fontes, César Bauer, Edson Tafuri, Gerson Nagib, Lilian Bender, Ludmila Lafetá, Maritta Sturm e Rodrigo Gomide, pelo companheirismo, amizade, incentivo e momentos de descontração.

Aos funcionários do Viveiro de Café da UFV, especialmente ao Sebastião do Prado, cuja colaboração transcendeu às suas obrigações normais.

Aos bolsistas José Manuel e Gustavo, pela ajuda na condução dos trabalhos e coleta de dados experimentais.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Alberto Moura de Castro, filho de Geraldo Pivato de Castro e Cândida Moura de Castro, nasceu em Carmo de Minas - MG, em 16 de março de 1966.

Em 1984, concluiu o curso Técnico em Agropecuária na Escola Estadual Major João Pereira, em Itajubá - MG.

Em dezembro de 1990, graduou-se em Agronomia na Universidade Federal de Lavras - MG.

Em março de 1995, obteve o título de Mestre em Fruticultura de Clima Temperado na Universidade Federal de Pelotas - RS.

Entre maio de 1994 e fevereiro de 1996, foi contrato como professor substituto, no Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas.

Em março de 1996, iniciou o curso de Doutorado em Fisiologia Vegetal, da Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 1998, foi contratado como pesquisador pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais.

## RESUMO

MOURA DE CASTRO, Alberto. D.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2002.  
**Efeito de desfrutificações seqüenciadas sobre o crescimento e a produção do cafeeiro arábico.** Orientador: Raimundo Santos Barros. Conselheiros: Fábio Murilo Da Matta e Fernando Luiz Finger

Os efeitos da desfrutificação seqüenciada de *Coffea arabica* cv Catuaí sobre o crescimento e a produção das plantas, foram estudados em condições de campo, de outubro de 1999 a setembro de 2001, em Viçosa, MG. A fase de crescimento ativo das plantas ocorreu entre setembro e março, período em que as temperaturas eram elevadas e as chuvas abundantes. As taxas de crescimento das plantas reduziram-se gradativamente a partir de abril, atingindo valores mínimos entre julho e agosto, quando as temperaturas mostravam-se mais baixas e as chuvas escassas. O crescimento vegetativo mostrou-se correlacionado com os fatores ambientes correntes. A periodicidade do crescimento não foi alterada pela remoção das estruturas reprodutivas, mas as taxas de crescimento foram superiores nas plantas desfrutificadas. Frutos em diferentes estádios de crescimento afetaram diferentemente o crescimento vegetativo do cafeeiro. Nas fases de expansão rápida do fruto e de acúmulo de matéria seca nas sementes, os frutos restringiram a expansão de ramos, o número de nós e o ganho de área foliar. A remoção das estruturas reprodutivas das plantas promoveu aumento no número de brotações de ordem superior. Plantas desfrutificadas no estágio inicial de crescimento dos frutos produziram maior número de estruturas florais no ciclo posterior ao tratamento. Quando efetuada próxima à

maturação dos frutos, a desfrutificação levou a um menor número de estruturas florais, semelhantemente ao exibido pelas plantas não-desfrutificadas. No ciclo seguinte, não mais se observou efeito das desfrutificações sobre a intensidade da floração. As desfrutificações seqüenciadas até o final da fase de expansão rápida dos frutos (ciclo 1999/2000) resultaram em aumentos na primeira produção subsequente de frutos. O número de frutos produzidos nas plantas tratadas logo após a floração principal resultou numa produção 40% maior que a das plantas não-desfrutificadas. Não foi encontrada diferença entre o número de frutos produzidos nas plantas cujos frutos foram removidos no estágio de *chumbinho* e nas plantas desfrutificadas na fase inicial de formação do endosperma. A produção de plantas desfrutificadas na fase final do enchimento dos grãos não fez aumentar o número de frutos produzidos, que foi idêntico ao das plantas não-desfrutificadas. Não se observou uma correlação definida entre os níveis de carboidratos em ramos e folhas e a produção. O amido parece ter-se acumulado em decorrência das menores taxas de crescimento ou da desfrutificação.

## ABSTRACT

MOURA DE CASTRO, Alberto. D.S., Universidade Federal de Viçosa, March 2002.  
**Effect of sequential defruiting on the growth and production of Arabic coffee trees.** Adviser: Raimundo Santos Barros. Advisory Committee: Fábio Murilo Da Matta and Fernando Luiz Finger

The effects of sequential defruiting on plant growth and production of *Coffea arabica* cv Catuaí trees were examined under field conditions, from October 1999 to September 2001, in Viçosa, MG. Active plant growth phase occurred from September to March, when temperatures were high and rainfall abundant. Plant growth rates decreased gradually from April onwards, reaching minimal values between July and August, when temperatures were lower and rainfall, scarce. Coffee plant growth showed to be correlated with current environmental factors. Growth periodicity was not altered by the removal of the reproductive structures from the plants, but growth rates were higher in defruited trees. Fruits under different growth stages affected vegetative

growth differently. During the phase of rapid fruit expansion and dry matter accumulation in the seeds, the fruits restricted plagiothropic and ortothropic branch expansion, number of nodes and leaf area gain. Removal of reproductive structures from the plant also led to an increase in the number of lateral shoots of higher order. Removal of fruits in the initial stage of fruit growth resulted in a larger number of floral structures in the cycle after the treatment. When performed near fruit maturation, defruiting resulted in smaller number of floral structures, in a number similar to that of the non-defruited plants. In the following cycle, fruit removal effects were no longer observed on flowering intensity. Sequential defruitings accomplished until the end of the rapid expansion growth phase of the fruit (cycle 1999/2000) resulted in an increase in the first subsequent production of the fruits. Fruit number in plants treated right after the main flowering resulted in a 40% greater production than that of the non-defruited trees. No difference was found between the number of fruits produced in plants whose fruits were removed at the *pinhead* stage and the defruited plants at the initial phase of endosperm formation. Production of trees defruited at the final phase of grain filling did not cause an increase in fruit number, which was similar to that of defruited plants. No defined correlation was observed between carbohydrate levels in branches and leaves and tree production. Starch appeared to have accumulated as a result of the lowered growth rates and defruiting of trees.

## CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.1. Material vegetal e condições de cultivo .....	8
2.2. Implantação dos tratamentos.....	10
2.3. Parâmetros de desenvolvimento dos frutos .....	10
2.4. Crescimento de ramos.....	11
2.5. Crescimento de folhas .....	12
2.6. Abscisão de folhas e frutos.....	12
2.7. Intensidade de floração.....	12
2.8. Produção de frutos.....	13
2.9. Análise de carboidratos.....	13
2.10. Parâmetros ambientes .....	15
2.11. Delineamento experimental.....	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
3.1. Caracterização do momento das desfrutificações em relação ao crescimento dos frutos .....	16
3.2. Caracterização dos fatores ambientes.....	22

3.3. Efeito da remoção das estruturas reprodutivas no crescimento do cafeeiro .....	24
3.3.1. Efeito sobre o crescimento de ramos plagiotrópicos primários .....	24
3.3.2. Efeito sobre o número de nós em ramos plagiotrópicos primários.....	29
3.3.3. Efeito sobre a expansão de entrenós individuais em ramos plagiotrópicos.....	33
3.3.4. Efeito sobre o crescimento de ramos ortotrópicos .....	38
3.3.5. Efeito sobre o número de nós em ramos ortotrópicos.....	42
3.3.6. Efeito sobre o número de folhas e a área foliar de ramos plagiotrópicos primários .....	46
3.3.7. Efeito sobre a expansão de folhas individuais em ramos plagiotrópicos.....	54
3.3.8. Efeito sobre a abscisão de folhas .....	59
3.3.9. Efeito sobre o surgimento de ramos laterais de ordem superior .....	61
3.4. Correlações entre parâmetros de crescimento com fatores ambientes....	65
3.5. Efeito da remoção das estruturas reprodutivas sobre a produção subsequente .....	68
3.5.1. Efeito sobre a emissão de estruturas florais .....	68
3.5.2. Efeito sobre a produção de frutos no ano seguinte.....	72
3.5.3. Abscisão de frutos .....	77
3.6. Efeito das desfrutificações sobre os níveis de carboidratos em folhas e ramos .....	79
4. CONCLUSÕES.....	85
5. BIBLIOGRAFIA.....	86
ANEXOS.....	93

# 1. INTRODUÇÃO

A interpretação dos resultados de pesquisa sobre a influência de fatores ambientes no crescimento e na produção do cafeeiro é por vezes confusa e, freqüentemente, circunstancial. Dependendo da região de cultivo, a distribuição das chuvas, a temperatura, o fotoperíodo e a radiação solar podem tornar-se relevantes e modular os ciclos vegetativo e reprodutivo do cafeeiro (Gopal 1974). A identificação do provável fator preponderante e condicionador do ritmo de crescimento do café, no entanto, é dificultada pela simultaneidade de ocorrência dos vários fatores do ambiente favoráveis ao desenvolvimento da planta (Sylvain 1958, Barros e Maestri 1972, 1974, Clowes e Wilson 1977, Gómez-Gómez 1977, Mota et al 1997). Mesmo que muitos fatores tenham sido considerados na tentativa de explicar a periodicidade de crescimento do cafeeiro, um só elemento climático, segundo Trojer (1956), não poderia modular integralmente os processos do crescimento vegetativo e reprodutivo da planta. Torna-se, então, conveniente relacionar seu efeito tendo em conta sua ocorrência em determinados períodos da vida da planta.

Na faixa de distribuição da espécie, o cafeeiro exibe periodicidade de crescimento determinada, principalmente, pela variação da temperatura e, também, pela distribuição das chuvas (Barros e Maestri 1972, Gómez-Gómez 1977, Mota et al 1997). Possivelmente, a variação do fotoperíodo está também associada à periodicidade do crescimento (Boss 1958, Alvim 1964). Em sua região de origem, a floresta tropical úmida da Etiópia, o cafeeiro se distribui numa faixa entre 1000-2000 m de altitude, onde as temperaturas são amenas (Alègre 1959). Nessa região a pluviosidade anual é de 1500-2000 mm, com distribuição sazonal bem definida, e a estação seca pode estender-se por três a quatro meses. Ainda segundo Alègre (1959),

a faixa térmica considerada satisfatória para cultivo do café arábico situa-se entre 18 e 21°C. Médias mensais fora desse intervalo seriam prejudiciais ao crescimento do cafeeiro.

No Quênia e na Tanzânia, onde variação no comprimento do dia é mínima, o crescimento do cafeeiro acompanha as duas estações chuvosas, que são intercaladas por uma estação seca e fria e outra seca e quente (Wakefield 1933, Wormer 1965, Cannell 1971b). Em adição, Browning (1975) observou que cafeeiros cultivados no Quênia produziram nós intermitentemente numa sucessão de surtos de crescimento, cada surto iniciado após um período chuvoso. Ainda segundo Browning (1975), existem evidências de que um período seco, antes da ocorrência de chuvas, poderia estimular um novo surto de crescimento e isso explicaria o porquê de as chuvas desencadarem um efeito menos efetivo quando um surto de crescimento anterior está em andamento. Sob condições de campo, Alvim et al (1972) citado por Clowes e Allison (1982) apontaram um envolvimento similar do estresse hídrico nos surtos de crescimento do cacaueteiro.

No sul da Índia, o crescimento de ramos é intenso na estação quente e chuvosa e reduzido na estação seca e fria; a retomada do crescimento ocorre tão logo a temperatura começa a elevar-se após o período de seca e frio, antes mesmo do advento das chuvas (Mayne 1944, Rayner 1946, Vasudeva e Gopal 1975). Comportamento semelhante foi observado em El Salvador (Reeves e Vilanova 1948). Na Costa Rica, a distribuição de chuvas determinaria as taxas de crescimento do cafeeiro (McFarlane 1949). Por sua vez, Boss (1958) sugeriu que a temperatura e o fotoperíodo seriam os principais fatores determinantes da periodicidade do crescimento vegetativo do cafeeiro naquele país. Após estudar o efeito de várias combinações de temperatura sobre o crescimento de ramos de diferentes cultivares de café, na Austrália, Drinnan e Menzel (1995) sugeriram que o padrão de crescimento vegetativo parece mais relacionado a mudanças no fotoperíodo ou irradiância, do que propriamente com a temperatura. Os autores concluíram, no entanto, que a combinação de temperaturas elevadas (33°C dia/28°C noite ou 28°C/23°C comparadas com 23°C/18°C ou 18°C/13°C) apenas aumentaram a intensidade do crescimento, mas não influenciaram sua periodicidade.

A periodicidade do crescimento vegetativo do cafeeiro arábico é fenômeno comum mesmo em regiões onde as variações da temperatura são pequenas e as chuvas abundantes e bem distribuídas, como na Colômbia (Gómez-Gómez 1977) e na Costa Rica (Boss 1958). Em muitas dessas regiões, o crescimento periódico é provavelmente determinado pela variação da radiação solar (Alvim, 1964). Em contrapartida, Cannell (1972) acredita ser improvável que pequenas variações no

comprimento do dia possam ser determinantes sobre a periodicidade de crescimento das plantas. No entanto, Borchet e Rivera (2001) acreditam que variações menores do que uma hora no comprimento do dia são capazes de promover a quebra da dormência de gemas e o crescimento vegetativo de algumas espécies suculentas tropicais.

Na Colômbia, Suárez de Castro e Rodriguez (1956) e Suárez de Castro (1960) registraram duas épocas de crescimento vegetativo acentuado do cafeeiro, sem, no entanto, observarem qualquer relação entre o crescimento de ramos e a precipitação pluvial, a temperatura e o brilho solar. A dificuldade em se determinar qual elemento climático seria o principal responsável pela periodicidade do crescimento do cafeeiro na Colômbia deve-se ao fato de que o comprimento do dia, a temperatura e as chuvas estarem quase igualmente distribuídos ao longo do ano e não apresentarem períodos críticos limitantes ao desenvolvimento da planta (Gómez-Gómez 1977). Entretanto, Castillo (1957) correlacionou o crescimento vegetativo máximo com as temperaturas noturnas acima de 20°C três a quatro semanas antes do crescimento. Jaramillo e Valencia (1980) sugeriram que o comportamento vegetativo do cafeeiro, na Colômbia, estaria condicionado aos elementos do clima estreitamente associados à radiação solar, tais como a temperatura, a evaporação e o brilho solar.

Em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, a fase de crescimento ativo do cafeeiro ocorre entre setembro e março, período em que as temperaturas são elevadas, as chuvas abundantes e os fotoperíodos maiores. As taxas de crescimento reduzem-se gradativamente a partir de abril, atingindo valores negligíveis entre junho e agosto, períodos em que as temperaturas são mais baixas, as chuvas escassas e os fotoperíodos menores (Barros e Maestri 1972, 1974, Mota et al 1997). Devido às semelhanças de clima, um comportamento similar de crescimento ocorre no Zimbábue (Clowes e Allison 1982). Barros e Maestri (1974), estudando a influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento do café, observaram que no mês de setembro as taxas de crescimento alcançaram valores próximos aos mais altos níveis de toda a fase de crescimento ativo. Na fase de atividade vegetativa intensa, declínios temporários no crescimento de ramos laterais e nas taxas de formação da área foliar foram atribuídos às altas temperaturas e à elevada radiação solar (Barros e Maestri 1974, Barros et al 1997) e não estiveram associados à falta de chuvas, uma vez que a irrigação não afetou o crescimento (Mota et al 1997).

A produção de folhas pelo cafeeiro está normalmente associada com o crescimento dos ramos e ocorre praticamente durante o ano todo mas, as taxas variam de acordo com os fatores de ambiente, como as chuvas (Cannell 1971a), a temperatura e a radiação solar (Gindel 1962). Segundo Maestri e Barros (1977),

exceto em condições extremas, a quantidade de folhas é aumentada pelas chuvas, temperaturas elevadas e alta intensidade de luz e, em condições opostas, ocorre produção de folhas menores. Alvim (1958) verificou que a temperatura das folhas pode atingir valor bem acima da temperatura do ar, o que suportaria as observações de Barros e Maestri (1974) de que o crescimento de folhas é inibido por altas temperaturas durante os meses mais quentes.

Apesar de o cafeeiro ser classificado como planta de crescimento contínuo, a sua resposta ao comprimento do dia torna-se mais evidente à medida que a latitude aumenta e o crescimento se reduz, com a diminuição do comprimento do dia (Alvim 1964). Um possível efeito do fotoperíodo sobre o crescimento periódico do cafeeiro, em condições naturais, na Costa Rica, foi sugerido por Boss (1958). Contudo, a extensão do fotoperíodo para 14 h em condições de campo, em Viçosa, sudeste do Brasil, não modificou o padrão de crescimento de ramos e de folhas (Amaral 1991, Mota et al 1997). O fotoperíodo estendido promoveu apenas uma pequena diminuição na queda de folhas (Mota et al 1997). No Quênia, Cannell (1972), por meio da extensão do fotoperíodo ou da quebra do período noturno com lampejo de luz, observou que plantas adultas, no campo, mostraram-se fotoperiodicamente insensíveis, ao contrário do que parece ocorrer com plantas jovens. Assim, Cannell (1972) concluiu que as mudanças naturais no comprimento do dia, nas regiões cafeeiras, provavelmente, seriam muito pequenas para constituírem-se em fator responsável pelo padrão sazonal de crescimento de ramos e da floração do cafeeiro arábico. A similaridade de crescimento entre plantas irrigadas e não irrigadas, em condições naturais, bem como entre plantas submetidas a fotoperíodo normal e estendido, sugere que o declínio da temperatura foi o fator que melhor se associou à queda sazonal das taxas de crescimento do café no sudeste do Brasil (Barros e Maestri 1972, Amaral 1991, Mota et al 1997), semelhantemente ao que ocorre no Zimbábue (Clowes e Allison 1982).

Dois fatores internos da própria planta têm sido considerados para explicar a periodicidade ou as trocas nas taxas de crescimento do cafeeiro: a intensidade da frutificação (Mayne 1944, Rayner 1949, Sylvain 1958, Wormer 1965, Cannell 1971b) e os níveis de carboidratos nos ramos e nas folhas (Wormer e Ebagole 1965, Patel 1970, Rena et al 1983, Carvalho et al 1984, Carvalho 1985). Ao que parece, produções elevadas acarretariam uma diminuição do crescimento vegetativo por meio da restrição da atividade dos ápices caulinares em crescimento (Clowes e Wilson 1977) ou, ainda, da diminuição da atividade do sistema radicular (Cannell e Huxley 1970, Cannell 1971a, 1985). Essas restrições parecem não resultar, exclusivamente, da competição por assimilados. A frutificação intensa pode produzir efeitos sobre a

arquitetura das árvores, uma vez que reduz a emissão de novos ramos laterais de segunda ordem (Clowes e Wilson 1977, Cannell 1985). Com a redução do crescimento vegetativo, promovido pela carga elevada de frutos, pode ocorrer limitação na quantidade de meristemas axilares disponíveis para a formação das futuras inflorescências (Clowes e Wilson 1977). Além disso, os frutos aparentemente atrasam e restringem a diferenciação das gemas florais, provavelmente devido a ação combinada de fatores hormonais e nutricionais (Wormer e Gituanja 1970, Jackson e Sweet 1972). Uma provável exaustão do cafeeiro cultivado a pleno sol, em decorrência de alta produção, ocorreria devido a inexistência de mecanismos eficientes que regulassem o número de frutos produzidos. A abscisão natural de frutos seria assim insuficiente para assegurar uma certa regularidade na produção subsequente de café (Cannell 1974). A predisposição para grandes produções de frutos parece, portanto, não ser característica natural do cafeeiro (Sylvain 1955, Cannell 1976, 1985).

Em seu centro de origem, o cafeeiro vegeta em ambiente sombreado e produz poucos frutos, apenas em número suficiente para garantir a perpetuação da espécie (Sylvain 1955), não havendo, assim, restrição ao crescimento vegetativo. Os estudos sobre os fatores que afetam o uso e a distribuição de assimilados em cafeeiro mostraram forte influência dos frutos em desenvolvimento sobre a produção e o particionamento da matéria seca. Wormer e Ebagole (1965) verificaram que o crescimento vegetativo e o conteúdo de amido nos ramos aumentaram com o decréscimo da quantidade de frutos produzidos. Cannell (1971a) demonstrou que os frutos acarretaram aumentos na produção total de matéria seca das plantas. Daí folhas de plantas com frutos apresentarem taxa assimilatória líquida superior à de plantas sem frutos (Cannell 1971b). Por outro lado, Mota et al (1997) observaram que a remoção de frutos não alterou o padrão geral do crescimento de ramos e do ganho de área foliar na fase de declínio do crescimento vegetativo.

Durante o desenvolvimento dos frutos, observou-se um decréscimo do teor de amido em ramos (Patel 1970, Rena et al 1983) e em folhas (Patel 1970), que se mostrou mais intenso quanto maior a frutificação. O amido pode esgotar-se totalmente, mesmo antes do amadurecimento completo dos frutos, o que normalmente acontece quando da seca dos ponteiros (Nutman 1933, Cannell 1976). Parece que a redução dos níveis de amido nas folhas e nos caules não está associada somente à formação dos frutos, pois o nível do carboidrato variou semelhantemente nas plantas com frutos e em plantas em crescimento, sem frutos (Wormer e Ebagole 1965). Nesse sentido, Amaral (1991) e Silva et al (2000) não observaram qualquer relação entre as flutuações nos níveis de carboidratos nas folhas e a queda do crescimento vegetativo

da parte aérea do cafeeiro, em Viçosa. Os teores de amido nas folhas aumentaram gradualmente a partir de fins de março, atingindo níveis mais altos na época fria, quando o crescimento havia praticamente cessado (Silva et al 2000). Em árvores, em geral, o acúmulo de amido mais parece o resultado da sua não-utilização em processos de crescimento vegetativo e de desenvolvimento dos frutos (Priestley 1962), o que explicaria o armazenamento do carboidrato nas épocas frias, em café. O nível de amido nas folhas do cafeeiro diminuiu rapidamente a partir de setembro (Amaral 1991), ou meados de novembro (Silva et al 2000), quando, provavelmente, os carboidratos estavam sendo utilizados nos processos de crescimento vegetativo e reprodutivo (Rena et al 1983, Carvalho et al 1984, Carvalho 1985).

Frutos em diferentes estádios de desenvolvimento devem afetar, também diferentemente, o crescimento vegetativo do cafeeiro. O padrão de crescimento do fruto de cafeeiro arábico tem sido descrito, com base na matéria fresca e no volume, por uma curva do tipo duplo-sigmóide (Wormer 1964, Cannell 1972, 1985, Oyebade 1976). O padrão duplo-sigmóide foi igualmente observado com base nas matérias fresca e seca (Ramaiah e Vasudeva 1969). Um padrão linear de crescimento, com base na massa seca do fruto, também foi caracterizado (Oyebade 1976, Clowes 1977).

Com base no padrão duplo-sigmóide, o crescimento dos frutos ocorre em cinco fases (Wormer 1964, Oyebade 1976, Cannell 1985). O estágio inicial compreende as seis primeiras semanas após a abertura das flores, quando ocorre, principalmente, a divisão celular. A massa seca quase não aumenta e não há aumento visível no volume. A segunda fase, de expansão rápida, ocorre entre a sexta e décima-sexta semanas após a fecundação, quando se verifica um aumento rápido de tamanho e massa fresca, devido, principalmente, ao aumento do pericarpo. Nesse período, os dois lóculos do fruto atingem o volume máximo e o endocarpo se lignifica. É a fase em que o tamanho final da semente é determinado (Cannell 1974). Chuvas antes ou após esse período não produzem apreciável efeito sobre o tamanho do fruto e da semente (Cannell 1974, 1976). Na fase de expansão rápida, os frutos tornam-se os drenos preferenciais das plantas, podendo importar assimilados das folhas vizinhas ou até mesmo de outros ramos (Cannell e Huxley 1969, Cannell 1970, 1971b), o que poderia limitar o crescimento vegetativo.

Nos estádios iniciais do desenvolvimento do fruto, entre a oitava e décima-segunda semanas após o florescimento, ocorre pronunciada abscisão de frutos. Cannell (1985) e Vasudeva e Ramaiah (1979) associaram o fenômeno a uma deficiência de carboidratos. Clowes e Wilson (1977) sugeriram que a abscisão de frutos seria causada, possivelmente, por desbalanço entre substâncias de

crescimento. Os frutos, aparentemente, apresentariam deficiência de promotores de crescimento, o que os tornaria vulneráveis à abscisão (Kumar 1979). A terceira fase do desenvolvimento do fruto exibe duração aproximada de duas semanas; o crescimento é lento, o acúmulo de massa seca é ainda pequeno e o fruto atinge o seu tamanho final (Wormer 1964). O quarto estágio acontece entre a décima-sétima e vigésima-oitava semanas, quando se processa o enchimento dos lóculos; ocorre rápido armazenamento de assimilados para constituir o endosperma e as sementes atingem o conteúdo máximo de massa seca. A importação de assimilados pelos frutos, nessa fase, poderia também limitar o crescimento da planta. A competição por assimilados entre os frutos poderia, então, resultar em abscisão desses órgãos. Durante o último estágio, entre a trigéssima e trigéssima-quinta semanas após a fecundação, ocorre a maturação do fruto. As mudanças acontecem principalmente no pericarpo, o qual aumenta de tamanho, massa fresca e seca, tornando-se vermelho, amarelo ou alaranjado (Wormer 1964, Cannell 1976, 1985).

Apesar de as fases do desenvolvimento do fruto estarem bem caracterizadas, o efeito relativo de cada uma delas no crescimento vegetativo, não foi, ainda, determinado. Considerando-se a complexidade das inter-relações entre as atividades reprodutiva e vegetativa do cafeeiro, este trabalho objetivou investigar os efeitos da remoção dos frutos, em diferentes estádios de seu desenvolvimento, sobre o crescimento vegetativo e a produção do cafeeiro arábico. Procurou-se estabelecer as possíveis inter-relações entre os fatores ambientes e o crescimento vegetativo e o reprodutivo da planta de café. Tentou-se ainda determinar os níveis de carboidratos em folhas e ramos de plantas desfrutificadas em diferentes estádios do desenvolvimento do fruto.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material vegetal e condições de cultivo

O presente trabalho foi conduzido em uma lavoura de café *Coffea arabica* L., cv Catuaí Vermelho (IAC 44), localizada em área experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa (20°45'S e 42°15'W, 650 m de altitude), Minas Gerais. O clima da região é do tipo  $C_{wa}$  segundo a classificação de Köppen. O terreno da lavoura mostrava-se levemente inclinado, sendo o solo classificado como podzólico vermelho-amarelo, com textura argilosa. As características químicas e físicas do solo da área experimental são apresentadas na Tabela 1. A plantação, a pleno sol, com aproximadamente 15 anos de idade, encontrava-se sob espaçamento 3,0 x 1,0 m e havia sido renovada, por meio de recepa, em 1996, sendo conduzida com uma planta por cova, com três a quatro ramos ortotrópicos.

Foram feitas adubações utilizando-se 250 g planta<sup>-1</sup> de uma mistura de sulfato de amônio e cloreto de potássio, na proporção 3,8:1, respectivamente, parcelada em três vezes, e aplicada no início dos meses de novembro e dezembro de 1999 e janeiro de 2000. Aplicações foliares de uma mistura ZnSO<sub>4</sub> (0,3%), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,3%), CuCl<sub>2</sub>.3CuO.4H<sub>2</sub>O (0,3%), KCl (0,3%) e uréia (0,3%) foram realizadas três vezes, durante os meses de crescimento vegetativo intenso. Nos meses de outubro e novembro de 2000 e janeiro de 2001, foram aplicados 150 g cova<sup>-1</sup> da formulação comercial N-P-K (20-5-20).

Tabela 1 - Características químicas e físicas da amostra superficial do solo (0 a 0,30 m) da área experimental, coletada em outubro de 1999

Características	Valores
pH em H <sub>2</sub> O	5,4
P, mg dm <sup>-3</sup>	22,0
K, mg dm <sup>-3</sup>	70,0
Na, mg dm <sup>-3</sup>	0,05
Ca, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,5
Mg, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,8
Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,0
H + Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,2
Fe, mg dm <sup>-3</sup>	34,28
Cu, mg dm <sup>-3</sup>	1,72
Zn, mg dm <sup>-3</sup>	0,94
Mn, mg dm <sup>-3</sup>	30,14
B, mg dm <sup>-3</sup>	0,58
MO, dag kg <sup>-1</sup>	2,8
CE, ds m <sup>-1</sup>	0,14
Areia, %	41,6
Silte, %	16,4
Argila, %	42,0
Classe textural	Argilosa

Determinações realizadas pelo Laboratório de Solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, EPAMIG – Nova Porteirinha (MG)

O controle de ervas daninhas foi realizado mediante aplicação da mistura de Glifosato e 2-4 D, na quantidade de 7,5 e 5 mL, respectivamente, por litro de água. Ao longo de todo o período, foram realizadas, nos meses de março de 2000 e de 2001, duas aplicações com Benomil, na dosagem de 1 g L<sup>-1</sup>, numa tentativa de controlar um ataque de *Cercospora coffeicola* (Berk e Cooke) nos frutos. A infestação ocorrida em março de 2001 foi mais severa e, para seu controle, foi necessária uma aplicação adicional de Benomil, à mesma dosagem anterior. A fim de evitar-se uma queda

acentuada de frutos, com reflexos negativos para as avaliações posteriores, antecipou-se em 50 dias uma primeira colheita de frutos aparentemente maduros, que foi acrescida à colheita principal.

## **2.2. Implantação dos tratamentos**

A fim de se padronizar o material vegetal trabalhado, foram selecionadas e identificadas, no início dos experimentos, 200 plantas, com porte e vigor aparentemente semelhantes. Durante o primeiro ano de trabalho (1999/2000), foi utilizada metade das plantas selecionadas; o restante foi utilizado na repetição de grande maioria dos experimentos, a partir do segundo ano, em 2000/2001.

Os tratamentos, em número de nove, foram constituídos de plantas desfrutificadas sucessivamente durante os estádios de desenvolvimento do fruto. As desfrutificações foram realizadas por meio da retirada manual de todas as estruturas reprodutivas. Essa operação foi repetida até o momento em que pelo menos 90% dos frutos em plantas não-desfrutificadas atingiram o ponto de colheita, quando a maioria deles se apresentava no estado cereja e uma pequena quantidade nos estados seco e verde-cana. Cada grupo de dez plantas, desfrutificadas a cada quatro semanas, constituiu um tratamento e, cada planta, uma repetição. O primeiro tratamento foi implantado imediatamente após a florada principal, em 12 de outubro de 1999 e o último, em 25 de abril de 2000, dez dias antes do momento da colheita dos frutos. No segundo ano, a remoção das estruturas reprodutivas foi iniciada em 09 de setembro de 2000 e encerrada em 21 de março de 2001. Florações secundárias subsequentes, nas plantas tratadas, foram sempre eliminadas. Como testemunha foram tomadas vinte plantas não-desfrutificadas, cujos frutos foram colhidos apenas no ponto de colheita, ocorrido em 10 de maio de 2000 e em 25 de maio de 2001, nos ciclos produtivos de 1999/2000 e 2000/2001, respectivamente.

## **2.3. Parâmetros de desenvolvimento dos frutos**

A descrição do momento de cada desfrutificação, isto é, da implantação de um determinado tratamento, foi realizada mediante a coleta aleatória de frutos de plantas não-experimentais, a cada duas semanas. Dessa forma, a caracterização do momento das diversas desfrutificações, ou seja, a descrição dos estádios de desenvolvimento dos frutos deu-se posteriormente à implantação de cada tratamento. Os parâmetros de

crescimento do fruto analisados foram: massa fresca, massa seca, comprimento, diâmetro e volume do fruto. A massa fresca foi obtida pela pesagem individual de 50 frutos, aleatoriamente colhidos a cada duas semanas; semelhantemente, a massa seca foi obtida pela pesagem dos frutos, após secagem em estufa de circulação forçada, a 70°C, por 72 horas. O comprimento e diâmetro dos frutos foram determinados com um paquímetro *Mitutoyi* (Japão), com 0,01 mm de precisão. O volume foi determinado a partir de quatro amostras de 100 frutos, por meio do deslocamento de água. A partir do momento em que foi possível a separação da polpa e da semente, foram também registrados os parâmetros de crescimento da semente, com base em suas massas fresca e seca, diâmetro e comprimento. O comprimento e o diâmetro das sementes foram avaliados utilizando-se de um paquímetro linear, tomando-se as dimensões do lóculo da casca, após a retirada das sementes. Com o auxílio de uma lupa, foram visualizadas e registradas informações morfológicas sobre os estádios de crescimento da semente.

#### **2.4. Crescimento de ramos**

Na tentativa de se correlacionar o crescimento vegetativo com a remoção das estruturas reprodutivas efetuada em diferentes momentos, foram identificados, no terço superior da copa de cada planta dos diversos tratamentos, cinco ramos plagiotrópicos primários, num total de 50 ramos por tratamento. De cada um desses ramos foi tomado o comprimento, com auxílio de uma trena, em avaliações de periodicidade bissemanal (outubro de 1999 a junho de 2000) e mensal (julho de 2000 a setembro de 2001). Foi medida, nos mesmos ramos, a expansão individual dos entrenós surgidos, até o momento em que eram registradas três determinações consecutivas idênticas. O número de novos entrenós e folhas surgidos em cada período de avaliação foi também registrado.

Em todas as plantas, foi marcado um ramo ortotrópico, no qual foram periodicamente determinados o comprimento total e o número de entrenós surgidos.

Todos parâmetros de crescimento vegetativo foram comparados entre plantas desfrutificadas e plantas com frutos. Além disso, foram relacionados também aos fatores de ambiente, descritos ao final desta seção.

## **2.5. Crescimento de folhas**

Em cada planta dos diferentes tratamentos foram identificados dois ramos posicionados no terço superior médio, nos quais foi determinada a expansão de cada folha do lado direito do ramo, tomando-se o comprimento e a maior largura, em avaliações de periodicidade bissemanal (outubro de 1999 a junho de 2000) e mensal (julho de 2000 a setembro de 2001). As dimensões foliares foram tomadas até o momento em que eram registradas três medidas consecutivas idênticas. Com as dimensões foliares foi estimada a área foliar, por meio da equação  $L = 0,667 X$ , em que a variável independente é o retângulo circunscrito à folha (Barros et al 1973). O ganho de área foliar foi estimado a partir do seu incremento dividido pelo número de dias correspondentes ao intervalo de tempo entre as avaliações. O resultado foi multiplicado por dois, devido a ocorrência de um par de folhas em cada nó. O número de folhas surgido em cada ramo foi também registrado.

A fim de se ter um melhor dimensionamento do crescimento vegetativo além daquele determinado na posição superior, foram marcados no terço das plantas selecionadas, dois ramos plagiotrópicos primários, que tiveram o número total de folhas e o número de brotações laterais de ordem superior periodicamente determinados.

## **2.6. Abscisão de folhas e frutos**

Foram fixadas telas perfuradas de nylon branco, tamanho 1,10 x 2,20 m, a 0,40 m do solo, sob a projeção da copa de 20 plantas extras, aleatoriamente selecionadas. Em dez delas, foram retiradas todas as estruturas reprodutivas, aos primeiros sinais de desenvolvimento da flor ou do fruto. As dez outras permaneceram com os frutos. A cada duas semanas foram contadas todas folhas e todos os frutos naturalmente caídos da planta. No segundo ano, foram instaladas outras dez telas, da mesma maneira, em outras dez plantas, cujas estruturas reprodutivas também foram removidas e os mesmos procedimentos também efetuados.

## **2.7. Intensidade de floração**

Nos três meses que antecederam o período de florescimento do cafeeiro, ou seja, julho, agosto e setembro, foi registrado o número de estruturas florais em cinco

ramos, identificados aleatoriamente, no terço superior das plantas dos diferentes tratamentos. Naqueles ramos também foram registrados o número total de nós e o número de nós com estruturas produtivas. Tais avaliações foram utilizadas para quantificar-se o efeito da desfrutificação sobre a intensidade de floração subsequente, a fim de correlacioná-la com a produção de frutos.

## **2.8. Produção de frutos**

Com o objetivo de se verificar o efeito das desfrutificações seqüenciadas sobre a produção subsequente, realizou-se a colheita dos frutos maduros, conforme prática usual adotada por produtores da região, por meio de derrça manual em pano colocado sob as plantas. Foram determinados a massa fresca e o número total de frutos por planta. A massa seca do café em coco, por planta, foi determinada por meio da secagem em estufa, sob circulação forçada, a 80° C, por 72 h, com padronização do teor de umidade para 13% (Lacerda-Filho e Melo 2001). O rendimento de grãos foi expresso em quilograma de café beneficiado, por planta.

## **2.9. Análise de carboidratos**

Segmentos de ramos e folhas foram amostrados, a cada quatro semanas, para a análise de carboidratos. Foram coletados quatro ramos do terço médio inferior em plantas distintas de cada tratamento. Essa coleta era sempre realizada no período da manhã, no intervalo das 08:00 às 10:00 h (hora local). Foram tomados, com auxílio de um furador de rolhas, aproximadamente 20 discos foliares, de 10 mm de diâmetro, da terceira folha totalmente expandida, contada a partir do ápice do ramo plagiotrópico. Os discos foliares foram imediatamente colocados em frascos de 10 mL, e inativados com aproximadamente 5 mL de solução etanólica 80% quente. Segmentos do quinto, sexto e sétimo entrenós dos ramos sofreram o mesmo tratamento e permaneceram nos frascos selados até o momento da secagem. O conteúdo dos frascos foi transferido quantitativamente para almofariz e levado a uma estufa de circulação forçada, a 70°C, por 48 horas, para a determinação da massa seca.

Para a extração de açúcares solúveis totais, as amostras foram maceradas com pistilo adicionando-se etanol 80% quente e areia lavada, no mesmo almofariz em que foram secadas. O produto da maceração foi transferido quantitativamente para tubos plásticos e centrifugado a 2000 g, por 10 min. O precipitado foi lavado com 2 mL

de etanol 80%, por mais três vezes, e centrifugado, e os sobrenadantes combinados tiveram seu volume completado para 25 mL e foram armazenados a  $-20^{\circ}\text{C}$ , até o momento em que 10 mL da solução etanólica foram particionados em funil de separação com 10 mL de clorofórmio, para clarificação do extrato e remoção dos lipídios. Após três lavagens com água destilada, os sobrenadantes aquosos combinados e clarificados foram evaporados até *secura*, em evaporador rotativo a vácuo, a  $45^{\circ}\text{C}$ . O resíduo da evaporação foi ressuspensionado em 5 mL de água destilada e armazenado a aproximadamente  $-20^{\circ}\text{C}$ , até o momento das análises. Alíquotas de 50  $\mu\text{L}$  foram tomadas para a quantificação dos açúcares solúveis totais por reação com antrona, segundo metodologia preconizada por McCready et al (1950). As alíquotas eram colocadas em tubos de ensaio rosqueados e o volume era completado para 1 mL com água destilada. Os tubos eram mantidos em banho de gelo até o momento em que eram acrescentados 5 mL do reativo de antrona, previamente preparado. Os tubos eram tampados, agitados em vortéx e colocados em água fervente por 10 min; a reação era interrompida por meio da imersão em banho de gelo. Foi permitido um tempo de 30 min para a estabilização da cor, e procedeu-se à determinação da absorvância, no comprimento de onda de 620 nm, em espectrofotômetro marca Bauch & Lomb, modelo 88.

Os açúcares redutores foram quantificados pelo técnica de Nelson (1944) e Somogy (1952). Alíquotas de 100  $\mu\text{L}$  da mesma suspensão utilizada na determinação dos açúcares solúveis totais foram colocadas em tubos de ensaio rosqueados, e o volume foi completado com água destilada para 1 mL; adicionou-se 1 mL do reativo de Nelson. Os tubos foram rosqueados, agitados e aquecidos em banho-maria, por 20 min. Em seguida, resfriaram-se os tubos em banho de gelo e adicionou-se 1 mL da solução arsenomolibídica. Os tubos foram agitados e, em seguida, acrescentaram-se 7 mL de água destilada; após nova agitação, efetuou-se a leitura da absorvância, a 540 nm, em espectrofotômetro Hitachi, modelo 1100.

Para a extração do amido, o resíduo das extrações alcoólicas foi tratado com 5,75 mL de ácido perclórico 30%, por duas vezes, permitindo-se tempos de reação, de 20 e 30 min, para cada extração, respectivamente. Transcorrido o tempo de reação, foram acrescentados ao extrato 10 mL de água destilada que, em seguida, foi centrifugado a 2000 g, por 10 min. Os sobrenadantes assim obtidos foram combinados, completando-se, então, o volume para 50 mL com água destilada. Alíquotas de 300  $\mu\text{L}$  foram tomadas e colocadas em tubos de ensaio rosqueados para a quantificação do amido, por reação com antrona (McCready et al 1950), conforme foi descrito para a quantificação dos açúcares solúveis totais.

## **2.10. Parâmetros ambientes**

Os parâmetros atmosféricos foram fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Viçosa, classe CP, localizada no campus da Universidade Federal de Viçosa, situada a uma distância aproximada de 3000 m da lavoura em estudo. As temperaturas do ar à sombra foram medidas em termômetros de máxima e de mínima, protegidos em abrigo termométrico a 1,40 m do solo. A insolação, medida em número de horas de brilho solar, foi registrada em heliógrafo tipo Stokes-Campbell, composto de uma esfera de vidro que focaliza um intenso colar de sol sobre uma cartolina que vai sendo progressivamente queimada. A precipitação de chuvas foi avaliada em pluviômetro tipo "Hermann", por meio do recolhimento da água encontrada em seu bojo, empregando-se uma proveta adequada. A umidade relativa do ar foi registrada em higrógrafo marca Fuess, composto de um feixe de cabelo sensível à umidade e um tambor que recebe o papel registrador, semanalmente substituído. O déficit de pressão de vapor do ar foi estimado a partir dos dados de temperatura e umidade relativa. Todos os parâmetros ambientes foram apresentados por meio da média bissemanal, à exceção da precipitação, que foi a acumulada no período.

Amostras do solo, em número de cinco, eram coletadas aleatoriamente nas entre-linhas da área experimental, com uma sonda, até 0,30 m de profundidade e periodicidade bissemanal de coleta. O teor de água no solo foi determinado gravimetricamente, pela tomada da massa úmida, e da massa seca, após secagem em estufa de circulação forçada das amostras de solo, a 105<sup>o</sup>C, por 72 h.

## **2.11. Delineamento experimental**

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e dez repetições nas duas épocas estudadas. Os tratamentos foram constituídos pelos diferentes momentos de desfrutificação, associados ao estágio de desenvolvimento do fruto. Cada repetição foi constituída de uma planta. Os resultados das avaliações dos componentes dos crescimentos vegetativo e reprodutivo foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste de média de Scott e Knott (1974). Foram efetuadas análises de correlação linear simples entre os componentes do crescimento vegetativo e os parâmetros ambientes ocorridos na época corrente ao crescimento e as médias ocorridas no período entre 15 e 30, 30 e 45 e entre 45 e 60 dias anteriores, à exceção da chuva, que foi a acumulada e a umidade no solo, que foi a determinada no período.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização do momento das desfrutificações em relação ao crescimento dos frutos

Como esperado, o padrão de crescimento do fruto mostrou comportamento semelhante durante os ciclos produtivos de 1999/2000 e 2000 (Fig. 1). O tamanho dos frutos, no entanto, diferiu nas duas épocas estudadas e foi maior no ciclo 1999/2000. Wormer (1966) sugeriu que o tamanho do fruto seria afetado pela intensidade da produção, pelo suprimento de água e, em menor intensidade, pelo uso de fertilizantes nitrogenados. Huxley (1970), por sua vez, acredita que os nutrientes minerais e o suprimento de carboidratos pelas folhas, 120 dias após o florescimento, pouco afetaria o crescimento das sementes. Segundo Cannell (1974), o fator ambiente relevante na determinação do tamanho final dos frutos do cafeeiro seria o número de dias chuvosos durante a fase de expansão rápida, normalmente entre o 70º e 120º dias após o florescimento, quando acontece a expansão dos lóculos que irão alojar as sementes. O tecido que envolve os lóculos torna-se lignificado e inelástico. Conseqüentemente, o tamanho potencial das sementes torna-se fisicamente limitado, por volta do 140º dia após a floração (Wormer 1966). No presente estudo, as diferenças no tamanho dos frutos podem ser atribuídas às condições de tempo ocorrentes na fase de crescimento do fruto no ciclo 2000/2001, relacionadas, principalmente, com a baixa precipitação entre janeiro e fevereiro de 2001, em comparação com o período equivalente de 2000 (Fig. 2). Ademais, durante o ciclo 2000/2001, ocorreu intenso ataque de *Cercospora coffeicola*, o que propiciou o aparecimento de sementes mal formadas e com pequena

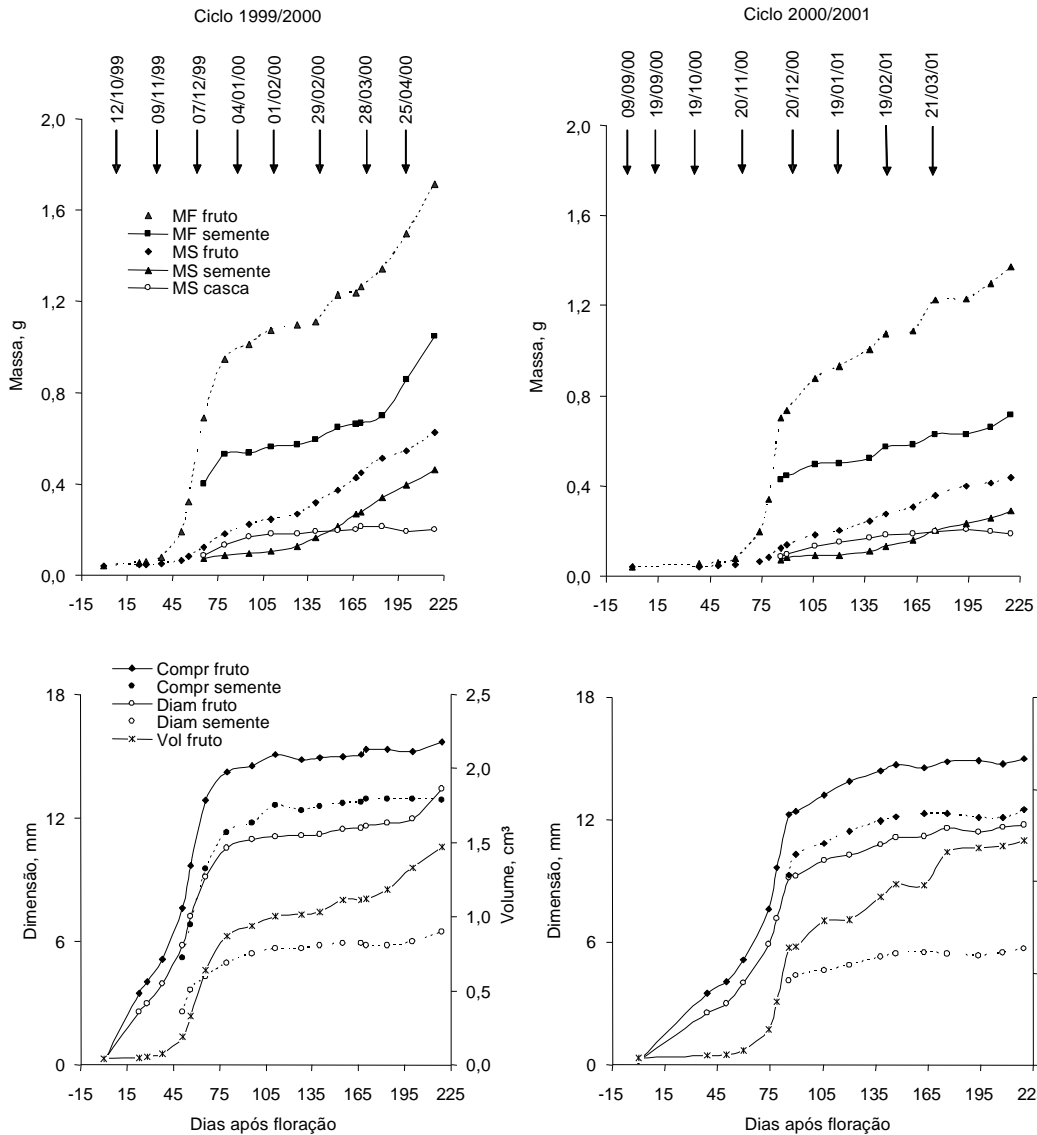


Figura 1 - Crescimento de fruto e semente do cafeeiro durante os ciclos produtivos de 1999/2000 e 2000/2001. Cada ponto representa a média de 50 observações. Para o volume, cada ponto representa a média de quatro amostras de 100 frutos. Setas verticais representam as datas em que os botões florais foram removidos ou as plantas foram desfrutificadas. Atentar para as escalas diferentes no volume dos frutos. MF: massa fresca, MS: massa seca

quantidade de massa seca. A cercosporiose induziu a uma aparente maturação dos frutos, levando à realização de uma primeira colheita, antecipada em pelo menos 50 dias da colheita definitiva.

O padrão de crescimento do fruto com base no incremento de massa fresca, massa seca, comprimento, diâmetro e volume resultou em curvas com tendência duplo sigmoïdal, exibindo quatro fases distintas de crescimento, a exemplo do observado por Leon e Fournier (1962) e Srinivasan et al (1978). Wormer (1964), Cannell (1974) e Oyebade (1976) registraram uma redução nas taxas de crescimento ao final da fase de expansão rápida do fruto, por volta de 120 dias após o florescimento, com duração aproximada de 14 dias, identificando, assim, um quinto período de crescimento, correspondente à formação do endosperma. É provável que essa situação tenha também ocorrido no presente estudo, uma vez que os incrementos de matéria fresca e volume sofreram uma atenuação ao final da fase de crescimento rápido (Fig. 1).

As épocas em que se procederam a remoção dos botões florais ou as desfrutificações das plantas (por vezes referida apenas como desfrutificação) estão indicadas na Figura 1. Cada seta indica a data em que se realizou a remoção das estruturas reprodutivas a partir do florescimento principal em cada ciclo, quando os tratamentos foram implantados.

No primeiro ciclo estudado de frutificação (1999/2000), as árvores tiveram as estruturas reprodutivas removidas nas épocas descritas a seguir:

12/10/1999: Tratamento 0 (Controle). As 20 plantas identificadas como controle foram deixadas intactas durante todo o tempo de condução dos trabalhos e os frutos só foram colhidos ao final do ciclo, quando completamente desenvolvidos.

12/10/1999: Tratamento 1. Remoção de todos os frutos das plantas imediatamente após a florada principal. Nessa ocasião, algumas flores abertas e estruturas reprodutivas ainda não totalmente desenvolvidas também foram removidas.

09/11/1999: Tratamento 2. Remoção dos frutos 28 dias após a floração. O fruto em estado *chumbinho*, apresentava aproximadamente 1% da sua massa e do seu volume finais, o que corresponde a um crescimento aparentemente reduzido e baixa demanda por assimilados. Segundo Leon e Fournier (1962), Ramaiah e Vasudeva (1969) e Cannell (1976), a fase de crescimento baixo caracteriza-se por intensa divisão celular. Por meio de corte na região equatorial do fruto, observou-se, com uma lupa, não existir ainda uma separação entre os compartimentos do fruto. A região a ser ocupada pelos lóculos não estava delimitada e se apresentava preenchida por uma massa verde esbranquiçada com aspecto aquoso. Além disso, a espessura da casca mostrou-se maior que o espaço a ser preenchido futuramente pelas sementes.

07/12/1999: Tratamento 3. Cinquenta e seis dias após a floração, os frutos encontravam-se no início da fase de expansão rápida. A partir desse momento, o crescimento do fruto tornou-se rápido e contínuo, proporcionado, principalmente, pela expansão celular (Leon e Fournier 1962), o que resultou em ganho acentuado na massa fresca, no comprimento, no diâmetro e no volume. O acúmulo de matéria seca mostrava-se ainda reduzido, alcançando apenas 7% da massa final. Os lóculos no interior dos frutos tornaram-se delimitados, atingiram mais de 50% da sua dimensão final e mostravam-se ainda preenchidos por tecido com aspecto gelatinoso, facilmente comprimível por entre os dedos. Por meio de cortes, observou-se que o endosperma e o embrião não eram ainda visíveis a olho nu.

04/01/2000: Tratamento 4. Pela avaliação do crescimento do fruto, 84 dias após o florescimento, verificou-se um rápido incremento de massa fresca, do comprimento, do diâmetro e do volume. Cannell (1976) observou que as células expandiam-se rapidamente, fazendo com que os frutos apresentassem, nesse estágio, em torno de 80 - 85% de água. Segundo Leon e Fournier (1962), as divisões celulares praticamente cessam a partir da fase de crescimento rápido. Nesse estágio de crescimento, observou-se alteração na textura da casca que se tornou mais firme, e aproximadamente 90% do comprimento e 80% do diâmetro do fruto já haviam sido atingidos, um indicativo de que o crescimento, a partir daí, deveria ser atribuído, principalmente, a mudanças nas partes internas do fruto. O acúmulo de massa seca nos frutos mostrou-se elevado, totalizando 24% da massa final, superior ao reportado por Wormer (1964), que registrou 10 a 15 % de matéria seca, entre 84 e 98 dias após o florescimento. Nessa fase, os frutos expandiam-se mais rapidamente e os dois lóculos ainda estavam ocupados por uma massa gelatinosa. Ainda segundo aquele autor, ao final da fase de expansão rápida, inicia-se o crescimento do endosperma leitoso das sementes, permanecendo do tegumento uma fina camada remanescente que futuramente envolverá as sementes, denominada *película prateada* (Dedecca 1957). As sementes acumularam 11% da massa seca final e separavam-se integralmente do fruto, mas permaneciam ainda com aspecto gelatinoso, comprimível por entre os dedos. O pergaminho tornou-se visível e foi possível separá-lo do endocarpo.

01/02/2000: Tratamento 5. A desfrutificação foi efetuada no 112º dia após o florescimento. Nesse estágio, o comprimento e o diâmetro do fruto e da semente mostraram-se próximos aos valores máximos alcançados ao final do desenvolvimento. O ganho de massa fresca pelos frutos foi elevado, alcançando aproximadamente 62% da massa fresca final. As sementes, no entanto, acumularam apenas 15% da massa

seca final, contra 87% da casca. Resultados semelhantes foram obtidos por Ramaiah e Vasudeva (1969), que registraram um acúmulo de 15% de massa seca nas sementes 117 dias após o florescimento. De acordo com Cannell (1976), após a expansão dos frutos, ocorre a formação dos tecidos do endosperma das sementes. Esses tecidos atuam como drenos preferenciais de assimilados e minerais e podem até exaurir os carboidratos nos tecidos do caule, ramos e raízes.

O endosperma apresentou-se com cor esbranquiçada e com textura mais firme ao tato. O pergaminho mostrou-se com coloração verde e foi facilmente separado da semente e, ao final da fase de expansão rápida, tornou-se lignificado o que, segundo Wormer (1966), parece imprimir uma restrição mecânica à expansão futura das sementes.

29/02/00: Tratamento 6. Cento e quarenta dias após o florescimento, verificou-se que o incremento de massa fresca nos frutos ocorria em níveis semelhantes àqueles observados na primeira fase de crescimento rápido. Verificou-se também aumento significativo na massa seca das sementes, as quais acumularam 30% da massa seca final, correspondendo, nesse momento, a 47% da massa seca do fruto. Paralelamente, a casca acumulou 95% da matéria seca final. As sementes mostravam-se firmes ao tato e soltavam-se facilmente da casca. O comprimento e diâmetro do fruto e da semente permaneceram praticamente inalterados.

28/03/00: Tratamento 7. Remoção dos frutos 168 dias após a floração. O comprimento e o diâmetro do fruto e da semente permaneceram praticamente inalterados. O fruto atingiu 65% da massa seca final e o seu crescimento pôde ser atribuído, principalmente, ao acúmulo de assimilados nas sementes, as quais se tornaram provavelmente drenos preferenciais. Nessa ocasião, as sementes apresentavam-se ainda mais firmes, enxutas e destacavam-se facilmente da casca. Leon e Fournier (1962) observaram que, a partir desse estágio de crescimento, as sementes não mais apresentam alterações morfológicas. O endosperma continuou seu endurecimento e constituiu obstáculo para o crescimento do embrião (Leon e Fournier 1962). Por meio de um corte longitudinal, observou-se, com lupa, o embrião totalmente formado e facilmente removível das sementes. Nessa ocasião, observou-se, ainda, a alteração na cor do pericarpo, que passou de um verde-escuro para um verde-claro.

25/04/00: Tratamento 8. Desfrutificação realizada 196 dias após o florescimento. Observou-se alteração na cor da casca, que passou de verde-claro a vermelho intenso. Nesse estágio de maturação, aproximadamente 10% dos frutos encontraram-se no estado de cereja. Ainda ocorria aumento de massa fresca e de

volume dos frutos, que alcançaram por volta de 90% do valor à colheita, resultando, em média, em frutos com  $1,454 \pm 0,02$  g de massa fresca e  $0,504 \pm 0,007$  g de massa seca. As sementes atingiram  $0,353 \pm 0,006$  g, 83% da matéria seca final, contra 54% registrados na avaliação anterior, o que correspondeu a um ganho aproximado de 52% de matéria seca num período de 28 dias.

Dez dias após a implantação do último tratamento procedeu-se a colheita dos frutos nas plantas remanescentes (controle), ocorrida 206 dias após a data do florescimento.

No segundo ciclo de estudo (2000/2001) do desenvolvimento dos frutos, a remoção dos botões florais ou as desfrutificações das plantas foram realizadas nas seguintes ocasiões:

09/09/00: Tratamento 0' (Controle). As 20 plantas identificadas como controle eram as mesmas do estudo anterior e foram deixadas intactas durante todo o tempo de condução dos trabalhos. Os frutos só foram colhidos ao final do ciclo, quando completamente desenvolvidos.

09/09/00: Tratamento 1'. Remoção de estruturas reprodutivas 10 dias antes da floração principal, observada posteriormente nas plantas não tratadas. Nesse momento, os botões florais encontravam-se quiescentes e foram todos removidos.

19/09/00: Tratamento 2'. Remoção das estruturas reprodutivas à época do florescimento principal. As plantas remanescentes receberam o estímulo natural de temperatura e chuva para abertura dos botões florais, ocorrido dois dias após a implantação desse segundo tratamento.

19/10/00: Tratamento 3'. Transcorridos 28 dias do florescimento, o crescimento do fruto foi inexpressivo e atingiu menos de 1% da massa e do volume finais, semelhantemente ao que foi observado na desfrutificação realizada em 12/10/99, no estudo anterior.

20/11/00: Tratamento 4'. Sessenta dias após o florescimento, os frutos alcançaram apenas 3% da sua massa fresca, o que representou aproximadamente 2% de acúmulo de matéria seca e 33% do seu tamanho final. Nessa ocasião, os frutos ainda permaneciam no estágio *chumbinho*, diferentemente do que foi registrado no estudo do ano anterior, quando, com 45 dias de idade, os frutos mostravam-se na fase inicial de expansão rápida. Segundo Wormer (1964), frutos originados de floração ocorrida em épocas diferentes podem apresentar diferentes períodos de duração da fase *chumbinho*, o que provavelmente está relacionado à disponibilidade hídrica para o seu crescimento.

20/12/00: Tratamento 5'. Noventa dias após a florada principal, os frutos já haviam passado pelo estágio *chumbinho* e encontravam-se em plena fase de

crescimento rápido, na qual 80% do seu comprimento e diâmetro finais já haviam sido atingidos. As sementes alcançaram aproximadamente 80% do tamanho e acumularam 16% da massa seca final, semelhantemente ao observado no período equivalente, no ciclo 1999/2000.

19/01/01: Tratamento 6'. Cento e vinte dias após o florescimento, por volta de 90% do comprimento e do diâmetro e 63% do volume do fruto já haviam sido alcançados. O acúmulo de matéria seca no fruto atingiu 41% da massa final; já as sementes alcançaram aproximadamente 21% da massa seca final, o que correspondeu ao momento de formação do endosperma, como foi observado na desfrutificação realizada em 01/02/00, no ciclo anterior.

19/02/01: Tratamento 7'. Remoção dos frutos 151 dias após a floração principal. O comprimento e diâmetro do fruto e da semente atingiram aproximadamente 95% do valor final; no entanto, apenas 60% da massa seca do fruto e 38% da massa seca da semente foram alcançadas. Nesse momento, observou-se leve alteração na cor da casca, devido, provavelmente, ao ataque inicial de *Cercospora coffeicola*.

21/03/01: Tratamento 8'. Durante a última desfrutificação, os frutos apresentavam idade de 181 dias, com aproximadamente  $1,185 \pm 0,03$  g de massa fresca e  $0,317 \pm 0,008$  g de matéria seca, representando 88% e 80% dos respectivos valores finais. Nessa época, o crescimento do fruto resultou, principalmente, do acúmulo de matéria seca nas sementes ( $0,160 \pm 0,006$  g), equivalente a 64% da massa seca final. Observou-se, também, um ataque intenso de *Cercospora coffeicola*, que induziu à mudança na coloração da casca, levando a uma aparente maturação dos frutos.

### **3.2. Caracterização dos fatores ambientes**

Conforme esperado para o clima de Viçosa ( $C_{wa}$ , na classificação de Köppen), as duas estações – úmida e quente, seca e fria – mostraram-se bem definidas. As épocas de maior brilho solar coincidiram com os meses de inverno, quando os dias se tornaram ensolarados e com menor nebulosidade. De janeiro a março de 2001, o número de horas de brilho solar foi elevado, diferentemente do que foi observado no mesmo período de 1999 (Fig. 2).

As temperaturas máximas freqüentemente superaram  $30^{\circ}\text{C}$  entre fevereiro e abril de 2001. Tal fato não foi verificado nos meses equivalentes em 2000, quando

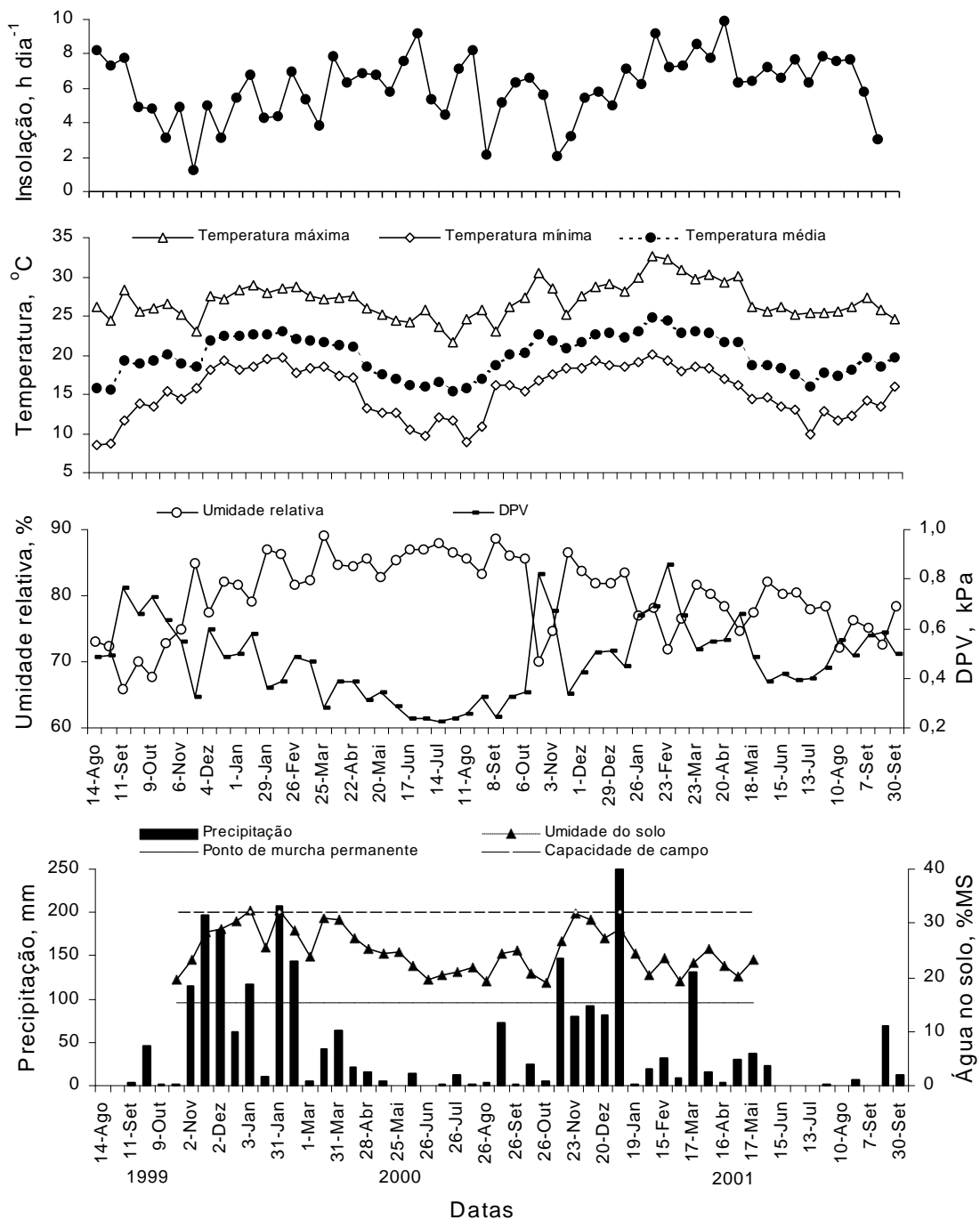


Figura 2 - Transcurso de alguns fatores ambientais de agosto de 1999 a setembro de 2001, em Viçosa, MG. Brilho solar, temperatura, umidade relativa e déficit de pressão de vapor do ar (DPV) referem-se à média bissemanal; precipitação refere-se à acumulada no período; água no solo foi a determinada no período

foram registradas temperaturas mais amenas. As temperaturas mostraram tendência de queda, lenta e gradual, de começos de abril ao final de maio, mantendo-se baixas até agosto. Transcurso similar foi registrado em 1970/1971 (Barros e Maestri 1972) e 1987 (Amaral 1991).

A julgar pela umidade relativa, os períodos entre setembro de 2000 e agosto de 2001 mostraram-se mais secos do que entre agosto de 1999 e setembro de 2000, quando a umidade relativa freqüentemente esteve acima dos 80%. O déficit de pressão de vapor mostrou-se elevado em setembro e outubro de 1999, em outubro de 2000 e em fins de fevereiro de 2001, obviamente coincidindo com as ocasiões em que ocorreram altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar.

A estação chuvosa iniciou-se na segunda quinzena de setembro de 1999 e estendeu-se até fins de abril de 2000, quando foram computados 1229 mm de chuva, 25% maior que os 922 mm ocorridos no período equivalente de 2000/2001. O período em que o solo se manteve com altos níveis de umidade, entre janeiro e abril de 2000, foi significativamente menor em 2001. O veranico, comum nos meses de janeiro, não se mostrou tão definido no ano de 2000. Ao contrário, em janeiro de 2001, quando as chuvas tornaram-se escassas, o teor de água no solo mostrou-se reduzido, o déficit de pressão de vapor foi elevado e as temperaturas do ar atingiram o limite máximo, o veranico foi intenso e melhor caracterizado (Fig. 2).

### **3.3. Efeito da remoção das estruturas reprodutivas no crescimento do cafeeiro**

#### **3.3.1. Efeito sobre o crescimento de ramos plagiotrópicos primários**

As plantas de café apresentaram semelhanças na periodicidade de crescimento de ramos plagiotrópicos primários, independentemente do momento em que se procedeu a remoção das estruturas reprodutivas das árvores (Fig. 3). Nas plantas não-desfrutificadas, ocorreu uma redução expressiva nas taxas de crescimento de ramos a partir do início de novembro de 1999, que perdurou até fins de dezembro do mesmo ano (Fig. 3a, 3b). Esse decréscimo foi também verificado no início de dezembro de 2000 até fins de fevereiro de 2001 (Fig. 3c, 3d). Plantas das quais foram removidas as estruturas reprodutivas durante aquelas ocasiões (novembro a dezembro de 1999 e dezembro de 2000 a fevereiro de 2001) apresentaram queda menor nas taxas de crescimento dos ramos plagiotrópicos. As reduções nas taxas de crescimento em novembro de 1999 (Fig. 3a, 3b) não

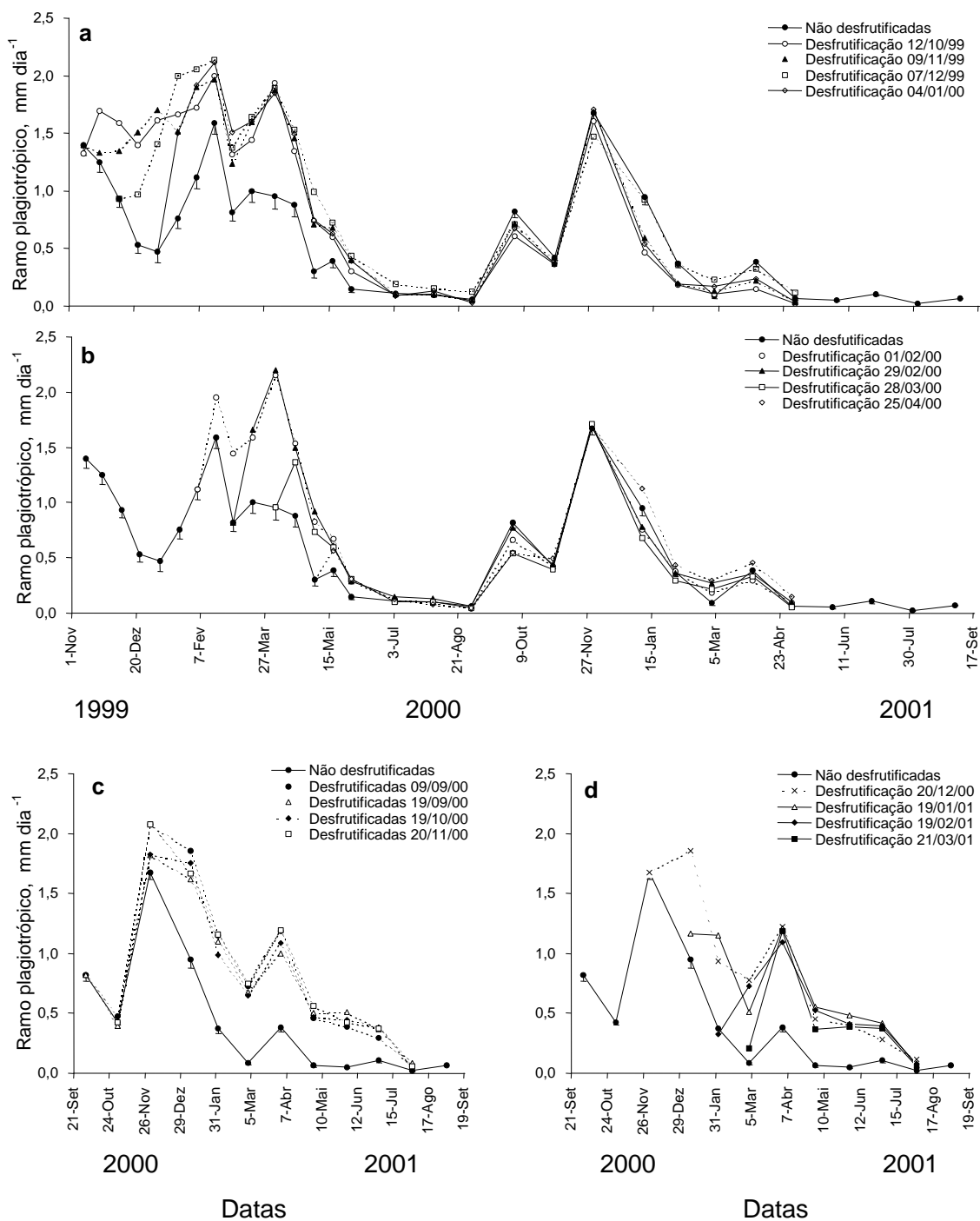


Figura 3 – Crescimento de ramos plagiotrópicos primários nos dois diferentes lotes de plantas de café. (a,b) outubro de 1999 a setembro de 2001; (c,d) setembro de 2000 a setembro de 2001. As datas em que foram removidas as estruturas reprodutivas estão indicadas na legenda. Cada ponto representa a média de 50 ramos. Barras verticais representam o erro padrão da média

estiveram, no entanto, correlacionadas com nenhum dos fatores ambientes estudados (Fig. 2). Naquela ocasião, os frutos encontravam-se em plena fase de expansão rápida (Fig. 1) e, provavelmente, atuaram como um dreno preferencial, restringindo, assim, o crescimento dos ramos nas plantas não-desfrutificadas, sem contudo alterar o padrão de sazonalidade do crescimento do cafeeiro. Segundo Cannell (1971a), frutos em crescimento constituiriam drenos metabolicamente preferenciais e, por isso, poderiam limitar a mobilização de assimilados para os ápices caulinares. Semelhantemente, Mayne (1944), no sul da Índia, e Rayner (1946), no Quênia, verificaram que períodos de crescimento vegetativo intenso se alternaram com períodos de expansão rápida dos frutos, sem que houvesse, contudo, grandes variações nas condições ambientes.

Comparadas às plantas desfrutificadas, as taxas de crescimento dos ramos plagiotrópicos de plantas não-desfrutificadas assumiram menores valores no início de março de 2000 e meados de abril do mesmo ano (Fig. 3a, 3b). Naquele período, deve ter ocorrido uma grande mobilização de assimilados para o enchimento das sementes (Fig. 1). A importação de assimilados pelos frutos, nessa fase, poderia também limitar o crescimento das plantas (Cannell e Huxley 1969, Cannell 1976).

Durante o ciclo vegetativo corrente à remoção das estruturas reprodutivas, de outubro de 1999 a agosto de 2000 (Fig. 3a, 3b), e de setembro de 2000 a agosto de 2001 (Fig. 3c, 3d), o crescimento dos ramos de todas as plantas desfrutificadas mostrou-se sempre mais intenso que o crescimento de plantas não-desfrutificadas, mantendo-se porém o padrão sazonal de crescimento das plantas controle. A remoção de flores ou frutos no estágio *chumbinho* também não modificou o padrão de crescimento de ramos na Costa Rica (Boss 1958) e no Quênia (Cannell 1971a, 1971b). Somente com o advento das baixas temperaturas, de julho a agosto de 2000, não mais se registraram diferenças significativas entre as taxas de crescimento de plantas tratadas e as controle (Fig. 3a, 3b). Assim, as desfrutificações seqüenciadas não foram capazes de prolongar o período de crescimento vegetativo do cafeeiro, no momento em que o crescimento dos ramos das plantas com frutos declinou, ou seja, a sazonalidade do crescimento de ramos plagiotrópicos primários, em Viçosa, não resulta da carga de frutos. Estes resultados assemelham-se aos de Amaral (1991), nos quais as reduções nas taxas de crescimento de ramos foram igualmente observadas entre plantas com e sem frutos.

No ciclo subsequente às desfrutificações, setembro de 2000 a maio 2001 (Fig. 3a, 3b), as taxas de crescimento de ramos plagiotrópicos das plantas desfrutificadas no ciclo anterior foram aparentemente semelhantes àquelas observadas nas plantas não-desfrutificadas, e a periodicidade do crescimento mostrou-se praticamente

inalterada em relação às árvores-controle. Nesse segundo ano de medições, as plantas de todos tratamentos foram deixadas com frutos. Daí, as pequenas variações nas taxas de crescimento de ramos poderiam ser atribuídas à intensidade da frutificação corrente.

A expansão acumulada de ramos plagiotrópicos primários, ao final de cada ciclo de crescimento, mostrou diferenças significativas entre os diversos tratamentos. De maneira geral, árvores nas quais foram removidas os botões florais, bem como árvores desfrutificadas até os 56 dias após a floração, quando os frutos se encontravam no final da fase de *chumbinho* e início da fase de expansão, atingiram maior comprimento final dos ramos plagiotrópicos, no ciclo corrente à época da remoção das estruturas reprodutivas, no primeiro lote de plantas (Tab. 2). Resultados semelhantes foram também obtidos com o segundo lote de plantas, ressaltando-se que a remoção das estruturas reprodutivas em 09 de setembro de 2000, dez dias antes da floração principal, resultou numa expansão 7% maior que a média do crescimento de ramos de plantas tratadas até o final da fase *chumbinho*, em 20 de novembro de 2000 (Tab. 2). Segundo Barros et al (1982) e Melotto (1987), o botão floral vale-se, principalmente, da fotossíntese corrente para o seu desenvolvimento. Mesmo sendo considerado como fraco mobilizador de assimilados e não sendo capaz de exaurir completamente os carboidratos das folhas e dos ramos, sua remoção, no presente estudo, pode ter resultado em ganhos expressivos no comprimento de ramos plagiotrópicos primários.

A expansão dos ramos de plantas desfrutificadas em 29 de fevereiro de 2000, 140 dias após o florescimento, na fase inicial de enchimento das sementes, fez aumentar a expansão de ramos e diferiu daquela observada para plantas não-desfrutificadas. No segundo ano de estudo (2º lote de plantas), desfrutificações realizadas até 181 dias do florescimento, na fase de enchimento das sementes ainda fizeram aumentar a expansão de ramos plagiotrópicos (Tab. 2). Segundo Cannell e Huxley (1969) e Cannell (1971b, 1974), durante a fase de acúmulo de matéria seca nas sementes, elas tornam-se drenos preferenciais e podem crescer às expensas do pericarpo e de outras regiões da planta, afetando, assim, o crescimento vegetativo.

Desfrutificações realizadas a partir de 28 de março de 2000, 168 dias após a floração, quando as sementes encontravam-se em plena fase de acúmulo de matéria seca (Fig. 1), não mais fizeram aumentar o crescimento dos ramos plagiotrópicos, que foi estatisticamente igual ao crescimento de ramos de plantas não-desfrutificadas (Tab. 2). Nessa ocasião, as chuvas eram escassas e a temperatura do ar mostrava-se em rápido declínio (Fig. 2); supõe-se, então, que o possível estímulo conferido pela

Tabela 2 - Expansão de ramos plagiotrópicos primários (mm), em dois diferentes lotes de plantas de café, nos ciclos corrente e subseqüente à remoção das estruturas reprodutivas das árvores (média de 50 ramos)

Remoções	1º lote		Remoções	2º lote
	Ciclo corrente	Ciclo subseqüente		Ciclo corrente
Controle	189,2 ±18 d	126,2 ±6 b	Controle	132,0 ±7 g
12/10/99	307,7 ±11 a	89,9 ±6 c	09/09/00	269,4 ±14 a
09/11/99	308,0 ±7 a	100,8 ±7 c	19/09/00	245,7 ±9 b
07/12/99	316,5 ±10 a	120,2 ±10 b	19/10/00	251,3 ±13 b
04/01/00	273,3 ±3 b	100,8 ±6 c	20/11/00	256,7 ±11 b
01/02/00	254,5 ±7 c	119,2 ±9 b	20/12/00	220,6 ±8 c
29/02/00	246,0 ±7 c	124,2 ±12 b	19/01/01	205,4 ±5 d
28/03/00	208,8 ±4 d	114,1 ±8 b	19/02/01	187,7 ±6 e
25/04/00	193,1 ±2 d	145,4 ±8 a	21/03/01	160,8 ±5 f

Expansão no 1º lote - ciclo corrente: 28 de outubro de 1999 a 31 de agosto de 2000; ciclo subseqüente: 02 de outubro de 2000 a 02 de maio de 2001; Expansão no 2º lote - ciclo corrente: 02 de outubro de 2000 a 02 de agosto de 2001. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

remoção dos frutos ao crescimento vegetativo, tornou-se limitado pelas condições ambientes desfavoráveis à expansão dos ramos (Fig. 3). No segundo ano de estudo, as desfrutificações realizadas até a fase de enchimento das sementes, em 21 de março de 2001, ainda fizeram aumentar a expansão dos ramos, mesmo estando a temperatura do ar em ligeiro declínio. No entanto, a ocorrência de chuvas (125 mm) ao final da primeira quinzena de março de 2001, após um período de 60 dias com chuvas escassas (Fig. 2), fez com que o efeito das desfrutificações realizadas na fase de enchimento das sementes se mostrasse mais expressivo, no segundo ano de estudo. Há evidências de que um período seco antecedente às chuvas, associado a uma queda rápida de temperatura poderia estimular o crescimento (Browning 1975), a exemplo do que foi observado no presente estudo (Fig. 3).

No ciclo subsequente à remoção das estruturas reprodutivas, entre outubro de 2000 e maio de 2001, a expansão total de ramos plagiotrópicos diferiu daquela observada no ciclo corrente à época das desfrutificações (Tab. 2), ou seja, plantas que haviam sido desfrutificadas em momento próximo à maturação dos frutos cresceram mais do que aquelas desfrutificadas nos estádios iniciais do seu desenvolvimento. Tal fato deve ter relação com o crescimento registrado no ciclo anterior, quando as plantas que mais cresceram tornaram-se potencialmente capazes de produzir grande quantidade de frutos (ver Tab. 13). Assim, o crescimento dos ramos plagiotrópicos, no ciclo produtivo subsequente às desfrutificações seqüenciadas pareceu depender mais da carga atual de frutos do que propriamente dos efeitos das remoções das estruturas reprodutivas realizadas no ciclo anterior. Segundo Cannell e Huxley (1969), Cannell (1971a,b) e Clowes e Wilson (1977), quando sob forte frutificação, os frutos são capazes de importar assimilados de folhas de outros ramos da planta e, assim, poderiam restringir o suprimento para os pontos vegetativos, reduzindo, dessa forma, a expansão dos ramos.

### **3.3.2. Efeito sobre o número de nós em ramos plagiotrópicos primários**

Desde que a produção de frutos depende da quantidade de lenho formada na estação anterior, fatores potencialmente limitantes à expansão de ramos afetariam igualmente o surgimento de nós e, por extensão, a produção subsequente de frutos (Barros et al 1999). A expansão dos ramos, ademais, depende do número e da expansão dos entrenós. No presente estudo, os momentos em que se procederam as desfrutificações das plantas de café resultaram em diferenças no número total de nós surgidos em ramos plagiotrópicos primários. As remoções seqüenciadas das estruturas reprodutivas no estágio de *chumbinho* até o início da fase de expansão rápida dos frutos, aos 56 dias após o florescimento, resultaram em número de nós 40% maior do que nas plantas não-desfrutificadas, no ciclo corrente à implantação dos tratamentos, no primeiro lote de plantas (Tab. 3). Tal resultado difere daquele obtido por Mota (1988), que registrou número idêntico de nós surgidos entre árvores não-desfrutificadas e árvores desfrutificadas, presumivelmente na fase de expansão rápida dos frutos. A remoção dos frutos na fase inicial de enchimento das sementes, 140 dias após a floração, ainda fez aumentar em 20% o número de nós surgidos. Resultados semelhantes foram observados na repetição dos tratamentos durante o segundo ano de estudo (Tab. 3). Desfrutificações a partir de 28 de março de 2000, 168 dias após o

Tabela 3 - Número total de nós surgidos em ramos plagiotrópicos primários, em dois diferentes lotes de plantas de café, nos ciclos corrente e subsequente à remoção das estruturas reprodutivas (média de 50 ramos)

Remoções	1º lote		Remoções	2º lote
	Ciclo corrente	Ciclo subsequente		Ciclo corrente
Controle	7,9 ±0,7 c	7,0 ±0,4 a	Controle	7,3 ±0,4 d
12/10/99	11,5 ±0,2 a	5,5 ±0,3 b	09/09/00	11,8 ±0,2 a
09/11/99	11,0 ±0,2 a	6,1 ±0,5 b	19/09/00	11,6 ±0,2 a
07/12/99	10,8 ±0,3 a	7,6 ±0,3 a	19/10/00	11,4 ±0,3 a
04/01/00	9,9 ±0,2 b	5,9 ±0,3 b	20/11/00	11,7 ±0,3 a
01/02/00	9,2 ±0,3 b	7,4 ±0,3 a	20/12/00	10,5 ±0,3 b
29/02/00	9,6 ±0,2 b	7,7 ±0,5 a	19/01/01	10,6 ±0,3 b
28/03/00	8,4 ±0,3 c	6,9 ±0,4 a	19/02/01	9,3 ±0,3 c
25/04/00	8,2 ±0,4 c	8,5 ±0,2 a	21/03/01	8,7 ±0,4 c

1º lote - ciclo corrente: 28 de outubro de 1999 a 31 de agosto de 2000; ciclo subsequente: 02 de outubro de 2000 a 02 de maio de 2001. 2º lote - ciclo corrente: 02 de outubro de 2000 a 02 de agosto de 2001. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

florescimento, quando as sementes haviam acumulado 54% da massa seca final, não mais acarretaram aumentos no número de nós surgidos, que foi idêntico ao de plantas não-desfrutificadas. As desfrutificações realizadas nessa ocasião (final de março de 2000) coincidiram com o momento no qual a temperatura do ar mostrava-se em ligeiro declínio e as chuvas escassas (Fig. 2). Dessa maneira, sugere-se que o efeito das desfrutificações tenha sido atenuado pelas condições ambientes desfavoráveis ao crescimento.

O comportamento observado no primeiro lote de plantas diferiu entre os dois ciclos vegetativos analisados. De maneira geral, todas as plantas formaram menor número de nós no ciclo subsequente à remoção das estruturas reprodutivas, o que foi atribuído à elevada carga de frutos produzidos no mesmo período (ver Tab. 13). Isso foi evidenciado pela comparação do número de nós formados durante o ciclo

subseqüente, no primeiro lote de plantas, com o número de nós formados no ciclo corrente à época das desfrutificações, no segundo lote (Tab. 3). A diferença entre ambos está no fato de que, no segundo lote, à exceção das plantas-controle, todas as árvores apenas cresceram vegetativamente, enquanto todas as plantas no ciclo produtivo subseqüente do primeiro lote foram deixadas com frutos.

Como o número de nós foi semelhante nos dois ciclos correntes à remoção das estruturas reprodutivas nos diferentes lotes de plantas, pode-se inferir que o maior comprimento dos ramos, observado nas plantas do primeiro lote (Tab. 2), deveu-se principalmente à maior expansão dos entrenós e, não ao número de nós surgidos (Tab. 3). Portanto, o número de nós parece ter sido menos influenciado pelas condições ambientes do que a expansão dos entrenós.

Verificou-se certa similaridade entre o padrão de surgimento de nós em ramos plagiotrópicos primários (Fig. 4) e o padrão de crescimento em expansão desses ramos (Fig. 3). A formação de nós, tanto em ramos de plantas com ou sem frutos, ocorreu em surtos breves e consecutivos, semelhantemente ao registrado por Browning (1975), que observou surgimento de nós em períodos intermitentes, possivelmente associados à ocorrência das chuvas.

Houve uma fase de intensa formação de nós, seguida por outra fase de reduzido surgimento, coincidindo com os meses frios e secos, independentemente dos momentos em que foram removidas as estruturas reprodutivas, o que resultou na manutenção da periodicidade característica no surgimento de nós. Uma redução da intensidade no número de nós formados em plantas não-desfrutificadas, ao final da primeira quinzena de dezembro de 1999, no ciclo simultâneo à desfrutificação, no primeiro lote de plantas (Fig. 4a – 4d), foi acompanhada também por uma queda na expansão dos ramos, no período considerado (Fig. 3a – 3b), devido, provavelmente, a atuação dos frutos como drenos preferenciais, durante a fase de sua expansão rápida, como foi reportado anteriormente por Cannell e Huxley (1969) e Cannell (1971a, 1976).

Nos ramos de plantas desfrutificadas, durante os ciclos correntes às épocas das desfrutificações, a formação de nós foi mais intensa entre outubro de 1999 e início de abril de 2000, coincidindo com a fase de crescimento ativo dos ramos, e decresceu a partir da segunda quinzena de abril, atingindo as menores taxas entre maio e agosto de 2000 (Fig. 4). No entanto, o período no qual as plantas produziram menor número de nós (agosto/2000) foi mais curto do que o período de menor expansão dos ramos (junho – agosto/2000). Ou seja, no período em que as condições ambientes ainda restringiam o alongamento dos entrenós, as plantas continuavam produzindo nós,

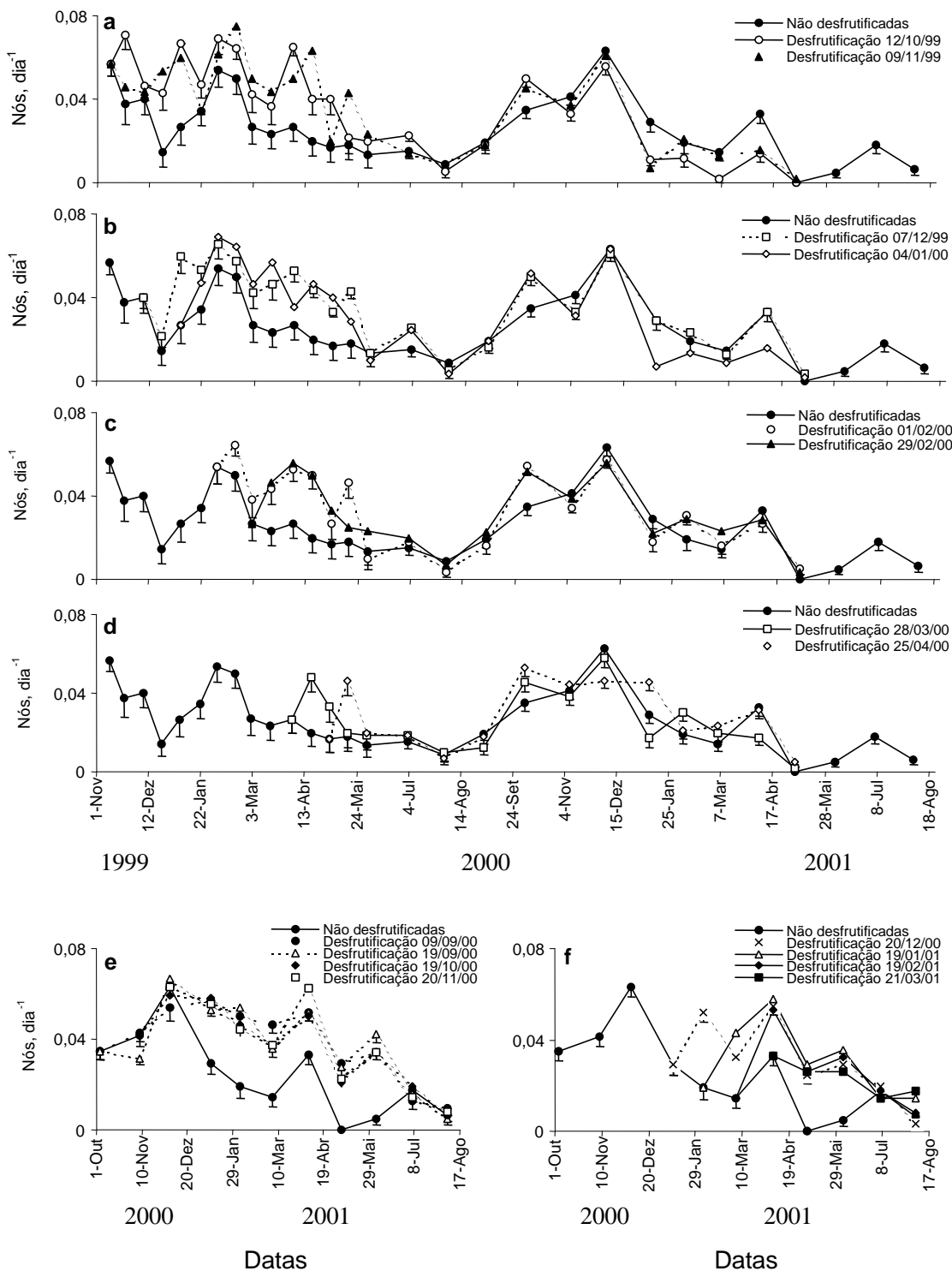


Figura 4 - Número médio de nós surgidos em ramos plagiotrópicos primários de café, nos dois diferentes lotes de plantas. (a,b,c,d) outubro de 1999 a agosto de 2001; (e,f) outubro de 2000 a agosto de 2001. Barras verticais representam o erro padrão da média de 50 ramos

porém com entrenós mais curtos (ver Fig. 5). Observou-se, ainda, um ganho imediato no número de nós até a época da última desfrutificação, realizada próxima à maturação dos frutos. Independentemente da época em que as estruturas reprodutivas foram removidas, as plantas tratadas tenderam a aumentar o número de nós na mesma intensidade ao que foi registrado nos tratamentos realizados nos momentos anteriores, ou seja, a intensidade das taxas de formação de nós aumentou no momento posterior à remoção das estruturas reprodutivas das plantas, mas não extrapolou a intensidade alcançada pelos tratamentos realizados anteriormente (Fig. 4a - 4f), uma indicação de que o potencial máximo de crescimento dos ramos é um atributo inerente à própria planta e pode ser plenamente atingido, quando fatores limitantes, como a carga de frutos, é removida.

### **3.3.3. Efeito sobre a expansão de entrenós individuais surgidos em ramos plagiotrópicos**

A expansão dos entrenós é um atributo que também define a intensidade do crescimento dos ramos e pode estar associada com o nível de carboidratos da planta. Como afeta a arquitetura da árvore, entrenós maiores permitem melhor exposição dos frutos, o que poderia favorecer a fixação do carbono, uma vez que frutos verdes podem representar até 30% da superfície fotossintética total de uma planta carregada (Cannell 1976). Durante o período de crescimento vegetativo intenso, os entrenós, além de maiores, atingiram tamanhos finais mais rapidamente do que aqueles surgidos nos meses frios e secos, semelhantemente ao que foi reportado por Barros e Maestri (1972, 1974). Independentemente dos momentos em que foram removidas as estruturas reprodutivas, entrenós surgidos entre novembro e março expandiram-se mais do que os surgidos em outras épocas (Fig. 5a, primeiro lote de plantas; ver também Tab. 4). No segundo lote de plantas, as maiores expansões foram verificadas somente nos entrenós surgidos em outubro e dezembro; daí em diante os entrenós mostraram-se mais curtos (Fig. 5b, segundo lote de plantas; ver também Tab. 5). A menor intensidade das chuvas e as temperaturas elevadas ocorridas em 2001 (Fig. 2) foram, provavelmente, as causas da menor expansão de entrenós no segundo ano de estudo.

Observando-se as curvas de crescimento de entrenós surgidos sob as condições ambientes idênticas, em 08/11/00 e 10/01/01, no primeiro e segundo lotes de plantas (Fig. 5a, 5b; ver também Tabs. 4 e 5), tornou-se ainda mais evidente a restrição imposta por frutos em desenvolvimento à expansão de entrenós, uma vez

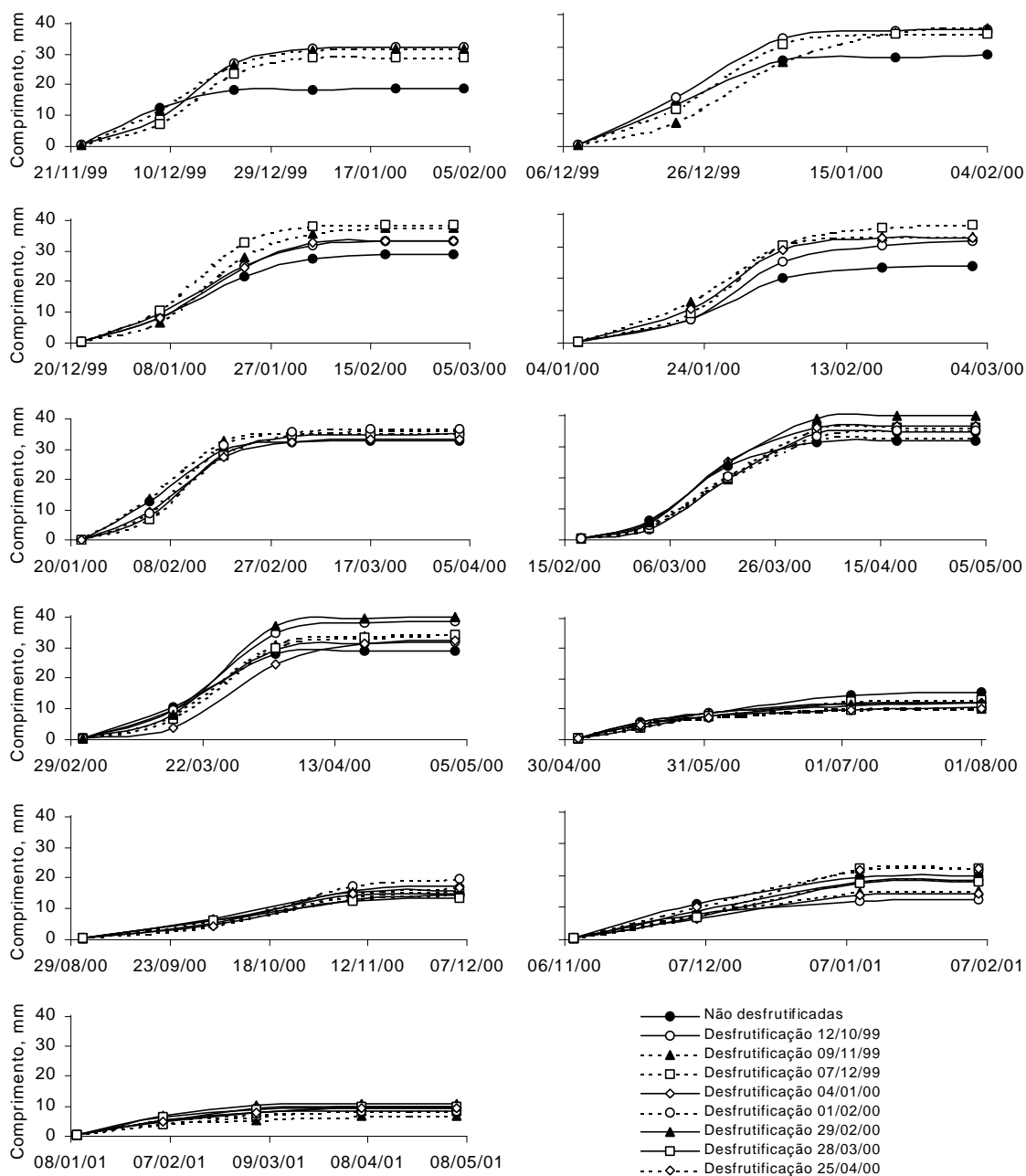


Figura 5a - Expansão de entrenós surgidos nos ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro, em diferentes épocas do ano, entre novembro de 1999 e janeiro de 2001. Data na interseção dos eixos representa o surgimento dos entrenós. Pontos representam médias de, no mínimo, sete entrenós

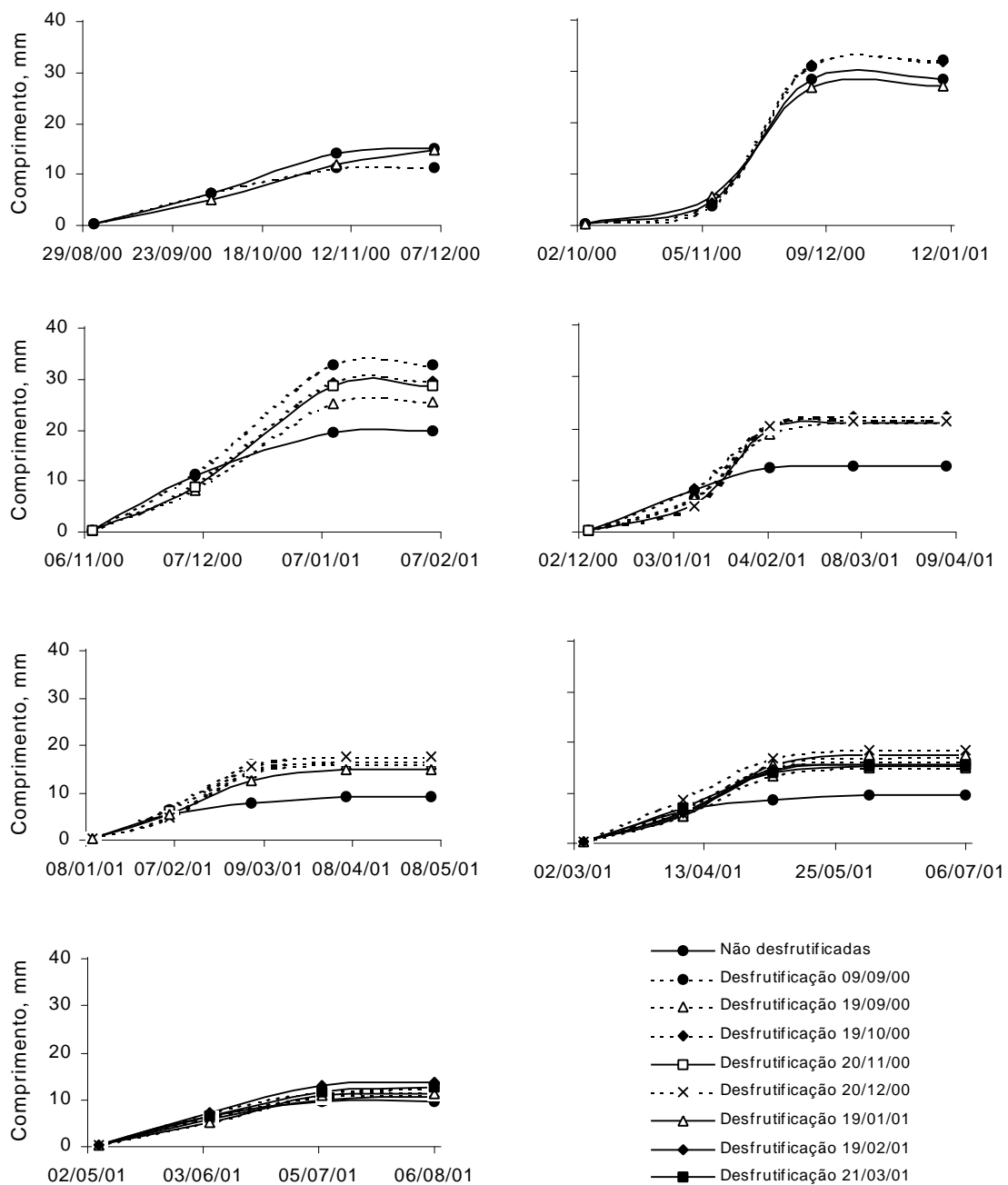


Figura 5b - Expansão de entrenós surgidos nos ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro, em diferentes épocas do ano, entre setembro de 2000 e maio de 2001. Data na interseção dos eixos representa o surgimento dos entrenós. Pontos representam médias de, no mínimo, sete entrenós

Tabela 4 - Comprimentos médios finais (mm) de entrenós individuais surgidos nos ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro, em diferentes épocas, entre novembro de 1999 e março de 2001, no primeiro lote de plantas (média de, no mínimo, sete entrenós)

Remoções	Aparecimento dos entrenós												
	Ciclo corrente à remoção						Ciclo subsequente à remoção						
	28/11/99	08/12/99	22/12/99	06/01/00	22/01/00	18/02/00	02/03/00	03/05/00	01/09/00	08/11/00	10/01/01		
Controle	18,4 ±1,6b	26,3 ±3,3b	27,4 ±2,5b	23,3 ±1,6b	32,8 ±1,5a	31,3 ±1,2b	27,7 ±3,1b	13,0 ±0,9a	14,6 ±1,3a	19,5 ±1,1a	8,8 ±0,8a		
12/10/99	32,0 ±2,2a	34,9 ±1,4a	32,6 ±1,2a	31,3 ±1,5a	35,0 ±0,7a	34,1 ±1,7a	32,5 ±1,7a	12,0 ±1,1a	13,9 ±1,5a	12,1 ±0,9b	9,7 ±0,7a		
09/11/99	31,5 ±1,3a	35,5 ±2,0a	37,1 ±2,1a	32,8 ±2,1a	36,1 ±1,6a	34,8 ±1,4a	33,8 ±1,9a	10,0 ±0,8a	15,7 ±1,2a	14,8 ±1,0b	6,4 ±0,3a		
07/12/00	28,6 ±1,2a	33,7 ±3,6a	38,3 ±2,1a	36,1 ±2,3a	35,1 ±1,5a	35,6 ±2,3a	33,9 ±1,5a	12,6 ±1,2a	14,3 ±1,0a	21,0 ±2,0a	7,8 ±0,8a		
04/01/00	-	-	32,8 ±1,7a	32,4 ±2,0a	33,0 ±1,8a	36,1 ±1,7a	32,7 ±1,4a	11,7 ±1,0a	16,8 ±1,5a	13,9 ±0,9b	8,1 ±2,0a		
01/02/00	-	-	-	-	36,6 ±1,5a	34,8 ±1,3a	38,2 ±1,6a	9,6 ±0,8a	19,3 ±1,2a	18,1 ±1,5a	8,2 ±1,0a		
29/02/00	-	-	-	-	-	39,6 ±1,7a	39,6 ±2,3a	11,7 ±1,8a	15,6 ±1,3a	18,1 ±1,8a	10,4 ±1,3a		
28/03/00	-	-	-	-	-	-	-	10,4 ±1,1a	13,0 ±0,8a	17,6 ±1,8a	9,3 ±0,8a		
25/04/00	-	-	-	-	-	-	-	9,9 ±1,0a	16,4 ±0,9a	21,0 ±1,7a	8,8 ±0,5a		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

Tabela 5 - Comprimentos médios finais (mm) de entrenós surgidos nos ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro, em diferentes épocas, entre setembro de 2000 e maio de 2001 no ciclo corrente à remoção das estruturas reprodutivas, do segundo lote de plantas (média de, no mínimo, sete entrenós)

Remoções	Aparecimento dos entrenós						
	01/09/00	04/10/00	08/11/00	05/12/00	10/01/01	05/03/01	05/05/01
Controle	14,6 ±1,3 a	28,1 ±1,7 a	19,5 ±1,1 b	12,4 ±1,1 b	8,8 ±0,8 b	9,3 ±1,5 b	10,0 ±1,3 a
09/09/00	11,0 ±1,2 a	31,8 ±2,5 a	32,5 ±1,2 a	21,4 ±0,9 a	17,1 ±0,7 a	15,8 ±0,8 a	10,6 ±0,7 a
19/09/00	14,5 ±2,0 a	27,0 ±2,2 a	27,1 ±0,9 a	20,7 ±1,6 a	15,7 ±1,3 a	14,7 ±1,0 a	10,2 ±1,3 a
19/10/00	–	31,4 ±2,1 a	29,3 ±1,6 a	22,1 ±1,8 a	16,1 ±1,3 a	16,7 ±1,1 a	11,8 ±1,1 a
20/11/00	–	–	28,4 ±1,6 a	20,6 ±0,6 a	16,2 ±0,8 a	15,2 ±1,2 a	12,1 ±1,3 a
20/12/00	–	–	–	21,0 ±2,1 a	17,4 ±1,5 a	18,2 ±1,2 a	11,1 ±1,0 a
19/01/01	–	–	–	–	14,7 ±0,8 a	17,2 ±0,8 a	10,9 ±0,7 a
19/02/01	–	–	–	–	–	15,3 ±1,3 a	13,3 ±0,9 a
21/03/01	–	–	–	–	–	14,9 ±1,0 a	12,3 ±1,5 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

que o tamanho final alcançado por entrenós do segundo lote de plantas, que apenas cresciam vegetativamente, foi visivelmente superior àquele registrado nas plantas que foram deixadas com frutos (ciclo subsequente à remoção).

No ciclo corrente à remoção das estruturas reprodutivas, a expansão final de entrenós individuais foi freqüentemente maior nas plantas desfrutificadas (Tabs. 4 e 5), o que resultou em altas taxas de crescimento de ramos plagiotrópicos (Fig. 3). Dessa forma, o maior crescimento dos ramos de plantas desfrutificadas foi efeito não apenas do maior número de nós surgidos (Tab. 3), mas também, da expansão dos entrenós. A desfrutificação de plantas resultou em maior expansão de entrenós somente no período de crescimento vegetativo intenso, entre novembro e março, quando as condições ambientes mostravam-se mais favoráveis ao crescimento. Nos tratamentos em que houve remoção das estruturas reprodutivas, a expansão de entrenós surgidos em maio não diferiu da de plantas não-desfrutificadas (Tabs. 4 e 5). Assim, a redução do crescimento de ramos na época fria e seca foi consequência da diminuição da expansão dos entrenós, e não tanto da formação de nós. Mota (1988) verificou que a extensão do fotoperíodo e a irrigação suplementar também não foram capazes de promover a expansão dos entrenós surgidos na época fria e seca. Dessa forma, admite-se que o declínio das temperaturas do ar, a partir de abril, provavelmente seja o fator responsável pela menor expansão dos entrenós naquela ocasião.

No ciclo produtivo subsequente à aplicação dos tratamentos, quando todas as plantas produziram frutos (Tab. 4 - entrenós surgidos em 01/09/00, 08/11/00 e 10/01/01), não foi observado um efeito definido da remoção das estruturas reprodutivas sobre a expansão de entrenós, ou seja, o tamanho final alcançado pelos entrenós foi menor e não foi influenciado diretamente pela seqüência dos momentos em que os tratamentos foram aplicados no ciclo anterior, mas sim, pela carga corrente de frutos (ver Tab. 13) e também pelas altas temperaturas e menor intensidade das chuvas registradas, principalmente, em janeiro e fevereiro de 2001 (Fig. 2).

#### **3.3.4. Efeito sobre o crescimento de ramos ortotrópicos**

Existem evidências de que as variações sazonais no crescimento de ramos estão associadas com a distribuição de assimilados na planta como um todo (Cannell 1976). Desde que os frutos são drenos preferenciais, a demanda de assimilados necessária ao seu desenvolvimento pode restringir a atividade da gema apical, o crescimento do caule, e por conseguinte, a arquitetura da planta (Cannell 1971a,

Tabela 6 - Comprimento total de ramos ortotrópicos (mm), nos dois diferentes lotes de plantas de café, nos ciclos corrente e subsequente à remoção das estruturas reprodutivas (média de 10 ramos)

Remoções	1º lote		Remoções	2º lote
	Ciclo corrente	Ciclo subsequente		Ciclo corrente
Controle	200,6 ±19 c	135,0 ±9 a	Controle	143,1 ±9 c
12/10/99	309,6 ±16 a	94,2 ±8 b	09/09/00	275,2 ±19 a
09/11/99	363,5 ±11 a	84,6 ±7 b	19/09/00	249,4 ±14 a
07/12/99	326,6 ±20 a	110,2 ±9 b	19/10/00	263,8 ±18 a
04/01/00	276,8 ±7 b	102,1 ±7 b	20/11/00	248,9 ±10 a
01/02/00	263,2 ±12 b	112,8 ±10 b	20/12/00	200,8 ±10 b
29/02/00	265,9 ±15 b	143,5 ±15 a	19/01/01	216,4 ±8 b
28/03/00	221,5 ±4 c	132,3 ±13 a	19/02/01	181,8 ±7 c
25/04/00	203,4 ±3 c	156,6 ±16 a	21/03/01	173,0 ±5 c

1º lote - ciclo corrente: 28 de outubro de 1999 a 31 de agosto de 2000; ciclo subsequente: 02 de outubro de 2000 a 02 de maio de 2001. 2º lote - ciclo corrente: 02 de outubro de 2000 a 02 de agosto de 2001. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

1971b, 1974). Daí ter havido diferenças na expansão acumulada de ramos ortotrópicos nas plantas desfrutificadas (Tab. 6), semelhantemente ao que foi observado com a expansão de ramos plagiotrópicos (Tab. 3). No primeiro lote de plantas, ao final do ciclo corrente à época das defrutificações, ramos ortotrópicos de plantas que tiveram suas estruturas reprodutivas removidas durante o período em que os frutos se encontravam no estágio *chumbinho* e até o início da fase rápida do seu crescimento, aos 56 dias após a floração, cresceram 66% mais do que os ramos das plantas não-desfrutificadas. A expansão de ramos ortotrópicos de plantas desfrutificadas em 04 de janeiro de 2000, na fase de expansão rápida dos frutos, aos 84 dias após o florescimento, não diferiu do crescimento das plantas desfrutificadas em 29 de fevereiro de 2000, aos 140 dias após a floração, durante a fase inicial de enchimento das sementes que, por sua vez, foi 32% maior que a registrada para

plantas não-desfrutificadas. Desfrutificações realizadas a partir dos 168 dias do florescimento, quando se observaram mudanças na coloração da casca do fruto, não alteraram significativamente a expansão dos ramos ortotrópicos a ponto de diferenciá-la do crescimento de plantas-controle (Tab. 6). Os resultados permitem sugerir que a expansão dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos das plantas não-desfrutificadas foi restringida pelo desenvolvimento reprodutivo, principalmente, nos momentos em que deve ter havido forte demanda de assimilados pelos frutos, como foi registrado por Cannell e Huxley (1969) e Cannell (1971a, 1971b, 1974). Carvalho (1985) removeu as estruturas reprodutivas das plantas em duas ocasiões e não observou diferenças significativas no crescimento de ramos ortotrópicos entre plantas desfrutificadas quando os frutos estavam na fase *chumbinho* e plantas em que foram removidos os frutos no início da fase de granação das sementes. No entanto, o crescimento de ramos ortotrópicos em plantas sem frutos foi aproximadamente 13% superior ao das plantas controle não-desfrutificadas, percentual esse bem inferior ao observado no presente estudo, freqüentemente superior a 50 %.

Devido ao longo período seco (Fig. 2), a intensidade do crescimento dos ramos ortotrópicos do segundo lote de plantas foi menor (Fig. 6). Apesar disso, o efeito de desfrutificações seqüenciadas foi semelhante ao que foi registrado no primeiro lote de plantas (Tab. 6). Verificou-se que, no segundo lote, o crescimento dos ramos das plantas não-desfrutificadas foi 80% menor do que o crescimento médio observado em plantas desfrutificadas até a fase de expansão rápida dos frutos, em 20 de novembro de 2000; no primeiro lote de plantas, no entanto, essa diferença foi de 66%.

No ciclo subsequente à implantação dos tratamentos, observou-se um crescimento 25% maior nas plantas-controle do que nas plantas que tiveram suas estruturas reprodutivas removidas nos estádios iniciais de crescimento dos frutos (Tab. 6). Geralmente, o menor crescimento foi registrado nas plantas que cresceram mais no ciclo vegetativo anterior e, por conseguinte, produziram quantidades elevadas de frutos (ver Tab. 13). Observou-se que, no primeiro lote de plantas, as taxas de crescimento de ramos ortotrópicos, ao longo do ciclo corrente à remoção das estruturas reprodutivas, entre novembro de 1999 e agosto de 2000 (Fig. 6a - 6d), e no segundo lote de plantas, entre setembro de 2000 e agosto de 2001 (Fig. 6e, 6f), foram sempre inferiores nas plantas não-desfrutificadas, uma indicação da limitação imposta pelos frutos ao crescimento vegetativo, até 168 dias após o florescimento, na fase de enchimento das sementes. Observou-se, também, uma redução nas taxas de crescimento dos ramos ortotrópicos em meados de novembro de 1999 até fins de

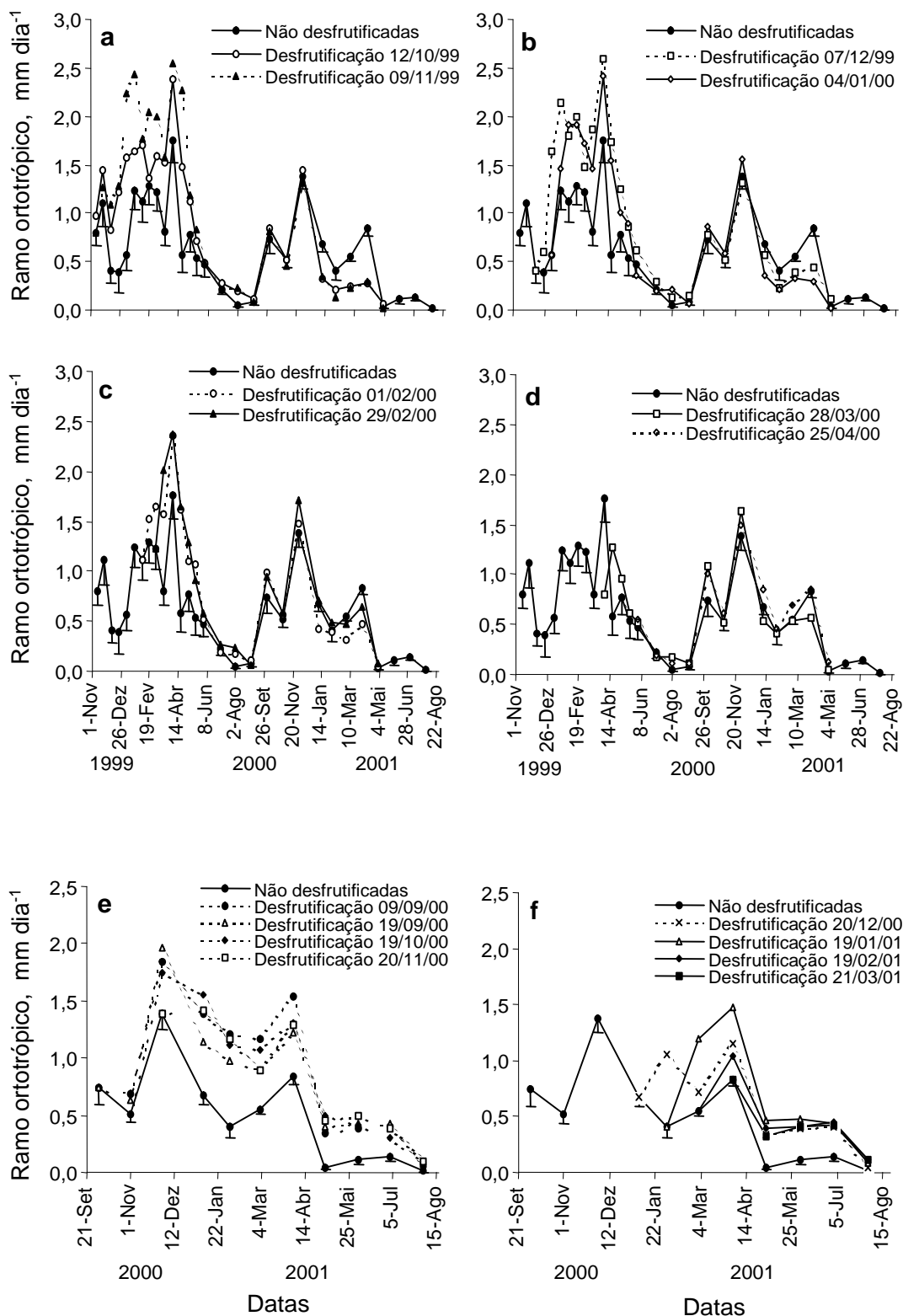


Figura 6 - Crescimento de ramos ortotrópicos nos dois diferentes lotes de plantas de café. (a,b,c,d) outubro de 1999 a agosto de 2001; (e,f) setembro de 2000 a agosto de 2001. As datas em que se removeram as estruturas florais ou se desfrutificaram as plantas estão indicadas na legenda. Barras verticais representam o erro padrão da média de dez ramos

dezembro do mesmo ano, a partir de quando voltaram a subir, atingindo um máximo na primeira quinzena de abril de 2000, semelhantemente ao que foi registrado com os ramos plagiotrópicos (Fig. 3). Daquela ocasião em diante, as taxas de crescimento dos ramos ortotrópicos reduziram-se acentuadamente e atingiram níveis próximos a zero em fins de julho (Fig. 6), o que foi conseqüência do declínio da temperatura do ar (Fig. 2), a exemplo do que foi observado por Barros e Maestri (1972).

Um novo ciclo de crescimento foi iniciado em setembro de 2000; no primeiro lote de plantas, no entanto, os efeitos da remoção das estruturas reprodutivas sobre o crescimento foram menos expressivos. A grande frutificação no ciclo subsequente à remoção das estruturas reprodutivas (ver Tab. 13), entre setembro de 2000 e agosto de 2001, foi, provavelmente, o fator responsável pelas menores taxas de crescimento dos ramos ortotrópicos naquele período. Somente a partir de dezembro de 2000 foi registrada uma maior taxa de crescimento nas plantas não-desfrutificadas, devido sua frutificação ter sido significativamente menor do que a das plantas desfrutificadas até o final da fase de expansão rápida dos frutos (Fig. 6a, 6b; ver também Tabs. 6 e 13).

Independentemente dos momentos em que as estruturas reprodutivas foram removidas, todas as plantas desfrutificadas até a fase inicial de enchimento das sementes responderam prontamente com incrementos imediatos nas taxas de crescimento dos ramos ortotrópicos (Fig. 6). Esses incrementos foram sempre superiores aos das plantas não-desfrutificadas, mas não comprometeram o padrão sazonal característico do crescimento do cafeeiro, em Viçosa, como também foi reportado para os ramos plagiotrópicos.

### **3.3.5. Efeito sobre o número de nós em ramos ortotrópicos**

Os ramos plagiotrópicos originam-se a partir de gemas presentes em nós de ramos ortotrópicos e se correlacionam positivamente com a produção subsequente de frutos, pois a produção depende do crescimento vegetativo ocorrido na estação anterior (Wormer e Gituanja 1970, Gómez e Gómez, 1977). Dessa forma, uma redução no número de nós em ramos ortotrópicos resultaria também em menor número de ramos plagiotrópicos e, conseqüentemente, em diminuição da produção futura de frutos. No presente estudo, os momentos nos quais se removeram as estruturas reprodutivas das plantas parecem ter exercido efeito menos pronunciado sobre o número de nós surgidos em ramos ortotrópicos (Tab. 7) do que os surgidos

Tabela 7 - Número total de nós surgidos em ramos ortotrópicos, nos dois diferentes lotes de plantas de café, nos ciclos corrente e subsequente à remoção das estruturas reprodutivas (média de dez ramos)

Remoções	1º lote		Remoções	2º lote
	Ciclo corrente	Ciclo subsequente		Ciclo corrente
Controle	7,7 ±0,5 b	6,5 ±0,4 a	Controle	7,4 ±0,4 b
12/10/99	9,5 ±0,2 a	5,0 ±0,2 b	09/09/00	9,2 ±0,1 a
09/11/99	9,4 ±0,3 a	4,5 ±0,2 b	19/09/00	9,1 ±0,3 a
07/12/99	9,7 ±0,4 a	5,3 ±0,2 b	19/10/00	9,7 ±0,2 a
04/01/00	8,2 ±0,4 b	4,9 ±0,2 b	20/11/00	9,5 ±0,2 a
01/02/00	8,6 ±0,4 b	5,1 ±0,3 b	20/12/00	9,0 ±0,5 a
29/02/00	8,9 ±0,4 b	6,6 ±0,6 a	19/01/01	9,0 ±0,4 a
28/03/00	8,5 ±0,4 b	5,7 ±0,2 a	19/02/01	8,2 ±0,3 b
25/04/00	8,0 ±0,3 b	6,8 ±0,4 a	21/03/01	8,1 ±0,5 b

1º lote - ciclo corrente: 28 de outubro de 1999 a 31 de agosto de 2000; ciclo subsequente: 02 de outubro de 2000 a 02 de maio de 2001. 2º lote - ciclo corrente: 02 de outubro de 2000 a 02 de agosto de 2001. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

em ramos plagiotrópicos (Tab. 3). Conforme esperado, plantas desfrutificadas próximo a data do florescimento (10/10/99 no primeiro lote de plantas), ou nos estádios iniciais de crescimento dos frutos, mostraram, aproximadamente, 23% de incremento no número total de nós (Tab. 7). Plantas desfrutificadas a partir de 04 de janeiro de 2000, aos 84 dias do florescimento, em plena fase de expansão rápida dos frutos, produziram idêntico número de nós ortotrópicos ao das plantas não-desfrutificadas. Em relação ao segundo lote de plantas, não se observaram diferenças significativas entre as plantas nas quais foram removidos os botões florais e plantas desfrutificadas em 19 de janeiro de 2001, quando os frutos apresentavam 120 dias de idade, no início da fase de enchimento das sementes. A desfrutificação realizada 151 dias após o florescimento não mais fez aumentar o número de nós surgidos, que foi significativamente igual ao das plantas não-desfrutificadas.

Os resultados obtidos entre plantas do ciclo corrente à desfrutificação, do primeiro e segundo lotes, mostraram que plantas desfrutificadas em momentos equivalentes tenderam a formar número semelhante de nós (Tab. 7). De fato, as condições ambientes diferentes observadas nos dois anos de estudo tiveram, aparentemente, pouco efeito sobre o número de nós surgidos, semelhantemente ao que foi registrado para nós de ramos plagiotrópicos (Tab. 3). O número de nós surgidos mostrou-se menos plástico aos fatores ambientes que a expansão dos entrenós. A julgar pelo crescimento dos ramos (Tab. 6), parece que a expansão dos entrenós foi diferente entre os dois lotes de plantas, provavelmente devido às condições ambientes desfavoráveis registradas durante o ciclo vegetativo 2000/2001, relacionadas à menor precipitação e às altas temperaturas, principalmente entre janeiro e fevereiro de 2001 (Fig. 2).

No ciclo subsequente à remoção das estruturas reprodutivas, o número de nós ortotrópicos surgidos foi superior em ramos das plantas desfrutificadas a partir do final de fevereiro de 2000, 140 dias após o florescimento (Tab. 7) e, provavelmente, esteve associado à menor frutificação dessas plantas (ver Tab.13) do que propriamente ao efeito das desfrutificações.

De maneira geral, os momentos em que se procederam às desfrutificações não alteraram a periodicidade do surgimento de nós dos ramos ortotrópicos (Fig. 7). A produção de nós ocorreu em fluxos de forma mais alternada que os observados nos ramos plagiotrópicos. A formação de nós mostrou-se elevada entre novembro de 1999 e abril de 2000 e menos intensa entre maio e agosto de 2000. Resultados semelhantes foram verificados no estudo do ano seguinte (Fig. 7e – 7f). No ciclo corrente à implantação dos tratamentos, o surgimento de nós foi mais intenso em plantas desfrutificadas do que em plantas não-desfrutificadas (Fig. 7a - 7f). Esse aumento na intensidade de surgimento de nós em plantas desfrutificadas só foi verificado a partir do momento em que, nas plantas controle, os frutos não mais se encontravam no estágio *chumbinho*. Nesse sentido, Maestri et al (2001) sugeriram que os frutos permaneceriam no estágio *chumbinho* até a formação de área foliar suficiente para o seu desenvolvimento. Daí, não se ter observado efeito da desfrutificação sobre a formação de nós na fase inicial de desenvolvimento dos frutos (Fig. 7e; ver também Fig. 6e), pois, nesse estado, os frutos mostram pouca influência na distribuição de assimilados, como foi demonstrado por Cannell e Huxley (1969).

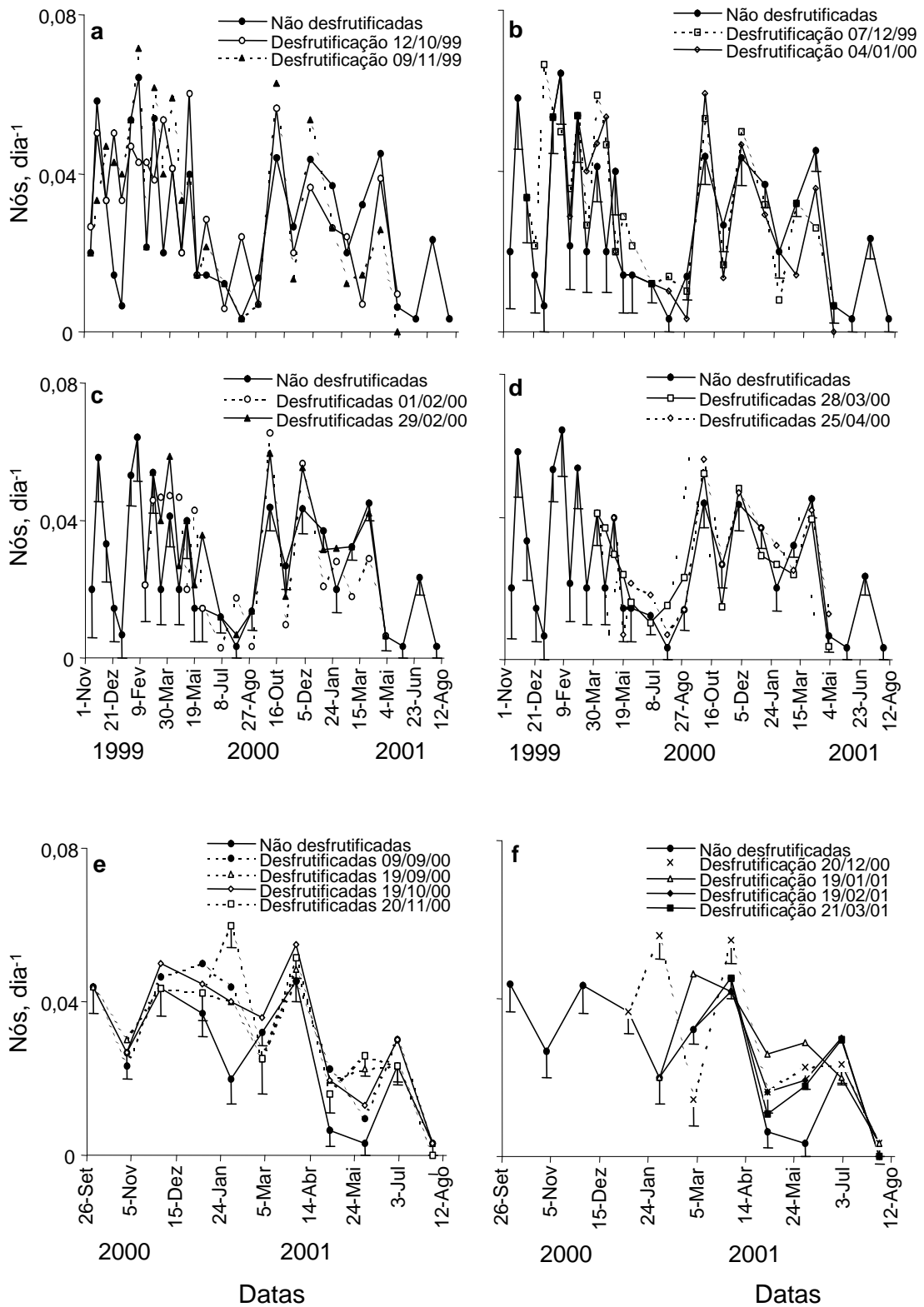


Figura 7 – Número médio de nós surgidos em ramos ortotrópicos de café, nos dois diferentes lotes de plantas, nos períodos considerados, entre (a,b,c,d) outubro de 1999 a agosto de 2001 e (e,f) setembro de 2000 a agosto de 2001. Barras verticais referem-se ao erro padrão da média de dez ramos.

### **3.3.6. Efeito sobre o número de folhas e a área foliar de ramos plagiotrópicos primários**

O desenvolvimento e a manutenção de uma superfície foliar fotossinteticamente ativa é condição essencial à produção de frutos, pois é da fotossíntese corrente que se origina a maioria dos assimilados necessária aos crescimentos vegetativo e reprodutivo do cafeeiro (Cannell 1971a, Clowes e Allison 1982). A produção de folhas é um processo praticamente contínuo e está diretamente associada com o crescimento dos ramos, especialmente dos ramos plagiotrópicos, tendo-se em vista que os primórdios foliares resultam da atividade da gema apical. Ademais, o número de folhas é um dos parâmetros que, associado à área individual das folhas, expressa a área foliar total da planta.

O número de folhas surgidas em ramos plagiotrópicos primários é exatamente igual ao número de nós multiplicado por dois, e de maneira similar, diferiu significativamente entre os diversos tratamentos (Tab. 8). Ramos de plantas desfrutificadas até 07 de dezembro de 1999, no início da fase de expansão rápida dos frutos, 56 dias após a floração, produziram maior número de folhas do que ramos de plantas desfrutificadas em 04/01/00, 01/02/00 e 29/02/00, durante a fase final de expansão rápida dos frutos e a formação do endosperma (Fig. 1). Estes resultados sugerem existir uma restrição proeminente à formação de nós na fase de expansão dos frutos (Tab. 3) o que, obviamente, limitaria o número de folhas surgidas em plantas não-desfrutificadas (Tab. 8). Na fase de enchimento das sementes, entre 140 e 168 dias após o florescimento, observou-se uma segunda ocasião na qual os frutos em desenvolvimento restringiram o número de folhas surgidas em ramos plagiotrópicos (Tab. 8). Resultados semelhantes foram também observados com o somatório do ganho de área foliar em ramos plagiotrópicos (Tab. 9). Ressalte-se que em ambas fases - expansão rápida dos frutos e enchimento das sementes - os frutos se tornam drenos prioritários sendo capazes de restringir o crescimento, como foi observado por Cannell e Huxley (1969) e Cannell (1971a, 1971b, 1974).

Nos estádios finais do crescimento dos frutos, aos 168 dias após a florada principal, quando houve grande acúmulo de matéria seca nas sementes e a cor da casca passou de um verde-escuro para um verde-claro (Fig. 1), o número de folhas formadas nos ramos de plantas desfrutificadas não mais diferiu daquele observado nas plantas com frutos (Tab. 8). As condições ambientes, relacionadas às chuvas escassas e à temperatura em declínio (Fig. 2), provavelmente atenuaram o efeito promotor da desfrutificação sobre o número de folhas surgidas a partir de abril de 2000. No lote de plantas do segundo ano de estudos, desfrutificações realizadas até

Tabela 8 – Número de folhas surgidas nos ramos plagiotrópicos primários, nos dois diferentes lotes de plantas de café, nos ciclos corrente e subsequente à remoção das estruturas reprodutivas (média de 50 ramos)

Remoções	1º lote		Remoções	2º lote
	Ciclo corrente	Ciclo subsequente		Ciclo corrente
Controle	15,9 ±1,4 c	14,0 ±0,7 a	Controle	14,6 ±0,8 d
12/10/99	22,6 ±0,4 a	11,0 ±0,6 b	09/09/00	23,7 ±0,3 a
09/11/99	21,7 ±0,4 a	12,3 ±1,0 b	19/09/00	23,2 ±0,4 a
07/12/99	21,2 ±0,7 a	15,2 ±0,7 a	19/10/00	22,9 ±0,6 a
04/01/00	18,8 ±0,4 b	11,8 ±0,7 b	20/11/00	23,5 ±0,6 a
01/02/00	18,3 ±0,6 b	14,9 ±0,6 a	20/12/00	21,0 ±0,7 b
29/02/00	19,2 ±0,5 b	15,4 ±1,0 a	19/01/01	21,2 ±0,6 b
28/03/00	16,8 ±0,6 c	13,9 ±0,9 a	19/02/01	18,7 ±0,6 c
25/04/00	16,4 ±0,9 c	17,1 ±0,5 a	21/03/01	17,4 ±0,8 c

1º lote - ciclo corrente: 28 de outubro de 1999 a 31 de agosto de 2000; ciclo subsequente: 02 de outubro de 2000 a 02 de maio de 2001. 2º lote - ciclo corrente: 02 de outubro de 2000 a 02 de agosto de 2001. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

181 dias após o florescimento ainda fizeram aumentar o número de folhas surgidas (Tab. 8). Estes resultados diferiram daqueles mostrados por Mota (1988), nos quais a remoção dos frutos, presumivelmente em estado de expansão rápida, não produziu efeito algum sobre o número de folhas surgidas em ramos plagiotrópicos. Sendo as taxas de crescimento do cafeeiro dependentes da quantidade de frutos em expansão (Mayne 1944, Rayner 1946, Gomez-Gomez 1977), uma suposta diferença na carga de frutos entre os cafeeiros nos dois estudos poderia, em parte, justificar os diferentes resultados.

O número de folhas surgidas no ciclo subsequente à remoção das estruturas reprodutivas foi geralmente menor do que o registrado no ciclo corrente à desfrutificação e não sofreu grandes variações entre os diversos tratamentos (Tab. 8,

Tabela 9 - Somatório do ganho de área foliar em ramos plagiotrópicos primários ( $\text{mm}^2 \text{ ramo}^{-1}$ ), nos dois diferentes lotes de plantas de café, nos ciclos corrente e subsequente à remoção das estruturas reprodutivas (média de 20 ramos)

Remoções	1º lote		Remoções	2º lote
	Ciclo corrente	Ciclo subsequente		Ciclo corrente
Controle	57114 ±5108 c	40805 ±1865 a	Controle	42987 ±2035 d
12/10/99	101765 ±3590 a	27673 ±2215 b	09/09/00	79046 ±3932 a
09/11/99	104563 ±3265 a	31753 ±2007 b	19/09/00	75472 ±3026 a
07/12/99	97174 ±3531 a	40543 ±2277 a	19/10/00	74252 ±3315 a
04/01/00	81164 ±2411 b	31957 ±1930 b	20/11/00	70805 ±3172 a
01/02/00	75094 ±3282 b	36498 ±2321 a	20/12/00	64279 ±2737 b
29/02/00	79105 ±3275 b	40854 ±3247 a	19/01/01	62312 ±1873 b
28/03/00	65741 ±4476 c	39900 ±2317 a	19/02/01	57786 ±2551 c
25/04/00	61227 ±5346 c	46065 ±2372 a	21/03/01	50662 ±2456 c

O ganho de área foliar foi obtido pelo somatório dos incrementos de áreas foliares determinadas em 20 ramos plagiotrópicos primários, por tratamento, em avaliações de periodicidade bissemanal (outubro de 1999 a junho de 2000) e mensal (julho de 2000 a agosto de 2001). Ganho de área foliar no 1º lote - ciclo corrente: 28 de outubro de 1999 a 31 de agosto de 2000; ciclo subsequente: 02 de outubro de 2000 a 05 de maio de 2001. Ganho de área foliar no 2º lote - ciclo corrente: 02 de outubro de 2000 a 02 de agosto de 2001. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

Fig. 8). Apenas plantas que foram desfrutificadas em 12/10/99, 09/11/99 e 04/01/00, nos estádios iniciais de crescimento dos frutos, produziram menor número de folhas, o que, provavelmente, esteve relacionado à intensa carga de frutos observada naquelas plantas (ver Tab. 13), que limitou o crescimento de seus ramos, o número de nós, e conseqüentemente o número de folhas.

Como as condições ambientes eram idênticas durante o ciclo subsequente (1º lote de plantas) e o ciclo corrente à desfrutificação (2º lote de plantas), sugere-se que as grandes diferenças entre os números de folhas surgidas nesses dois grupos de plantas se deveu, exclusivamente, à carga de frutos. Ademais, observou-se que os

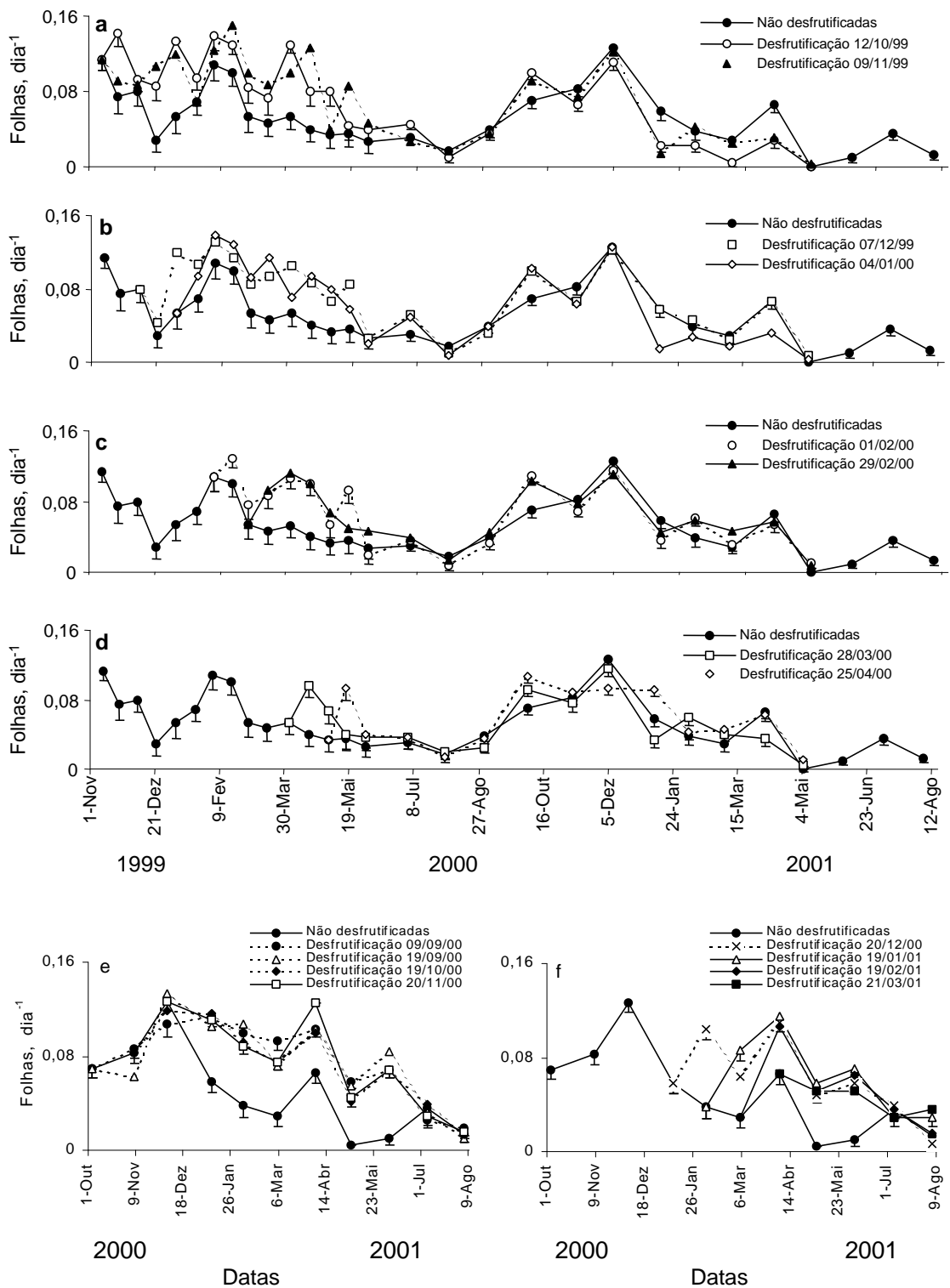


Figura 8 - Número de folhas surgidas em ramos plagiotrópicos primários de café nos dois diferentes lotes de plantas. (a,b,c,d) outubro de 1999 a agosto de 2001; (e,f) outubro de 2000 a agosto de 2001. Barras verticais representam o erro padrão da média de 50 ramos

efeitos das desfrutificações sobre o número de folhas e o número de nós foram semelhantes nos ciclos vegetativos correntes às épocas das remoções das estruturas reprodutivas, nos dois anos de estudos (Tab. 8).

O efeito das desfrutificações sobre o número de folhas em ramos da posição mediana da planta foi mais expressivo em árvores desfrutificadas até o final da fase de crescimento rápido dos frutos, em 04 de janeiro de 2000 (Fig. 9a). Desfrutificações realizadas a partir de 28 de março daquele ano resultaram em incremento de folhas semelhante ao observado em plantas não-desfrutificadas (Fig. 9b). Contudo, o número de folhas nos ramos foi crescente até fins de maio de 2000 e, a partir de junho, estabilizou-se, devido ao aumento na queda de folhas (ver Fig. 12), que se tornou praticamente igual ao número de folhas surgidas. No ciclo posterior à desfrutificação, entre agosto de 2000 e junho de 2001 (Fig. 9a, 9b), observou-se um aumento no número de folhas tão logo as condições de tempo tornaram-se favoráveis ao crescimento (Fig. 2). O aumento no número de folhas atingiu um patamar em dezembro de 2000, quando, então, registrou-se uma redução acentuada no número de folhas. Essa redução foi expressiva nos tratamentos nos quais foram registrados maior enfolhamento no ciclo vegetativo anterior (outubro de 1999 a agosto de 2000).

Em relação ao segundo lote de plantas, observou-se que todos os tratamentos resultaram em aumento no número de folhas (Fig. 9c, 9d), à exceção das plantas-controle, nas quais a abscisão se equívaleu ao número de folhas formadas. Esses aumentos foram pronunciados em plantas tratadas até o final estágio de expansão rápida dos frutos, 90 dias após o florescimento (desfrutificação realizada em 20/12/2000). Houve um aumento discreto no enfolhamento de ramos das plantas-controle, atingindo um patamar no início de janeiro de 2001, a partir do qual começaram a perder folhas, havendo uma leve recuperação no início de abril, quando, então, registraram-se perdas acentuadas. Provavelmente, o fator que mais tenha contribuído para a elevada perda de folhas tenha sido um ataque de *Cercospora*, observado, principalmente, em plantas com grande carga de frutos. Além disso, durante o ciclo subsequente à desfrutificação, foram registradas temperaturas elevadas, maiores défices de pressão de vapor e menor intensidade de chuvas, que resultaram num período relativamente extenso de baixo nível de umidade no solo (Fig. 2), com reflexos negativos sobre o crescimento e o enfolhamento das plantas.

No ciclo corrente à aplicação dos tratamentos, a intensidade no ganho de área foliar nos ramos plagiotrópicos (Fig. 10) foi sempre superior nas plantas desfrutificadas. A remoção das estruturas reprodutivas até o final do estágio *chumbinho*, em 07 de dezembro de 1999, resultou em 77% de ganho de área foliar em

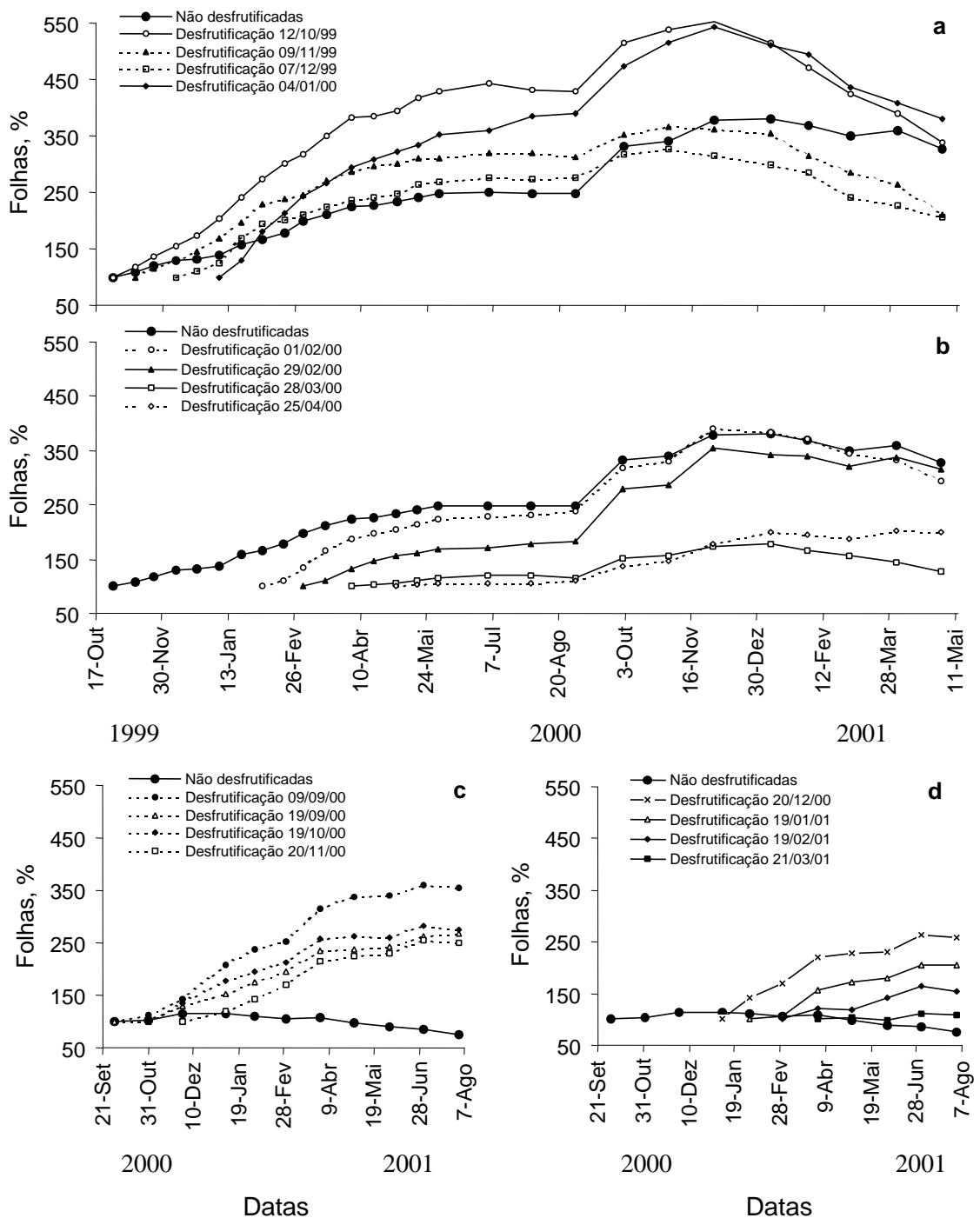


Figura 9 - Número total de folhas em ramos do terço médio da planta, nos dois diferentes lotes de café. (a,b) outubro de 1999 a maio de 2001; (c,d) setembro de 2000 a agosto de 2001. Pontos representam a média de folhas presentes em 20 ramos plagiotrópicos. Ao número inicial de folhas num ramo, em cada tratamento, atribuiu-se o índice 100

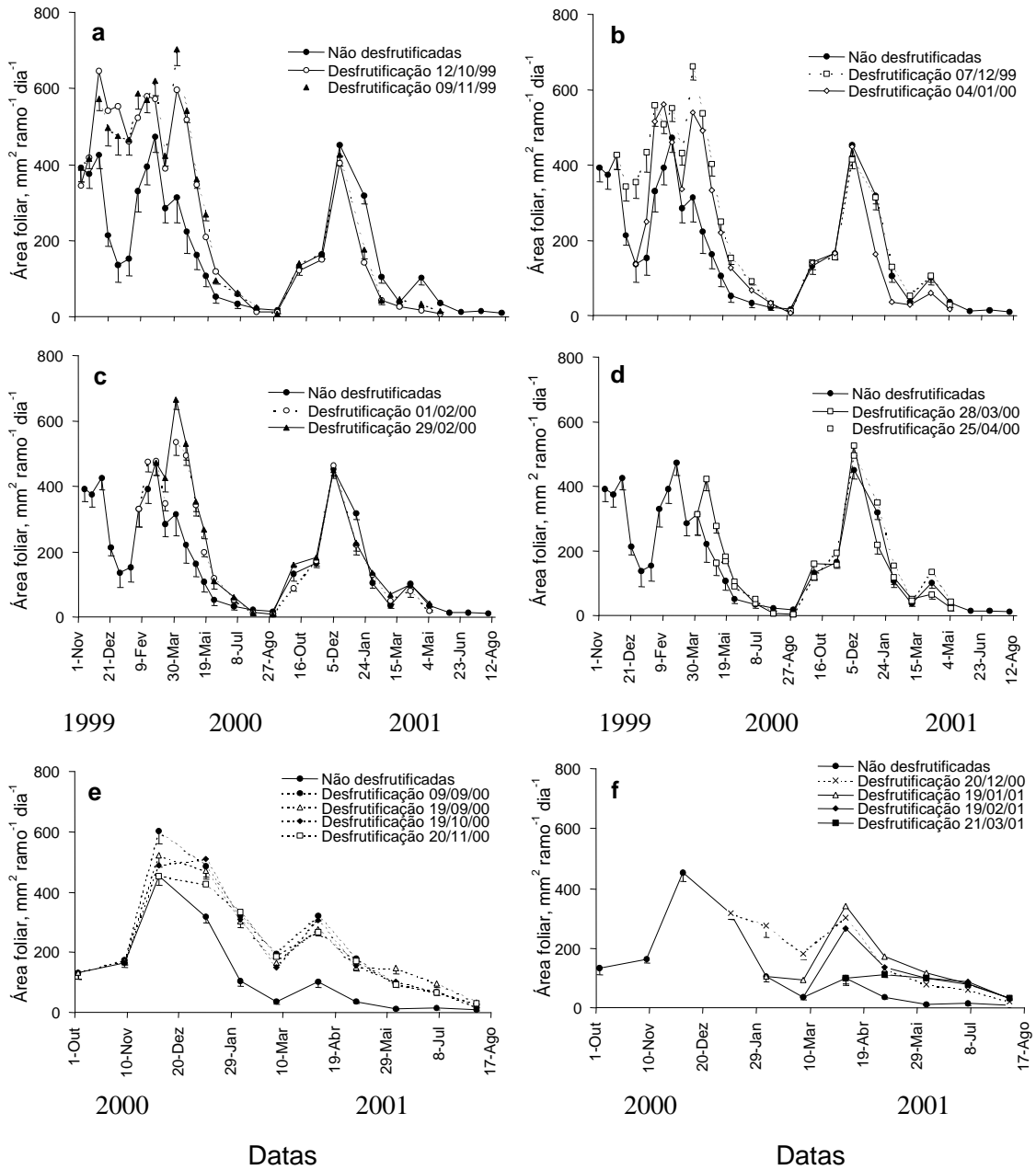


Figura 10 - Ganho de área foliar em ramos plagiotrópicos primários de café, nos dois diferentes lotes de plantas. (a,b,c,d) outubro de 1999 a agosto de 2001; (e,f) outubro de 2000 a agosto 2001. Barras verticais representam o erro padrão da média de 20 ramos

ramos plagiotrópicos primários e diferiu das plantas não-desfrutificadas (Tab. 9). Amaral (1991) detectou também aumentos no ganho de área foliar de plantas desfrutificadas na fase de expansão rápida dos frutos. Desfrutificações realizadas até a fase inicial de enchimento das sementes, em 29 de fevereiro de 2000, aumentaram em 37% o ganho de área foliar. Mota et al (1997) não observaram mudanças no ganho de área foliar entre plantas com e sem fruto, entre os meses de janeiro e junho, diferentemente do que foi registrado no presente estudo. Os autores relataram, ainda, que plantas com frutos submetidas à irrigação apresentaram ganhos de área foliar ligeiramente superiores, embora não significativos, aos de plantas sem frutos, entre os meses de abril e junho. No presente estudo, somente plantas que foram desfrutificadas a partir de 28 de março de 2000, quando ocorria intenso acúmulo de massa seca nas sementes, não mais mostraram diferenças no ganho de área foliar, que foi semelhante às plantas não-desfrutificadas. Registre-se, mais uma vez, que desfrutificações realizadas nessa ocasião (final de março de 2000) coincidiram com período de chuvas escassas e de temperatura do ar em declínio (Fig. 2). Sugere-se que um possível estímulo conferido pela remoção dos frutos ao crescimento de folhas tenha sido restringido pelas condições ambientes desfavoráveis. No segundo ano de estudo, no entanto, as desfrutificações realizadas até a fase de enchimento das sementes, em 21 de março de 2001, ainda fizeram aumentar o ganho de área foliar. Mesmo mostrando-se em declínio, a temperatura do ar e o redução do déficit de pressão de vapor não inibiram o crescimento vegetativo, em abril de 2001. A ocorrência de chuvas ao final da primeira quinzena de março de 2001, após um período relativamente extenso de escassez de chuvas, fez com que o efeito das desfrutificações na fase de enchimento dos grãos se mostrasse mais pronunciado no segundo lote de plantas (Figs. 2 e 10).

A remoção das estruturas reprodutivas não modificou o padrão sazonal do ganho de área foliar nos períodos estudados (Fig. 10). A partir de novembro de 1999, houve um intenso aumento no ganho de área foliar, atingindo o ponto máximo ao final de março, quando, então, registraram-se ganhos decrescentes, chegando a valores próximos de zero, entre julho e agosto, como foi observado por Barros e Maestri (1974) e por Amaral et al (1987). Entre agosto e novembro de 2000, no primeiro lote de plantas, o ganho de área foliar foi semelhante nas plantas desfrutificadas e não-desfrutificadas. Nessa ocasião, todas as plantas encontravam-se em pleno crescimento vegetativo e os frutos no estágio *chumbinho* ainda não demandavam quantidades apreciáveis de assimilados, possibilitando, então, maior investimento na formação da área foliar, conforme já reportado (Maestri et al 2001). A partir de dezembro de 2000, no ciclo posterior à desfrutificação (Fig. 10a - agosto de 2000 a

agosto de 2001), plantas não-desfrutificadas apresentaram maiores taxas de ganho de área foliar do que as plantas desfrutificadas em 12/10/99 e 09/11/99, possivelmente devido a menor carga de frutos (ver Tab. 13). No ciclo subsequente à desfrutificação e no segundo lote de plantas (Fig. 10a - 10f), observaram-se ganhos de área foliar decrescentes, logo a partir de dezembro de 2000. Nessa ocasião, os frutos encontravam-se na fase de expansão rápida e, provavelmente, restringiram o ganho de área foliar nas plantas com frutos. Obviamente, o curso do ganho de área foliar esteve intimamente associado ao curso do crescimento de ramos plagiotrópicos primários (Fig. 3), como apontado por Barros e Maestri (1974), Amaral et al (1987) e Mota et al (1997).

### **3.3.7. Efeito sobre a expansão de folhas individuais em ramos plagiotrópicos**

A área de folhas individuais, associada ao número de folhas, é um parâmetro que contribui para a área foliar total, imprescindível ao crescimento vegetativo e reprodutivo da planta. O efeito dos momentos em que se removeram as estruturas reprodutivas sobre a expansão foliar foi semelhante àquele observado na expansão de entrenós, ou seja, folhas de plantas desfrutificadas tenderam a alcançar tamanhos finais maiores do que os de folhas de plantas não-desfrutificadas (Fig. 11a, 11b). No primeiro lote de plantas, em pelo menos duas diferentes datas de surgimento das folhas (23/11/99, 06/01/00), a expansão de folhas individuais foi aproximadamente 40% maior em plantas desfrutificadas (Fig. 11a, Tab. 10). No segundo lote de plantas, as áreas de folhas individuais surgidas em 08/11/00, 05/02/01 e 05/03/01 foram também maiores em plantas desfrutificadas (Fig. 11b, Tab.11). Nas plantas desfrutificadas, no entanto, não foi possível observar qualquer relação definida entre o tamanho final alcançado pelas folhas e as seqüências dos momentos em que se procederam à remoção das estruturas reprodutivas das árvores, nos dois diferentes lotes de plantas, uma vez que o tamanho das folhas não variaram entre si (Tabs. 10 e 11).

Independentemente dos tratamentos, as folhas surgidas entre outubro e fevereiro expandiram-se mais do que as surgidas a partir de março. Além disso, a expansão de folhas individuais foi menor no ciclo vegetativo 2000/2001 do que em 1999/2000, provavelmente devido à menor intensidade das chuvas, às temperaturas

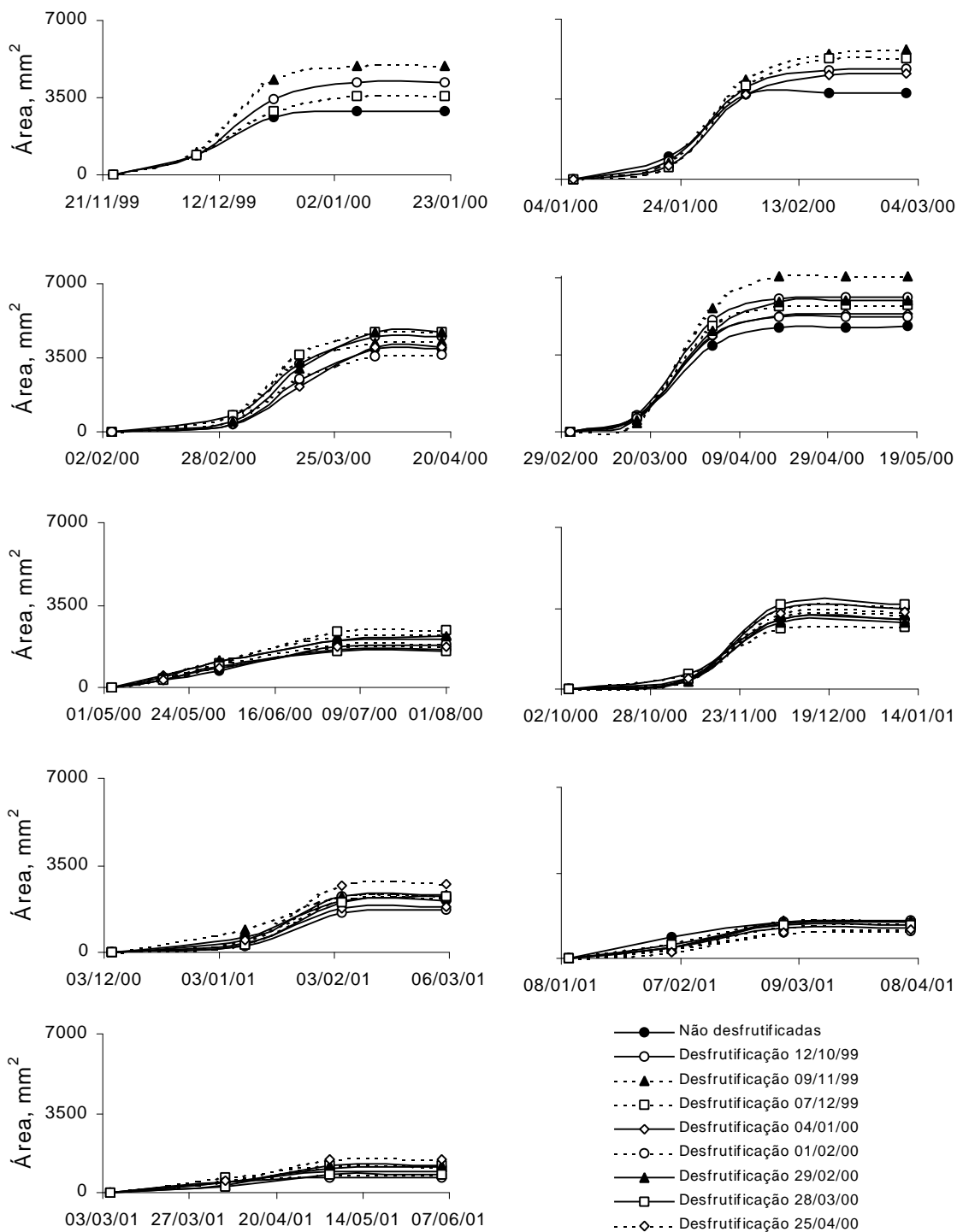


Figura 11a - Crescimento de folhas surgidas nos ramos plagiotrópicos primários de café, em diferentes épocas, entre novembro de 1999 e março de 2001. Data n interseção dos eixos representa o aparecimento das folhas. Pontos representam a média de, no mínimo, seis folhas

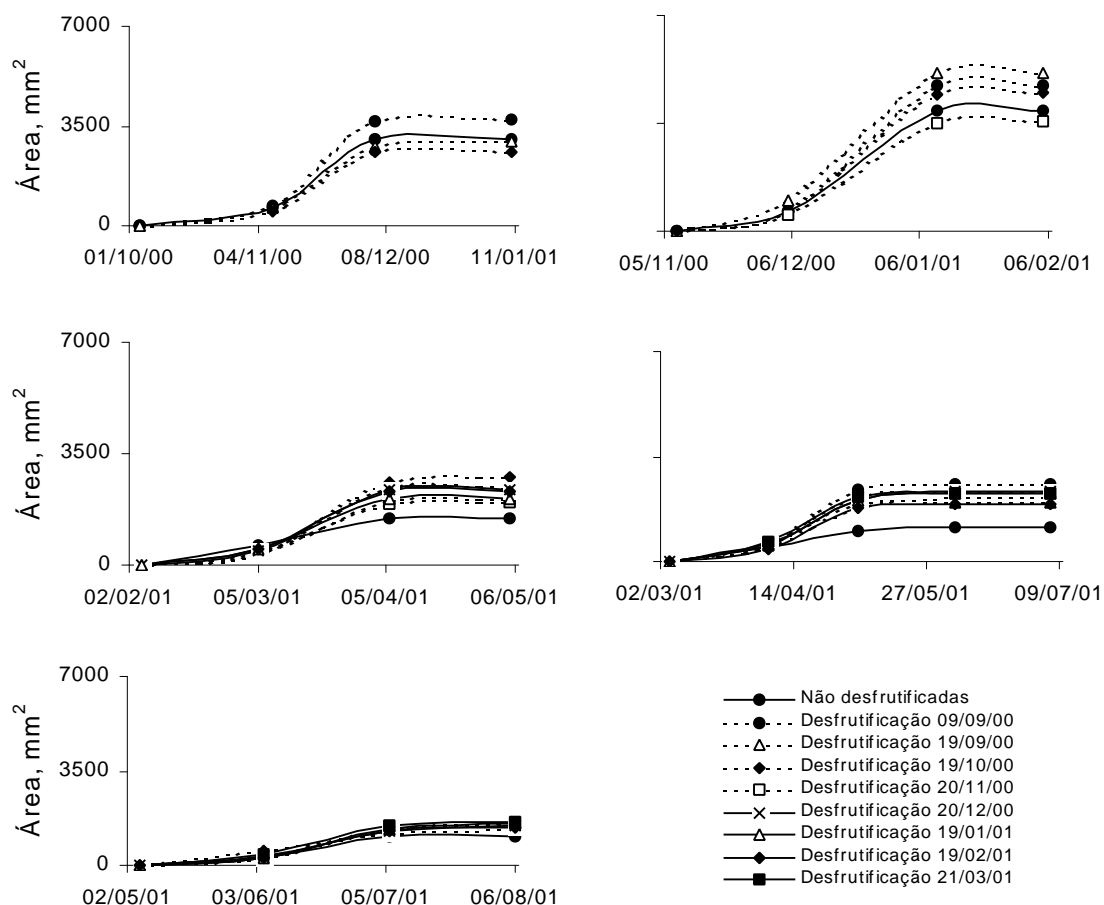


Figura 11b - Crescimento de folhas surgidas nos ramos plagiotrópicos primários de café, em diferentes épocas, entre outubro de 2000 e maio de 2001. Data na interseção dos eixos representa o aparecimento das folhas. Pontos representam a média de, no mínimo, seis folhas

elevadas e ao maior déficit de pressão de vapor do ar (Fig. 2). Em Israel, observou-se que as menores folhas apareceram no início ou no fim do período de crescimento ativo; a alta temperatura e a radiação solar foram os principais fatores que controlaram a expansão foliar naquele país (Gindel 1962).

Na ocasião em que se observaram as folhas com as maiores dimensões, em 02 de março de 2000, folhas desenvolvidas em plantas não-desfrutificadas atingiram a média de  $4794 \pm 416 \text{ mm}^2$  e mostraram-se 23% menores que a média de  $5898 \pm 441 \text{ mm}^2$  das folhas de plantas desfrutificadas (Tab. 10). Folhas surgidas no período equivalente do ano seguinte, em 05 de março de 2001 alcançaram somente  $1138 \pm 80 \text{ mm}^2$  em plantas não-desfrutificadas, contra a média de  $2231 \pm 149 \text{ mm}^2$  das plantas tratadas, uma diferença de 96% (Tab. 11). Altas

Tabela 10 - Áreas médias finais (mm<sup>2</sup>) de folhas individuais surgidas em diferentes épocas, entre novembro de 1999 e março de 2001, no primeiro lote de plantas (média de, no mínimo, oito folhas)

Remoções	Aparecimento das folhas								
	Ciclo corrente à remoção				Ciclo subsequente à remoção				
	23/11/99	06/01/00	04/02/00	02/03/00	03/05/00	04/10/00	05/12/00	10/01/00	05/03/01
Controle	2909 ±344 b	3679 ±468 b	3936 ±267 a	4794 ±529 a	1791 ±267 a	3021 ±392 a	2089 ±191 a	1487 ±133 a	1138 ± 80 a
12/10/99	4173 ±410 a	4849 ±340 a	4486 ±337 a	6079 ±558 a	1629 ±145 a	3011 ±276 a	1679 ±303 a	1528 ±119 a	966 ± 77 a
09/11/99	4935 ±440 a	5673 ±359 a	4283 ±226 a	7062 ±422 a	2238 ±267 a	3236 ±359 a	2255 ±482 a	1536 ±186 a	1126 ±119 a
07/12/00	3692 ±301 a	5301 ±444 a	4722 ±308 a	5745 ±260 a	2469 ±245 a	2655 ±221 a	2206 ±186 a	1441 ±216 a	1223 ±150 a
04/01/00	-	4615 ±541 a	4006 ±375 a	5322 ±484 a	2067 ±119 a	3486 ±355 a	1840 ±95 a	1239 ±223 a	918 ±103 a
01/02/00	-	-	3917 ±234 a	5233 ±365 a	1885 ±257 a	3548 ±329 a	2272 ±204 a	1089 ±108 a	813 ±130 a
29/02/00	-	-	4728 ±347 a	5950 ±460 a	2170 ±141 a	2905 ±291 a	2342 ±280 a	1495 ±215 a	1180 ±249 a
28/03/00	-	-	-	-	1568 ±174 a	3642 ±355 a	2224 ±181 a	1370 ±150 a	873 ± 105 a
25/04/00	-	-	-	-	1746 ±211 a	3306 ±384 a	2728 ±342 a	1195 ±115 a	1445 ±216 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5 % de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott

Tabela 11 - Áreas médias finais (mm<sup>2</sup>) de folhas individuais surgidas em diferentes épocas, entre outubro de 2000 e maio de 2001, no ciclo corrente à remoção das estruturas reprodutivas, do segundo lote de plantas (média de, no mínimo, oito folhas)

Remoções	Aparecimento das folhas				
	04/10/00	08/11/00	05/02/01	05/03/01	05/05/01
Controle	3021 ±392 a	3926 ±356 b	1485 ±220 b	1138 ± 80 b	1037 ±217 a
09/09/00	3711 ±472 a	4701 ±418 a	2083 ±142 a	2557 ±153 a	1469 ±146 a
19/09/00	2972 ±321 a	5111 ±194 a	2440 ±252 a	2002 ±115 a	1618 ±181 a
19/10/00	2604 ±289 a	4476 ±280 a	2779 ±256 a	2168 ±161 a	1301 ±236 a
20/11/00	—	3558 ±248 b	1961 ±180 a	2321 ±203 a	1537 ±147 a
20/12/00	—	—	2346 ±100 a	2313 ±180 a	1491 ±167 a
19/01/01	—	—	2110 ±228 a	2271 ±124 a	1562 ±135 a
19/02/01	—	—	2302 ±292 a	1924 ±217 a	1427 ±208 a
21/03/01	—	—	—	2297 ±196 a	1625 ±188 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5 % de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott

temperaturas e menor intensidade das chuvas poderiam explicar os valores baixos encontrados para folhas surgidas entre janeiro e março de 2001 (Fig. 2, Tabs. 10 e 11).

A taxa de crescimento e a área final da folha dependem da época em que se verifica a sua expansão (Barros e Maestri 1972, Rena e Maestri 1985). No presente estudo, a área foliar final foi igualmente dependente da carga de frutos atual. Comparando-se as áreas médias finais de folhas individuais surgidas sob condições ambientes idênticas, em 05 de março de 2001, nos dois lotes de plantas (Tabs 10 e 11), torna-se evidente a restrição imposta pelos frutos em desenvolvimento à expansão das folhas, uma vez que folhas de plantas do segundo lote, que apenas cresciam vegetativamente (segundo ano de estudo), expandiram-se 40% mais que as folhas das plantas do primeiro lote, no qual todas as plantas foram deixadas com frutos.

### 3.3.8. Efeito sobre a abscisão de folhas

Por ser classificada como planta perene de crescimento contínuo, o cafeeiro não perde todas as suas folhas de uma só vez. A retenção foliar tem importância como fator do rendimento e da estabilidade da produção de frutos. Ao contrário, a abscisão, por afetar o número de folhas, pode fazer declinar a produção futura (Almeida et al 1983). Logo após a implantação dos tratamentos, em outubro de 1999, o número de folhas caídas foi pequeno e manteve-se numa média de cinco folhas por dia, por tela, do início de janeiro até final de maio de 2000. Nessa ocasião, não se observaram diferenças significativas entre plantas desfrutificadas e não-desfrutificadas (Fig. 12). De maio a setembro de 2000, a queda de folhas tornou-se cada vez mais intensa, certamente devido à redução do teor de água no solo e às baixas temperaturas do ar (Fig. 2). A partir de novembro de 2000, com o reinício das chuvas e o crescimento vegetativo intenso, verificou-se que abscisão de folhas voltou a aumentar, atingindo um máximo durante a primeira semana de dezembro. Entre as plantas desfrutificadas, além das condições ambientais, atribui-se ao maior enfolhamento ocorrido no ciclo anterior (Figs 9 e 11a) a acentuada queda de folhas no segundo ciclo de crescimento. Clowes e Allison (1983) observaram que, após a estação seca e fria, com a retomada do crescimento vegetativo, ocorria também aumento na queda de folhas mais velhas, supostamente associada à ocorrência de chuvas.

Plantas desfrutificadas mostraram uma maior área foliar por ramo (Fig. 10); apesar disso, entre julho e agosto de 2000, perderam significativamente menos folhas do que as plantas não-desfrutificadas. A manipulação dos ramos quando da colheita dos frutos maduros associada às condições de seca e frio podem ter maximizado a queda de folhas nas plantas não-desfrutificadas.

Em climas tropicais, a abscisão de folhas tem sido associada à distribuição das chuvas, à temperatura e ao comprimento do dia (Alvim 1964). Vasudeva e Gopal (1975) verificaram que a abscisão de folhas depende, aparentemente, da intensidade da frutificação, e associaram o período de maior queda de folhas com a época quente e seca do ano, e também com o período de maturação dos frutos. Nessa condição de desenvolvimento dos frutos, as folhas tornam-se cloróticas e a sua queda estaria associada à exaustão de carboidratos (Janardhan et al 1971, Gopal 1974). Resultados semelhantes foram registrados por Rodríguez et al (1999), que associaram a abscisão foliar aos períodos de seca e de altas temperaturas. Nessas condições, ocorreria uma diminuição nos teores de carboidratos das folhas que influenciariam na sua duração e, devido a alta demanda pelos frutos, os efeitos tornar-se-iam mais

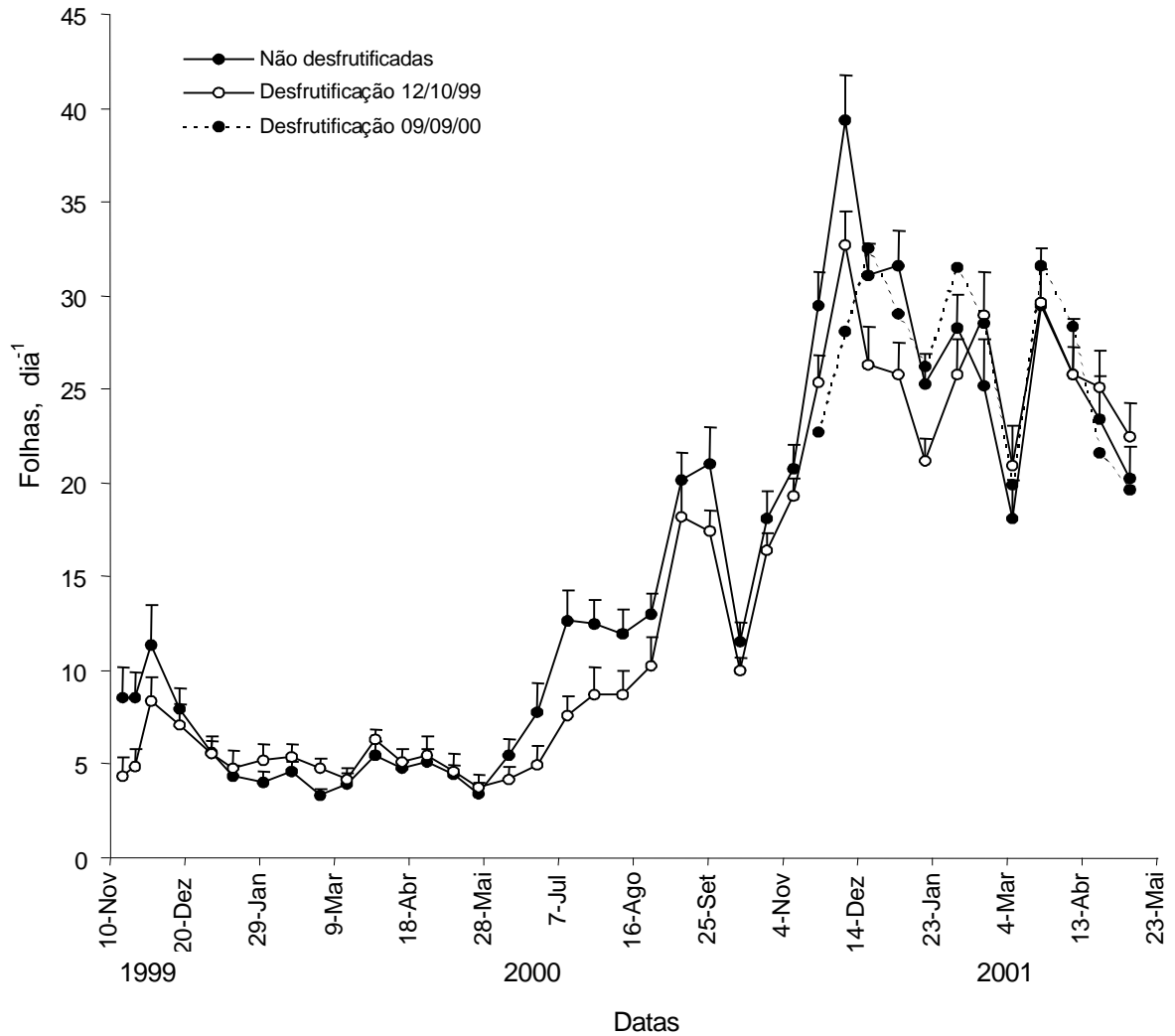


Figura 12 - Abscisão de folhas do cafeeiro em dois ciclos de crescimento, de novembro de 1999 a julho de 2000 e de agosto de 2000 a maio de 2001. Legenda na figura indica data de remoção das estruturas reprodutivas. Barras verticais representam o erro padrão da média de folhas coletadas sobre dez telas de nylon de 1,10 x 2,20 m

evidentes. No presente estudo, não se observou, no entanto, aumento da abscisão de folhas e nem redução nos níveis de carboidratos na fase de maturação dos frutos. O aumento na abscisão ocorreu posteriormente à colheita de frutos já maduros, na ocasião em os níveis de carboidratos nas folhas mostravam-se crescentes (Fig. 12; ver também Fig. 16).

Durante o período de queda reduzida de folhas, de janeiro a maio de 2000, o número de folhas surgidas por ramo foi sempre crescente e mais expressivo nas plantas desfrutificadas (Figs. 8 e 9). Por outro lado, no mesmo período de 2001,

quando as plantas estavam em frutificação, observou-se uma redução gradual e contínua no número de folhas nas plantas a partir de dezembro de 2000 (Fig. 9), conseqüência da intensa abscisão de folhas registrada entre dezembro de 2000 e maio de 2001. Essa queda de folhas não deve ser atribuída exclusivamente ao ataque de *Cercospora* e à elevada produção de frutos, uma vez que as plantas das quais foram removidas as estruturas reprodutivas em 09 setembro de 2000, e que apenas cresciam vegetativamente, mostraram também intensa queda de folhas e não sofreram ataque de *Cercospora*. Vasudeva e Gopal (1975) observaram existir uma relação entre a intensidade de queda das folhas com a idade das mesmas; a maior intensidade de abscisão foi verificada quando as folhas apresentavam entre três a nove meses de idade. Cannell (1971b) verificou que a massa de folhas caídas a cada intervalo de colheita, não ultrapassou 5% da massa total de folhas da planta, sendo similar entre plantas com frutos e plantas em que as flores foram removidas. Essa similaridade pôde ser também verificada no presente experimento (Fig. 12). Nos dois ciclos vegetativos estudados, o total de folhas desprendidas das plantas não-desfrutificadas ( $8285 \pm 230$ ) foi 7,2 % maior do que o de plantas desfrutificadas ( $7727 \pm 214$ ).

A remoção das estruturas reprodutivas não exerceu o efeito esperado sobre a queda de folhas. Plantas desfrutificadas em 12 de outubro de 1999 apresentaram maior grau de enfolhamento no ciclo corrente à época da desfrutificação (Figs. 9 e 10) e poderiam perder mais folhas no ciclo produtivo seguinte, quando as árvores se encontravam com forte frutificação. No entanto, isso não foi verificado, ou seja, no período posterior ao enfolhamento intenso, plantas desfrutificadas perderam menos folhas que plantas não-desfrutificadas (Fig. 12).

Observou-se uma correlação positiva entre a queda de folhas e a temperatura mínima ocorrida no intervalo entre 15 e 30 dias anteriores às medições. No entanto, essa correlação pareceu ser casual e de difícil interpretação, uma vez que seus coeficientes foram determinados para um período relativamente extenso e o efeito da temperatura não foi dissociado de outros fatores ambientes que poderiam estar também influenciando a queda de folhas.

### **3.3.9. Efeito sobre o surgimento de ramos laterais de ordem superior**

A brotação de algumas gemas vegetativas existentes nas axilas das folhas, nos ramos plagiotrópicos do cafeeiro, dão origem a ramos secundários e terciários, o que faz aumentar a área produtiva das plantas (Cannell 1970, Clowes e Wilson 1977).

Observou-se, no presente estudo, um aumento no número de brotações de ordem superior surgidas nos ramos plagiotrópicos de plantas desfrutificadas, até 29 de fevereiro de 2000, na fase inicial de enchimento das sementes (Tab. 12). Desfrutificações posteriores não resultaram em aumento no número de ramos laterais, que foi idêntico ao de plantas não-desfrutificadas. Resultados semelhantes foram observados na repetição dos tratamentos no segundo ano de estudo (segundo lote de plantas). Além do aumento do comprimento dos ramos plagiotrópicos primários, a remoção de flores ou de frutos também resultou em aumentos no número de ramificações laterais de ordem superior (Carvalho 1985). Matiello et al (2000) consideram a brotação lateral intensa uma anomalia fisiológica indesejável, uma vez que ocorre diferenciação excessiva de gemas vegetativas, com reflexos negativos sobre a quantidade futura de frutos produzidos. Em contrapartida, Cannell (1970) demonstrou que as pequenas brotações laterais, com apenas um par de folhas, contribuem com quantidade substancial de assimilados para o crescimento dos frutos, especialmente em ramos frutíferos mais carregados.

A remoção das estruturas reprodutivas das plantas promoveu um surto de novas brotações nos ramos plagiotrópicos primários, nos momentos imediatamente seguintes às desfrutificações (Fig. 13). Já em setembro de 2000, o aumento do número de brotações nos diversos tratamentos não resultou do efeito das desfrutificações realizadas no ciclo anterior, mas do estímulo por fatores ambientes, relacionado principalmente com o aumento das chuvas e com a elevação da temperatura, após um período seco e frio (Fig. 2). Durante a estação chuvosa, também foi observado crescimento de brotos laterais em ramos com carga, no Quênia (Cannell 1970). Em condições normais de cultivo, o aumento no número de brotações laterais pode resultar da quebra da dominância apical dos ramos plagiotrópicos devido aos danos provocados por baixas temperaturas aos ápices dos ramos primários (Matiello et al 2000).

No ciclo de crescimento corrente às épocas das desfrutificações detectaram-se diferenças no número de novas brotações entre os tratamentos. Comparado às plantas não-desfrutificadas, o número médio de brotações foi 112 % maior em plantas que tiveram suas estruturas reprodutivas removidas até a fase de enchimento dos grãos, por volta de 140 dias do florescimento (Tab. 12, primeiro lote de plantas) e 286% na repetição dos tratamentos, no segundo lote de estudo. Trabalhos realizados por Clowes e Wilson (1977), no Zimbábue, demonstraram que o desbaste de frutos das

Tabela 12 - Número total de brotações laterais de ordem superior surgidas em ramos plagiotrópicos primários, localizados no terço médio do dossel, nos dois diferentes lotes de plantas de café, nos ciclos corrente e subseqüente à remoção das estruturas reprodutivas (média de 20 ramos)

Remoções	1º lote		Remoções	2º lote
	Ciclo corrente	Ciclo subseqüente		Ciclo corrente
Controle	2,6 ±0,8 b	1,8 ±0,7 a	Controle	1,3 ±0,7 b
12/10/99	4,7 ±0,9 a	1,0 ±0,5 a	09/09/00	5,8 ±1,2 a
09/11/99	4,7 ±0,9 a	1,1 ±0,4 a	19/09/00	4,6 ±1,4 a
07/12/99	6,6 ±1,4 a	1,5 ±0,4 a	19/10/00	5,0 ±0,9 a
04/01/00	7,0 ±1,4 a	1,5 ±0,6 a	20/11/00	5,1 ±0,7 a
01/02/00	5,3 ±1,3 a	1,0 ±0,5 a	20/12/00	5,1 ±1,0 a
29/02/00	4,9 ±0,9 a	1,8 ±0,4 a	19/01/01	5,5 ±0,8 a
28/03/00	3,2 ±0,6 b	1,2 ±0,2 a	19/02/01	4,1 ±0,8 a
25/04/00	2,2 ±0,3 b	1,3 ±0,4 a	21/03/01	3,0 ±0,5 a

1º lote - ciclo corrente: 28 de outubro de 1999 a 31 de agosto de 2000; ciclo subseqüente: 02 de outubro de 2000 a 02 de maio de 2001. 2º lote - ciclo corrente: 02 de outubro de 2000 a 02 de agosto de 2001. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott

plantas teve pouco efeito sobre o crescimento de ramos primários, mas fez aumentar a emissão de ramos secundários. Os autores sugeriram que a carga de frutos nos ramos não somente afeta a competição por assimilados como também produz um efeito direto sobre a arquitetura da planta, uma vez que a sua remoção liberou as gemas laterais dormentes para a formação de ramos de segunda ordem.

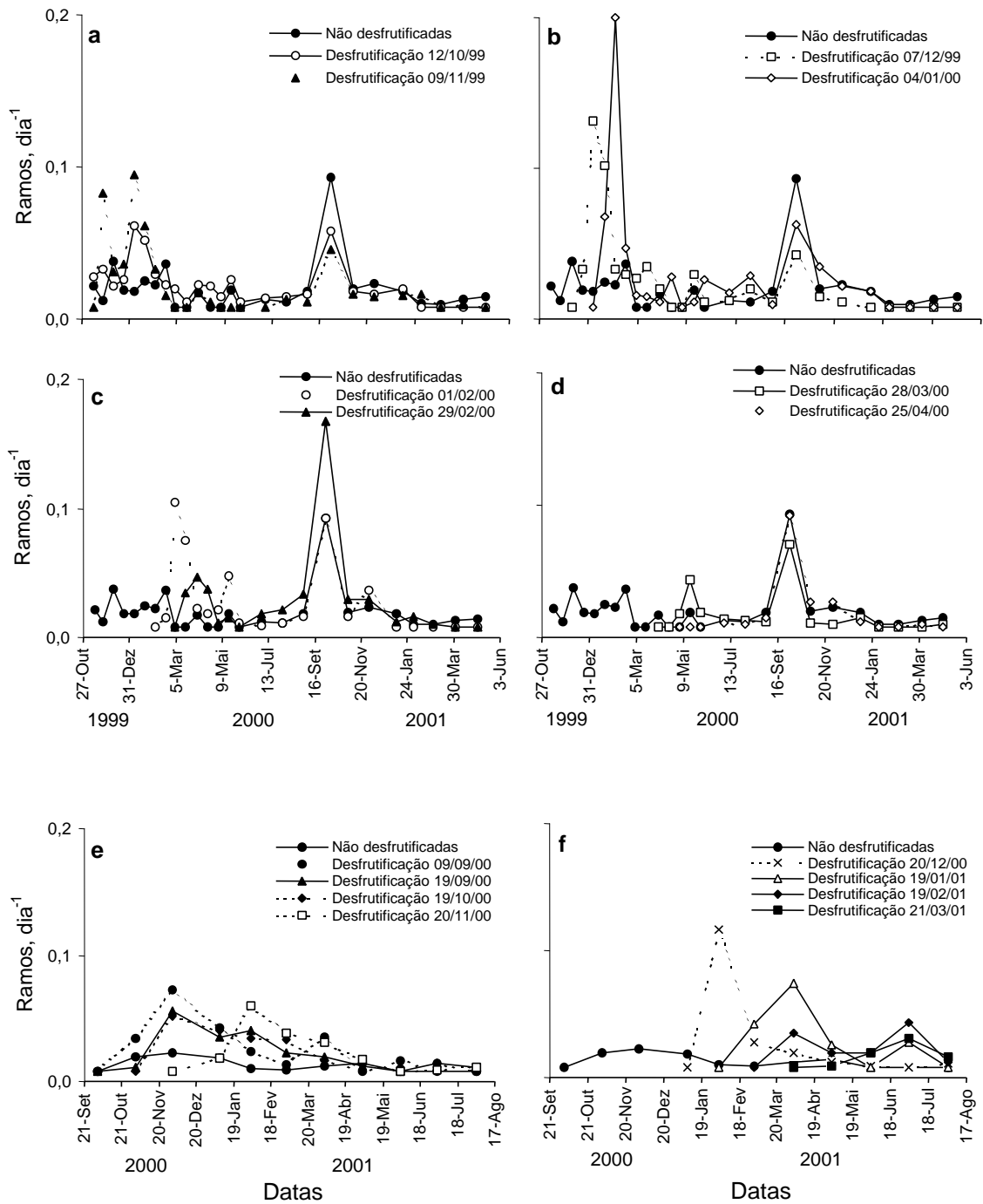


Figura 13 – Número de ramos plagiotrópicos de ordem superior (2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup>) surgidos em ramos primários, localizados na posição mediana do dossel, nos dois diferentes lotes de plantas. (a,b,c,d) outubro de 1999 a junho de 2001; (e,f) setembro de 2000 a agosto de 2001. Pontos representam média de 20 ramos plagiotrópicos primários

### 3.4. Correlações entre parâmetros de crescimento com fatores ambientes

Como foi visto, os momentos em que se procederam às remoções das estruturas reprodutivas das plantas não modificaram as relações entre o crescimento vegetativo e os fatores ambientes, uma vez que a periodicidade característica observada nas plantas não-desfrutificadas se mostrou semelhante àquela observada nas plantas tratadas (Figs. 3, 6, 10). O crescimento vegetativo de ramos (Figs. 3, 4, 6, 7) e folhas (Figs. 8, 9, 10) mostrou uma fase de crescimento intenso seguida por outra de crescimento mínimo, semelhantemente ao que foi registrado por Barros e Maestri (1974), Amaral et al (1987), Mota et al (1997) e Silva et al (2000). Durante os meses secos e frios, as diferenças no crescimento promovidas pela desfrutificação desapareceram (Figs. 3, 6, 10).

As manifestações do crescimento do cafeeiro tornaram possível estabelecer um padrão cíclico de crescimento, incluindo as fases de preparação e construção, que se correlacionam com as características ambientes (Trojer 1960, 1968). A fase de preparação estaria associada a períodos secos, nos quais ocorreriam transformações internas que levariam à determinação do número de nós, à indução floral e a outros. Já no período chuvoso, predominaria a fase de construção, que se manifestaria pela intensa atividade de expansão de folhas, ramos e frutos.

Sabe-se que o cafeeiro não tolera grandes variações na amplitude térmica (Alègre 1959, Drinnan e Menzel 1995). Entre agosto de 1999 e setembro de 2001, a temperatura média bissemanal extrapolou os limites entre 16° e 23°C em apenas duas ocasiões (Fig. 2). Entre 09 e 23 de fevereiro de 2001, a temperatura média mostrou-se superior a 24°C e levou a reduções expressivas nas taxas de crescimento (Figs. 3, 6, 10). Entre 28 de julho e 11 de agosto de 2000, a temperatura média foi inferior a 16°C e o crescimento vegetativo mostrou-se reduzido nas plantas dos diversos tratamentos. Esses resultados ratificam observações anteriores em Viçosa, nas quais temperaturas médias mensais acima de 23°C ou abaixo de 16°C seriam inadequadas ao crescimento do cafeeiro (Barros e Maestri 1974, Mota 1988, Amaral 1991, Mota et al 1997), situando-se a faixa ótima entre 18 a 21° C (Alègre 1959).

Barros e Maestri (1974) atribuíram a redução na taxa de crescimento na fase de crescimento ativo, no mês de janeiro, à ocorrência de temperaturas elevadas. Paradoxalmente, o crescimento de ramos plagiotrópicos e o ganho de área foliar foram máximos em 19 de fevereiro de 2000 (Figs. 3 e 10), quando a temperatura máxima mostrava-se elevada (28,5°C, Fig. 2). Cannell (1985) considera que a depressão no alongamento de ramos durante a época de crescimento ativo é devida à periodicidade inerente ao crescimento dos ramos, ao estresse hídrico causado pela alta demanda

evaporativa e à temperatura foliar supra-ótima; e, adicionalmente, aos frutos em desenvolvimento, que desviam assimilados dos ramos e inibem o crescimento de brotações laterais (Cannell e Huxley 1969, Clowes e Wilson 1977) e à lixiviação de nutrientes, especialmente nitrato (Rayner 1946, McFarlane 1949). Cannell (1972, 1985) acredita que as mudanças sazonais na temperatura e no status hídrico seriam suficientes para explicar a maioria das observações fenológicas registradas no cafeeiro.

Uma redução nas taxas de expansão dos ramos foi observada no início de novembro de 2000, em plena fase de crescimento ativo (Figs. 3 e 6). Tal redução esteve associada à falta de chuvas (19% de umidade no solo) e ao alto déficit de pressão de vapor, registrados naquele período (Fig. 2). Quando as condições de umidade do solo tornaram-se favoráveis, o crescimento foi restabelecido, atingindo o máximo no início de dezembro de 2000 (Figs. 3, 6, 10). A partir dessa data, com a elevação da média das temperaturas máximas ultrapassando 28°C e a média das médias superando 23°C, o crescimento dos ramos declinou acentuadamente, tornando-se negligível no início de março de 2001. Nesse período, o déficit de pressão de vapor foi o mais alto e atingiu 0,9 kPa, a temperatura máxima atingiu 30°C e a umidade do solo foi de 19% (Fig. 2). O coeficiente de correlação entre o crescimento de ramos e o DPV foi -0,90, sugerindo que a queda nas taxas de crescimento, observada em fins de fevereiro e início de março de 2001, deveria ser atribuída ao elevado DPV, como foi reportado previamente por Barros et al (1997).

Um surto de crescimento de pequena intensidade registrado entre 05 de março e 02 de abril de 2001, quando as taxas de crescimento estavam em queda (Figs. 3, 6 e 10), foi atribuído à temperatura ainda favorável ao crescimento e a uma elevação do teor de umidade do solo, conseqüência direta das chuvas ocorridas na segunda quinzena de março, após um período de estiagem (Fig. 2). A partir daquele momento, as taxas de crescimento decresceram de forma lenta e gradual e acompanharam a média das temperaturas mínimas. O período de seca associado à falta de chuvas tem sido freqüentemente relacionado com a periodicidade de crescimento em várias regiões cafeeiras; no entanto, em alguns casos, a época seca coincide com o período de baixas temperaturas e dias curtos, o que tem dificultado a identificação de um fator primário modulador do crescimento, se existente. Resultados de pesquisas como o de que a irrigação na época seca pode não estimular o crescimento (Barros e Maestri 1974, Clowes e Allison 1983, Amaral 1991, Mota et al 1997); de que o crescimento pode se reiniciar antes da ocorrência das chuvas (Mayne 1944, Rayner 1946, Vasudeva e Gopal 1975); de que a redução do crescimento pode verificar-se em épocas chuvosas (Reeves e Vilanova 1948); de que o suprimento adicional de

nitrogênio não afetou o crescimento vegetativo da parte aérea (Amaral et al 1987); ou mesmo de que a extensão do fotoperíodo não foi capaz de evitar a redução do crescimento (Amaral 1991, Mota et al 1997), sugerem que a temperatura seja o fator ambiente melhor associado às flutuações do crescimento do cafeeiro, em Viçosa.

Os fatores ambientes correntes que mais se mostraram correlacionados com o crescimento do cafeeiro foram: as temperaturas mínima e média, a chuva, o teor de água no solo e o brilho solar. Em Cenicafé, Colômbia, durante oito anos consecutivos, não se observou qualquer correlação significativa entre o crescimento de ramos de cafeeiros cultivados a pleno sol com os fatores ambientes considerados no presente estudo (Gómez e Gómez 1977). A falta de correlação foi atribuída à pequena amplitude de variação dos fatores ambientes ao longo do ano, sempre favoráveis ao crescimento da planta. De maneira similar, em Turrialba, Costa Rica, não foi verificada qualquer correlação entre as chuvas e os teores de água no solo com as taxas de crescimento de ramos (Boss 1958). No entanto, McFarlane (1949) demonstrou haver uma correlação negativa entre as taxas de crescimento e a precipitação pluvial, devido à lixiviação de nitrato. Em Viçosa, as manifestações sazonais dos fatores ambientes mostraram-se associadas ao crescimento; daí as correlações positivas observadas entre os componentes do crescimento vegetativo do cafeeiro e alguns fatores ambientes.

Na Colômbia, Castillo (1957) encontrou uma correlação positiva entre o crescimento vegetativo máximo e as temperaturas noturnas acima de 20°C, ocorridas entre três a quatro semanas antes das medições do crescimento. No presente estudo, as correlações observadas entre o crescimento vegetativo e as médias dos fatores ambientes ocorridos no período entre 30 e 45 e entre 45 e 60 dias anteriores aos eventos mensurados não foram significativas, daí não serem apresentadas.

A maioria dos coeficientes de correlação linear entre os componentes do crescimento vegetativo e alguns fatores ambientes ocorridos no intervalo entre 15 e 30 dias anteriores aos eventos mensurados não foi significativa, e mesmo os poucos coeficientes com alguma expressão, foram ainda menores que os determinados com os fatores ambientes correntes aos eventos biológicos. Conclui-se, assim, que o crescimento vegetativo do cafeeiro na região Sudeste do Brasil está mais associado com os fatores ambientes ocorridos no período em que se manifesta o crescimento das plantas.

Observou-se uma pequena diferença na resposta aos fatores ambientes entre árvores com e sem frutos. Nas plantas desfrutificadas, o crescimento dos ramos mostrou alta correlação com o teor de água no solo (80%), enquanto nas plantas não-desfrutificadas, o crescimento de ramos correlacionou-se não apenas com o teor de

água no solo (63%) mas, também, com as chuvas (69%) e as temperaturas mínima (58%) e média (42%). Poder-se-ia, então, supor que as plantas com frutos apresentariam uma maior plasticidade em respostas às condições ambientes do que as plantas desfrutificadas. A hipótese, no entanto, a julgar pelos coeficientes de correlação entre o crescimento e os fatores ambientes, não foi confirmada, no segundo lote de plantas. Observou-se que a maioria dos componentes do crescimento vegetativo de plantas não-desfrutificadas correlacionou-se mais expressivamente com o teor de água no solo e com as chuvas. O crescimento das plantas que tiveram suas estruturas reprodutivas removidas em setembro de 2000 correlacionou-se com as chuvas (84%) e, em menor extensão, com a temperatura mínima (75%). Segundo Trojer (1960), dentro de determinados limites das condições do ambiente, o grau de reação das plantas depende da predisposição momentânea de seus diferentes órgãos.

### **3.5. Efeito da remoção das estruturas reprodutivas sobre a produção subsequente**

#### **3.5.1. Efeito sobre a emissão de estruturas florais**

De acordo com Cannell (1973), o número de nós frutíferos e o número de frutos por nó podem ser influenciados pela freqüência e intensidade do florescimento. No presente estudo, as desfrutificações seqüenciadas não alteraram a freqüência da floração. Além da florescimento principal registraram-se três floradas de intensidades decrescentes em todos os tratamentos, nos dois lotes de plantas. A emissão de estruturas florais no primeiro e segundo ciclos reprodutivos após as desfrutificações, no primeiro lote de plantas, pode ser observada na Figura 14.1. Os resultados no segundo lote de plantas, no primeiro ciclo produtivo seguinte à remoção das estruturas reprodutivas, são mostrados na Figura 14.2. Como foi observado, as desfrutificações das plantas resultaram em incrementos no crescimento vegetativo (Figs. 3, 4, 6, 7 e 10), o que, por sua vez, levaram a um aumento no número de estruturas florais. Esse efeito pode ser igualmente observado nos índices que expressam a razão entre o número de estruturas florais e o número total de nós (Fig. 14.1b, 14.2b), a razão entre o número de estruturas florais e o número de nós produtivos (Fig. 14.1c, 14.2c) e a percentagem de nós produtivos (Fig. 14.1d, 14.2d) em ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro. As restrições impostas ao crescimento vegetativo nas fases de expansão rápida e de enchimento das sementes afetaram igualmente o número de estruturas florais formadas no ciclo produtivo seguinte. Fatores internos e externos

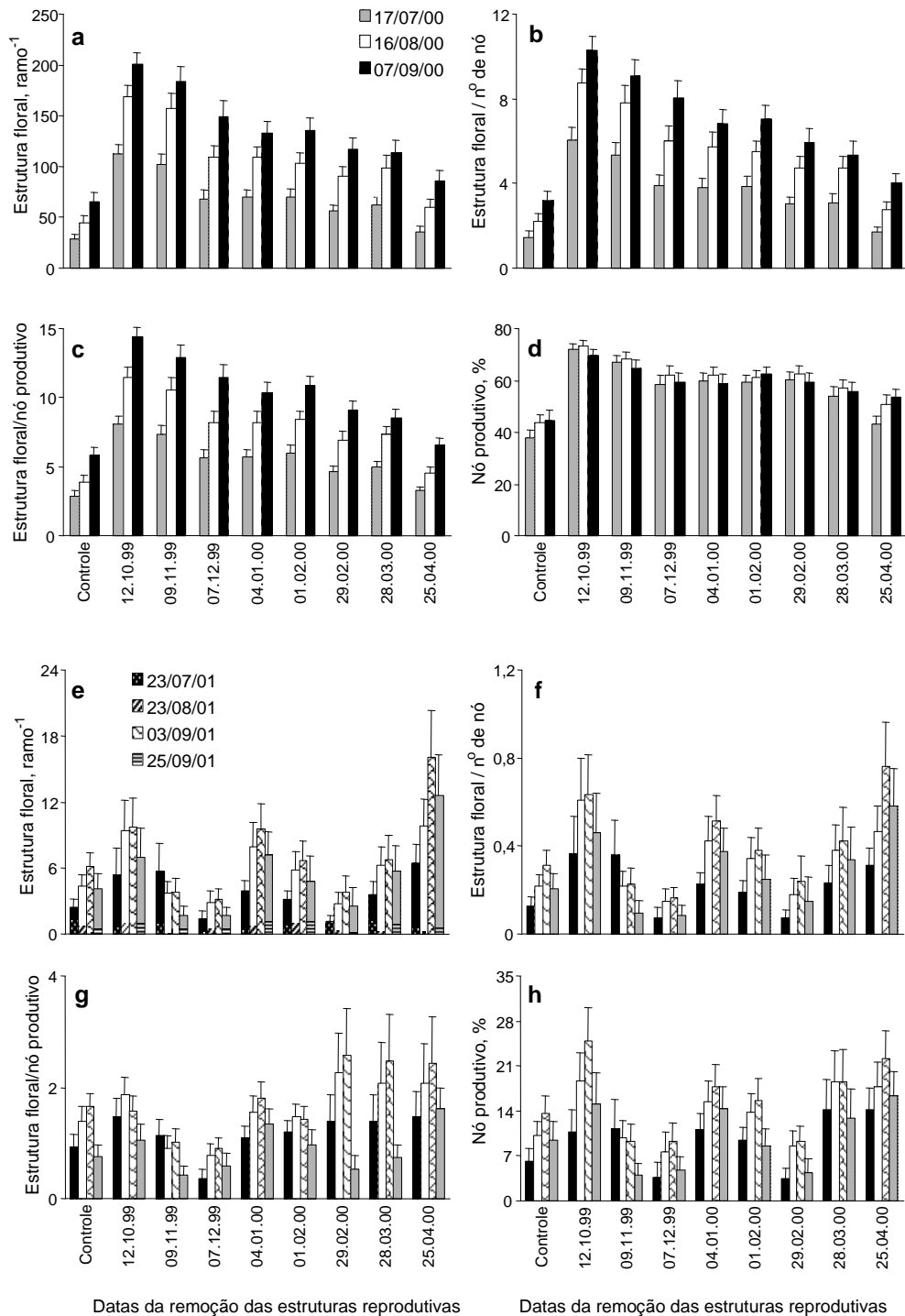


Figura 14.1 - Número de estruturas florais, razão entre o número de estruturas florais e o número total de nós, razão entre o número de estruturas florais e o número de nós produtivos e percentagem de nós produtivos em ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro, no primeiro (a,b,c,d) e no segundo (e,f,g,h) ciclos reprodutivos, após a remoção das estruturas reprodutivas das plantas (1<sup>o</sup> lote de plantas). Legenda na figura indica as datas das avaliações. Avaliação em 25 de setembro de 2001 ocorreu após floração secundária. Barras verticais indicam o erro padrão da média de 50 ramos

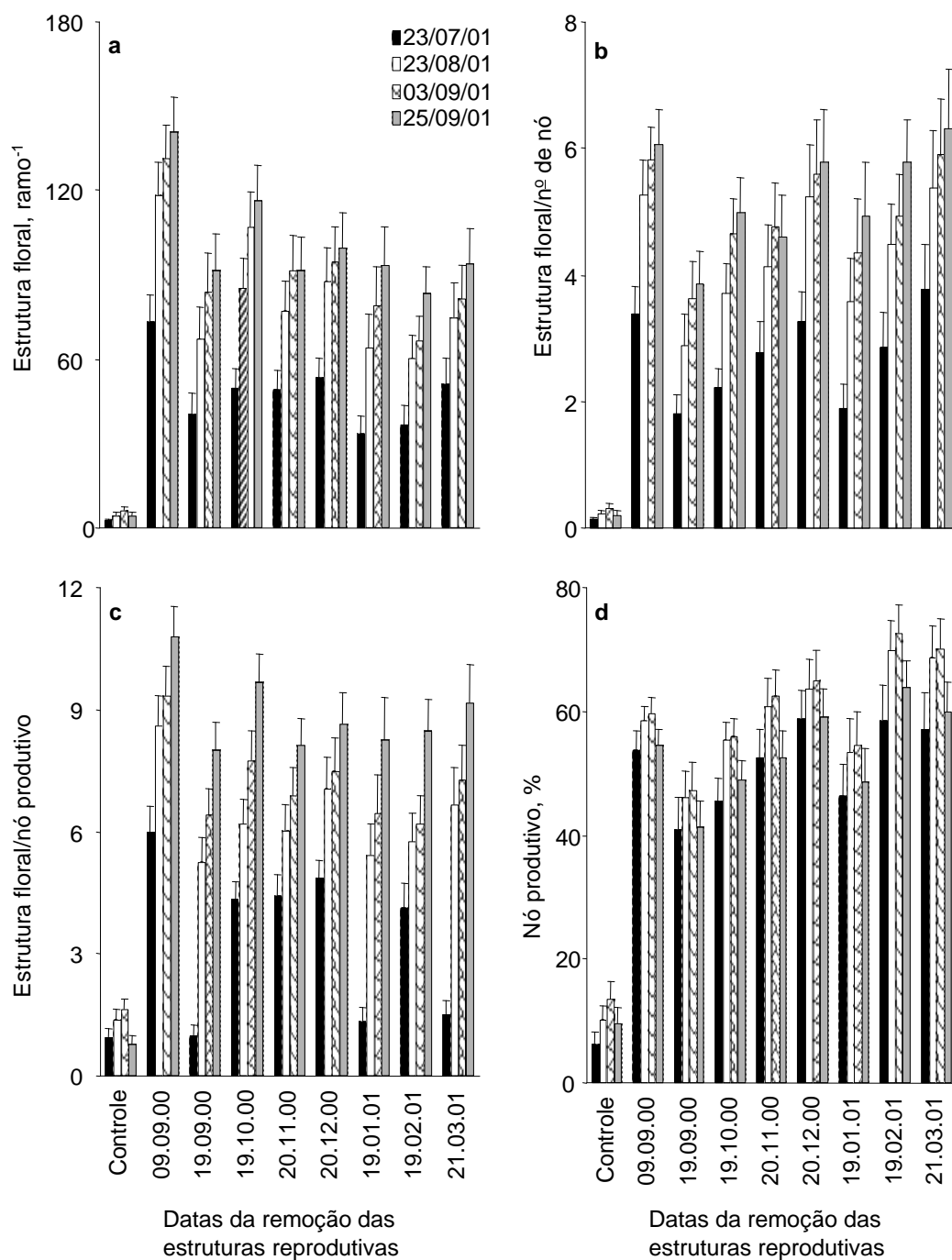


Figura 14.2 - Número de estruturas florais (a), razão entre o número de estruturas florais e o número total de nós (b), razão entre o número de estruturas florais e o número de nós produtivos (c) e percentagem de nós produtivos (d) em ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro no primeiro ciclo reprodutivo após a remoção das estruturas reprodutivas das plantas (2<sup>o</sup> lote de plantas). Legenda na figura indica as datas das avaliações. Avaliação em 25 de setembro de 2001 ocorreu após floração secundária. Barras verticais indicam o erro padrão da média de 25 ramos

potencialmente limitantes ao crescimento vegetativo supostamente afetariam o florescimento subsequente (Barros et al 1999), o que foi confirmado no presente estudo.

Plantas desfrutificadas até 09 de novembro de 1999, no estágio inicial de crescimento dos frutos, produziram uma média de 150 estruturas florais por ramo, contra 46 nas plantas não-desfrutificadas. As desfrutificações realizadas até 140 dias após o florescimento, na fase inicial de enchimento das sementes, ainda fizeram aumentar o número de botões florais. Já as remoções realizadas a partir de 28 de março de 2000, em plena fase de acúmulo de matéria seca nas sementes, não mais fizeram aumentar o número de estruturas florais, que foi estatisticamente igual ao de plantas não-desfrutificadas.

A produção de flores em cafeeiro arábico depende da expansão dos ramos e do número de nós formados na estação anterior (Dean 1939, Beaumont 1939); o crescimento relevante, portanto, seria aquele comprometido com a formação de nós e não tanto com a expansão dos entrenós. Daí, no presente trabalho, a correlação linear significativa entre o número de nós surgidos em ramos plagiotrópicos e o número total de estruturas florais formadas nas plantas dos diversos tratamentos (88%,  $p=0,0007$ ).

No segundo ciclo após a implantação dos tratamentos, observou-se uma redução expressiva no número de estruturas florais, comparada com o ano anterior, e não se detectaram diferenças significativas entre os tratamentos (Fig. 14.1e). Plantas que produziram 150 estruturas florais por ramo, no primeiro ciclo reprodutivo após as desfrutificações (Fig. 14.1a), produziram, no segundo ano, apenas seis botões florais. Tal fato teve, provavelmente, relação direta com a elevada carga de frutos produzidos no ciclo anterior (ver Tab.13). A queda expressiva de folhas a partir de dezembro de 2000 (Fig. 12), quando do ataque de *Cercospora*, e as condições ambientes relacionadas à menor precipitação e à elevada temperatura no período anterior à formação das estruturas florais (Fig. 2), supostamente, também, contribuíram para o menor número de botões florais formados no segundo ciclo após as desfrutificações. Vários desses fatores já haviam sido associados à intensidade de floração do cafeeiro (Mes 1957, Cannell 1974, Barros et al 1999). Mes (1957) estudou a influência da temperatura na iniciação, no número e no desenvolvimento dos botões florais. Nas combinações de temperaturas diurnas/noturnas de 30/23° C e 30/17°C, as gemas axilares permaneceram indiferenciadas ou vegetativas. A autora concluiu que temperaturas elevadas fizeram diminuir o número de botões formados, devido ao seu efeito sobre a iniciação das inflorescências. Observou-se, no presente estudo, que os botões nos ramos de plantas que perderam grande número de folhas estavam quase

sempre mais adiantados do que os dos ramos de plantas mais enfolhadas, semelhantemente ao que foi reportado por Mes (1957).

No ciclo seguinte à época das desfrutificações no segundo lote de plantas, todos os tratamentos levaram a uma maior formação de estruturas florais em relação às plantas não-desfrutificadas (Fig. 14.2). Plantas tratadas em 09 de setembro de 2000, dez dias antes da florada principal, produziram maior número de estruturas florais nas avaliações realizadas entre 23 de julho e 25 de setembro de 2001. Nos demais tratamentos, o número de estruturas florais formadas foi semelhante entre si, diferindo apenas daquele obtido nas plantas não-desfrutificadas. Não houve, no segundo lote de plantas, um tratamento que tenha se assemelhado ao de plantas não-desfrutificadas, pois a desfrutificação realizada em 21 de março de 2001, mostrou-se ainda associada a um aumento significativo no número de botões florais formados, em comparação às plantas não-desfrutificadas (Fig. 14.2).

O número de estruturas florais formadas no segundo lote de plantas (Fig. 14.2) foi menor do que aquele registrado no ciclo seguinte à remoção das estruturas reprodutivas no primeiro lote (Fig. 14.1). Plantas desfrutificadas entre 09 de setembro de 2000 e 21 de março de 2001 formaram, em média, 36% menos estruturas florais que as desfrutificadas entre 12 de outubro de 1999 e 28 de março de 2000. Uma vez que não houve incidência de *Cercospora* nas plantas do segundo lote estudado, e o número total de nós foi semelhante ao do primeiro (Tab. 3), acredita-se, então, que fatores ambientes, relacionados à chuva, temperatura e brilho solar (Fig. 1), tenham sido os principais responsáveis pela menor quantidade de flores produzidas em 2001. Cueto et al (1984) acreditam também que as variações ambientes originam diferenças na iniciação floral e modificam o desenvolvimento das gemas florais e a abertura das flores.

### **3.5.2. Efeito na produção de frutos do ano seguinte**

As desfrutificações seqüenciadas realizadas em 1999/2000 resultaram em aumentos significativos na primeira produção seguinte de frutos, colhida em maio de 2001 (Tab. 13). Observou-se que plantas tratadas imediatamente após a floração principal, em 12 de outubro de 1999, produziram 10583 frutos, 40% a mais que as plantas não-desfrutificadas. Essa produção equivaleu a 3,4 kg de café em coco por planta, superior aos 2,6 kg obtidos nas plantas-controle. Amaral (1991) obteve média de 2,7 kg de café em coco, por planta com sete anos de idade e a considerou como uma carga alta de frutos. Não houve diferença significativa entre o número de frutos

Tabela 13 – Produção do café (média de 10 plantas), ocorrida em maio de 2001, no primeiro ciclo seguinte à remoção das estruturas reprodutivas

Remoções	Fruto/planta		Fruto individual		Semente/planta		Semente/fruto	
	n <sup>o</sup>	MF, kg	MS, kg	MS, mg	MS, kg	MS, mg	MS, mg	
Controle	7528 ±386 c	8,1 ±0,4 b	2,6 ±0,13 b	341 ±5 b	1,2 ±0,08 b	159 ±4 b		
12.10.99	10583 ±480 a	10,5 ±0,5 a	3,4 ±0,16 a	323 ±8 b	1,7 ±0,08 a	158 ±5 b		
09.11.99	9478 ±497 b	10,0 ±0,5 a	3,2 ±0,16 a	343 ±8 b	1,6 ±0,07 a	166 ±4 b		
07.12.99	9247 ±510 b	9,9 ±0,4 a	3,2 ±0,14 a	346 ±9 b	1,5 ±0,06 a	167 ±5 b		
04.01.00	9514 ±467 b	9,7 ±0,5 a	3,2 ±0,16 a	336 ±11 b	1,6 ±0,08 a	168 ±6 b		
01.02.00	9066 ±584 b	9,4 ±0,6 a	3,0 ±0,18 a	337 ±7 b	1,5 ±0,09 a	165 ±3 b		
29.02.00	8861 ±630 c	9,3 ±0,7 a	3,0 ±0,22 a	346 ±4 b	1,5 ±0,10 a	167 ±3 b		
28.03.00	8212 ±696 c	9,2 ±0,8 a	2,9 ±0,25 a	370 ±6 a	1,5 ±0,12 a	180 ±3 a		
25.04.00	7307 ±671 c	8,0 ±0,8 b	2,6 ±0,24 b	362 ±10 a	1,3 ±0,13 b	177 ±5 a		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott. MF: massa fresca; MS: massa seca. A MS de fruto individual e a MS de semente por fruto foram obtidas pela divisão entre a MS total por planta e o equivalente número de frutos. A MS do café em coco, por planta, foi determinada por meio da secagem em estufa, sob circulação forçada, a 80° C, por 72 h, com padronização do teor de umidade para 13%. O rendimento de sementes beneficiadas foi expresso em quilograma de café, por planta

e plantas desfrutificadas até 01 de fevereiro de 2000, 112 dias após a floração, ao fim do estágio de expansão rápida dos frutos e início de formação do endosperma. A produção de plantas desfrutificadas em 29 de fevereiro de 2000, 140 dias após o florescimento, não fez aumentar estatisticamente o número de frutos produzidos no ciclo produtivo seguinte à época das desfrutificação, que foi igual ao das plantas não-desfrutificadas. No entanto, não se detectaram diferenças entre as matérias fresca e seca de frutos das plantas que tiveram suas estruturas reprodutivas removidas imediatamente após a florada principal e plantas desfrutificadas até 28 de março de 2000, 168 dias após o florescimento. Somente as matérias fresca e seca dos frutos das plantas desfrutificadas em 25 de abril de 2000, dez dias antes da colheita principal, foram estatisticamente iguais as das plantas não-desfrutificadas (Tab. 13).

Os efeitos dos momentos das desfrutificações sobre os componentes do crescimento vegetativo e a intensidade de floração (Tabs. 2 - 10; Fig. 14.1) mostraram-se, a rigor, mais significativos do que os efeitos sobre rendimento da produção de frutos (Tab. 13). A incidência de cercosporiose, de forma mais intensa em plantas com maior carga, supostamente atenuou os efeitos das desfrutificações sobre a produção de frutos e resultou em frutos com lóculos vazios e com menos matéria seca acumulada nas sementes. Daí, as variações na matéria seca de frutos por planta não corresponderem ao número de frutos produzidos.

A variação na matéria seca de frutos e de sementes individuais, apesar de não-significativa, aparentemente mostrou leve tendência de aumento à medida que a carga de frutos das planta era menor (Tab. 13). Clowes e Wilson (1977) observaram que o tamanho médio dos frutos aumentou em ramos que haviam sido desbastados. Por outro lado, Cannell (1974) observou que o tamanho das sementes não foi muito afetado pela intensidade da produção, e nem pelo desfolhamento parcial. No presente estudo, a variação detectada na matéria seca de frutos e sementes individuais poderia ser supostamente atribuída à severidade do ataque de *Cercospora* do que propriamente à intensidade da carga de frutos.

Como era esperado, quanto maior a intensidade de floração maior foi a produção de frutos; daí, as correlações significativas entre os índices de floração e a produção subsequente (Tab. 14). Beaumont (1939), Dean (1939) e Cannell (1985) consideram que a produção de plantas individuais é dependente do número de nós florais produzidos no ciclo vegetativo prévio. No presente estudo, a produção de frutos resultou, em grande parte, do crescimento ocorrido no ciclo vegetativo corrente à época das remoções das estruturas reprodutivas das plantas; por conseguinte, correlações altamente significativas foram obtidas entre o crescimento de ramos

plagiotrópicos e ortotrópicos com a produção de frutos (Tab. 15). Observou-se que o número de nós formados em ramos plagiotrópicos foi o componente do crescimento vegetativo que melhor se relacionou com a produção subsequente de frutos, como foi observado por Clowes (1977), no Zimbábue. Na Colômbia, Gómez e Gómez (1977) estabeleceram também uma correlação positiva entre o crescimento de ramos ocorrido no primeiro semestre do ano (fevereiro a maio) com a colheita de frutos do ano seguinte (agosto a janeiro).

Tabela 14 – Coeficientes de correlação simples entre alguns índices da floração e a produção de frutos colhidos em maio de 2001, no primeiro ciclo seguinte à remoção das estruturas reprodutivas das plantas, nos diferentes tratamentos

Parâmetros	Fruto, nº	Fruto, MF	Semente, MS
Nº botão	0,84 **	0,88 **	0,85 **
Nº botão / nº nó total	0,87 **	0,90 **	0,88 **
Nº botão / nº nó floral	0,88 **	0,92 **	0,90 **

\*\* significativo em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F. nº: número; MF: massa fresca; MS: massa seca. Correlações obtidas de nove pares de dados referentes à média do tratamento

Tabela 15 - Coeficientes de correlação simples entre alguns componentes do desenvolvimento vegetativo (de outubro de 1999 a agosto de 2000) e a produção de frutos de café, colhidos em maio de 2001, no primeiro ciclo seguinte à remoção das estruturas reprodutivas, nos diferentes tratamentos

Parâmetros	Fruto, nº	Fruto, MF	Semente, MS
Expansão ramos plagiotr. primários	0,86 **	0,90 **	0,88 **
Nós em ramos plagiotr. primários	0,91 **	0,91 **	0,91 **
Expansão ramos ortotrópicos	0,76 **	0,85 **	0,81 **
Nós em ramos ortotrópicos	0,64 *	0,79 **	0,76 **

\*, \*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. nº: número; MF: massa fresca; MS: massa seca. Correlações obtidas de nove pares de dados referentes à média do tratamento

A quantidade de frutos produzidos por plantas individuais (plantas-controle), em dois ciclos consecutivos, mostrou uma leve tendência à alternância de produção entre os períodos analisados (Tab. 16). Plantas que produziram abaixo da média, no ciclo 1999/2000, tenderam a aumentar a produção no ciclo produtivo 2000/2001. Por outro

Tabela 16 - Produção de café em dois ciclos produtivos consecutivos

Planta,nº	Fruto, nº	Ciclo 1999/2000					Ciclo 2000/2001					
		Fruto, MF	Fruto, MS	Sem, MS	Fruto individual MS, mg	Sem/fruto MS, mg	Fruto, nº	Fruto, MF	Fruto, MS	Sem, MS	Fruto individual MS, mg	Sem/fruto MS, mg
		kg planta <sup>-1</sup>					kg planta <sup>-1</sup>					
1	3366	4,7	1,1	0,6	328	176	10020	10,5	3,2	1,4	319	140
2	1049	2,1	0,5	0,2	472	154	9354	9,9	3,2	1,5	342	160
3	1234	1,8	0,5	0,2	391	197	10086	10,2	3,3	1,4	327	139
4	1168	1,7	0,4	0,2	361	180	6416	7,0	2,3	1,1	358	171
5	3864	5,7	1,5	0,8	389	206	9049	9,8	3,1	1,5	343	166
6	1593	2,5	0,6	0,3	397	183	7337	7,8	2,5	1,2	341	164
7	3664	5,0	1,4	0,8	385	221	8823	9,5	3,1	1,3	351	147
8	1267	1,9	0,5	0,2	371	182	10152	11,5	3,7	1,9	364	187
9	4004	6,4	1,6	0,8	389	203	8567	9,1	2,7	1,2	315	140
10	3212	5,3	1,3	0,7	416	217	6806	7,0	2,2	1,1	323	162
11	2412	3,6	0,9	0,5	387	197	8106	8,9	2,5	1,2	308	148
12	8760	11,4	3,1	1,8	354	207	5565	6,3	2,0	1,0	359	180
13	5336	7,1	1,8	1,0	344	192	5538	6,0	2,0	0,9	361	163
14	6210	8,1	2,0	1,1	327	184	5826	6,3	2,0	1,0	343	172
15	5425	8,4	1,9	1,1	356	200	5610	6,0	1,8	0,7	321	125
16	6042	7,3	1,9	1,0	313	168	5613	6,3	2,0	1,0	356	178
17	7606	10,2	2,7	1,6	356	207	7438	7,6	2,5	1,0	336	134
18	7735	11,3	2,9	1,5	371	198	6407	7,0	2,4	1,1	375	172
19	5655	7,2	1,9	1,1	336	193	6310	6,7	2,2	1,0	349	158
Média	4190±556	5,9±0,72	1,5±0,19	0,8±0,11	360±8	193±4	7528±386	8,1±0,40	2,6±0,13	1,2±0,08	341±5	159± 4

MF: massa fresca; MS: massa seca. As médias de produção do ciclo produtivo 1999/2000 diferiram das do ciclo 2000/2001, em nível de 1% de probabilidade, pelo teste F. A MS de fruto individual e a MS de semente por fruto foram obtidas pela divisão entre a MS total por planta e o equivalente número de frutos. A MS do café em coco, por planta, foi determinada por meio da secagem em estufa, sob circulação forçada, a 80° C, por 72 h, com padronização do teor de umidade para 13%. O rendimento de sementes beneficiadas foi expresso em quilograma de café, por planta

lado, plantas que produziram acima da média, no ciclo produtivo 1999/2000, não tiveram reduções tão expressivas na quantidade de frutos produzidos em 2000/2001. A produção média cresceu de um ano para o outro (Tab. 16) e deveu-se supostamente a um maior crescimento vegetativo das plantas entre os dois ciclos produtivos estudados. Em função do curto período analisado, apenas dois ciclos produtivos, nenhuma inferência fundamental pode ser feita em relação à bienalidade de produção do cafeeiro, característica de cultivos a pleno sol (Suárez de Castro 1960, Cannell 1971a, 1971b, 1983, Picini et al 1999).

### 3.5.3. Abscisão de frutos

A abscisão de frutos é um parâmetro importante pelo efeito que tem sobre a produção final da planta. No presente estudo, registrou-se a queda de frutos somente em plantas-controle e plantas desfrutificadas em 12 de outubro de 1999. Ocorreu abscisão de frutos em todas as fases do seu desenvolvimento; no entanto, o número de frutos caídos foi maior durante a fase de expansão rápida, por volta dos 80 a 100 dias após o florescimento (Fig. 15). Um período extenso de abscisão de frutos foi também observado por Gopal (1971), que registrou queda de frutos nos cinco meses após o florescimento. No início de novembro de 1999, quando os frutos se encontravam na fase *chumbinho*, observou-se uma abscisão de pequena intensidade nas plantas-controle. É provável que a queda de frutos nessa fase tenha sido mais intensa, uma vez que boa parte dos *chumbinhos* desprendidos pode não ter alcançado a tela coletora. Gopal (1971) acredita que a queda de frutos nos estádios iniciais de desenvolvimento se deva, principalmente, à não-fertilização do óvulo, ocorrendo uma abscisão máxima entre 30 a 90 dias após a floração. Clowes e Wilson (1977) sugerem que a intensidade de queda de frutos é independente da carga de frutos no ramo e do suprimento insuficiente de assimilados mas, provavelmente, deve-se a um desbalanço entre substâncias de crescimento, à deficiência nutricional e à queda exacerbada de folhas.

Nas plantas desfrutificadas em 12 de outubro de 1999, registrou-se a média de 57 frutos caídos por planta, por dia, na segunda quinzena de dezembro de 2000. Essa primeira onda de abscisão ocorreu quando os frutos se encontravam na fase de expansão rápida, com aproximadamente 90 dias (Fig. 1, ciclo 2000/2001). A época de abscisão intensa coincidiu com aquela registrada no estudo anterior (ciclo 1999/2000) e dá suporte aos resultados de Clowes e Wilson (1977) e Cannell (1985), nos quais a

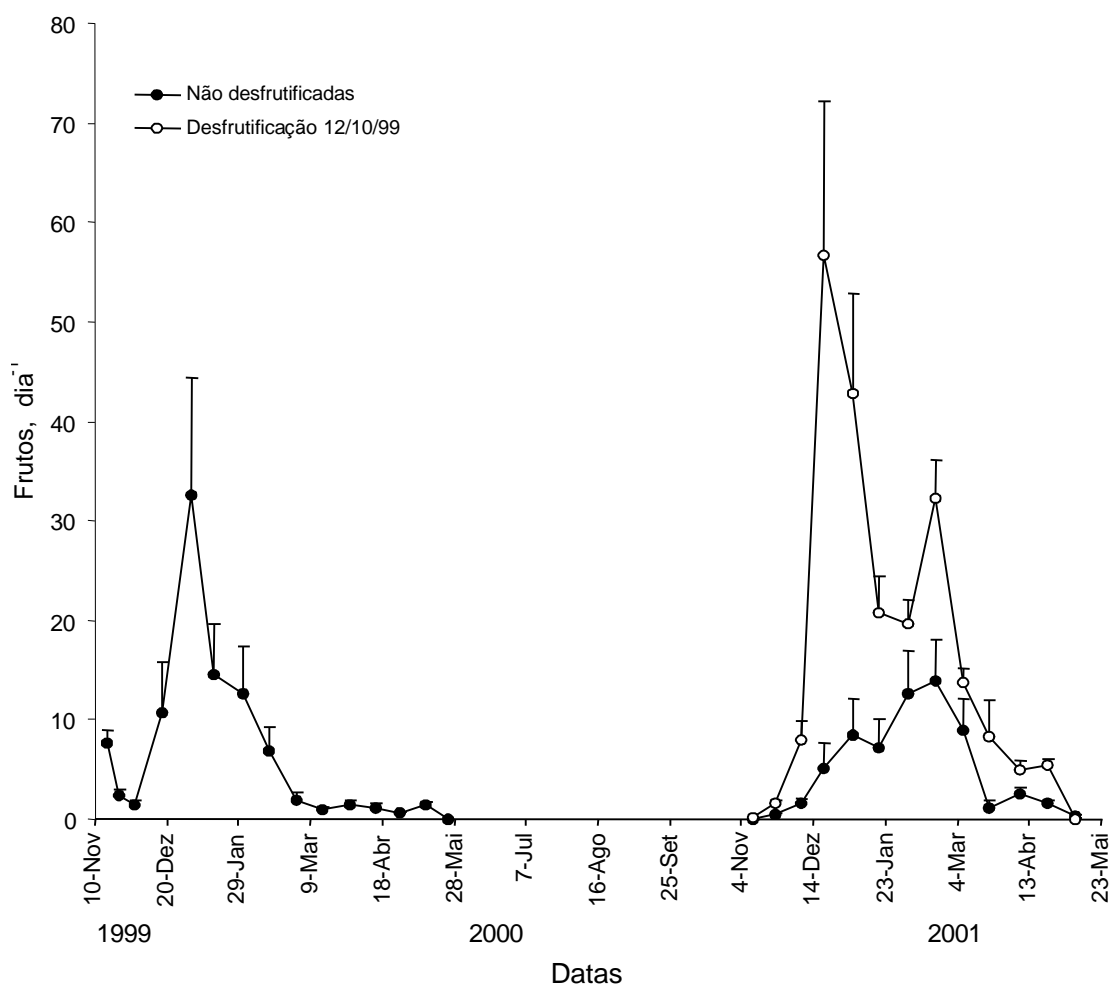


Figura 15 - Abscisão de frutos do cafeeiro durante dois diferentes ciclos de crescimento, de novembro de 1999 a maio de 2000 e de novembro de 2000 a maio de 2001. Barras verticais representam o erro padrão da média de frutos coletados sobre 10 telas de 1,10 x 1,20 m

abscisão de frutos ocorreu principalmente durante a fase de rápida expansão. Na segunda quinzena de fevereiro de 2001, a queda de frutos continuou elevada e atingiu um novo pico, quando os frutos tinham aproximadamente 150 dias e mostravam-se em plena fase de acúmulo de matéria seca nas sementes (ver Fig. 1, ciclo 2000/2001).

No segundo ciclo produtivo das plantas-controle, a queda de frutos foi crescente a partir de dezembro de 2000 e atingiu um máximo na segunda quinzena de fevereiro, que coincidiu com a fase na qual as sementes se tornaram drenos preferenciais. Segundo Cannell (1983), durante o período de enchimento das sementes, os frutos podem drenar por volta de 70% dos fotoassimilados produzidos pela planta; daí, secas prolongadas, chuvas intensas, baixa temperatura, deficiência

nutricional, pragas e doenças poderiam intensificar a queda de frutos, levando a um menor vingamento (Gopal 1971, Kumar 1982). O ataque de *Cercospora*, ocorrido no presente estudo, provavelmente intensificou a abscisão de frutos naquele estágio de desenvolvimento, o que foi igualmente observado entre plantas tratadas e controle. Apesar dos poucos estudos sobre as relações hormonais em frutos de café, existem observações de que pulverizações com 2,4-D (ácido 2,4 - diclorofenoxiacético) ou 2,4,5-T (ácido 2,4,5 - triclorofenoxiacético) reduzem a queda de frutos, o que sugere um controle hormonal no processo de abscisão (Gopal 1971).

Entre novembro de 2000 e maio de 2001, plantas tratadas em 12 de outubro de 1999 perderam  $2905 \pm 420$  frutos, contra  $975 \pm 221$  nas plantas-controle, ou seja, a abscisão foi maior nas plantas com maior carga. Isso sugere que, sob elevada frutificação, as plantas se utilizam de algum mecanismo que permite ajustar a quantidade de frutos ao seu limite da capacidade de sustentação. Esse mecanismo seria, segundo Cannell (1974), ineficiente em regular o número de frutos produzidos, não assegurando, assim, uma regularidade na produção subsequente em cultivos a pleno sol.

### **3.6. Efeitos da desfrutificação sobre os níveis de carboidratos em folhas e ramos**

Os níveis de carboidratos nas folhas e nos ramos tem sido freqüentemente considerados para explicar as alterações nas taxas de crescimento vegetativo, bem como na intensidade da frutificação do cafeeiro (Wormer e Ebagole 1965, Patel 1970, Rena et al 1983, Amaral 1991). Em algumas poucas ocasiões, no ciclo corrente à remoção das estruturas reprodutivas, os níveis de amido nas folhas e nos ramos das plantas desfrutificadas foram superiores aos de plantas não-desfrutificadas (Fig. 16), a exemplo do que foi verificado por Janardhan et al (1971). Não se observou, no entanto, qualquer efeito definido dos diferentes momentos de desfrutificação nos níveis de carboidratos (Figs. 16, 17, 18). Independentemente da época analisada, os níveis relativos de carboidratos nas folhas foram superiores aos dos ramos, mas as flutuações ao longo do tempo foram similares nos dois órgãos, como foi observado por Patel (1970).

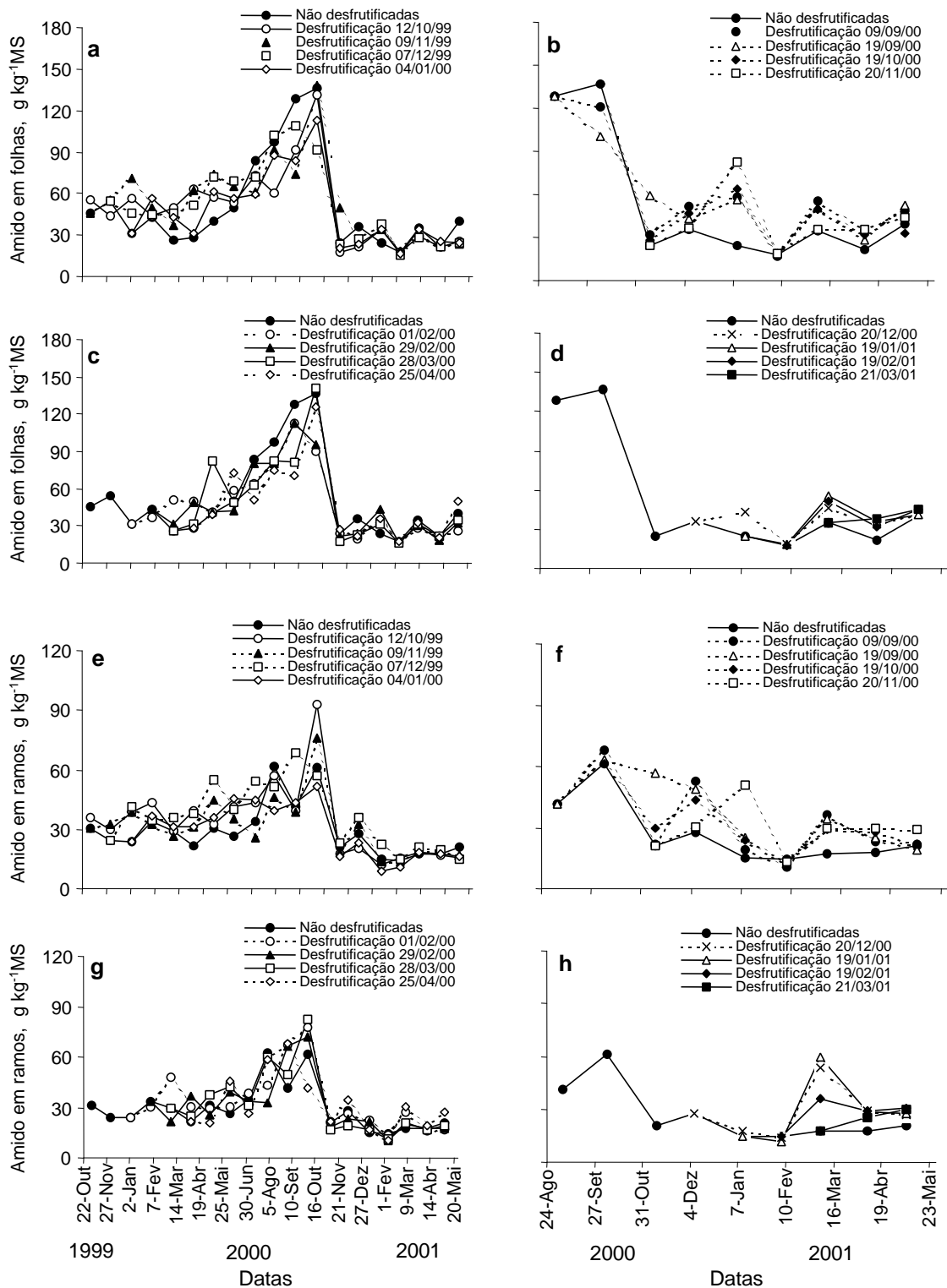


Figura 16 – Níveis de amido nas folhas (a,b,c,d) e nos entrenós (e,f,g,h) de ramos plagiotrópicos do cafeeiro. Legenda indica as datas das remoções das estruturas reprodutivas. Cada ponto representa a média de quatro repetições

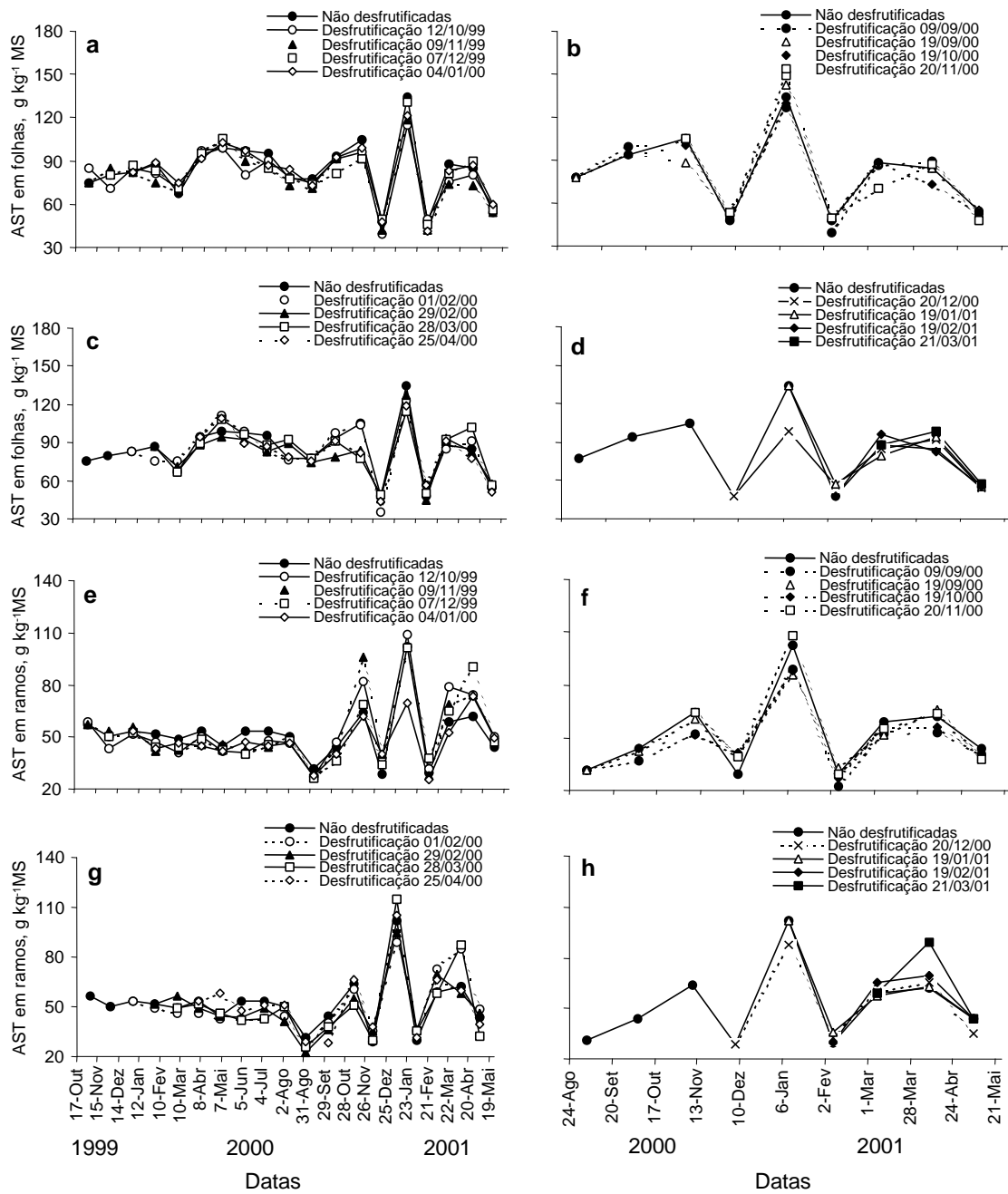


Figura 17 - Teores de açúcares solúveis totais nas folhas (a,b,c,d) e nos entrenós (e,f,g,h) de ramos do cafeeiro. Legenda indica as datas das remoções das estruturas reprodutivas. Cada ponto nas curvas representa a média de quatro repetições. AST: açúcares solúveis totais

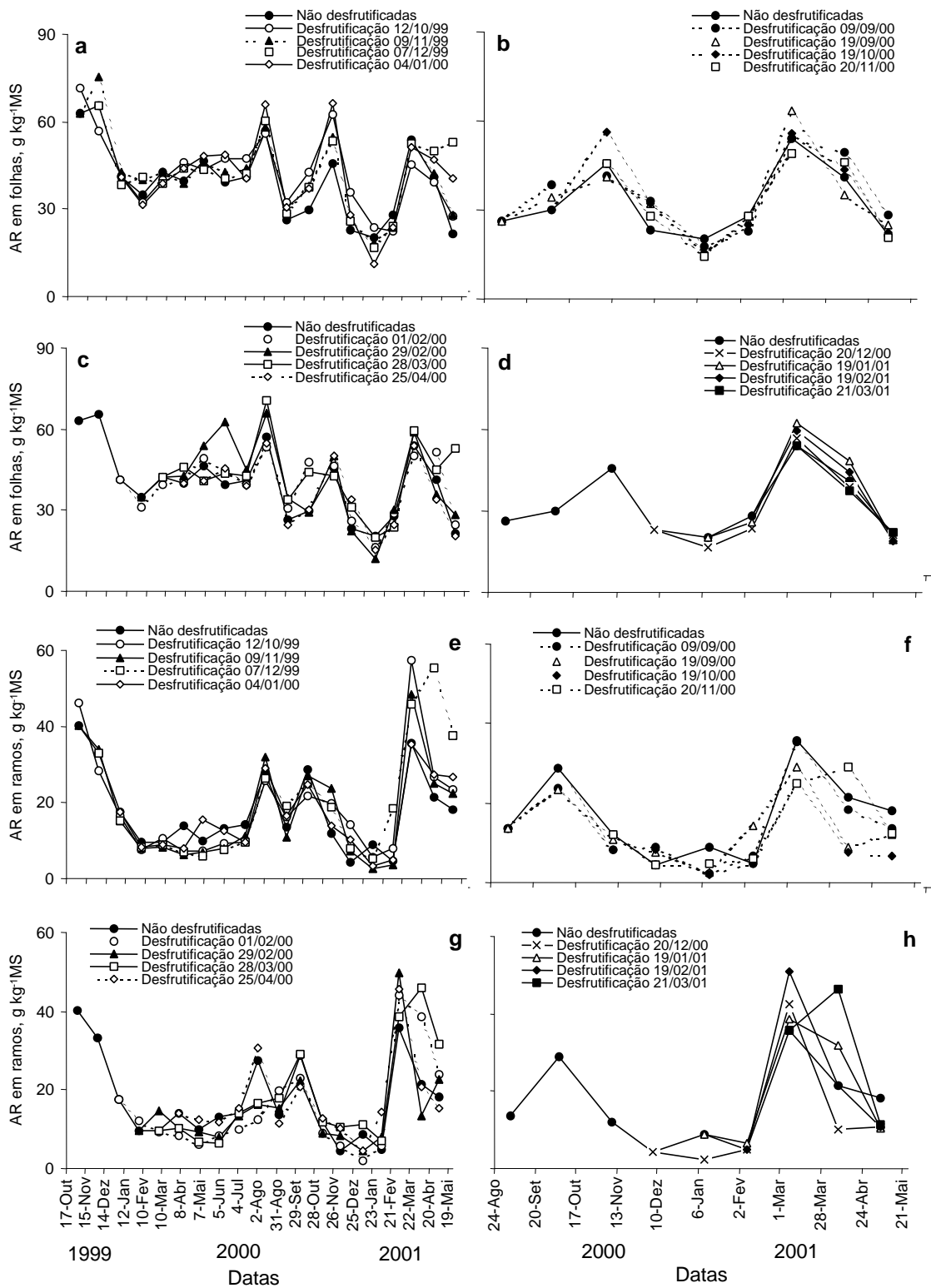


Figura 18 – Níveis de açúcares redutores nas folhas (a,b,c,d) e nos entrenós de ramos (e,f,g,h) do cafeeiro. Legenda indica as datas das remoções das estruturas reprodutivas. Cada ponto nas curvas representa a média de quatro repetições. AR: açúcares redutores

As flutuações nas concentrações de carboidratos de folhas e ramos não seguiram a mesma tendência do crescimento vegetativo (Figs. 3, 6, 10). Na época do crescimento vegetativo intenso, entre os meses de outubro de 1999 e abril de 2000, as concentrações de amido nos ramos e nas folhas assumiram os menores níveis de todo período estudado. Resultados semelhantes foram observados no segundo ano de estudo (Fig. 16b, 16d, 16f, 16h) e suportam os resultados de Amaral (1991) e Silva (2000). A partir de abril de 2000, quando a temperatura do ar mostrou-se em declínio, o cafeeiro passou por um período de baixo crescimento vegetativo (Figs. 3, 6 e 10) e os níveis de amido tornaram-se ascendentes e alcançaram as concentrações máximas no início de outubro de 2000. Como o crescimento vegetativo das plantas desfrutificadas seqüencialmente até a fase de enchimento das sementes foi significativamente maior do que o das plantas não-desfrutificadas (Figs. 3, 6 e 10), a quantidade total de amido, por planta, ao final do ciclo corrente à desfrutificação, foi superior naquelas plantas sem frutos, obviamente por terem desenvolvido uma arquitetura vegetativa maior. Nessas plantas, tal fato levou a uma alta produção de frutos no ciclo reprodutivo seguinte à época das remoções (ver Tab. 13).

Com a ocorrência da florada principal e com o reinício do ciclo vegetativo intenso, na primeira quinzena de outubro, os níveis de amido decresceram rapidamente (Fig. 16a, 16c, 16e, 16g), sendo utilizados, provavelmente, na manutenção do crescimento vegetativo da parte aérea e do crescimento reprodutivo, como foi sugerido por Priestley (1962), para árvores em geral, e por Cannell e Huxley (1969), Wormer e Ebagole (1965) e Carvalho (1985), para o cafeeiro.

Alguns autores associam a redução nos níveis de amido na planta com a formação de frutos: quanto mais intensa a frutificação, menor o teor de amido nos ramos, podendo até ocorrer o esgotamento total das reservas na fase de expansão rápida dos frutos (Wormer e Ebagole 1965, Patel 1970). No entanto, durante o ciclo seguinte às desfrutificações, não se observou efeito da intensidade da carga sobre os níveis de amido, diferentemente do que foi observado por Janardhan et al (1971), que encontraram níveis elevados de amido em ramos com carga elevada. Parece improvável que a redução nos níveis de amido, nas folhas ou nos ramos, esteja relacionada apenas à formação dos frutos, uma vez que essas reservas reduziram-se antes da fase de expansão rápida dos frutos e, além disso, decresceram semelhantemente nas plantas desfrutificadas e não-desfrutificadas (Fig. 16). Segundo Priestley (1962), as conversões de amido para açúcar ocorrem em ocasiões de crescimento vegetativo intenso, quando as reservas são usadas para suportar a atividade meristemática de ápices caulinares e também o crescimento de frutos.

No ciclo seguinte à época das remoções das estruturas reprodutivas, no qual todas as plantas foram deixadas com frutos, os níveis de amido mostraram-se menores do que os registrados no ciclo corrente à época das desfrutificações e, como foi reportado, nenhuma diferença definida foi observada entre os diversos tratamentos, no período de novembro de 2000 a maio de 2001 (Fig. 16a, 16c, 16e, 16g).

As remoções das estruturas reprodutivas das plantas não resultaram em diferenças nos níveis de açúcares solúveis totais nas folhas e ramos, em todo o período estudado (Fig. 17). Amaral (1991) observou que, entre abril e setembro, os níveis de açúcares solúveis totais nas folhas mantiveram-se praticamente constantes, enquanto os de açúcares redutores aumentaram. No primeiro lote de plantas, durante o ciclo corrente às desfrutificações, as flutuações nas concentrações de açúcares solúveis totais nas folhas e nos ramos foram menores que as observadas no ciclo seguinte (Fig. 17a, 17c, 17e, 17g). Tal fato, de difícil interpretação, não esteve associado à grande frutificação verificada no ciclo subsequente (primeiro lote de plantas), uma vez que folhas e ramos do segundo lote de plantas, desfrutificadas seqüencialmente de setembro de 2000 a março de 2001, portanto, sem frutos (Fig. 17b, 17d, 17f, 17h), apresentaram as mesmas flutuações nos níveis de açúcares solúveis totais das plantas com carga do primeiro lote (ciclo seguinte à remoção), de agosto de 2000 a maio de 2001 (Fig. 17a, 17c, 17e, 17g).

No presente estudo, é provável que a elevação nos níveis de açúcares solúveis totais, em outubro de 2000, tenha ocorrido em função da fotossíntese corrente ou da degradação do amido registrada na mesma ocasião (Fig. 16). O aumento nos níveis de açúcares solúveis totais, em meados de janeiro de 2001, coincidiu com o período de altas temperaturas do ar, alto déficit de pressão de vapor e escassez de chuvas (Fig. 2). Segundo Priestley (1962), a conversão de amido para açúcares ocorre em ocasiões de crescimento vegetativo intenso para suportar a expansão de ápices caulinares e o desenvolvimento dos frutos. Da Matta et al (1997) demonstraram que, sob déficit de água, as concentrações de açúcares solúveis totais aumentaram e foram acompanhadas pela degradação do amido. Priestley (1962) sugeriu também que os níveis de açúcares solúveis totais podem variar, como resultado do déficit hídrico moderado e das variações da temperatura.

As flutuações nos níveis de açúcares redutores ao longo do tempo foram semelhantes nas folhas e nos ramos (Fig. 18) e também não expressaram diferenças definidas entre os diversos tratamentos.

## 4. CONCLUSÕES

A remoção seqüenciada das estruturas reprodutivas não modificou a periodicidade do crescimento vegetativo do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv Catuaí), mas as plantas desfrutificadas apresentaram maiores taxas de crescimento. A sazonalidade do crescimento, portanto, resultou das variações dos fatores ambientes simultâneos aos eventos biológicos.

Nas fases de expansão rápida dos frutos e de acúmulo de matéria seca nas sementes, a carga restringiu o crescimento de ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, o aumento no número de nós e o ganho de área foliar. Desfrutificações efetuadas até a fase de enchimento das sementes promoveram um aumento no número de brotações de ordem superior em ramos plagiotrópicos.

A remoção das estruturas reprodutivas das plantas fez aumentar o número de estruturas florais formadas no primeiro ciclo reprodutivo subsequente, mas não no segundo ciclo. Plantas desfrutificadas nos estádios iniciais do desenvolvimento dos frutos produziram maior número de estruturas florais; quando desfrutificadas próximo à maturação dos frutos as plantas exibiram menor intensidade de floração. A remoção das estruturas reprodutivas até a fase de enchimento das sementes também fez aumentar o número de frutos produzidos no primeiro ciclo reprodutivo subsequente.

A desfrutificação não levou a um aumento nos níveis de carboidratos, que se mostraram semelhantes nas plantas tratadas e nas plantas não-desfrutificadas, não expressando, portanto, qualquer correlação com a produção de frutos. Assim, os níveis de carboidratos não constituem índice de potencial de produção. Os níveis de carboidratos nas folhas e ramos são, aparentemente, uma consequência das atividades vegetativas e reprodutivas das plantas.

A remoção das estruturas reprodutivas resultou em aumento no crescimento vegetativo somente no ciclo corrente à desfrutificação, o que levou a uma maior produção de frutos. No ciclo seguinte, não mais se observou efeito da desfrutificação.

Por correlacionarem-se significativamente com a produção de frutos, os componentes do crescimento vegetativo constituem um bom índice para a produção seguinte. O crescimento vegetativo mostrou-se, assim, mais associado à safra subsequente do que os níveis de carboidratos.

A análise de produção de frutos por um maior período seria de fundamental importância para o entendimento do comportamento bienal do cafeeiro, e também para estabelecer-se se a alternância de produção do cafeeiro é decorrente da magnitude da carga.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Alègre G (1959) Climats et caféiers d'Arabie. **Agron Trop** 14: 23-58.
- Almeida SR, Matiello JB, Miguel AE (1983) Efeito da densidade foliar sobre a queda de frutos e a produção do cafeeiro. In **Cong Bras Pesq Cafeeiras**, 10, Poços de Caldas, IBC, **Anais**. p 389-91.
- Alvim PT (1958) Recent advances in our knowledge of coffee trees. I. Physiology. **Coffea Tea Ind Flavor Field** 81: 18-25.
- Alvim PT (1964) Tree growth periodicity in tropical climates. In Zimmermann MH (ed), **The formation of wood in forest trees**. New York, Academic Press. p 479-95.
- Amaral JAT (1991) **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. Viçosa, UFV, Tese (DS). 139 p.
- Amaral PT, Rena AL, Barros RS, Cordeiro AT, Alves JD (1987) Periodicidade de crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fontes de nitrogênio, fotossíntese e redução do nitrato. In **Cong Bras Pesq Cafeeiras**, 11, Campinas, MIC/IBC, **Anais**. p 118-20.
- Barros RS, Maestri M (1972) Periodicidade de crescimento em café. **Rev Ceres** 19: 424-48.
- Barros RS, Maestri M, Vieira M, Braga-Filho LJ (1973) Determinação da área das folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). **Rev Ceres** 20: 44-52.
- Barros RS, Maestri M (1974) Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade do crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Rev Ceres** 21: 268-79.
- Barros RS, Maestri M, Moreira RC (1982) Sources of assimilates for expanding flower buds of coffee. **Turrialba** 32: 371-77.

- Barros RS, Mota JWS, Da Matta FM, Maestri M (1997) Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. **Field Crops Res** 54: 65-72.
- Barros RS, Maestri M, Rena AB (1999) Physiology of growth and production of the coffee tree - A review. **J Coffee Res** 27: 1-54.
- Beaumont JH (1939) An analysis of growth and yield relationships of coffee trees in the Kona District, Hawaii. **J Agric Res** 59: 223-35.
- Borchet R, Rivera G (2001) Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. **Tree Physiol** 21: 13-21.
- Boss ML (1958) Some environmental factors related to the growth cycle of *Coffea arabica* L. **Fla St Hort Soc Proc** 71: 327-32.
- Browning G (1975) Shoot growth in *Coffea arabica* L. I. Responses to rainfall when the soil moisture status and gibberellin supply are not limiting. **J Hort Sci** 50: 207-18.
- Cannell MGR (1970) The contribution of carbohydrates from vegetative laterals to the growth of fruits on the bearing branches of *Coffea arabica*. **Turrialba** 20: 15-19.
- Cannell MGR (1971a) Effects of fruiting, defoliation and ring-barking on the accumulation and distribution of dry matter in branches of *Coffea arabica* L. in Kenya. **Exp Agric** 7: 63-74.
- Cannell MGR (1971b) Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. **Ann Appl Biol** 67: 99-120.
- Cannell MGR (1972) Photoperiodic response of mature trees of Arabica coffee. **Turrialba** 22: 198-206.
- Cannell MGR (1973) Effects of irrigation, mulch and N-fertilizers on yield components of arabica coffee in Kenya. **Exp Agric** 9: 225-32.
- Cannell MGR (1974) Factors affecting arabica coffee bean size in Kenya. **J Hort Sci** 49: 65-76.
- Cannell MGR (1976) Crop physiological aspects of coffee bean yield. A review. **Kenya Coffee** 41: 245-53.
- Cannell MGR (1983) Coffee. **Biologist** 30: 257-63.
- Cannell MGR (1985) Physiology of coffee crop. In Clifford MN, Willson KC (eds), **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London, Croom Helm Ltd. p 108-34.
- Cannell MGR, Huxley PA (1969) Seasonal differences in the pattern of assimilate movement in branches of *Coffea arabica* L. **Ann Appl Biol** 64: 345-57.
- Cannell MGR, Huxley PA (1970) Seasonal patterns of growth and development of arabica coffee in Kenya. **Kenya Coffee** 35: 139-42.

- Castillo-Z J (1957) Observaciones sobre la relación del crecimiento del café y temperatura en condiciones de campo. **Cenicafé** 8: 305-13.
- Carvalho CHS (1985) **Relação entre a seca de ramos e a produção, teor de amido e morte de raízes da progênie de Catimor UFV-1359 (Coffea arabica L.)**. Viçosa, UFV, Tese (MS). 43 p.
- Carvalho CHS, Rena AB, Pereira AA (1984) Correlação entre o nível de produção e os teores de minerais e amido com o depauperamento do Catimor. In **Cong Bras Pesq Cafeeiras**, 11, Londrina. Rio de Janeiro, MIC/IBC, **Anais**. p 232-5.
- Clowes MSJ (1977) A study of the growth of the *Coffea arabica* L. fruits in Rhodesia. **Rhodesia J Agric Res** 15: 89-93.
- Clowes MSJ, Allison JCS (1982) A review of the coffee plant (*Coffea arabica* L.), its environment and management in relation to coffee growing in Zimbabwe. **Zimbabwe J Agric Res** 20: 1-19.
- Clowes MSJ, Allison JCS (1983) The growth and development of lateral branches in the top, middle and bottom of pruned coffee trees in a hedgerow. **Zimbabwe J Agric Res** 21: 115-33.
- Clowes MSJ, Wilson JH (1977) The growth and development of lateral branches of *Coffea arabica* L. in Rhodesia. **Rhodesia J Agric Res** 15: 171-85.
- Cueto MA, Leiva A, Jenkins FA (1984) La floración de *Coffea arabica* L. I. Metodología para la evaluación del desarrollo floral. **Cienc Agric**, Cuba, 19: 51-8.
- Da Matta FM, Maestri M, Barros RS (1997) Photosynthetic performance of two coffee species under drought. **Photosynthetica** 34: 257-64.
- Dean LA (1939) Relationships between rainfall and coffee yields in the Kona District, Hawaii. **J Agric Res** 59: 217-22.
- Dedecca DM (1957) Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Typica Cramer. **Bragantia** 23: 315-66.
- Drinnan JE, Menzel CM (1995) Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). **J Hort Sci** 70: 25-34.
- Gindel I (1962) Ecological behavior of the coffee plant under semi-arid conditions. **Coffee**, Turrialba 4: 49-63.
- Gómez-Gómez L (1977) Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del café. **Cenicafé** 28: 3-16.
- Gopal NH (1971) Preliminary studies on the control of fruit drop in arabica coffee. **Indian Coffee** 35: 413-7.
- Gopal NH (1974) Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. **Indian Coffee** 38: 217-21.
- Huxley PA (1970) Some aspects of the physiology of Arabica coffee – the central problems and the need for a synthesis. In Luckwill LC, Cutting CV (eds), **Physiology of tree crops**. Academic Press, London. p 253-68.

- Jackson DI, Sweet GB (1972) Flower initiation in temperate woody plants. **Hort Abstr** 42: 9-24.
- Janardhan KV, Gopal NH, Ramaiah PK (1971) Carbohydrate reserves in relation to vegetative growth, flower bud formation and crop levels in arabica coffee. **Indian Coffee** 35: 145-8.
- Jaramillo-Robledo A, Valencia-Aristizábal G (1980) Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchiná, Colombia. **Cenicafé** 31: 127-43.
- Kumar D (1979) Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. **Kenya Coffee** 44: 9-49.
- Kumar D (1982) Preliminary investigations into some flowering abnormalities of coffee in Kenya. **Kenya Coffee** 47: 16-24.
- Kumar D, Tieszen LL (1980) Photosynthesis in *Coffea arabica* I. Effects of light and temperature. **Expl Agric** 16: 13-9.
- Lacerda-Filho AF, Melo EC (2001) Racionalização de energia no processo de secagem de café. In Zambolim L (ed) **Tecnologias de produção de café com qualidade**. UFV, Viçosa. p 527-64.
- Leon J, Fournier L (1962) Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. **Turrialba** 12: 65-74.
- Maestri M, Barros RS (1977) Coffee. In Alvim PT, Kozlowski TT (eds) **Ecophysiology of tropical crops**. Academic Press, London. p 249-78.
- Maestri M, Barros RS, Rena AB (2001) Coffee. In Last FT (ed) **Tree crop ecosystems**. Elsevier, Amsterdam. p 339-60.
- Matiello JB, Miguel AE, Almeida SR, Garcia AW, Rena AB (2000) Brotação lateral intensa em ramos plagiotrópicos de cafeeiros – causas e efeitos. In **Cong Bras Pesq Cafeeiras**, 16, Marília, SP, **Anais** p 94-5.
- Mayne WW (1944) The growth and bearing habits of *Coffea arabica* L. under South Indian conditions. **Plant Chron** 39: 284-6.
- McCready RM, Guggolz J, Silveira V, Owens HS (1950) Determination of starch and amylose in vegetables: applications to peas. **Anal Chem** 22: 1156-8.
- McFarlane WL (1949) **Some factors affecting growth and yield of coffee**. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Tese (MS). 47 p.
- Melotto E (1987) **Mobilização de carboidratos pelos botões florais de café (*Coffea arabica* L.) em expansão**. Viçosa, UFV, Tese (MS). 47 p.
- Mes MG (1957) Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. III. Various phenomena associated with the dormancy of coffee flower buds. **Port Acta Biol** 4: 328-56.
- Mota JWS (1988) **Fatores associados à queda sazonal do crescimento do cafeeiro arábico em Viçosa – MG**. Viçosa, UFV, Tese (MS). 68 p.

- Mota JWS, Da Matta FM, Barros RS, Maestri M (1997) Vegetative growth in *Coffea arabica* as affected by irrigation, daylength and fruiting. **Trop Ecol** 38: 73-9.
- Nelson NA (1944) A photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. **J Biol Chem** 153: 375-80.
- Nutman FJ (1933) The root-system of *Coffea arabica* II. The effect of some soil conditions in modifying the normal root-system. **Emp J Expl Agric** 4: 285-96.
- Oyebade T (1976) Studies on the pattern of growth and development of *Coffea canephora* fruit in Nigeria. **Turrialba** 26: 257-60.
- Patel RZ (1970) A note on the seasonal variations in starch content of different parts of arabica coffee trees. **East Afr Agric For J** 36: 1-4.
- Picini AG, Camargo MBP, Ortolani AA, Fazuoli LC, Gallo PB (1999) Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia** 58: 157-70.
- Priestley CA (1962) **Carbohydrate resources within the perennial plant.** Commonwealth Agricultural Bureaux, England. 116 p.
- Ramaiah PK, Vasudeva N (1969) Observations on the growth of coffee berries in South India. **Turrialba** 19: 455-64.
- Rayner RW (1946) Growth and bearing habits of *Coffea arabica* in Kenya and in Southern India. **East Afr Agric J** 11: 251-5.
- Reeves G, Vilanova T (1948) Estudio preliminar acerca del crecimiento periodico de los cafetos. **El Café de El Salvador** 18: 1085-92.
- Rena AB, Maestri M (1985) Fisiologia do cafeeiro. In **Inf Agropec EPAMIG, Café.** Vol XI, Belo Horizonte. p 26-40.
- Rena AB, Pereira AA, Bartholo GF (1983) Teor foliar de minerais, conteúdo caulinar de amido e o depauperamento de algumas progênies de café resistentes à ferrugem. In **Cong Bras Pesq Cafeeiras**, 10, Poços de Caldas. Rio de Janeiro, MIC/IBC, **Anais.** p 169-70.
- Rodríguez LA, Orozco V, Velasco E, Medina R, Verdecia J, Fonseca I (1999) Niveles óptimos de radiación solar y su relación com el crecimiento vegetativo, desarrollo foliar y la productividad del cafeto (*Coffea arabica* L.). **Cult Trop**, Cuba, 20: 45-9.
- Scott AJ, Knott MA (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics** 30: 507-12.
- Silva EA (2000) **Periodicidade do crescimento vegetativo em *Coffea arabica* L.: relações com a fotossíntese em condições de campo.** Viçosa, UFV, Tese (MS). 31 p.
- Silva EA, Da Matta FM, Barros RS, Regazzi AJ (2000) Periodicidade do crescimento vegetativo em *Coffea arabica* L.: relações com a fotossíntese em condições de campo. In **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 1, Poços de Caldas. **Resumos** 1: 65-8.

- Somogy M (1952) Notes of sugar determination. **J Biol Chem** 95: 19-23.
- Srinivasan GS, Raju KS, Vishweshwara S (1978) Pattern of fruit growth and development in inter-specific hybrids of *Coffea canephora* x *Coffea arabica*. **Indian Coffee** 42: 120-5.
- Suarez de Castro F (1960) Relaciones entre las lluvias y la producción de café. **Café**, Turrialba, Costa Rica, 2: 93-100.
- Suarez de Castro F, Rodriguez-G A (1956) **Relaciones entre el crecimiento del cafeto y algunos factores climáticos**. Chichiná, Campanã de Defensa y Restauración de Suelos, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Boletín Técnico, 16. 13 p.
- Sylvain PG (1955) Some observations on *Coffea arabica* L in Ethiopia. **Turrialba** 5: 37-53.
- Sylvain PG (1958) **El ciclo de crecimiento de Coffea arabica**. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Conferencia dictada durante el Curso Internacional sobre Técnica de la Production del Café. 17 p.
- Trojer H (1956) La investigación agroclimatológica para el cultivo del café en Colombia. **Boletim Informativo, Centro Nacional de Invetigaciones de Café**. Colombia, 7: 78-101.
- Trojer H (1960) **Influencias climatológicas en el cultivo del café**. Documento N° 3, Centro Nacional de Investigaciones de Café. Colombia, 37 p.
- Trojer H (1968) The phenological equator for coffee planting in Colombia. **Agroclimatological Methods**. UNESCO, **Proc Reading Symp**. p 107-13.
- Vasudeva N, Gopal NH (1975) Studies on leaf growth V. The life-span of coffee leaves in South India. **Indian Coffee** 39: 171-5.
- Vasudeva N, Ramaiah PK (1979) The growth and development of arabica coffee under South India conditions. **J Coffee Res** 9: 35-45.
- Wakefield AJ (1933) Arabica coffee, periods of growth and seasonal measures. **Tanganyika Territory, Department of Agriculture**, Pamphlet 9. 16 p.
- Wormer TM (1964) The growth of the coffee berry. **Ann Bot** 28: 47-55.
- Wormer TM (1965) Some physiological problems of coffee cultivation in Kenya. **Café**, Lima, Peru, 1: 1-20.
- Wormer TM (1966) Shape of bean in *Coffea arabica* L. in Kenya. **Turrialba**: 221-36.
- Wormer TM, Ebagole HE (1965) Visual scoring of starch in *Coffea arabica* L. II. Starch in bearing and non-bearing branches. **Expl Agric** 1: 41-53.
- Wormer TM, Gituanja J (1970) Seasonal patterns of growth and development of arabica coffee in Kenya. **Kenya Coffee** 35: 270-7.

## **ANEXOS**

Tabela 1A - Coeficientes de correlação simples entre os componentes do desenvolvimento vegetativo, a abscisão de frutos e a média de alguns fatores ambientes correntes à época do crescimento, em plantas não-desfrutificadas, durante dois ciclos produtivos, compreendidos entre outubro de 1999 e maio de 2001

Parâmetros	Temp min	Temp med	Chuva	Água no solo	Brilho solar
Expansão ramos plagiotrópicos primários	0,58 **	0,42 **	0,69 **	0,63 **	-0,73 **
Nº nós em ramos plagiotrópicos primários	0,47 **	0,37 *	0,64 **	0,57 **	-0,67 **
Expansão de ramos ortotrópicos	0,56 **	0,46 **	0,40 *	0,57 **	-0,37 *
Nº nós em ramos ortotrópicos	0,51 **	0,45 **	0,38 *	0,34 *	-0,33 *
Abscisão de folhas	0,34 *	0,37 *	0,14	0,10	-0,03
Abscisão de frutos	0,38 *	0,40 *	0,25	0,17	-0,01
Nº folhas em ramos plagiotrópicos	0,25	0,13	0,23	0,45 *	-0,53 **
Nº brotações nos ramos plagiotrópicos	0,06	0,02	0,20	0,13	-0,30

\*,\*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Sem asterisco: não significativo. Chuva foi a acumulada no período; água no solo foi determinada no período. As correlações com temperatura máxima, umidade relativa e déficit de pressão de vapor não foram significativas. Número de pares de dados correlacionados: 30; para abscisão de folhas: 38; para abscisão de frutos: 28

Tabela 2A - Coeficientes de correlação simples entre os componentes do desenvolvimento vegetativo, a abscisão de frutos e os valores médios de alguns fatores ambientes correntes à época do crescimento, nos dois ciclos produtivos, compreendidos entre outubro de 1999 e maio de 2001, em plantas nas quais foram removidas as estruturas reprodutivas em 12 de outubro de 1999

Parâmetros	Temp min	Temp med	Chuva	Água no solo	Brilho solar
Expansão ramos plagiotrópicos primários	0,51 **	0,34 *	0,27 *	0,80 **	-0,59 **
Nº nós em ramos plagiotrópicos primários	0,32	0,15	0,23 *	0,75 **	-0,69 **
Expansão de ramos ortotrópicos	0,43 *	0,28 *	0,10	0,77 **	-0,43 *
Nº nós em ramos ortotrópicos	0,35 *	0,19	0,18	0,64 **	-0,53 **
Abscisão de folhas	0,42 **	0,47 **	0,10	0,08	-0,11
Abscisão de frutos	0,52 *	0,48 *	0,30	0,07	-0,02
Nº de folhas em ramos plagiotrópicos	0,06	-0,09	0,24	0,64 **	-0,54 **
Nº brotações nos ramos plagiotrópicos	0,14	-0,04	0,17	0,40 *	-0,35 *

\*,\*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Sem asterisco: não significativo. Chuva foi a acumulada no período; água no solo foi determinada no período. As correlações com temperatura máxima, umidade relativa e déficit de pressão de vapor não foram significativas. Número de pares de dados correlacionados: 30; para abscisão de folhas: 38; para abscisão de frutos: 13

Tabela 3A - Coeficientes de correlação simples entre os componentes do desenvolvimento vegetativo, a abscisão de frutos e a média de alguns fatores ambientes correntes à época do crescimento, em plantas-controle não desfrutificadas, no ciclo produtivo compreendido entre setembro de 2000 e agosto de 2001

Parâmetros	Temp min	Temp med	Chuva	Água no solo	Brilho solar
Expansão ramos plagiotrópicos primários	0,51 *	0,29	0,81 **	0,86 **	-0,88 **
Nº nós em ramos plagiotrópicos primários	0,44	0,28	0,52 *	0,83 **	-0,81 **
Expansão de ramos ortotrópicos	0,60 *	0,42	0,65 *	0,80 **	-0,71 **
Nº nós em ramos ortotrópicos	0,55 *	0,40	0,58 *	0,64 *	-0,52 *
Abscisão de folhas	0,59 *	0,09	0,55 *	0,77 **	-0,76 **
Abscisão de frutos	0,38 *	0,40 *	0,25	0,17	-0,01
Nº folhas em ramos plagiotrópicos	0,48	0,34	0,61 *	0,93 **	-0,76 **
Nº brotações nos ramos plagiotrópicos	0,53	0,42	0,68 *	0,90 **	-0,67 *

\*,\*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Sem asterisco: não significativo. Chuva foi a acumulada no período; água no solo foi determinada no período. As correlações com temperatura máxima, umidade relativa e déficit de pressão de vapor não foram significativas. Número de pares de dados correlacionados: 13

Tabela 4A - Coeficientes de correlação simples entre os componentes do desenvolvimento vegetativo, a abscisão de frutos e a média de alguns fatores ambientes ocorridos na época corrente ao crescimento, no ciclo produtivo compreendido entre setembro de 2000 e agosto de 2001, em plantas nas quais foram removidas as estruturas reprodutivas em 09 de setembro de 2000

Parâmetros	Temp min	Temp med	Chuva	Água no solo	Brilho solar
Expansão ramos plagiotrópicos primários	0,75 **	0,57 *	0,84 **	0,64 *	-0,65 *
Nº nós em ramos plagiotrópicos primários	0,95 **	0,86 **	0,68 *	0,59	-0,32
Expansão de ramos ortotrópicos	0,82 **	0,68 *	0,68 *	0,50	-0,43
Nº nós em ramos ortotrópicos	0,66 *	0,48	0,68 *	0,51	-0,47
Abscisão de folhas	0,74 **	0,62 *	0,33	0,25	-0,23
Nº folhas em ramos plagiotrópicos	0,80 **	0,69 *	0,65 *	0,32	-0,25
Nº brotações nos ramos plagiotrópicos	0,49	0,31	0,73 **	0,94 **	-0,88 **

\*,\*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Sem asterisco: não significativo. Chuva foi a acumulada no período; água no solo foi determinada no período. As correlações com temperatura máxima, umidade relativa e déficit de pressão de vapor não foram significativas. Número de pares de dados correlacionados: 13

Tabela 5A - Coeficientes de correlação simples entre os componentes do desenvolvimento vegetativo, a abscisão de frutos e a média de alguns fatores ambientes correntes ocorridos no período entre 15 e 30 dias anteriores à medição do crescimento, em plantas não-desfrutificadas, nos dois ciclos produtivos compreendidos entre outubro de 1999 e maio de 2001

Parâmetros	Temp min	Temp med	Chuva	Água no solo	Brilho solar
Expansão ramos plagiotrópicos primários	0,42 *	0,37 *	0,34 *	0,35 *	-0,57 **
Nº nós em ramos plagiotrópicos primários	0,24	0,20	0,33 *	0,20	-0,55 **
Expansão de ramos ortotrópicos	0,49 **	0,46 **	0,17	0,42 *	-0,37 *
Nº nós em ramos ortotrópicos	0,33 *	0,33 *	0,23	0,15	-0,23
Abscisão de folhas	0,23	0,27	0,08	0,18	-0,19
Abscisão de frutos	0,38 *	0,31	0,04	0,14	-0,10
Nº folhas em ramos plagiotrópicos	-0,08	-0,09	0,03	0,16	-0,28
Nº brotações nos ramos plagiotrópicos	-0,23	-0,20	0,05	-0,13	-0,14

\*,\*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Sem asterisco: não significativo. Chuva foi a acumulada no período; água no solo foi determinada no período. As correlações com temperatura máxima, umidade relativa e déficit de pressão de vapor não foram significativas. Número de pares de dados correlacionados: 30; para abscisão de folhas: 38; para abscisão de frutos: 28

Tabela 6A - Coeficientes de correlação simples entre os componentes do desenvolvimento vegetativo, a abscisão de frutos e a média de alguns fatores ambientes ocorridos no período entre 15 e 30 dias anteriores à medição do crescimento, nos dois ciclos produtivos compreendidos entre outubro de 1999 e maio de 2001, em plantas nas quais foram removidas as estruturas reprodutivas em 12 de outubro de 1999

Parâmetros	Temp min	Temp med	Chuva	Água no solo	Brilho solar
Expansão ramos plagiotrópicos primários	0,45 *	0,37 *	0,09	0,57 **	-0,50 **
Nº nós em ramos plagiotrópicos primários	0,22	0,14	0,08	0,49 **	-0,51 **
Expansão de ramos ortotrópicos	0,42 *	0,36 *	-0,06	0,54 **	-0,31
Nº nós em ramos ortotrópicos	0,28	0,29	0,04	0,21	-0,23
Abscisão de folhas	0,35 *	0,42 **	0,03	0,01	-0,09
Abscisão de frutos	0,64 **	0,13	0,13	0,42	-0,32
Nº folhas em ramos plagiotrópicos	-0,06	-0,09	-0,32	0,24	-0,22
Nº brotações nos ramos plagiotrópicos	0,04	-0,05	-0,08	0,21	-0,24

\*,\*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Sem asterisco: não significativo. Chuva foi a acumulada no período; água no solo foi determinada no período. As correlações com temperatura máxima, umidade relativa e déficit de pressão de vapor não foram significativas. Número de pares de dados correlacionados: 30; para abscisão de folhas: 38; para abscisão de frutos: 13

Tabela 7A - Coeficientes de correlação simples entre os componentes do desenvolvimento vegetativo, a abscisão de frutos e a média de alguns fatores ambientes ocorridos no período entre 15 e 30 dias anteriores à medição do crescimento, em plantas não-desfrutificadas, no ciclo produtivo compreendido entre setembro de 2000 e agosto de 2001

Parâmetros	Temp min	Temp med	Chuva	Água no solo	Brilho solar
Expansão ramos plagiotrópicos primários	0,31	0,30	0,22	0,59	-0,49
Nº nós em ramos plagiotrópicos primários	0,01	0,02	0,17	0,11	-0,54 *
Expansão de ramos ortotrópicos	0,40	0,44	0,02	0,19	-0,25
Nº nós em ramos ortotrópicos	0,45	0,43	0,04	0,12	-0,32
Abscisão de folhas	0,03	-0,50	0,19	0,62 *	-0,77 **
Abscisão de frutos	0,38 *	0,31	0,04	0,14	-0,10
Nº folhas em ramos plagiotrópicos	-0,18	0,19	0,02	0,30	-0,35
Nº brotações nos ramos plagiotrópicos	-0,19	0,14	0,14	0,61	-0,54

\*,\*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Sem asterisco: não significativo. Chuva foi a acumulada no período; água no solo foi determinada no período. As correlações com temperatura máxima, umidade relativa e déficit de pressão de vapor não foram significativas. Número de pares de dados correlacionados: 13

Tabela 8A - Coeficientes de correlação simples entre os componentes do desenvolvimento vegetativo e a média de alguns fatores ambientes ocorridos no período entre 15 e 30 dias anteriores à medição do crescimento, no ciclo produtivo compreendido entre setembro de 2000 e agosto de 2001, em plantas nas quais foram removidas as estruturas reprodutivas em 09 de setembro de 2000

Parâmetros	Temp min	Temp med	Chuva	Água no solo	Brilho solar
Expansão ramos plagiotrópicos primários	0,62 *	0,59 *	0,45	0,56	-0,44
Nº nós em ramos plagiotrópicos primários	0,71 **	0,68 *	0,49	0,48	-0,45
Expansão de ramos ortotrópicos	0,66 *	0,64 *	0,27	0,22	-0,28
Nº nós em ramos ortotrópicos	0,61 *	0,52	0,54	0,52	-0,45
Abscisão de folhas	0,25	0,05	0,03	0,14	-0,32
Nº folhas em ramos plagiotrópicos	0,76 **	0,71 *	0,40	0,26	-0,26
Nº brotações nos ramos plagiotrópicos	0,21	0,23	0,11	0,42	-0,38

\*,\*\* significativo em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Sem asterisco: não significativo. Chuva foi a acumulada no período; água no solo foi determinada no período. As correlações com temperatura máxima, umidade relativa e déficit de pressão de vapor não foram significativas. Número de pares de dados correlacionados: 13