

PERIODICIDADE DE CRESCIMENTO EM CAFÉ*

Raimundo Santos Barros
Moacyr Maestri**

1. INTRODUÇÃO

Uma vez que, nos trópicos, as variações de temperatura e de duração de dia são bem menos pronunciadas que nas regiões de clima temperado, as estações não são bem caracterizadas. Justamente por isso, nos trópicos, a influência das variações climáticas sobre o crescimento das plantas é muito pouco evidente (43), principalmente em se tratando de planta sempre verde, como *Coffea arabica* L. (18).

A periodicidade de crescimento nos trópicos é geralmente atribuída a dois fatores principais: temperatura e regime pluvial. A figura 1 mostra climatogramas de quatro regiões cafeeiras do mundo. Em Ruiru ($1^{\circ} 8' S$), no Quênia (18), o fator principal que controla a periodicidade de crescimento do café é a distribuição das chuvas. Já em San Salvador ($13^{\circ} 4' N$), El Salvador (15), além da distribuição das chuvas, a variação do comprimento do dia pode determinar a periodicidade. Em Turríalba ($10^{\circ} N$), Costa Rica (15 e 21), onde praticamente não há estação seca, a temperatura, juntamente com as variações do

* Aceito para publicação em 5-12-1972.

Os autores expressam seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Pesquisas (Brasil), do qual o primeiro autor foi bolsista de pós-graduação, durante a realização dos estudos em Viçosa, e aos senhores Augusto Neves dos Reis, Gilberto Sediyama, Luis Julião Braga Filho e Manoel Vieira, pelos auxílios técnicos prestados em várias ocasiões.

** Respectivamente, Auxiliar de Ensino da Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, e Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

fotopério do, aparentemente controlam as diferentes taxas de crescimento do café. Em Viçosa, Brasil, tanto a distribuição das chuvas como a temperatura e a duração do dia podem explicar a periodicidade de crescimento do cafeiro.

As linhas tracejadas da figura 1, com exceção da horizontal superior, baseiam-se em informações de ALÉGRE (1) que, fazendo uma revisão das condições climáticas das regiões cafeiras do mundo, concluiu que temperaturas médias mensais abaixo de 16°C são prejudiciais ao desenvolvimento do cafeiro. O mesmo autor é de opinião que não deve haver tampouco precipitação pluvial mensal menor que 30 mm, durante o mês mais seco do ano, aconselhavelmente não devendo ser inferior a 100 mm. A linha tracejada superior horizontal é deduzida de NUNES *et al.* (31) que, em condições altamente controladas, observaram que com temperaturas superiores a 24°C, a assimilação de gás car-

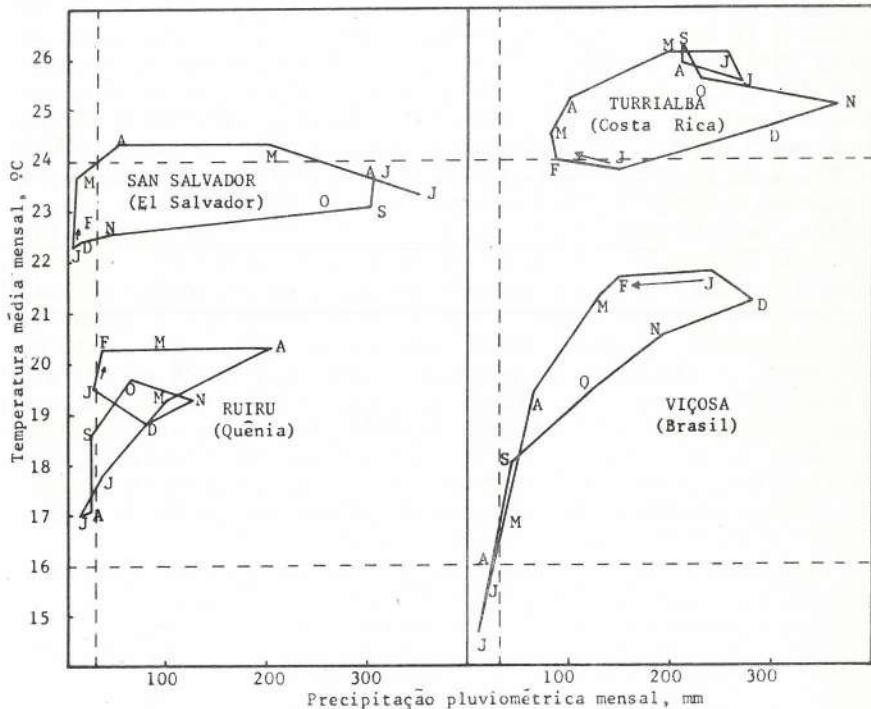


FIGURA 1 - Climatogramas de quatro regiões cafeiras do mundo.

bônico pela planta de café começa a declinar. Isso talvez explique, em parte, o fato de que o café, em regiões de temperaturas tão elevadas como na Costa Rica e El Salvador, seja cultivado sob sombra; no Brasil, tomando-se Viçosa como exemplo, e provavelmente no Quênia, além de as temperaturas médias men-sais serem bem mais baixas que nos dois locais supracitados, a baixa capacidade de retenção de umidade pelo solo determina concorrência em água pelas árvores de sombra (14, 15).

2. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE VIÇOSA, MINAS GERAIS

Viçosa situa-se na Zona da Mata, em Minas Gerais, à uma altitude aproximada de 650 m e coordenadas geográficas de 20° 45'S e 42° 15'W.

Como se observa nas figuras 2 e 3, de maneira geral os parâmetros climatológicos registrados acompanharam proporcionalmente a intensidade da radiação solar. Esta, que apresenta, numa média de 28 dias, entre 9 de julho a 6 de agosto de 1970, o valor de 272 cal/cm²/dia, alcançou um máximo entre 21 de janeiro a 18 de fevereiro de 1971, com 530 cal/cm²/dia, para depois declinar novamente até 233 cal/cm²/dia, entre 10 de junho a 8 de julho de 1971; a partir daí, há tendência de aumentar novamente. Com as temperaturas médias, máximas e mínimas ocorreu o mesmo. A temperatura média anual, segundo MEMÓRIA (28), é de 18,8°C. A duração do fotoperíodo, evidentemente, acompanha a curva da radiação solar; em Viçosa os dias são, em média, mais compridos em janeiro e mais curtos em junho-julho, com uma diferença de mais ou menos três horas entre o dia mais longo e o mais curto. A umidade relativa do ar, sendo, a grosso modo, inversamente proporcional à temperatura (ou à intensidade da radiação solar), alcança os máximos quando esta está nos mínimos. A precipitação pluvial (somatório de 28 dias), cujo total médio anual é de 1314,8 mm (28), também exibiu um certo paralelismo com a intensidade da radiação solar, exceto para o período de mais alta radiação, em que foi de apenas 16,4 mm; seu máximo, porém, deu-se entre 19 de outubro e 26 de novembro de 1970, ocorrendo os mínimos de 13 de maio a 10 de junho e entre 8 de julho e 2 de setembro de 1971.

A nebulosidade, considerada de 1 a 10, apresenta uma média anual de 6,7, assim distribuída:

Janeiro: 7,6	Julho: 5,4
Fevereiro: 7,3	Agosto: 5,1
Março: 7,0	Setembro: 7,3
Abril: 6,4	Outubro: 7,5
Maio: 5,8	Novembro: 7,8
Junho: 5,6	Dezembro: 8,2

O sol passa pelo zênite, em relação ao solstício de verão (22 de dezembro), a 25 de novembro e a 18 de janeiro; o solstício de inverno se dá a 21 de junho (28).

Os dados registrados, para o período em estudo, concordam até certo ponto com o padrão estabelecido para o clima de Viçosa: há uma estação seca e fria e uma estação quente úmida.

Baseando-se em GINDEL (17), o índice ecológico, dado pela fórmula

$$IE = \frac{R \times N}{E}$$

onde R é a precipitação pluvial anual, N, o número de dias chuvosos no ano e E, a soma da evaporação durante o ano, tem-se para Viçosa um IE = 296,7, superior ao IE de Campinas (Brasil), que é igual a 122,4 e ao IE = 23,3, de Rehovot (Israel).

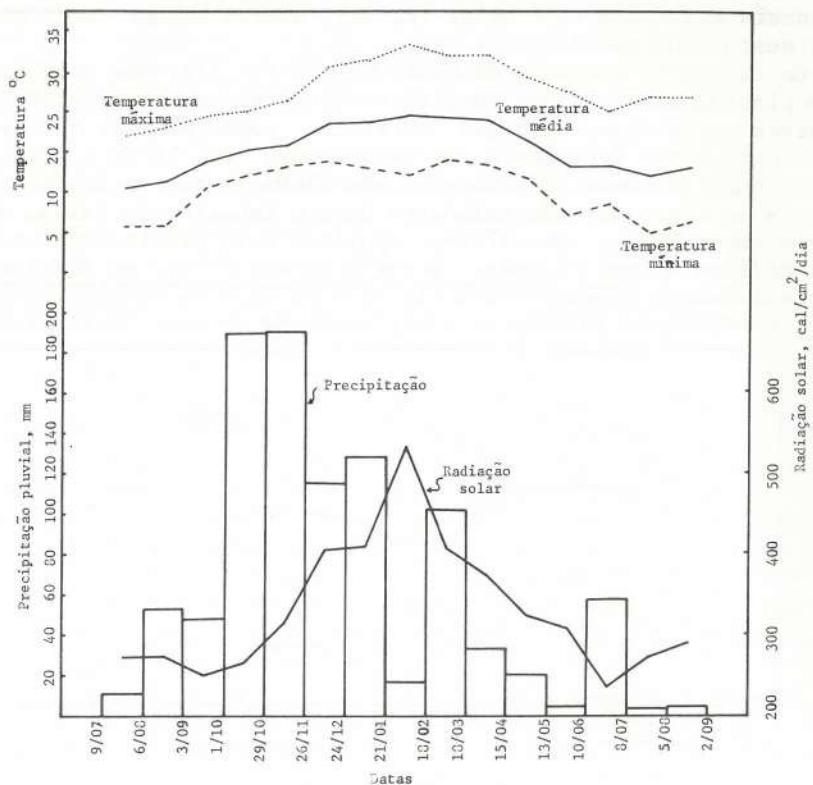


FIGURA 2 - Precipitação e temperatura em Viçosa, de julho de 1970 a agosto de 1971.

A primeira apresenta então, dentre os três locais, as melhores condições para o cultivo do café.

Em resumo, dado que todos os fatores climáticos variaram paralelamente, concentrando-se os meses de maiores intensidades de radiação solar, temperaturas mais altas, maiores precipitações pluviométricas, fotoperíodos mais longos, em uma só época contínua, e as mínimas intensidades dos mesmos fatores, em outra época, é de se esperar que haja duas estações de crescimento para o café: um período de alta atividade de outubro a março e um período de baixa atividade a partir de maio, alcançando um mínimo em junho, julho e agosto.

3. FISIOLOGIA DA FOLHA DO CAFÉ

Em condições experimentais, o efeito da intensidade luminescente sobre a fotossíntese aparente tem sido estudada por diversos autores. Enquanto uns observaram que a plena exposição a fotossíntese aparente é maior (2, 23), outros encontram-na menor nesta condição (26, 33).

Os trabalhos recentes de NUNES *et al.* (31,32), que utilizaram plantas inteiras em condições eficientemente controladas, mostram que a fixação do gás carbônico aumenta quase linearmente com o incremento de temperatura até 24°C; a partir desta qualquer aumento provocava uma elevação nas resistências totais ao fluxo de gás carbônico para o interior da folha, de forma que a 34°C a fotossíntese aparente será praticamente nula. Défices d'água no solo, através de seu efeito na abertura dos estômatos, podem provocar redução na taxa de transpiração, com consequente aumento de temperatura da folha. Esse incre-

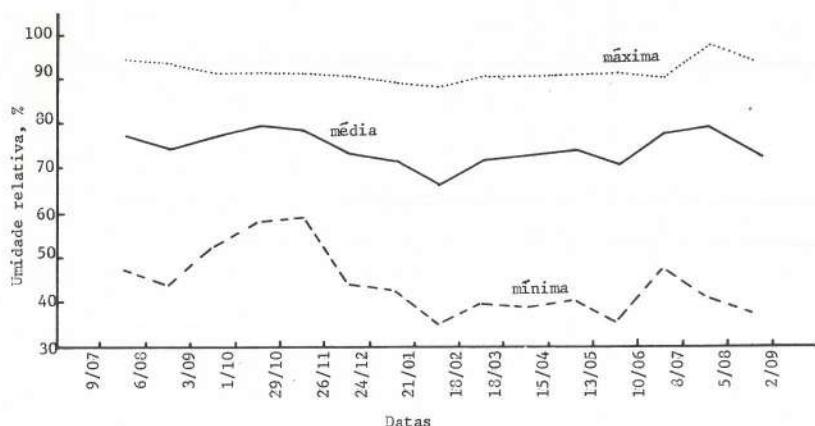


FIGURA 3 - Umidade relativa em Viçosa, de julho de 1970 a agosto de 1971.

mento de temperatura promove um aumento na concentração interna do gás carbônico, o que aumenta as resistências totais ao fluxo desse gás do meio externo para o mesófilo foliar e reduz a fotossíntese. Evidentemente, o crescimento diminuirá. BIERHUIZEN *et al.* (5) também observaram que uma intensidade luminosa maior que $0,11 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$, facilmente encontrada em condições de campo, reduz a intensidade da fotossíntese, pelo aumento de temperatura da folha. Aliás HEATH e ORCHARD (22) chegaram à mesma conclusão, porém, trabalhando com folha isolada.

Um aspecto interessante a considerar é que o défice d'água provoca um aumento do teor de ácido abscísico em folhas de trigo, algodão, ervilha e feijão anão (47). Folhas de trigo quando submetidas a défices d'água apresentam um teor de ácido abscísico quarenta vezes maior que a testemunha. MIZRAHI *et al.* (29) encontraram, em folhas de fumo, um aumento no teor de ácido abscísico à medida que o défice d'água progredia e mencionam que o inibidor tem a capacidade de provocar fechamento de estômatos, enquanto citocininas têm efeito opostos. Esses estudos talvez expliquem o fato de que plantas, em condições de défice d'água, tenham o crescimento reduzido e percam suas folhas.

4. PERIODICIDADE DE APARECIMENTO, EXPANSÃO E QUEDA DAS FOLHAS

CANNEL* em Ruiru (Quênia), verificou que as folhas do café são produzidas quase que continuadamente, o que foi observado também por BARROS e MAESTRI** para o cultivar 'Bourbon Amarelo' em Viçosa, onde aparentemente a temperatura e o fotoperíodo controlam o surgimento e expansão das folhas. Estes autores também observaram que o número de pares de folhas formados sobre os ramos primários não varia, em grande escala, durante a estação de crescimento ativo (outubro a março), porém, cai grandemente durante a fase de crescimento reduzido (abril a agosto), meses em que a temperatura vai reduzindo-se até alcançar o mínimo (figura 2) e o fotoperíodo é menor. No período de crescimento ativo, variam as taxas de crescimento absoluto médio (38) e as áreas finais atingidas pelas folhas: folhas surgidas em 22 de outubro de 1970 apresentaram seis semanas após, área média final de $55,12 \text{ cm}^2$, com uma taxa de crescimento ab-

* M.G.R. CANNEL. *Fruit production and assimilate partition in coffee* (Original não publicado).

** Raimundo Santos BARROS e Moacyr MAESTRI. Resultados sem publicar. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 1971.

sólido médio de 9,19 cm²/semana. Por outro lado, folhas surgidas em 21 de janeiro de 1971 mostraram área final média de 27,14 cm², seis semanas após o surgimento, com uma taxa de crescimento absoluto médio de 4,52 cm²/semana. As folhas surgidas em 18 de fevereiro de 1971 alcançaram, em seis semanas, 40,86 cm², com uma taxa de crescimento absoluto médio de 6,81 cm²/semana. A partir de abril, tanto o número de folhas surgidas como as áreas finais atingidas e suas respectivas taxas de crescimento absoluto médio caem acentuadamente; as folhas que apareceram em 17 de junho de 1971 atingiram uma área média de 9,23 cm², 10 semanas após o surgimento, com uma taxa de crescimento absoluto médio de 0,93 cm²/semana. Como a temperatura em abril-maio ainda é compatível com o desenvolvimento do cafeiro, essa queda no aparecimento e expansão das folhas é atribuída primariamente à diminuição do fotoperíodo, que alcança valores mínimos em junho e julho.

Uma vez que BARROS e MAESTRI trabalharam com lotes irrigado e não-irrigado, não havendo diferença na periodicidade de crescimento entre os dois lotes (figura 4), o fato não pode ser explicado pela influência da precipitação pluvial.

Em Israel, GINDEL (17) determinou também que o fator principal da variação da área foliar formada nos diferentes meses é a temperatura; o enfolhamento começa em março, incrementando-se à medida que a temperatura aumenta, alcançando um máximo em junho-julho, talvez por efeito também do fotoperíodo. A área foliar cai um pouco em agosto, em virtude das altas temperaturas máximas; sobe em setembro, caindo para nível baixo, de novembro a março, período em que as temperaturas são mais baixas e o fotoperíodo menor.

RAYNER (36) no Quênia e WAKEFIELD (45) na Tanzânia, relatam que os períodos de máximo enfolhamento dependem da distribuição das chuvas. CANNEL e HUXLEY (9) e CANNEL (8), fornecendo gás carbônico marcado com C¹⁴ a folhas do cafeiro, ou usando a técnica de anelamento dos ramos, determinaram que, no início da grande estação chuvosa (março-abril, no Quênia) as extremidades dos ramos se constituem no principal depósito metabólico de assimilados produzidos nas folhas inferiores; quando translocados para cima, os assimilados eram utilizados no aparecimento e expansão de novas folhas. Provavelmente, durante os lançamentos da pequena estação chuvosa, ocorre o mesmo. Durante as estações secas, a ocorrência de outros depósitos metabólicos de maior força explica, em parte, a redução no crescimento vegetativo. Desta forma, verifica-se que há variações sazonais do padrão de distribuição dos assimilados.

Nos climas tropicais, a abscisão foliar tem sido associada à distribuição das chuvas e à duração do fotoperíodo (3). Ambos os fatores, fotoperíodo curto (46) e défices d'água (29, 47) provocam acúmulo de ácido abscísico nas folhas. Tratando-

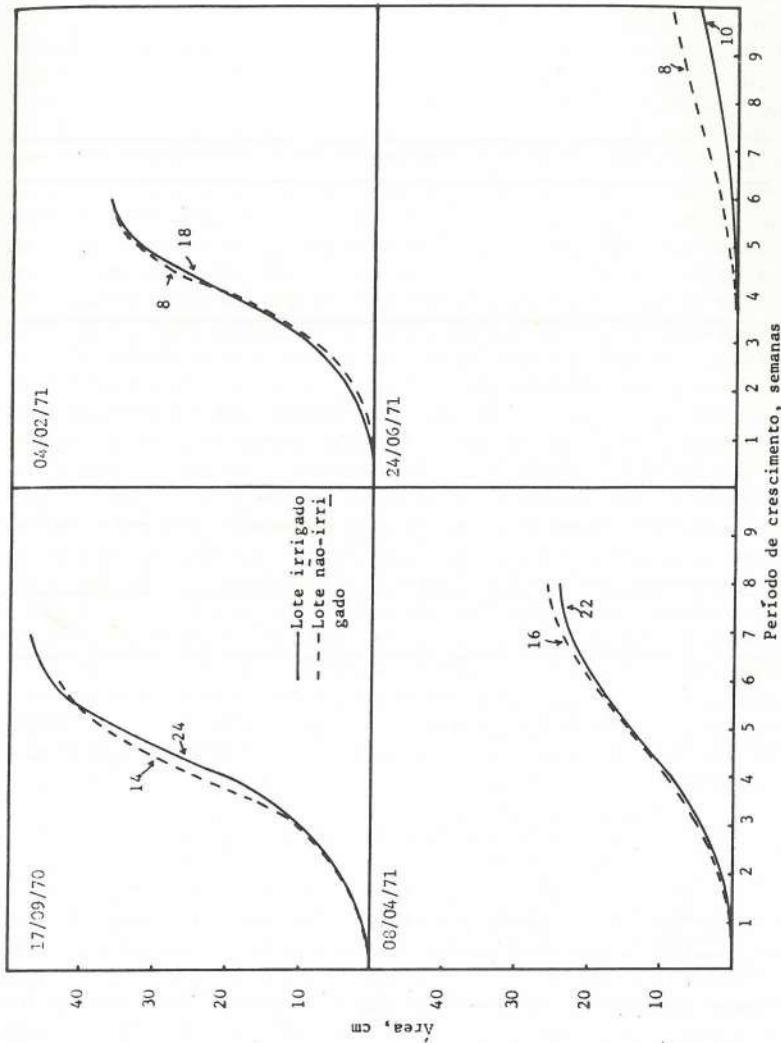


FIGURA 4 - Crescimento de folhas de café nas diferentes épocas do ano (datas do aparecimento no canto superior esquerdo). Médias das áreas do número de folhas indicado pela seta.

se de uma planta sempre verde (18, 19, 20) e de crescimento contínuo (3), o cafeeiro, normalmente, não perde todas as folhas e, em geral, a vida média de uma folha varia de poucos meses a mais de um ano (45).

Em Viçosa, pelas observações pessoais de BARROS e MAESTRI, os maiores períodos de abscisão foliar realizam-se em junho e julho, época de menor fotoperíodo.

CAMARGO e TELES (7), HAARER (18, 19, 20) e ALÉGRE (1) informam que o café, em condições de seca, perdem suas folhas; por isso, HAARER recomenda que o subsolo em que o café é cultivado deve ter a capacidade de reter um certo teor d'água, durante todo o ano. FRANCO e INFORZATO (16) determinaram que a área foliar de um cafeeiro em Campinas (Brasil) é, em média, 32 m² na estação chuvosa e 12 m² na estação seca, época também de menor duração do dia. PEREIRA (34), no Quênia, informa ser o café resistente à seca, pelo mecanismo de exclusão, com a queda das folhas na estação seca. A resistência à seca, também por exclusão, verifica-se durante períodos não muito longos de seca, quando os estômatos se conservam fechados (25) e não se desenvolvem grandes tensões no interior da planta (5).

Um estudo sobre as variações das áreas totais em ramos de café, durante o período de um ano, foi desenvolvido em Misore (Índia) por VASUDEVA (44). Aparentemente, as variações sazonais da área foliar naquela região se devem à distribuição das chuvas e à temperatura (figura 5). A expansão da área foliar começa com o advento da estação das águas, em abril, aumentando gradativamente até junho e estabilizando-se em julho, talvez pelo efeito da elevada precipitação, que pode reduzir a intensidade de crescimento (24, 36, 37). Em seguida, com precipitação mais adequada, a área aumenta até outubro, após o que o período seco e quente de pós-mônção de noroeste reduz o crescimento das folhas e aumenta a abscisão; deve-se também associar os últimos fenômenos ao advento de menores fotoperíodos em Misore.

5. CRESCIMENTO DOS RAMOS

Em vista da natureza dimórfica no modo de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos do café (4, 10, 11, 13, 18, 36), BARROS e MAESTRI tentaram verificar se havia diferenças na periodicidade de crescimento dos dois tipos de ramos, trabalhando com lotes irrigado e não-irrigado. As figuras 6 e 7 demonstram, claramente, que não houve diferenças de periodicidade entre os dois tratamentos e portanto a precipitação não se constitui, em Viçosa, em fator primordial no controle de periodicidade.

Logo de início (figuras 8 e 9), quando se compararam os incrementos observados com os dados da figura 2, observa-se que,

durante o período frio (junho a agosto de 1971), o crescimento é mínimo; pode-se notar que há uma tendência a aumentar o crescimento em altura após a elevação da temperatura, mesmo que não tenha chovido, nos fins de agosto de 1971. Vê-se também que houve grande incremento nas intensidades de crescimento, em setembro de 1970, com máximos ocorrendo entre 1º a 29 de outubro, para ramos ortotrópicos, e entre 1º de outubro a 24 de dezembro, para os laterais primários. A partir desta data os incrementos diminuem, tanto para os ramos ortotrópicos como para os plagiotrópicos. Descartando-se a influência da precipitação, essa queda deve ser atribuída à elevação contínua da temperatura e radiação solar, que entre 21 de janeiro e 18 de fevereiro de 1971 alcançaram os valores mais altos do ano. A taxa de crescimento sofre uma nova ascenção, após este período, com a queda de temperatura e sua menor oscilação diária; posteriormente, cai até atingir, em junho, julho e agosto, o seu nível mais baixo, talvez pela diminuição da temperatura e, principalmente, pelo menor comprimento dos dias a partir de abril. Resumindo, adianta-se que não há diferenças na periodicidade de crescimento entre os ramos ortotrópicos e plagiotrópicos.

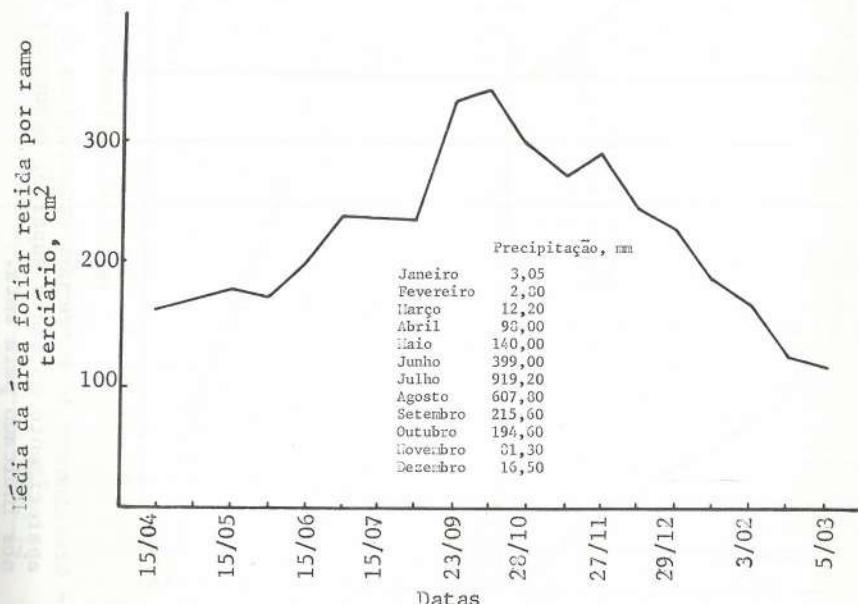


FIGURA 5 - Variações da área foliar em Misore, Índia. Dados adaptados de VASUDEVA (44). Dados de precipitação obtidos de HAARER (18).

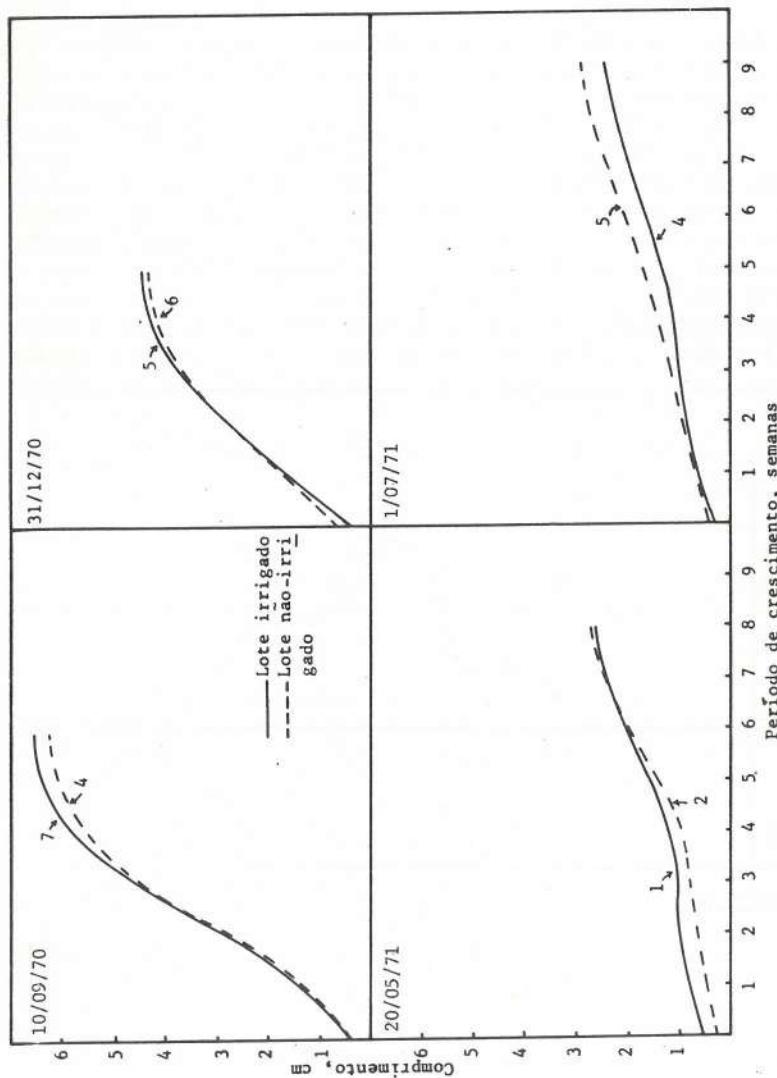


FIGURA 6 - Crescimento de entre-nos ortotrópicos de café nas diferentes épocas do ano (datas do aparecimento no canto superior esquerdo). Médias dos comprimentos do número de entre-nos indicado pela seta.

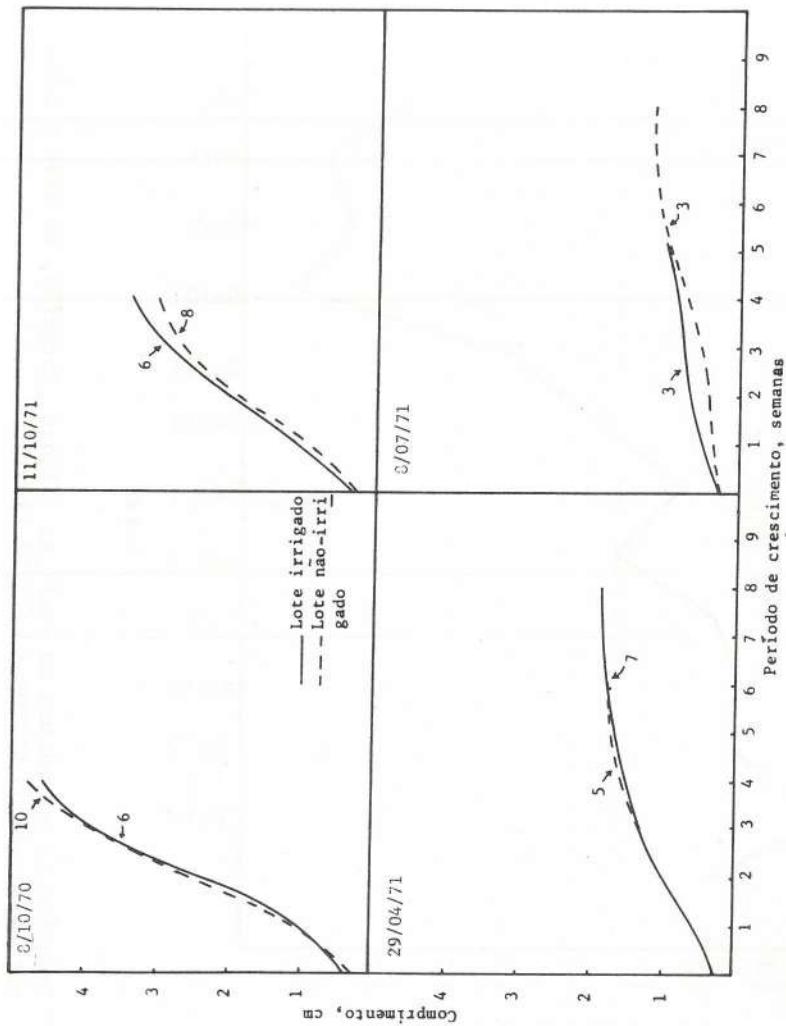


FIGURA 7 - Crescimento de entre-nós plagiotrópicos primários do café nas diferentes épocas do ano (datas do aparecimento no canto superior esquerdo). Média dos comprimentos do número de entre-nós indicados pela seta.

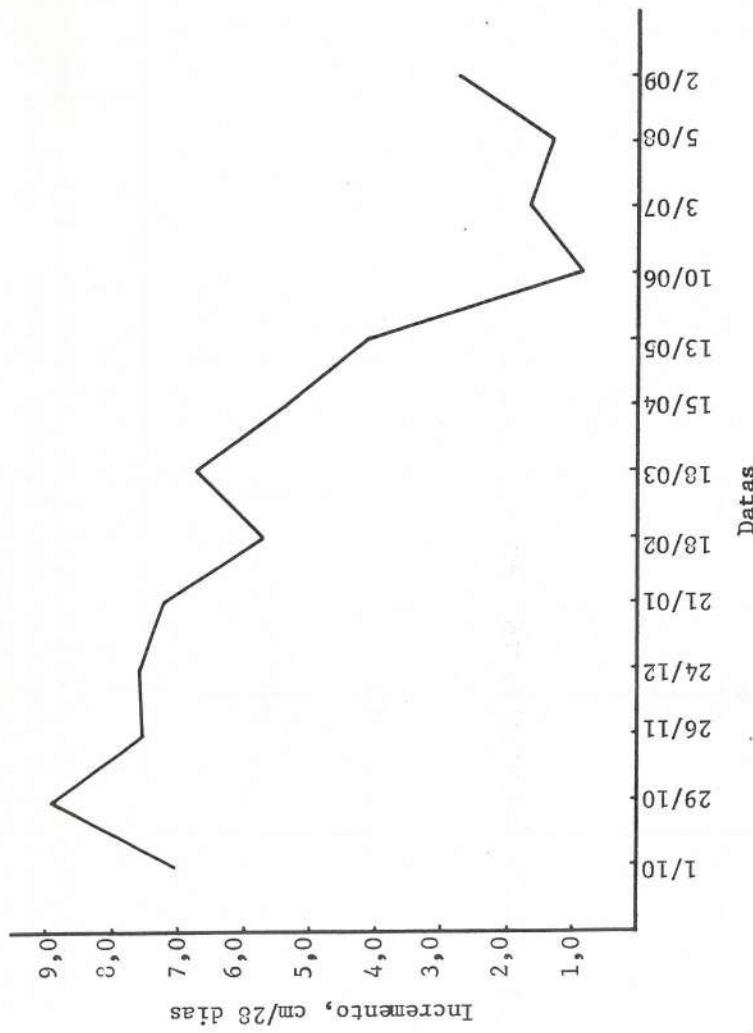


FIGURA 3 - Crescimento em altura do café em Viçosa (Brasil), em 1970 e 1971. Média de 24 ramos. Adaptado de BARROS e MAESTRI (1971).

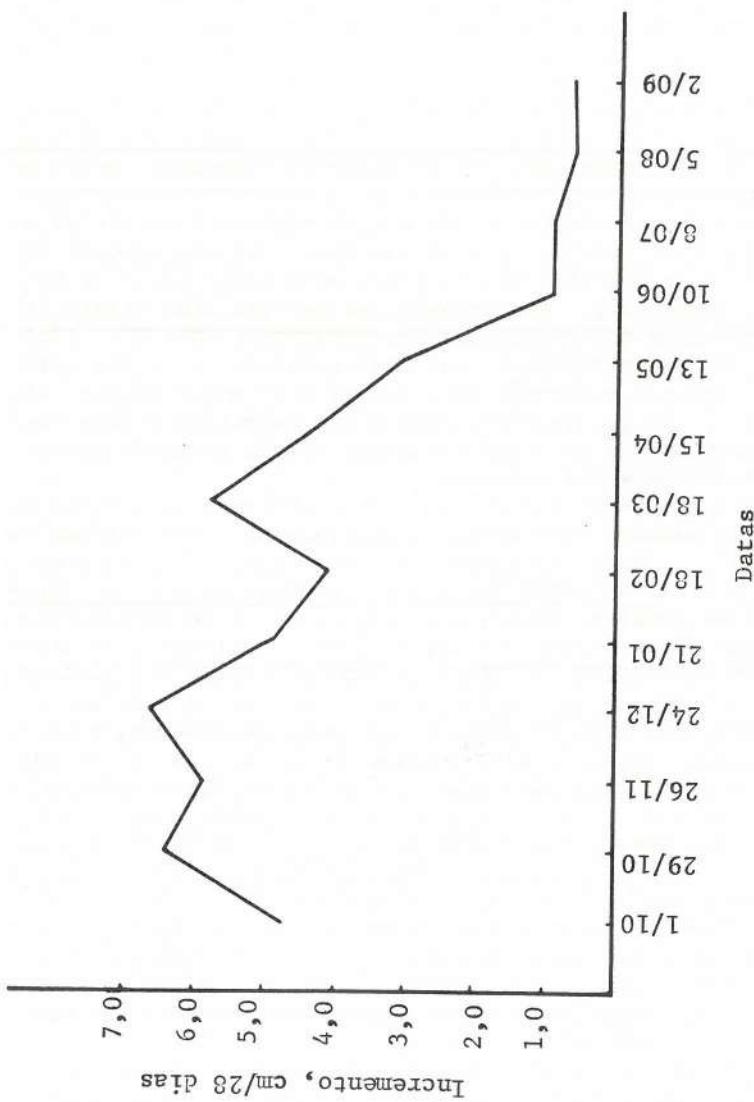


FIGURA 9 - Crescimento total dos ramos primários em Viçosa (Brasil), em 1970 e 1971. Média de 48 ramos. Adaptado de BARROS e MAESTRI.

Tal como ocorreu com o desenvolvimento das folhas sobre os ramos primários, o número de entre-nós surgidos no período de crescimento ativo pouco variou, alterando-se apenas os tamanhos finais alcançados e suas taxas de crescimento absoluto médio. Porém, a partir de abril, o número de entre-nós surgidos diminuiu grandemente, bem como seus tamanhos finais e suas taxas de crescimento absoluto médio. Por exemplo: entre-nós ortotrópicos aparecidos em 1º de outubro de 1970 alcançaram um tamanho médio final, em seis semanas, de 7,2 cm, numa taxa de crescimento absoluto médio de 1,20 cm/semana; entre-nós ortotrópicos aparecidos em 8 de julho de 1971, alcançaram, em nove semanas, 2,9 cm numa taxa de crescimento absoluto médio de 0,23 cm/semana.

O tamanho final dos entre-nós plagiortrópicos e ortotrópicos em Viçosa parece também estar influenciado pela duração do fotoperíodo, como sugeriu SYLVAIN (42), utilizando dados de BOSS (6) e McFARLANE (24), que trabalharam em Turrialba (Costa Rica). Isto também foi encontrado por PIRINGER e BORTHWICK (35), em condições experimentais; nos seus estudos, os ramos laterais apresentaram entre-nós mais longos e em maior número, sob dias longos, do que quando a planta era submetida a dias curtos. O importante é que este trabalho também abrangeu fotoperíodos encontrados nos trópicos.

BOSS (6), em Turrialba (Costa Rica), observou dois picos de crescimento máximo, um começando em janeiro, com clímax em março-abril, e outro começando em maio, com clímax em junho-julho; o período de menor crescimento ocorreu do meio de agosto a meio de janeiro, coincidindo com os meses de temperaturas mais baixas e com os menores fotoperíodos, tal como encontraram BARROS e MAESTRI em Viçosa. BOSS não encontrou qualquer correlação entre a precipitação e os teores d'água no solo com as taxas de crescimento, o que seria de esperar, pois os solos de Costa Rica têm alta capacidade de retenção de umidade (15). Pelo contrário, altas precipitações na Costa Rica podem correlacionar-se negativamente com o crescimento, como observou McFARLANE (24). Este encontrou que as taxas altas de crescimento de junho reduzem-se posteriormente em virtude das elevadas precipitações. Os picos achados por McFARLANE coincidiram praticamente com os picos encontrados por BOSS, mas aquele não detectou correlações com a temperatura, a não ser um período frio no princípio de janeiro, o qual, durante os trabalhos de BOSS, ocorreu um pouco antes. A queda que McFARLANE encontrou em abril-maio, atribuída à falta de precipitação em período anterior, talvez possa ser explicada pela elevação da temperatura mínima e máxima, que alcançaram os mais altos valores nesse período.

NEWTON (30), também em Turrialba, não encontrou qualquer correlação entre os fatores climáticos e os períodos de cres-

cimento; um exame acurado dos gráficos apresentados no seu trabalho aparentemente demonstra uma correlação negativa entre as taxas de crescimento e a precipitação pluvial.

A distribuição da precipitação pluvial é sobremodo importante nas regiões de estação seca definida. REEVES e VILANOVA (37), em Santa Tecla (El Salvador), encontraram que a intensidade de crescimento depende das chuvas; durante uma parte da estação seca (novembro a janeiro), ocorre o crescimento mínimo, mas a fase de crescimento ativo começa ainda na estação seca, nos fins de janeiro, alcançando um ápice em maio-junho, com precipitações pluviais maiores. É bem provável que a duração do fotoperíodo desempenhe papel importante e as curvas de crescimento e fotoperíodo quase que se justapõem. Ainda mais, FRANCO (15) encontrou que os solos de Santa Tecla (El Salvador) apresentam alta capacidade de retenção de umidade, o que pode reforçar a tese da ação do fotoperíodo. Com as altas precipitações de junho-julho, há uma redução na curva de crescimento máximo, que poderia ser explicada ou pela falta de arejamento no solo ou pela lixiviação de nitratos (36, 45). Após aumento na taxa de crescimento, a mesma começa a cair em agosto-setembro.

No Quênia (figura 1) e na Tanzânia, onde há duas estações chuvosas e duas estações secas, o crescimento acompanha a evolução das chuvas (8, 9, 43). A redução do crescimento durante o período seco, onde o fotoperíodo não tem significação, como no Quênia e na Tanzânia, talvez se dê pela menor fotossíntese líquida durante esse período e/ou pelo acúmulo de ácido absínscico, resultante da síntese desse inibidor em tais condições.

Em Mísore (Índia), MAYNE (27) e RAYNER (36) informam que após o período seco e frio, do fim de novembro a início de março, começa a atividade vegetativa, com a elevação da temperatura, mesmo que não chova. No tempo quente e úmido, dos meados de março a fins de maio ou princípios de junho, o crescimento vegetativo é máximo; reduz-se no fim de maio e só retoma a atividade em agosto, continuando até outubro. A queda de crescimento vegetativo em maio é atribuída por MAYNE à concorrência provocada pelos frutos em expansão rápida. No entanto, RAYNER admite que há uma lixiviação de nitratos em vista das altas precipitações (dados de HAARER, figura 4). Talvez haja, nesse período, falta de arejamento do solo. O crescimento mínimo, na estação seca e fria, coincide com os menores fotoperíodos.

Em Chichiná (Colômbia), onde as condições de temperatura são mais ou menos uniformes e sem estação seca caracterizada, SUÁREZ DE CASTRO (40) encontrou dois picos de crescimento, em abril-maio e agosto-setembro; os autores não detectaram qualquer correlação com a precipitação pluvial. CASTILLO Z. (12), em Chichiná, também detectou os mesmos picos, mas os correla-

cionou com as temperaturas noturnas superiores a 20°C, ocorridas 3-4 semanas antes. ALVIM (3), baseado nas informações de Huerta, atribui tais picos a uma maior intensidade de iluminação naqueles períodos.

Um ponto digno de nota é o papel que se atribui aos frutos em expansão sobre a periodicidade de crescimento em café. MAYNE (27) atribui aos frutos em expansão a redução na taxa de crescimento verificada em maio, em Misore (Índia). McFARLANE (24), nos seus estudos, afirma categoricamente que o vingamento e expansão dos frutos são os fatores que determinam o crescimento periódico do café. Os estudos de BOSS (6) demonstraram taxativamente que a remoção de frutos, das árvores, não retardou e nem tampouco suprimiu o período de baixa atividade; apenas nas árvores sem frutos as taxas de crescimento eram maiores que nas testemunhas, durante a época de crescimento ativo, caindo a níveis semelhantes às últimas, durante os períodos de atividade reduzida. Na Guatemala, de acordo com as informações de McFARLANE (24), Cowgill encontrou que o período de maior crescimento vegetativo coincide com a época de formação e maior desenvolvimento do fruto. Fato semelhante ocorre em Viçosa, segundo observações pessoais de BARROS e MAESTRI. CANNEL e HUXLEY (9), havendo fornecido gás carbônico marcado com C¹⁴ e utilizando técnicas radioautográficas, demonstraram que apesar de se constituírem no maior depósito metabólico, quando presentes, os frutos podem restringir a taxa de crescimento vegetativo, mas não modificam o padrão sazonal de distribuição de assimilados.

Frequentemente, também, se atribui o crescimento reduzido que se verifica em seqüência a altas intensidades de chuva à lixiviação de nitratos do solo. BOSS (6), aplicando nitrato, em diferentes épocas, aos cafeeiros, não encontrou diferença alguma entre os cafeeiros tratados e não tratados. Semelhantemente ao que ocorreu com as árvores cujos frutos foram removidos, observaram-se apenas aumentos na taxa de crescimento dos cafeeiros tratados, durante as estações de crescimento ativo. Mesmo assim, pode ser que, no solo em que aquele autor fez seus estudos, o teor de nitrogênio não tenha sido crítico para o desenvolvimento do café.

Por outro lado, CASTILLO (12), RAYNER (36), SUÁREZ DE CASTRO e RODRIGUES (41) e WAKEFIELD (45) mencionam que as floradas ocorrem simultaneamente com altas taxas de crescimento vegetativo.

Parece, em suma, que são variações climáticas, os fatores responsáveis na determinação da periodicidade de crescimento de café.

6. CRESCIMENTO DO SISTEMA RAIZ-TRONCO

Dois trabalhos fazem referência ao crescimento de raízes em

condições de campo. SANDERS e WAKEFIELD (39) e WAKEFIELD (45) encontraram que as radicelas laterais absorventes apresentam dois períodos de crescimento ativo, alternados com dois períodos de baixa atividade, nas condições da Tanzânia. A partir dos fins de maio até julho há um crescimento muito ativo das radicelas laterais; o outro período de atividade verifica-se de janeiro a março. Como essas fases de atividade da raiz se dão nos períodos secos, aqueles pesquisadores atribuem a periodicidade de crescimento da raiz ao acúmulo e produção de nitrato no solo. Pode ser, contudo, que haja maior arejamento do solo durante aqueles períodos.

Importante é a observação de que os períodos de crescimento ativo da raiz ocorrem alternadamente com os períodos de maior atividade da parte aérea. CAINEL e HUXLEY (9) e CANNEL (8) demonstraram que há variações sazonais no tamanho dos depósitos metabólicos; durante a estação seca e quente, de dezembro a janeiro, em Ruiru (Quênia), o tamanho do depósito metabólico raiz-tronco é bem maior que o do depósito metabólico da parte aérea; o inverso ocorre no começo da grande estação chuvosa que se segue. Isso leva a crer que há uma competição entre a parte aérea e o sistema raiz-tronco, por nutrientes e/ou hormônios.

Um corte transversal no tronco do cafeiro exibe tênues anéis (SHIMOYA)* o que deve indicar crescimento periódico. A nível anatômico, a periodicidade de atividade cambial no café ficou patenteada por GINDEL (17), em Israel.

Em Viçosa, BARROS e MAESTRI, fazendo medições em 24 cafeeiros, notaram que o crescimento de tronco de cafeiro se inicia com o advento da estação de crescimento; a atividade cambial aumenta gradativamente até alcançar um máximo em janeiro-fevereiro (figura 10), para depois cair paulatinamente. Também não houve diferenças entre os lotes irrigado e não-irrigado. Talvez, em janeiro-fevereiro, o tronco do cafeiro, em Viçosa, se tenha tornado depósito metabólico de maior capacidade de "sucção" do que o era anteriormente. Observa-se também uma concorrência com a parte aérea, pois esta, apesar de apresentar alta taxa de crescimento no mesmo período, está sofrendo uma redução (figuras 8 e 9). A curva de atividade cambial quase que se superpõe à curva teórica de duração do fotoperíodo. Registrhou-se também uma correlação de 0,96*** entre a atividade cambial e a temperatura média.

7. CONCLUSÕES

Os estudos sobre a periodicidade de crescimento de café, em condições naturais, parecem indicar que os fatores mais impor-

* SHIMOYA, Chotaro, Universidade Federal de Viçosa. Informação pessoal.

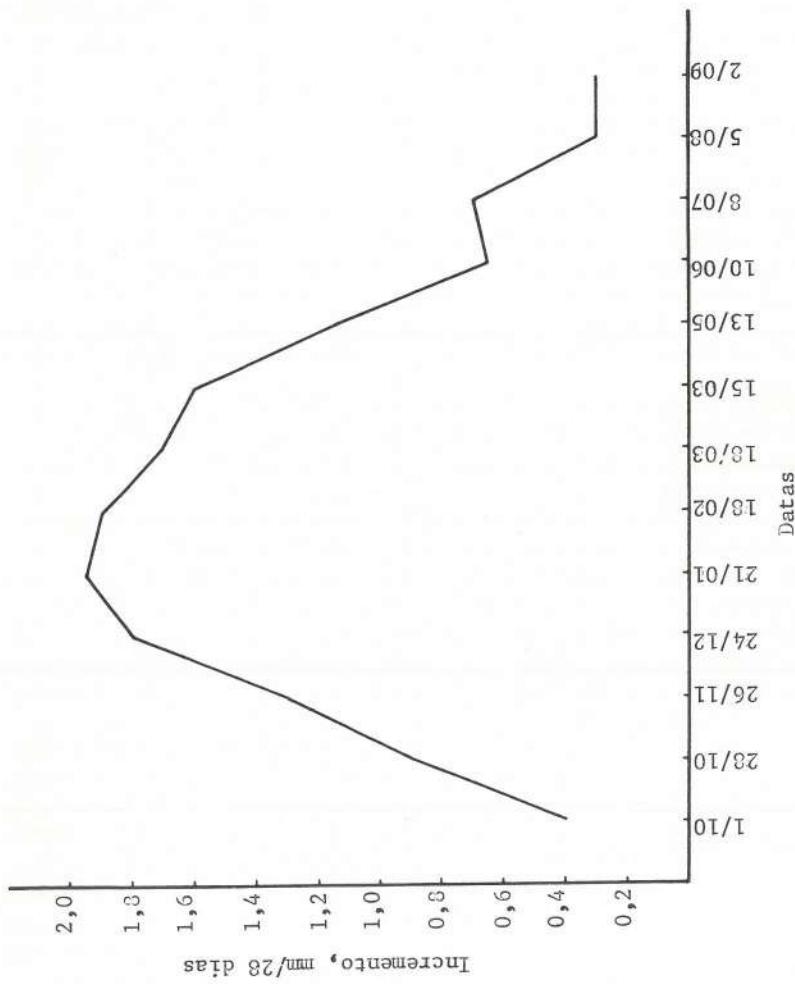


FIGURA 10 - Crescimento do tronco do café em Viçosa (Brasil) em 1970 e 1971. Média de 24 troncos. Adaptado de BARROS e MAESTRI.

tantes na sua determinação são a duração do fotoperíodo e a temperatura, como sugeriu BOSS (6), associando o fenômeno ao que ocorre, de maneira bastante evidente, com as plantas de climas temperados. Parece que a fase menos ativa de crescimento se dá com o advento dos dias mais curtos e, antes de reinício da fase vegetativa ativa, o cafeiro passa por um período frio, tal como BARROS e MAESTRI observaram em Viçosa (Brasil), e BOSS (6), em Turrialba (Costa Rica). Em Misore, Índia, antes do início da fase vegetativa ativa, o café passa por um período frio, tendo entrado anteriormente em fase de baixa atividade, com os fotoperíodos mais curtos. Em El Salvador, parece que o crescimento do café acompanha mais a curva fotoperiódica do que as precipitações, com as quais está altamente correlacionado (37).

Evidentemente, isto não significa que apenas esses dois fatores determinam a periodicidade do café. Em Viçosa, por exemplo, não houve diferenças entre os tratamentos irrigado e não-irrigado, porque todos os fatores meteorológicos favoráveis ao crescimento se concentram numa só estação contínua. A irrigação no período seco não causou efeito, talvez em razão da menor permeabilidade das células das raízes ou do menor crescimento destas, devido a baixas temperaturas noturnas do ar e possivelmente do solo, em junho, julho e agosto (31). No período de alta atividade de crescimento houve uma depressão da curva, em fevereiro, o que se poderia atribuir à falta de chuvas, não fossem as altas temperaturas e intensidades de iluminação durante o período fotossintético (figura 2). Se houvesse uma estação seca caracterizada, durante a fase de crescimento ativo, em Viçosa (setembro-outubro a março-abril), a distribuição das chuvas poderia influenciar marcadamente a periodicidade, o que acontece no Quênia e na Tanzânia, por sinal bastante próximos do equador, onde não pode haver influência da variação do fotoperíodo.

Aparentemente, a floração e a frutificação não influem na periodicidade de crescimento vegetativo em café; apenas determinam as maiores ou menores taxas de crescimento durante os períodos de crescimento ativo, não suprimindo e nem retardando as fases de baixo crescimento.

Em conclusão, parece que apenas os fatores climáticos determinam a periodicidade de crescimento no café.

8. RESUMO

O café, apesar de planta tropical sempre verde, apresenta periodicidade de crescimento, conforme tem sido observado em diversas regiões do globo. Os fatores determinantes da periodicidade parecem estar diretamente mais ligados a condições climáticas que a condições intrínsecas à própria planta. Como

acontece com plantas de climas temperados, talvez menor foto-período leve a planta a um estado de reduzida atividade vegetativa e baixas temperaturas a tirem desse estado. Outros fatores climáticos como regime de chuvas podem estar envolvidos sob certas circunstâncias.

9. SUMMARY

Coffee (*Coffea arabica L.*), although a tropical plant, shows growth periodicity, as has been observed in different parts of the world. The factors which cause this periodicity seem to be directly linked to the environment rather than to internal conditions. As is the case with temperate plants, short photo-periods may induce low vegetative activity, and low temperatures may overcome this state, making the plant reactive to the ensuing higher temperatures. Other environmental factors, such as water regime, may also be involved under certain circumstances.

10. LITERATURA CITADA

1. ALÉGRE, G. Climats et caféiers d'arabie. *Agron. Trop.* 14: 23-58. 1959.
2. ALVIM, P. de T. Physiology of growth and flowering in coffee. *Coffee*, Turrialba, 2:57-62. 1960.
3. ALVIM, P. de T. Tree growth periodicity in tropical climates. In: ZIMMERMANN, M.H., ed. *Formation of Wood in Forest Trees*. New York, Academic Press, 1964. p. 479-495.
4. BEAUMONT, J.H. An analysis of growth and yield relationships of coffee-trees in the Kona District, Hawaii. *J. Agr. Res.* 59:223-235. 1939.
5. BIERHUIZEN, J.F., NUNES, M.A. & PLOEGMAN, C. Studies on productivity of coffee. II. Effect of soil moisture on photosynthesis and transpiration of *Coffee arabica*. *Acta Bot. Neerl.* 18:367-374. 1969.
6. BOSS, M.L. Some environmental factors related to the growth cycle of *Coffea arabica L.* *Fla. St. Hort. Soc. Proc.* 71:327-332. 1958.

7. CAMARGO, R. de & TELLES Jr., A. de Q. Botânica do cafeiro. In: *O Café no Brasil, sua aclimatação e industrialização*. Vol. I. Rio de Janeiro, Brasil, Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, 1953. p.38-83. (Série de Estudos Brasileiros nº 4).
8. CANNEL, M.G.R. Effects of fruiting, defoliation and ring barking on the accumulation of dry matter in branches of *Coffea arabica* L. in Kenya. *Exp. Agric.* 7:63-74. 1971.
9. CANNEL, M.G.R. & HUXLEY, P.A. Seasonal differences in the pattern of assimilate movement in branches of *Coffea arabica* L. *Ann. Appl. Biol.* 64:345-357. 1969.
10. CARVALHO, A. & ANTUNES FILHO, H. Novas observações sobre o dimorfismo dos ramos em *Coffea arabica*. *Bragantia* 12: 81-84. 1952.
11. CARVALHO, A., KRUG, C.A. & MENDES, J.E. O dimorfismo dos ramos em *Coffea arabica*. *Bragantia* 10:151-159. 1950.
12. CASTILLO, Z.J. Observaciones sobre la relación del crecimiento del cafeto y temperatura, en condiciones de campo. *Cenicafé* 8:305-313. 1957.
13. DEAN, L.A. Relationships between rainfall and coffee yields in the Kona District, Hawaii. *J. Agr. Res.* 59: 217-222. 1939.
14. FRANCO, C.M. O problema do sombreamento dos cafezais em São Paulo. *Bol. Sup. Serv. Café*, São Paulo, Brasil, 248:708-717. 1947.
15. FRANCO, C.M. A água no solo e o sombreamento dos cafezais na América Central. *Bragantia* 11: 100-119. 1951.
16. FRANCO, C.M. & INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeiro. *Bol. Sup. Serv. Café*, São Paulo, Brasil, 245:480-497. 1947.
17. GINDEL, I. Ecological behavior of the coffee plant under semi-arid conditons. *Coffee*, Turrialba, 4:49-63, 1962.
18. HAARER, A.E. *Modern Coffee Production*. London, Leonard Hill, 1956. 476 p.
19. HAARER, A.E. Ecología del cafeto. *El Café de El Salvador* 28: 57-61. 1958.

20. HAARER, A.E. Best environment for coffee. *Indian Coffee* 27:289-291. 1963.
21. HARDY, F. *Manual de Cacao*. Turrialba, Instituto Inter-American de Ciências Agrícolas. 1961. p. 439.
22. HEATH, O.V.S. & ORCHARD, B. Midday closure of stomata. Temperature effects on the minimum intercellular space carbon dioxide concentration. *Nature* 180: 180-181. 1957.
23. HUERTA, S.A. *La influencia de la intensidad de luz en la eficiencia assimilatoria y el crecimiento del cafeto*. Turrialba, Costa Rica, Instituto Inter-American de Ciências Agrícolas, 1954. 69 p. (Tese de M.S.).
24. McFARLANE, W.L. *Some factors affecting growth and yield of coffee*. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1949. 47 p. (M.S. Thesis).
25. MAESTRI, M. & VIEIRA, C. Movimento de estômatos em café sob condições naturais. *Rev. Ceres*, Viçosa, Brasil, 10: 324-331. 1958.
26. MAESTRI, M. & GOMES, F.R. Crescimento de mudas de café (*Coffea arabica* L. var. Bourbon) sob diferentes níveis de luz. *Rev. Ceres*, Viçosa, Brasil, 21: 265-271. 1961.
27. ALYNE, W.W. De los caracteres en el desarrollo y fructificación del *Coffea arabica* L. bajo las condiciones de la India del Sur. *Instituto de Defensa del Café de Costa Rica*, 15: 80-85. 1945.
28. MEMÓRIA, J.M.P. *The climate of Viçosa, Minas Gerais, Brasil, in relation to its agriculture*. Iowa State College, 1947. 73 p. (M.S. Thesis).
29. MIZRAHI, Y., BLUMENFELD, A. & RICHMOND, A.E. Abscisic acid and transpiration in leaves in relation to osmotic roots stress. *Plant Physiol.* 46: 169-171. 1970.
30. NEWTON, Jr., G.A. *A preliminary study of the growth and flower habits of Coffea arabica* L. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1952. 37 p. (M.S. Thesis).
31. NUNES, M.A., BIERHUIZEN, J.F. & PLOEGMAN, C. Studies on productivity of coffee. I. Effect of light, temperature and CO₂ concentration on photosynthesis of *Coffea arabica*. *Acta Bot. Neerl.* 17: 93-102. 1968.

32. NUNES, M.A., BIERHUIZEN, J.F. & PLOEGMAN, C. Studies on productivity of coffee. III. Differences in photosynthesis between four varieties of coffee. *Acta Bot. Neerl.* 18:420-424. 1969.
33. NUTMAN, F.J. Studies of the physiology of *Coffea arabica*. I. Photosynthesis of coffee leaves under natural conditions. *Ann. Bot.* 3:353-357. 1937.
34. PEREIRA, H.C. The seasonal assessment of water needs in the irrigation of coffee. *E. Afr. Agric. J.* 22:188-193. 1957.
35. PIRINGER, A.A. & BORTHWICK, H.A. Photoperiodic responses of coffee. *Turrialba* 5: 72-77. 1955.
36. RAYNER, R.W. Growth and bearing habits of *Coffea arabica* in Kenya and in Southern India. *E. Afr. Agric. J.* 11 (4):251-255. 1946. (CRANE, J.C. & GREENE, L. *Abstracts of some the literature pertaining to coffee*. United States Department of Agriculture, 1953. p. 81-83).
37. REEVES, G. & VILANOVA, T. Estudio preliminar acerca del crecimiento de los cafetos. *El Café de El Salvador* 18: 1085-1092. 1948.
38. RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F.C., ed. *Plant Physiology. A Treatise*. Vol. 5A. New York and London, Academic Press. 1969. p. 3-76.
39. SANDERS, F.R. & WAKEFIELD, A.J. *Coffee cultivation with special reference to the Northern Province Tanganyka Territory*. Department of Agriculture Tanganyka Territory (Pamphlet n° 7). 1932. (CRANE, J.C. & GREENE, L. *Abstracts of some of the literature pertaining to coffee*. United States Department of Agriculture, 1953. p. 123-126).
40. SUÁREZ DE CASTRO. Cuando crecen los cafetos? *Rev. Cafetera de Colombia* 14:39-42. 1958.
41. SUÁREZ DE CASTRO & RODRIGUES, G.A. Relación entre el crecimiento del cafeto y algunos factores climáticos. *Boletín Técnico da Federación Nacional de Cafeteros, Colombia*, Bol. Técnico N° 2, 1956, 13 p.

42. SULVAIN, P.G. *El ciclo de crecimiento de Coffea arabica.* Turrialba, Costa Rica, Instituto Inter-American de Ciências Agrícolas. In: *Curso Internacional sobre Técnica de la Producción del Café*, 1958. 17 p.
43. TROJER, H. La investigación agroclimatológica para el cultivo del café en Colombia. *Cenicafé* 7: 78-101. 1956.
44. VASUDEVA, N. Preliminary studies on the growth of coffee leaves. *Indian Coffee* 31: 5-6. 1957.
45. WAKEFIELD, A.J. *Arabica coffee, periods of growth and seasonal measures s.l.* Tanganyika Territory Departament of Agriculture, 1933. (Pamphlet nº 9). 16 p.
46. WAREING, P.F. Dormancy in plants. *Sci. Progr.* 53:529-547. 1965.
47. WRIGHT, S.T.C. & HIRON, R.W.P. Abscisic acid, the growth inhibitor induced in detached wheat leaves by a period of wilting. *Nature* 224: 719-720. 1969.