

LEANDRO ELIAS MORAIS

**FOTOSSÍNTESE E CRESCIMENTO DE CLONES DE *Coffea canephora* EM
FUNÇÃO DE DIFERENTES PERÍODOS DE MATURAÇÃO
E ÉPOCAS DE PODA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

LEANDRO ELIAS MORAIS

**FOTOSSÍNTESE E CRESCIMENTO DE CLONES DE *Coffea canephora* EM
FUNÇÃO DE DIFERENTES PERÍODOS DE MATURAÇÃO
E ÉPOCAS DE PODA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVADA: 28 de julho de 2010.

Prof. Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves

Prof. Marco Aurélio Pedron e Silva

Prof. Fábio Murilo DaMatta

Dra. Maria Amélia Gava Ferrão

Co-Orientador

Co-Orientadora

Prof. Raimundo Santos Barros

Orientador

Ofereço

aos meus pais, Ana Rocha e Geraldo Filho, que me deram uma infância maravilhosa, mostraram-me o verdadeiro poder do estudo e em quem me espelho para o resto da minha vida...

Dedico

aos meus irmãos, Geano e Samuel, grandes exemplos de fraternidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus

A Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Biologia Vegetal e ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, por todo suporte, auxílio e também pela oportunidade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao INCAPER, pela valiosa colaboração neste trabalho, por ter aberto “as portas” da Fazenda Experimental de Marilândia, pela excelente recepção, e nos fazendo sentir em casa nos momentos de trabalho, mesmo longe de casa.

A Natália que, mesmo distante, me faz sentir todo amor e carinho, me confortando, sendo uma namorada, companheira e amiga.

Ao Prof. Fábio, por toda amizade, orientação, pela competência exemplar, comprometimento e todo empenho.

Aos meus amigos de infância em Ibiá, do ensino médio em Uberaba, da graduação em Juiz de Fora e do mestrado em Viçosa.

Aos professores, funcionários e estudantes do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal.

Aos Professores Raimundo Barros, Marco Aurélio e Agnaldo Chaves, e a Pesquisadora Maria Amélia Gava Ferrão, pelas valiosas sugestões e colaboração para melhoria deste trabalho.

Aos integrantes do grupo café: Paulo Cavatte, Nelson, Paulo Eduardo, Mariela, Aline, Alice, Samuel, Yesid, Lílian, Medina, Josimar, Lucas. Ao Werner e a Kelly, pela paciência e enorme contribuição na parte laboratorial.

A todos aqueles que contribuíram para realização deste trabalho, recebam meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1. Aspectos Gerais	5
2.2. Avaliações	6
2.2.1. Trocas Gasosas	7
2.2.2. Fluorescência da clorofila <i>a</i>	7
2.2.3. Amido	8
2.3. Procedimentos estatísticos	8
3. Resultados	9
3.1. Efeito de Diferentes Épocas de poda	9
3.1.2. Taxa de Crescimento de Ramos Plagiotrópicos e Razões Alométricas dos Ramos Plagiotrópicos	9
3.1.2. Trocas Gasosas	12
3.1.3 Fluorescência da Clorofila <i>a</i>	15
3.1.4. Concentração de Amido	15
3.2. Efeito das Épocas de Poda em Função do Padrão de Maturação de Frutos	19
3.2.1. Taxa de Crescimento de Ramos Plagiotrópicos e Razões Alométricas dos Ramos Plagiotrópicos	19
3.2.2. Trocas Gasosas	21
3.2.3 Fluorescência da Clorofila <i>a</i>	24
3.2.4. Concentração de Amido	27
3.3. Efeito dos Clones	27
3.3.1. Taxa de Crescimento de Ramos Plagiotrópicos e Razões Alométricas dos Ramos Plagiotrópicos	28
3.3.2. Trocas Gasosas	30
3.3.3 Fluorescência da Clorofila <i>a</i>	32
3.3.4. Concentração de Amido	34
3.4. Efeito da Maturação	34
3.4.1. Taxa de Crescimento de Ramos Plagiotrópicos e Razões Alométricas dos Ramos Plagiotrópicos	34
3.4.2. Trocas Gasosas	36
3.4.3 Fluorescência da Clorofila <i>a</i>	38
3.4.4. Concentração de Amido	39
4. Discussão	40
4.1. Crescimento e Produção	40
4.2. Fotossíntese e Teores de Amido	41
5. Conclusão	44
6. Referências Bibliográficas	45

RESUMO

MORAIS, Leandro Elias, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Fotossíntese e crescimento de clones de *Coffea canephora* em função de diferentes períodos de maturação e épocas de poda.** Orientador: Raimundo dos Santos Barros. Co-Orientadores: Fábio Murilo DaMatta e Maria Amélia Gava Ferrão.

Embora a poda em lavouras de *Coffea canephora* seja uma prática necessária, pouco se sabe, em bases científicas, a respeito da época ideal para a sua realização. Ademais, em café, nenhum estudo foi feito, até o presente, tentando associar as variações da fotossíntese, em função do padrão de maturação de frutos. Procurou-se investigar, neste estudo, os efeitos de podas realizadas em diferentes épocas entre a colheita e a florada, em clones de café robusta, com distintos períodos de maturação de frutos (precoce, intermediário e tardio), avaliando-se, especificamente, o crescimento, a fotossíntese e o acúmulo de amido. Clones de maturação precoce (clones 03 e 67) foram podados em quatro diferentes épocas: 0, 30, 60 e 90 dias após a colheita (DAC); nos clones intermediários (120 e 16), a poda foi realizada aos 0, 30 e 60 DAC; nos tardios (19 e 76), realizou-se a poda aos 0 e 30 DAC. A taxa de crescimento de ramos e as trocas gasosas (taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática e a razão entre as concentrações interna e ambiente de CO₂) não foram afetadas pelos tratamentos de poda, independentemente do clone estudado. Não se verificou, também, efeitos da poda sobre as concentrações foliares de amido e sobre a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II. Outros parâmetros de fluorescência da clorofila *a* foram apenas afetados marginalmente pelos tratamentos de poda. As principais diferenças ora observadas dizem respeito às variáveis associadas à fotossíntese e aos teores de amido, em função, particularmente, do padrão de maturação dos frutos. Os clones de maturação tardia, comparados aos demais clones, exibiram menor taxa de fotossíntese líquida (~25%) e menor teor foliar de amido (~20%). Em todo o caso, nos clones de maturação tardia, como os frutos têm um período maior de enchimento e maturação, os menores valores da taxa fotossintética, de teores de amido e de razão área foliar/massa de frutos podem ser compensados, no longo prazo, pela menor força do dreno. Em suma, demonstrou-se que é indiferente proceder-se à poda imediatamente após a colheita, conforme usualmente recomendado, ou posteriormente, antes da florada.

ABSTRACT

MORAIS, Leandro Elias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2010. **Photosynthesis and growth of clones of *Coffea canephora* in relation to different periods of fruit ripening and pruning times.** Adviser: Raimundo Santos Barros. Co-advisers: Fábio Murilo DaMatta and Maria Amélia Gava Ferrão.

Pruning is a key agronomic practice in coffee (*Coffea canephora*) plantation management, but little is known on a scientific basis about the ideal time to conduct it. Furthermore, studies associating variations in photosynthesis, as affected by the fruit ripening pattern, are missing in coffee. In this study, the effects of different pruning times, conducted between harvest and flowering, in clones of robusta coffee, displaying varying fruit ripening patterns (early, intermediate and late maturation periods), were examined by specifically evaluating growth, photosynthesis and starch accumulation. Treatments consisted of different pruning periods as follows: early maturation clones (03 and 67) were pruned at 0, 30, 60 and 90 days after fruit harvest (DAH); intermediate maturation clones (120 e 16) pruned at 0, 30 and 60 DAH; and late maturation clones (19 and 76) pruned at 0 and 30 DAH. The branch growth rate and gas exchange parameters (net photosynthesis rate, stomatal conductance and internal-to-atmospheric CO₂ concentration ratio), maximum photochemical efficiency of photosystem II, and leaf starch concentration all were unaffected by the pruning treatments, regardless of clones. Other chlorophyll *a* fluorescence parameters were only marginally affected by pruning. On the other hand, some gas exchange variables and starch contents were altered in response to the fruit ripening patterns. The late maturation clones, compared to the other ones, showed lower net photosynthesis rates (~25%) and lower leaf starch content (~20%). In any case, for the late ripening clones, as their fruits have a longer grain-filling period and maturation time, their lower photosynthetic rates, starch content and leaf-to-fruit ratio could be offset, in the long-term, by their lower sink strength. In summary, the results suggest that is indifferent to perform the pruning immediately after fruit harvest, as usually recommended, or afterwards before flowering.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Coffea* possui cerca de 100 espécies descritas (Davis, 2006), das quais apenas duas são exploradas economicamente, *C. arabica* (Café arábica) e *C. canephora* (Café robusta). Depois do petróleo, o café é a principal mercadoria do comércio mundial, gerando cerca de US\$90 bilhões de dólares anualmente, envolvendo aproximadamente 500 milhões de pessoas ao longo de toda cadeia produtiva (DaMatta e Ramalho 2006). Estimativas para a produção brasileira de café (safra de 2009/2010) revelam que 29% da produção são derivados do café robusta, destacando-se o estado do Espírito Santo como maior produtor nacional, respondendo com, aproximadamente, 70% da produção de café robusta (Conab, 2010).

No estado do Espírito Santo, em função do sucesso de programas de melhoramento iniciados pelo Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER), em 1985, as lavouras de café robusta vêm sendo formadas, em sua maioria, por variedades clonais. Inicialmente, para compor uma variedade, plantas foram selecionadas mediante observações em campo e eleitas por uma série de caracteres, dentre eles: produtividade, adaptabilidade aos diferentes ambientes, estabilidade de produção, tolerância aos estresses bióticos e abióticos, uniformidade e o período de maturação do fruto, entre outros (Ferrão, 2007b). Além do melhoramento genético, o sucesso de produção deve-se largamente a progressos de tratos culturais adequados, como o arranjo da lavoura em fileiras, cada fileira correspondendo a um clone com período distinto de maturação do fruto. Nos clones de maturação precoce, os frutos se expandem e maturam em menor tempo (34 semanas, em média), quando comparados com clones de maturação intermediária (41 semanas, em média) ou tardia (45 semanas, em média) (DaMatta e Ronchi, 2007). Em função disso, a colheita em clones precoces antecede à dos intermediários, e a destes, por sua vez, antecede a colheita dos clones tardios, concentrando a oferta de frutos maduros em diferentes épocas dentro de uma lavoura. Isso possibilita o escalonamento e programação da colheita, a otimização da mão-de-obra e melhor uso da infra-estrutura física para secagem e beneficiamento dos frutos, podendo também contribuir para melhoria na qualidade final do produto e seu preço, uma vez que os frutos colhidos se encontram com maior uniformidade de maturação (Bragança et al., 2001).

Os clones de maturação precoce, em função de os frutos expandirem-se e maturarem em menor tempo, requerem que os assimilados lhes sejam mobilizados num menor período de tempo, quando comparados com clones de maturação intermediária ou tardia. Para prover essa maior demanda de assimilados pelos frutos, esperam-se aumentos correspondentes na capacidade fotossintética e/ou remobilização de assimilados armazenados no sistema tronco-raiz. Contudo, em anos com alta carga de frutos e elevada remobilização de assimilados, pode ocorrer um depauperamento da planta (DaMatta, 2010). Por outro lado, nos clones de maturação precoce, o intervalo entre a colheita e a florada é maior, havendo, portanto, maior tempo para a recuperação do esgotamento da planta e danos causados pelo depauperamento potencial. De forma contrária, uma vez que clones tardios exibem maior tempo para completa maturação dos frutos, a exigência e remobilização de fotoassimilados pode dar-se de forma gradual, mas, após a colheita, o tempo para recompor suas reservas até a florada é menor.

O café robusta caracteriza-se por possuir uma arquitetura típica, com porte elevado e multicaule, com vários ramos ou hastes verticais denominados ortotrópicos, de onde partem ramos plagiotrópicos (horizontais) ou produtivos (Ferrão et al., 2007a). O porte alto e o elevado número de hastes, quando a lavoura é conduzida livremente, pode provocar rápido “fechamento” do cafezal, dificultando acesso para execução dos tratamentos culturais à lavoura. Esse “fechamento” leva a um maior grau de auto-sombreamento, reduzindo a penetração da radiação fotossinteticamente ativa ao longo da copa, concorrendo sobremodo para limitar a assimilação líquida de carbono pelas folhas mais internas. Ademais, o sistema de livre condução do cafezal pode levar ao envelhecimento da lavoura, associado ao desequilíbrio entre a redução da área foliar (associada à fotossíntese) e o aumento da massa seca total da planta, que passa a ser constituída basicamente pelo excesso de ramos ortotrópicos. Isso leva a uma maior demanda por fotoassimilados, que não são adequadamente supridos pela pequena área foliar, acarretando a perda de vigor da lavoura, por conseguinte, declínio da produtividade (DaMatta e Ronchi, 2007). Consequentemente, impõe-se a necessidade de controlar-se o número de ramos via um eficiente sistema de poda, de modo a melhorar a arquitetura da copa, com vistas ao aumento de produtividade.

Com efeito, a poda é normalmente realizada todos os anos, sendo considerada uma das mais importantes práticas agrônômicas empregadas em lavouras de café robusta, permitindo a recuperação e renovação de lavouras improdutivas, aumentando a

vida útil do cafeeiro, melhorando o arejamento e a penetração de luz no interior da copa, facilitando operações de colheita e outros tratamentos culturais e fitossanitários, além de outros benefícios. Ademais, os ramos eliminados contribuem para melhorar a composição física e química do solo, pela incorporação de matéria orgânica, além de reduzir a evaporação e a incidência de plantas daninhas (Fonseca et al, 2007).

A formação de ramos novos, após a poda, conduz a modificações especialmente nos estoques de carboidratos e de nitrogênio, sendo que a quantidade armazenada e capacidade de translocação desses governam, em grande parte, o sucesso da formação de novos ramos (Berninger et. al., 2000; Ourry et al., 1994). A poda pode também reduzir o número de raízes finas, comprometendo a absorção de água e nutrientes (Eissenstat e Duncan, 1992; Rena e DaMatta, 2002; Chesney e Vasquez, 2007). A eliminação de parte da folhagem pode acarretar aumentos na taxa de assimilação líquida de carbono na folhagem remanescente (Pinkard et al., 2004), em função da maior penetração de luz no interior da copa e também de um estímulo à condutância estomática (Elfadl et al., 2003), o que poderia compensar a redução da fotossíntese da planta inteira, associada à menor área foliar após a poda. Sugere-se que a alteração da relação fonte:dreno, em função da poda, refletir-se-á em compensação na fotossíntese das folhas remanescentes e em alteração nos estoques de carboidratos.

Apesar da necessidade da poda no manejo de plantações do café robusta, ela é uma atividade dispendiosa; de hábito, é realizada imediatamente após o período da colheita, quando a disponibilidade de mão-de-obra ainda é escassa e cara, onerando custos de produção. Caso fosse possível escalonar a poda entre a colheita e a primeira florada, num cenário de maior disponibilidade e menor custo de mão-de-obra, haveria uma otimização do uso da mão-de-obra e menores custos de produção. No entanto, pouco se sabe, em bases científicas, a respeito da época ideal para realizar a poda. Com efeito, algumas indagações devem ser respondidas, como: (i) até que período, após a colheita, poder-se-ia efetivar as operações de poda sem que isso interfira no crescimento e na produção? (ii) Quais as conseqüências sobre as trocas gasosas das plantas podadas em diferentes épocas? (iii) Quais as conseqüências, em termos de crescimento e estoques de carboidratos, da poda feita em diferentes períodos, em clones com maturação diferenciada, *i.e.*, precoce, intermediária e tardia? Respostas a essas lacunas fornecerão subsídios para recomendações de épocas de poda em bases mais científicas e, em paralelo, permitindo a otimização da mão-de-obra, além de maior lucratividade e

sustentabilidade da lavoura. Dessa maneira, para responder às questões supracitadas, pretendeu-se, neste trabalho, avaliar clones de café robusta, com distintos períodos de maturação do fruto (precoce, intermediário e tardio), podados em diferentes épocas, entre a colheita e a florada, avaliando-se, especificamente, o crescimento, a fotossíntese e o acúmulo de amido nas folhas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aspectos Gerais

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER), em Marilândia (19°407'S, 40°539W, 110 m de altitude), região noroeste do Espírito Santo, Brasil. O solo do local é Latossolo Vermelho distrófico forte ondulado. Este lugar recebe uma media anual de chuvas de 1130 mm com uma marcada estação seca, que se estende de março/abril até setembro/outubro. A temperatura média anual é 24,3°C.

O cafezal foi implantado em 2000, com plantas de *C. canephora* Pierre var. *kouillou* dispostas em linhas de plantio no sentido norte-sul, sob espaçamento 2,5 x 1,0 m, com 16000 hastes produtivas ha⁻¹ ou 4 hastes planta⁻¹, sem irrigação, porém com tratos culturais usuais empregados em lavouras de café conilon. O experimento propriamente dito foi implantado em 2007, procedendo-se à poda anualmente, após a colheita, mantendo-se 12000 hastes produtivas ha⁻¹ ou 3 hastes planta⁻¹, a partir de 2007. As operações de poda seguiram as recomendações de Fonseca et al. (2007), retirando-se ramos plagiotrópicos que atingiram 70% da sua capacidade de produção, bem como eliminando-se ramos ortotrópicos com produção insatisfatória a partir da terceira ou quarta colheita. Paralelamente, efetuou-se a desbrota, manejando brotos novos com um ano de idade em quantidade adequada para recompor a lavoura.

Testaram-se 18 tratamentos (Tabela 1), dispostos em blocos incompletos casualizados. Cada tratamento foi constituído por fileiras de café com dez plantas, utilizando-se apenas as oito centrais. Os clones de maturação precoce (clones 03 e 67) exibem menor tempo de formação de fruto; portanto, sua colheita foi realizada em 15 de maio e, como nesses clones o tempo de colheita é mais distante da florada, foram realizadas podas em quatro diferentes épocas, expressas em dias após a colheita (DAC): aos 0 (15/maio), 30 (15/junho), 60 (15/julho) e 90 (15/agosto) DAC. Nos clones intermediários (clones 120 e 16), a colheita foi executada em 15 de junho e aplicaram-se três tratamentos de poda: 0 (15/junho), 30 (15/julho), 60 (15/agosto) DAC. Nos clones tardios (clones 76 e 19), os frutos levam maior tempo para atingirem a maturidade; a colheita foi realizada em 15 de julho e, portanto, a florada ocorre logo após a colheita,

permitindo, pois, a efetivação de apenas duas épocas de poda: 0 (15/julho) e 30 (15/agosto) DAC.

Tabela 1- Tratamentos avaliados considerando-se diferentes épocas de colheita e de poda, dependendo do padrão de maturação do clone

Tratamentos	Maturação	Clones	Época da colheita	Época da poda
1	Precoce	03	15/mai	15/mai
2		03	15/mai	15/jun
3		03	15/mai	15/jul
4		03	15/mai	15/ago
5		67	15/mai	15/mai
6		67	15/mai	15/jun
7		67	15/mai	15/jul
8		67	15/mai	15/ago
9	Intermediária	16	15/jun	15/jun
10		16	15/jun	15/jul
11		16	15/jun	15/ago
12		120	15/jun	15/jun
13		120	15/jun	15/jul
14		120	15/jun	15/ago
15	Tardia	19	15/jul	15/jul
16		19	15/jul	15/ago
17		76	15/jul	15/jul
18		76	15/jul	15/ago

2.2. Avaliações

Avaliações de crescimento vegetativo foram realizadas em seis ramos plagiotrópicos primários em cada bloco, no terço superior da copa da planta, com comprimento de cada ramo tomado com auxílio de uma fita métrica, desde junho de 2009 até abril de 2010. As demais avaliações fisiológicas foram realizadas em seis repetições (três na face leste e três na face oeste dos renques), dentro de cada tratamento, em duas épocas fenologicamente distintas: época 1 – antes da floração (27 a 28 de agosto de 2009); época 2 – pós-antese, a fase “chumbinho” dos frutos (25 a 27 de setembro de 2009). Todas as medições e amostragens foliares foram realizadas em folhas do terceiro ou quarto par a partir do ápice de ramos plagiotrópicos do terço superior das plantas.

Em janeiro de 2010, coletaram-se ramos plagiotrópicos, localizados no terço mediano, perfazendo seis repetições por tratamento (três ramos por repetição). A partir disso, determinou-se a área foliar, tomando-se a largura máxima e o comprimento

máximo de cada folha, utilizando-se das equações descritas em Antunes et al (2008). Os frutos e as folhas foram então secados em estufa a 70 °C e, posteriormente, pesados. Com essas informações, calcularam-se as razões entre a massa seca de folhas e massa seca de frutos (RMF) e a razão entre a área foliar e a massa seca de frutos (RAF).

Algumas das avaliações/medições foram realizadas na própria lavoura, e outras, no Laboratório de Fisiologia Vegetal, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG. Nesse caso, amostras de material vegetal foram congeladas em nitrogênio líquido e transportadas à UFV.

2.2.1 - Trocas Gasosas

Foram avaliadas a condutância estomática (g_s), a taxa fotossintética líquida (A) e a razão entre as concentrações interna e externa de CO₂ (C_i/C_a), utilizando-se de um analisador portátil de gás a infravermelho (LI-6400, LI-COR Biosciences Inc., Nebraska, EUA) equipado com uma fonte de luz azul/vermelho modelo LI-6400-02B (LI-COR). As medições foram realizadas pela manhã, sob condições ambientes de concentração de CO₂, temperatura e umidade, sob irradiância de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

2.2.2 – Fluorescência da Clorofila *a*

Os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* foram determinados nas mesmas folhas utilizadas para as medições de trocas gasosas, usando-se de um fluorômetro portátil modulado MINI-PAM (Walz, Effeltrich, Alemanha). Tecidos foliares previamente aclimatados ao escuro, por 30 min, foram excitados por luz vermelha modulada de baixa intensidade (0,03 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), para obtenção da fluorescência mínima (F_0). Na seqüência, aplicou-se um pulso de luz actínica saturante (3000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), durante 0,8 s, para estimar-se a fluorescência máxima (F_m). As folhas foram então aclimatadas à luz actínica (1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante 40 s, a fim de se obter a fluorescência transiente (F_s) e, em seguida, aplicou-se um pulso de luz saturante para estimar-se a fluorescência máxima à luz (F_m'). O valor da fluorescência mínima adaptada à luz (F_0') foi calculado segundo Oxborough e Baker (1997). Com esses parâmetros, calcularam-se os coeficientes de extinção fotoquímica (q_p) e não-fotoquímica (NPQ), o rendimento quântico do transporte de elétrons (Φ_{FSII}) e a taxa de transporte de elétrons (ETR). A eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II foi estimada pela razão $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$.

2.2.3 - Amido

Tecidos foliares foram liofilizados a $-48\text{ }^{\circ}\text{C}$ e macerados em um disruptor celular com auxílio de esferas de metal de 3,2 mm (Mini-Bead beater-96, Bio Spec Products, Bartlesville, OK, EUA). Tomaram-se 10 mg de tecido em pó, ao qual se adicionou 1 mL de metanol 100 % (v/v); a mistura foi incubada ($70\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 min) e posteriormente centrifugada (13000 g, 5 min). Na fração insolúvel foi determinada, enzimaticamente, a concentração de amido (Praxedes et al., 2006).

2.3 - Procedimentos Estatísticos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos incompletos, em esquema de parcela subdividida. Na parcela principal, foram distribuídos os seis clones (03, 16, 19, 67, 76 e 120) com diferentes épocas de maturação dos frutos (dois clones por época de maturação) e, dentro de cada clone, foram distribuídas as diferentes épocas da poda, formando a subparcela. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas entre si pelo teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade, utilizando-se do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV (SAEG-UFV, 5.0, 1993).

Conforme descrito nos “Resultados”, as médias correspondentes aos tratamentos de cada época de poda foram comparadas entre si, dentro de cada clone e dentro de cada grupo de maturação de frutos. Foram também comparadas as médias de cada clone e as médias de cada grupo de maturação de frutos, agrupando-se os resultados obtidos a cada época de poda.

3. RESULTADOS

Neste trabalho, os dados de temperatura e precipitação (Figura 1) correspondem ao período no qual o crescimento de ramos foi medido, de julho de 2009 a abril de 2010. De uma maneira geral, houve uma má distribuição de chuvas ao longo desse período, ocorrendo meses com elevada precipitação, como em outubro, com precipitação acumulada de 322 mm, concentrada na segunda quinzena do mês. Por outro lado, de janeiro a fevereiro de 2010, a precipitação foi relativamente baixa (28,6 mm em média) enquanto a temperatura do ar foi relativamente elevada (28,5 C°).

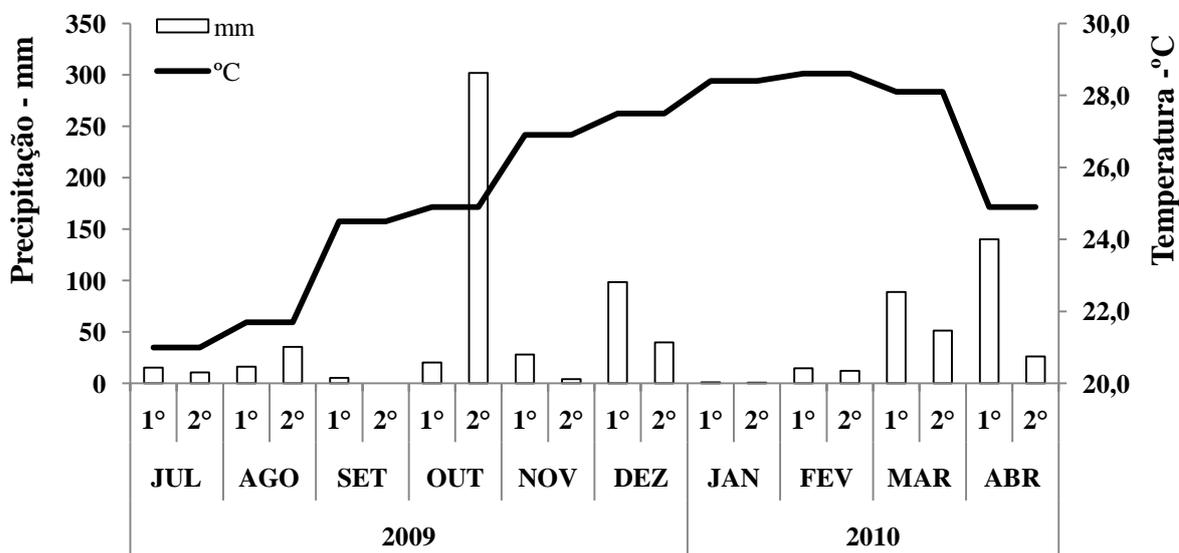


Figura 1 – Temperatura média quinzenal (°C) e precipitação total (mm), de julho de 2009 a abril de 2010. Para cada mês, as médias foram apresentadas para cada quinzena.

3.1 - Efeito de Diferentes Épocas de Poda

Nessa análise, as médias dos parâmetros correspondentes a cada época de poda foram comparadas dentro de cada clone. Em função do padrão de maturação, os clones precoces, intermediários e tardios foram podados, respectivamente, em quatro, três e duas épocas após a colheita.

3.1.2 – Taxa de Crescimento de Ramos Plagiotrópicos (TCR) e Razões Alométricas dos Ramos Plagiotrópicos

Ao longo do período de avaliação, as plantas de todos os tratamentos sofreram uma acentuada redução em TCR (Figura 2), entre janeiro a março de 2010, período caracterizado por baixa precipitação e temperatura média elevada. Além disso, de uma maneira geral, não se observou diferença estatística em TCR entre os tratamentos, durante o experimento. Apenas no clone 120 observaram-se diferenças significativas em TCR, cuja média no tratamento podado imediatamente após a colheita ($1,236 \text{ mm d}^{-1}$) foi aproximadamente 25% e 20 % maior do que a das plantas podadas aos 30 e 60 dias após a colheita (DAC), respectivamente.

Semelhantemente, não se observou diferença estatística entre a razão de massa foliar e massa de frutos, como também na razão entre a área foliar e a massa de frutos (Figura 3). Portanto, a execução da poda em diferentes épocas, dentro de cada clone, como um todo, não alterou os parâmetros de TCR e as razões alométricas nos ramos plagiotrópicos avaliados.

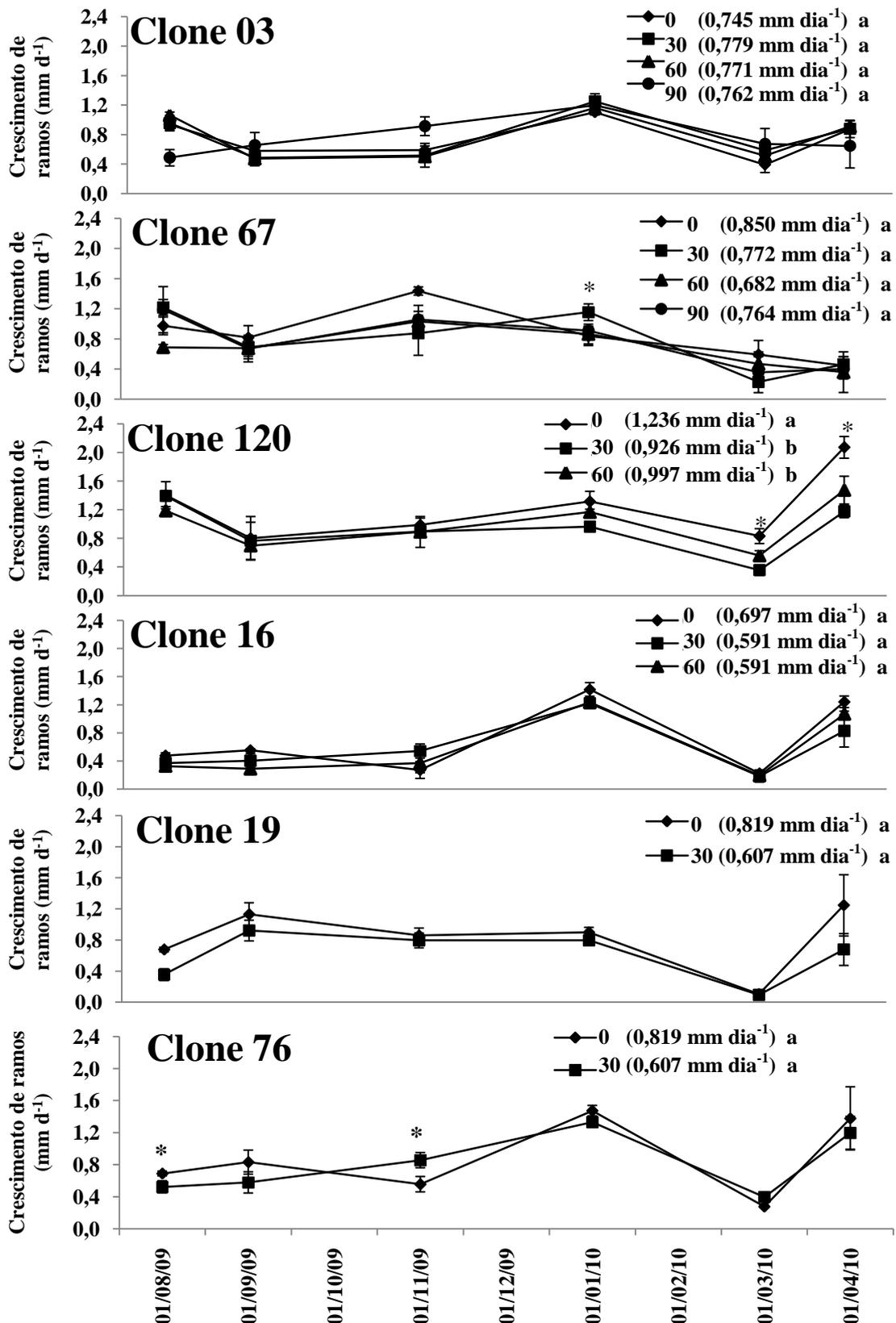


Figura 2 - Taxa de crescimento absoluto de ramos (mm d⁻¹), de julho de 2009 a abril de 2010, nos clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19 e 76) cultivados em campo e podados aos 0 (losângulo), 30 (quadrado), 60 (triângulo) e 90 (círculo) dias após a colheita. Cada ponto representa a média ± erro padrão (n=18). Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si, dentro de cada clone. Asteriscos indicam diferença significativa entre médias dentro de cada período de avaliação, para um mesmo clone (Newman- Keuls, $P \leq 0,05$).

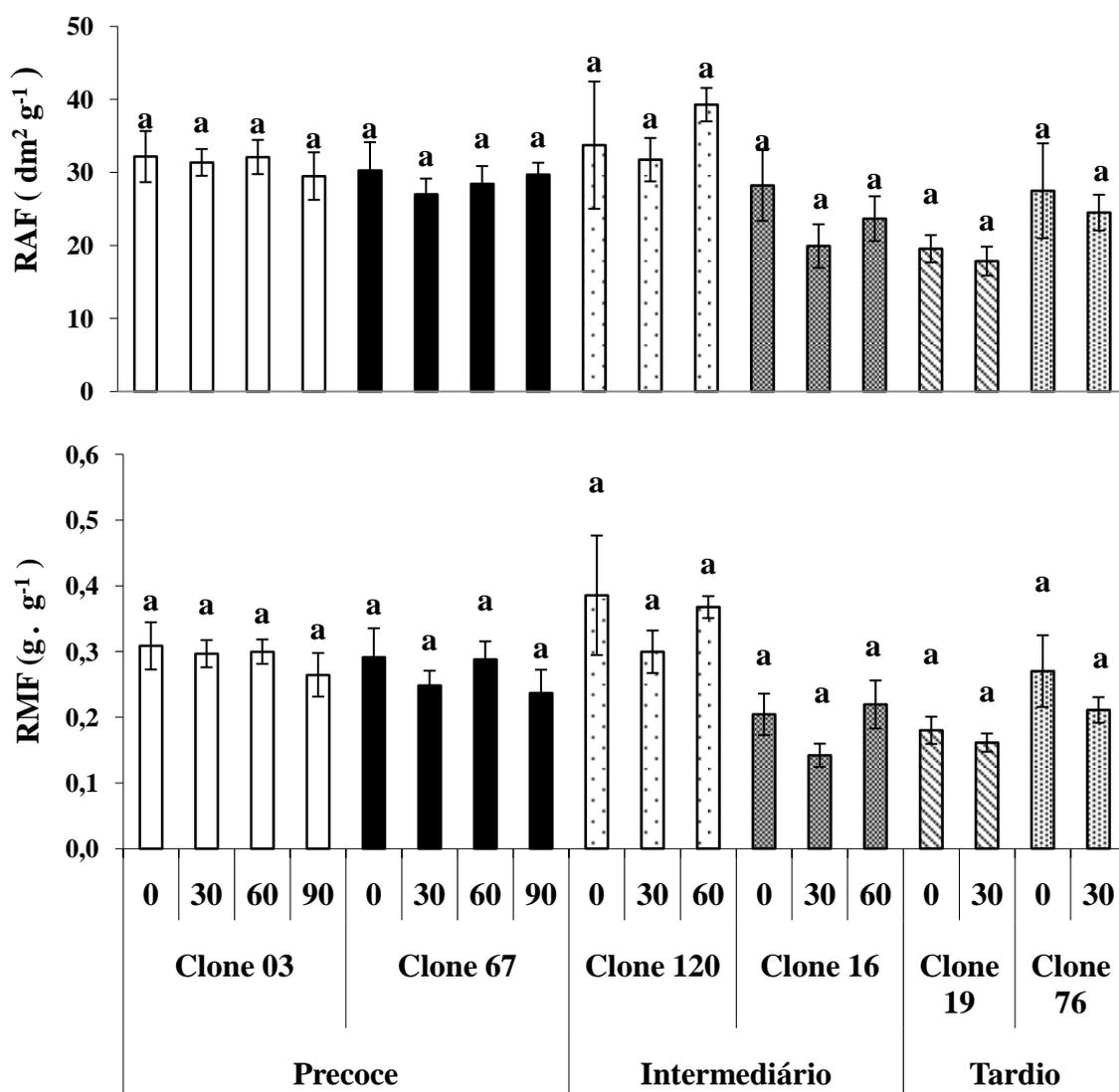


Figura 3 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita) em clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19 e 76) sobre a razão de massa foliar e massa de frutos (RMF) e a razão de área foliar e massa de frutos (RAF), em janeiro de 2010. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada clone (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.1.2 - Trocas Gasosas

Os parâmetros de trocas gasosas foram avaliados em agosto e setembro de 2009. Os valores médios de condutância estomática (g_s), em agosto (Figura 4), diferiram somente no clone 76, sendo 54 % maior nas plantas do tratamento podado imediatamente após a colheita, ao passo que, em setembro, a poda não influenciou g_s (Figura 5), independentemente dos clones avaliados. As taxas de assimilação líquida de carbono (A) foram similares em todas as épocas de poda, em cada clone, em agosto e

setembro. Em agosto, observaram-se as alterações na razão entre as concentrações interna e externa de CO₂ (C_i/C_a) no clone 67, cujos maiores valores foram 0,73 e 0,71 nas plantas podadas aos 0 e 30 DAC, respectivamente. Também em agosto, observou-se, no clone 76, maior razão C_i/C_a (cerca de 18 %) nas plantas podadas imediatamente após a colheita. Em setembro, não se observaram diferenças em C_i/C_a , em função de épocas de poda.

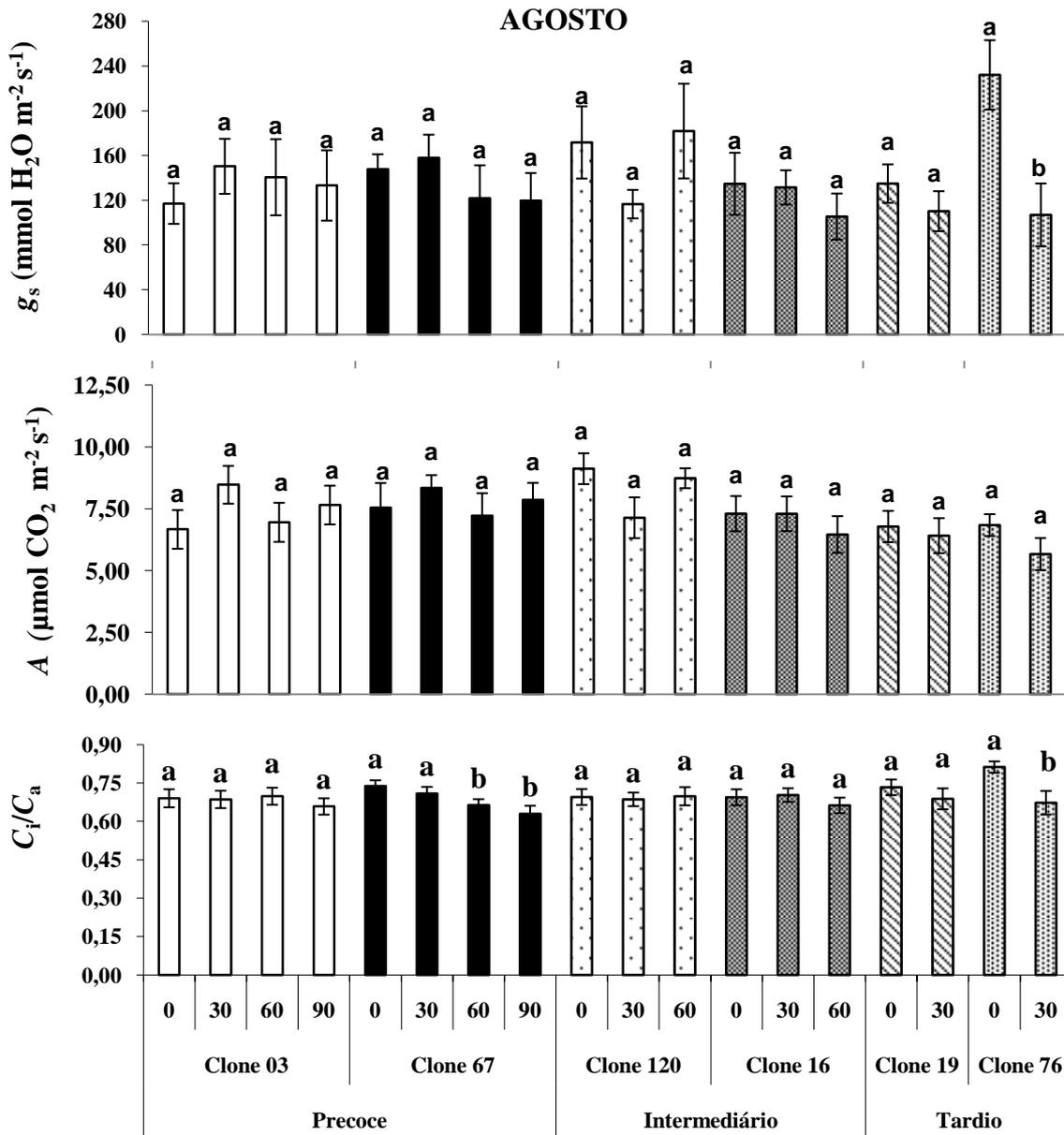


Figura 4 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19 e 76), sobre a condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de carbono (A) e a razão entre as concentrações interna e externa de CO₂ (C_i/C_a), em agosto. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada clone (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

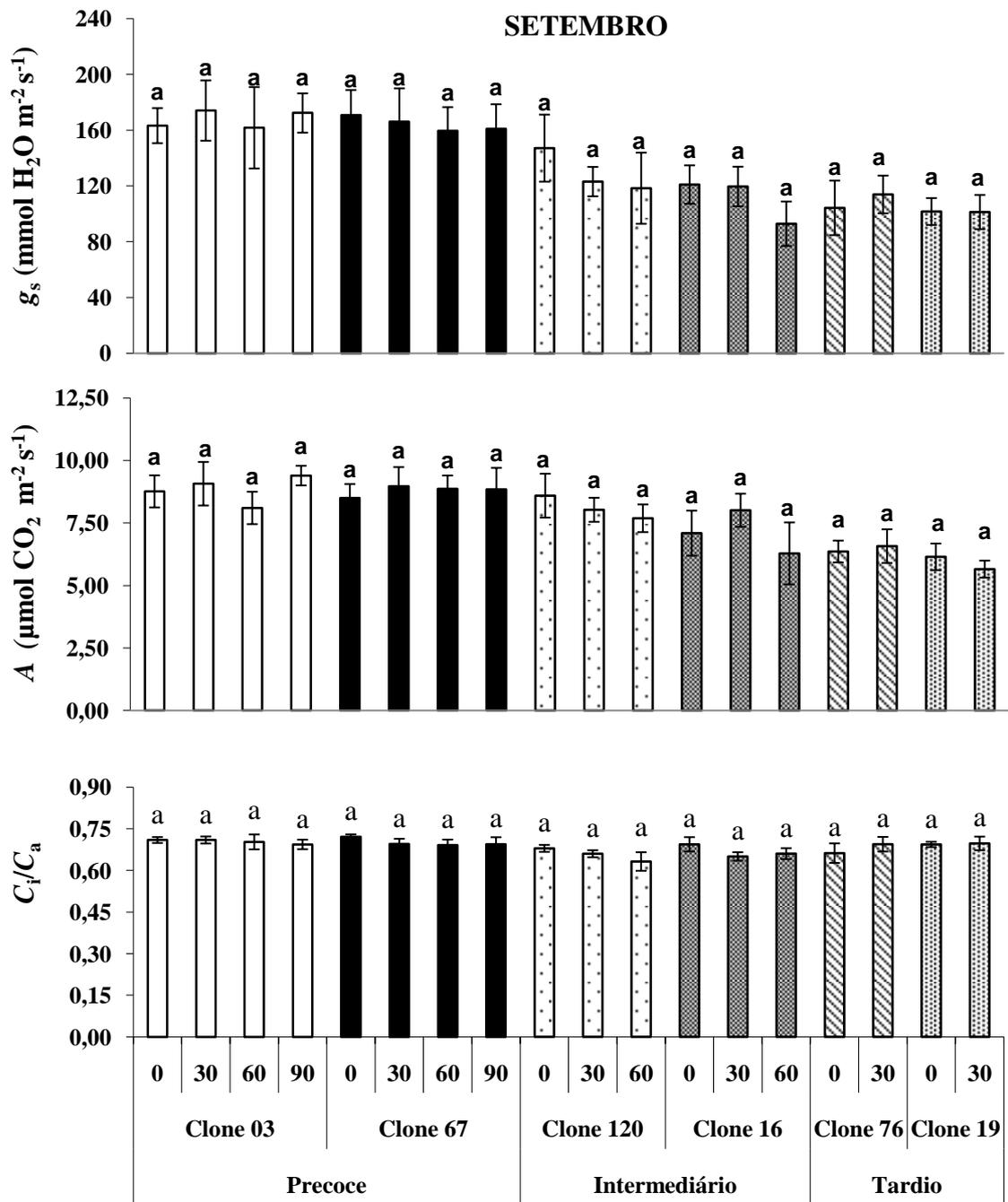


Figura 5 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19 e 76), sobre a condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de carbono (A) e a razão entre as concentrações interna e externa de CO_2 (C_i/C_a), em setembro. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada clone (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.1.3 – Fluorescência da Clorofila *a*

Em agosto (Figura 6), com exceção da eficiência fotoquímica máxima do FSII (F_v/F_m) e do coeficiente de extinção não-fotoquímica (NPQ), que se comportaram de forma semelhante em todas as épocas de poda, não houve uma tendência clara nos demais parâmetros de fluorescência, em resposta às épocas de poda, dentro de cada clone. Maiores valores de rendimento quântico efetivo do FSII (Φ_{FSII}) e taxa de transporte de elétrons (ETR) foram encontrados nos clone 03 e 16, podados aos 60 DAC; a maior média do coeficiente de extinção fotoquímica (q_p) foi detectada no clone 03, podado aos 60 DAC. Em setembro (Figura 7), todos os parâmetros de fluorescência foram similares, independentemente da época de poda, dentro de cada clone.

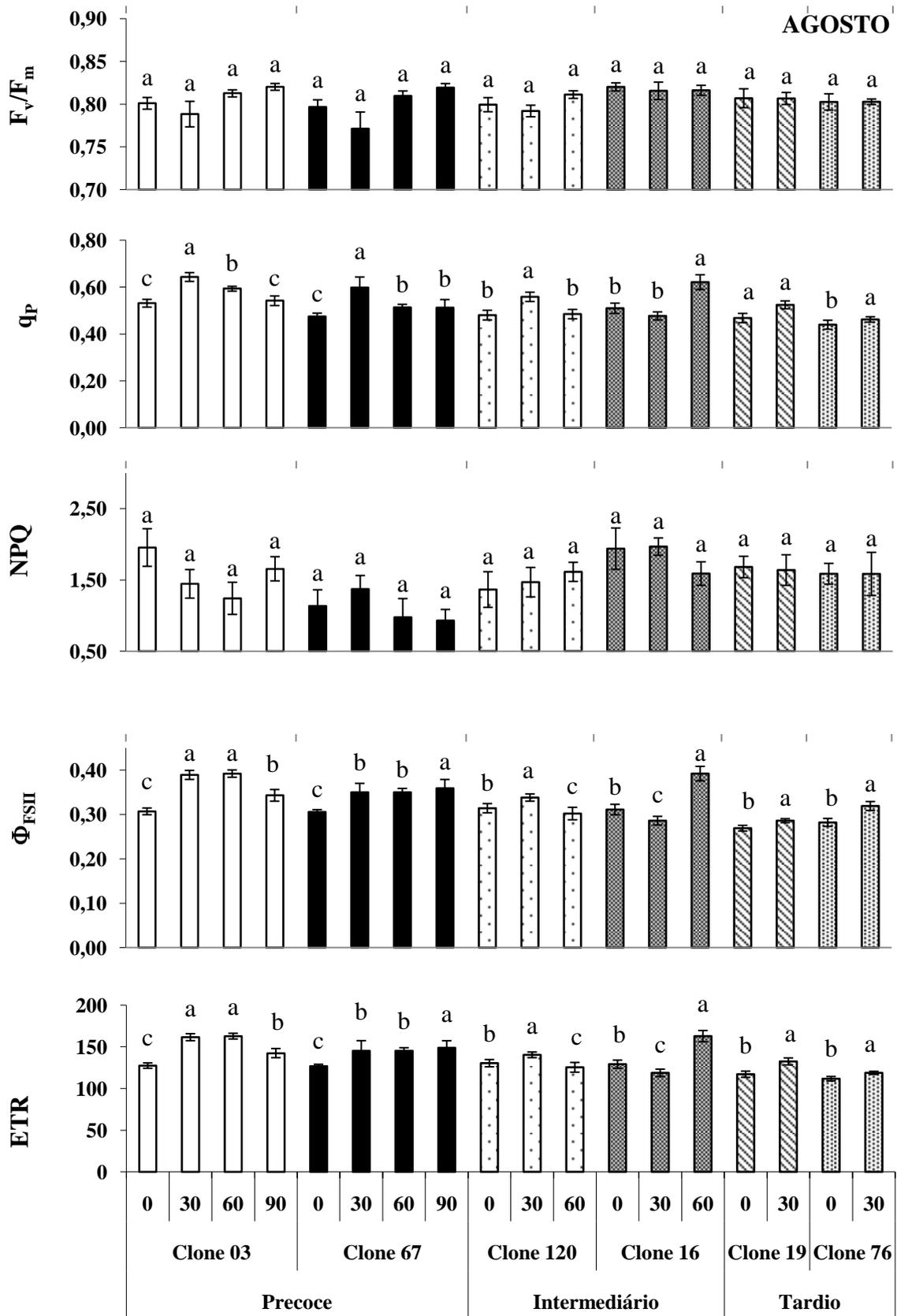


Figura 6 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19 e 76), sobre a eficiência fotoquímica máxima do FSII (F_v/F_m), coeficientes de extinção fotoquímica (q_p) e não-fotoquímica (NPQ), rendimento quântico efetivo do FSII (Φ_{FSII}) e taxa de transporte de elétrons (ETR), em agosto. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada clone (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

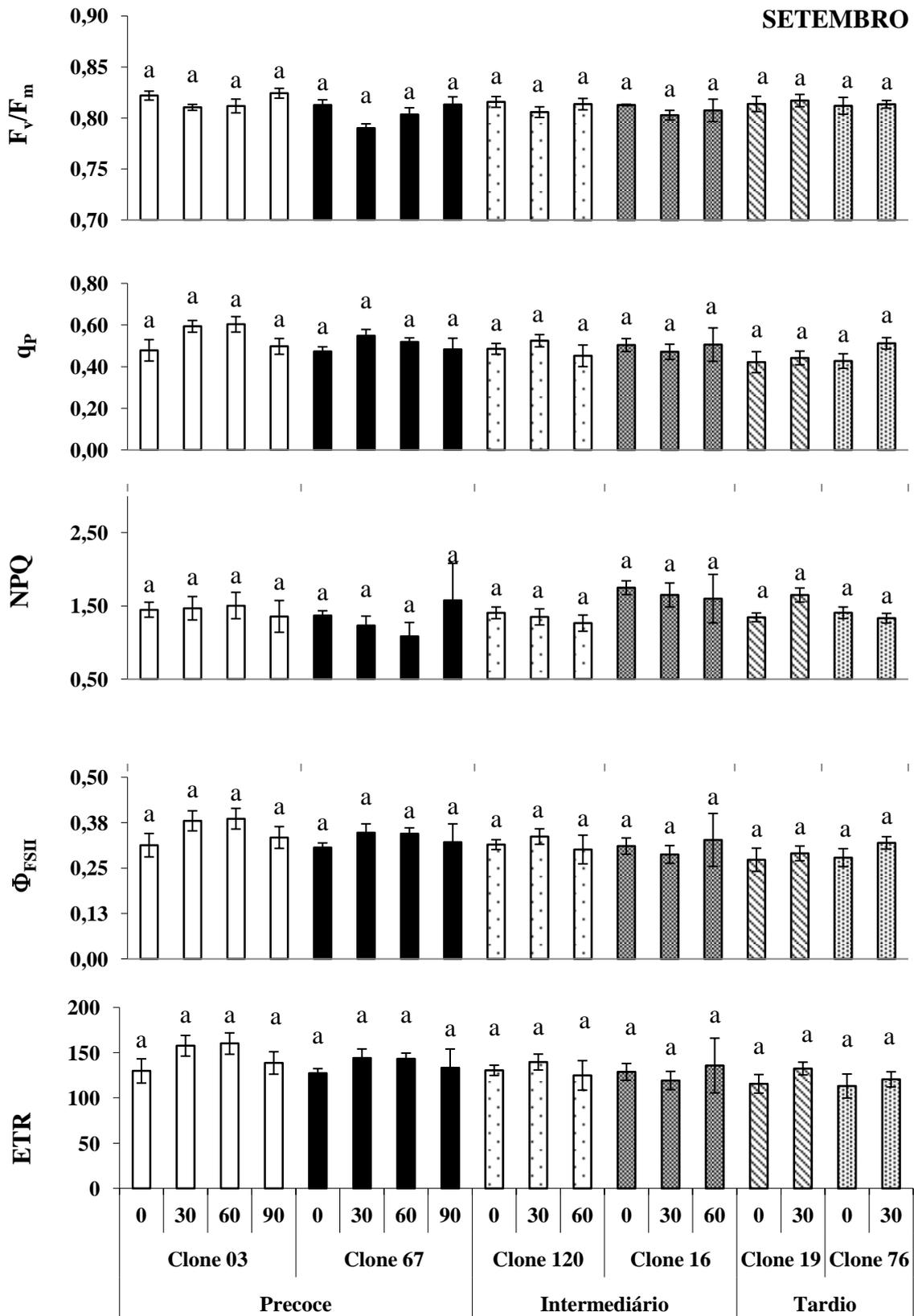


Figura 7 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19 e 76), sobre a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m), coeficientes de extinção fotoquímica (q_p) e não-fotoquímica (NPQ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Φ_{FSII}) e taxa de transporte de elétrons (ETR), em setembro. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada clone (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.1.4 – Concentração de Amido

Em agosto, no clone 67, as menores concentrações de amido foram registradas nas folhas dos ramos das plantas podadas aos 0 e 90 DAC, ao passo que, no clone 19, a concentração de amido foi menor (28%) nas plantas podadas aos 30 DAC, comparadas com as plantas podadas imediatamente após a colheita. Nos demais clones, não houve alterações significativas nas concentrações de amido, em função das épocas de poda (Figura 8). Registre-se que as maiores concentrações de amido foram observadas no clone 03 (171 g amido kg⁻¹ MS).

Em setembro, não se observaram variações consistentes nas concentrações de amido, em resposta às diferentes épocas de poda (Figura 8). Os clones precoces tiveram maiores concentrações, chegando a 146 g amido kg⁻¹ MS no clone 67 podado aos 90 DAC. A menor concentração de amido (98 g amido kg⁻¹ MS) foi constada no clone 16, aos 30 DAC.

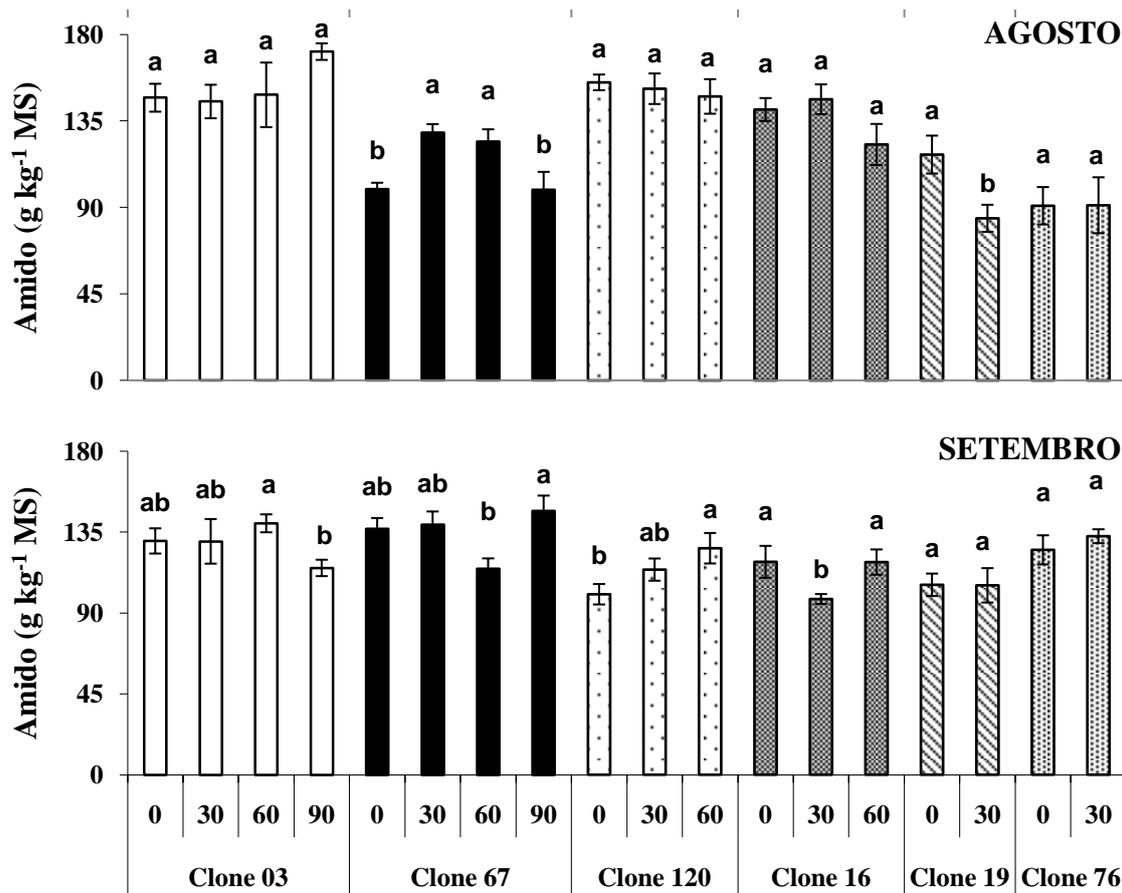


Figura 8 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19 e 76), sobre a concentração de amido nas folhas em agosto e setembro de 2009. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada clone (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.2 – Efeito das Épocas de Poda em Função do Padrão de Maturação de Frutos

Como não se observaram efeitos marcantes da época de poda dentro de cada clone, as médias dos dois clones representantes de cada comportamento de maturação (precoce, intermediário e tardio) foram agrupadas.

3.2.1 - TCR e Razões Alométricas dos Ramos Plagiotrópicos

De maneira geral, dentro de cada grupo de maturação, não houve diferença estatística na TCR entre os tratamentos de podas, ao longo do período de avaliação (Figura 9). De modo semelhante, não foram observadas diferenças estatísticas nas médias da razão de área foliar e massa de frutos, bem como na razão de massa foliar e massa de frutos (Figura 10).

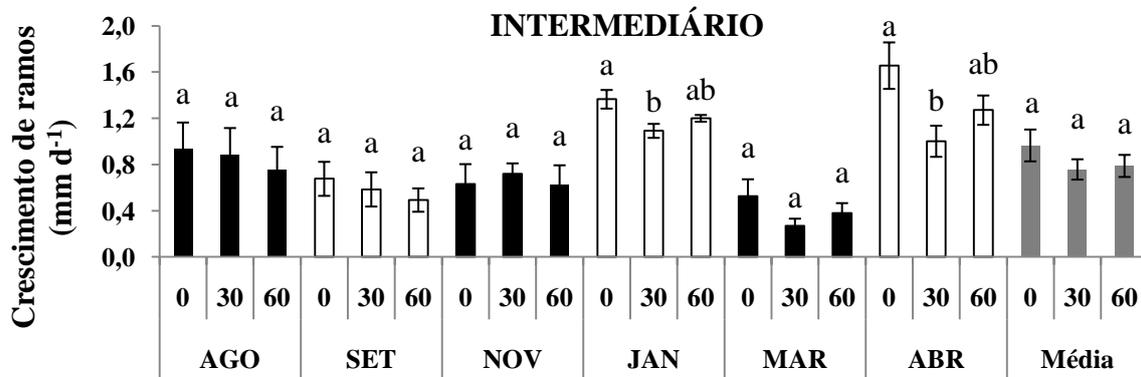
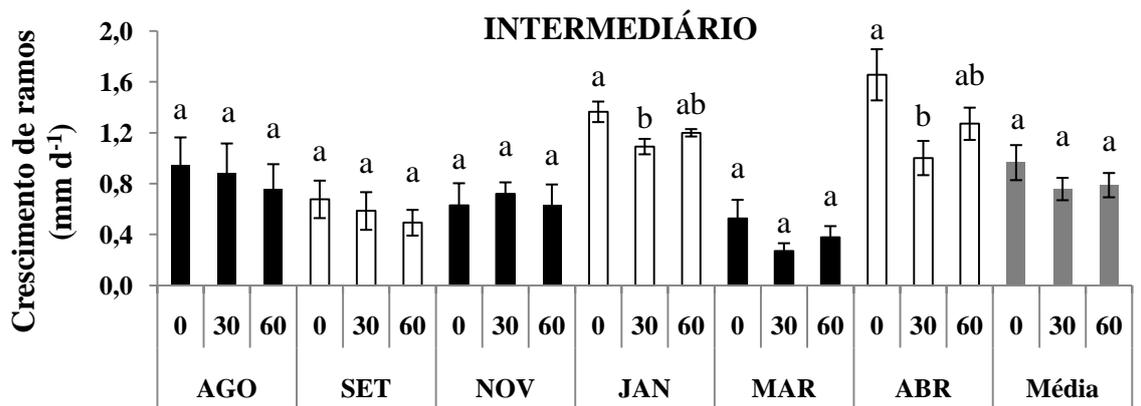
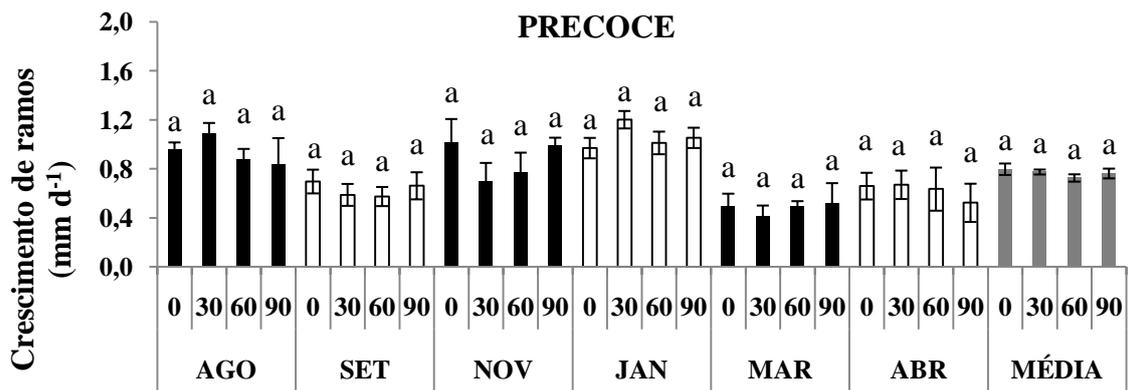


Figura 9 – Taxa de crescimento absoluto de ramos (mm d^{-1}), de julho de 2009 a abril de 2010, nos grupamentos de maturação precoce, intermediária e tardia de plantas de *Coffea canephora* cultivadas em campo e podadas aos 0, 30, 60 e 90 dias após a colheita. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de grupo de maturação (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

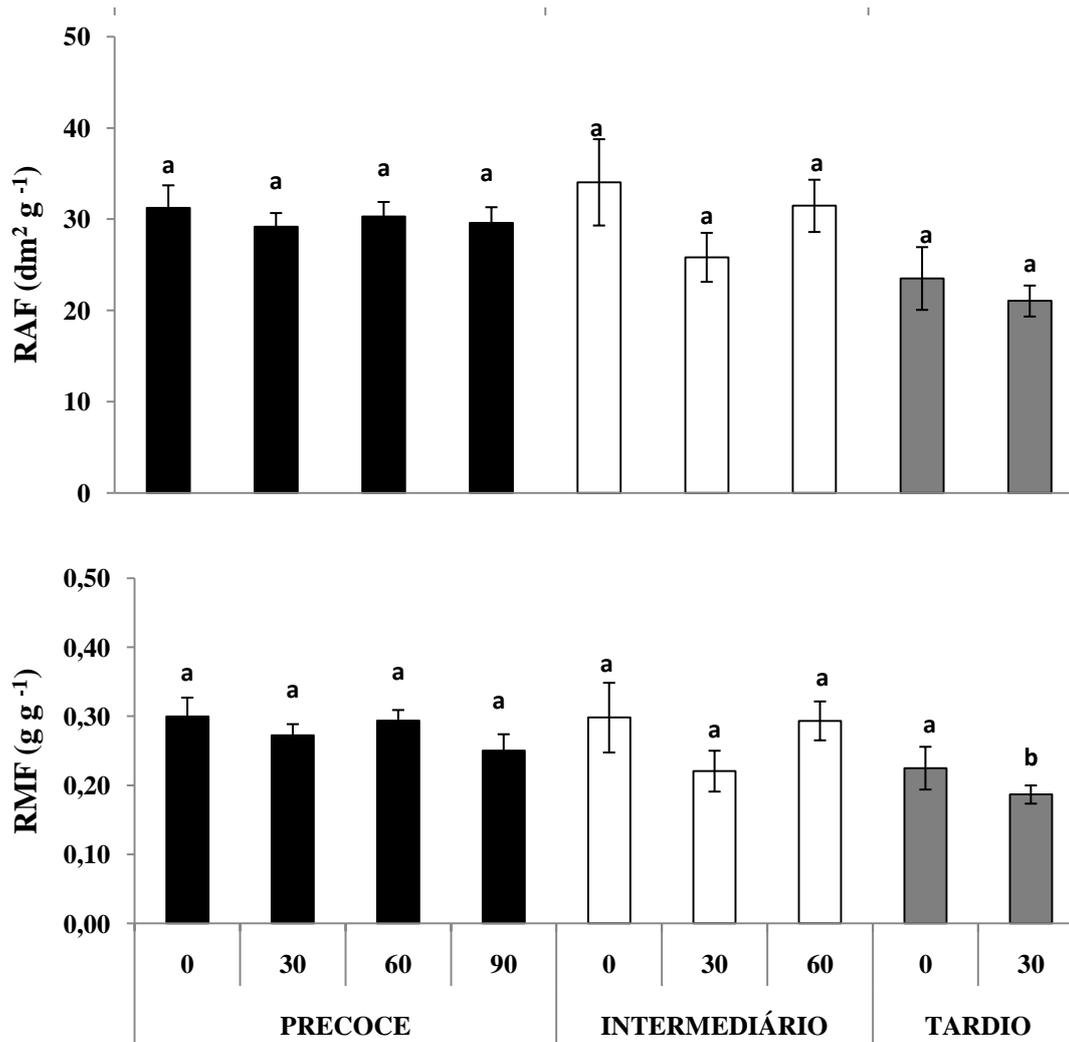


Figura 10 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de grupos de maturação precoce, intermediário e tardio de *Coffea. canephora*, sobre a razão de área foliar e massa de frutos (RAF) e razão de massa foliar e massa de frutos (RMF), em janeiro de 2010. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada grupo de maturação (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.2.2 – Trocas Gasosas

A magnitude de trocas gasosas foi similar em resposta às diferentes épocas de poda, dentro de cada grupo de maturação. Tanto em agosto (Figura 11) como em setembro (Figura 12), g_s diferiu somente quando a média dos clones tardios podados imediatamente após a colheita foi comparada com a média dos demais tratamentos (redução de 40%). As médias de A , nos dois meses avaliados, foi estatisticamente semelhante entre os tratamentos. Entretanto, em agosto, a razão C_i/C_a foi maior nos clones tardios podados imediatamente após a colheita; no grupo precoce, maior razão C_i/C_a foi observada nas plantas podadas aos 0 e 30 DAC, ao passo que, no grupo

intermediário, não foram detectadas diferenças estatísticas naquela razão. Em setembro, independentemente da época de poda, a razão C_i/C_a não variou significativamente, em resposta às diferentes épocas de poda.

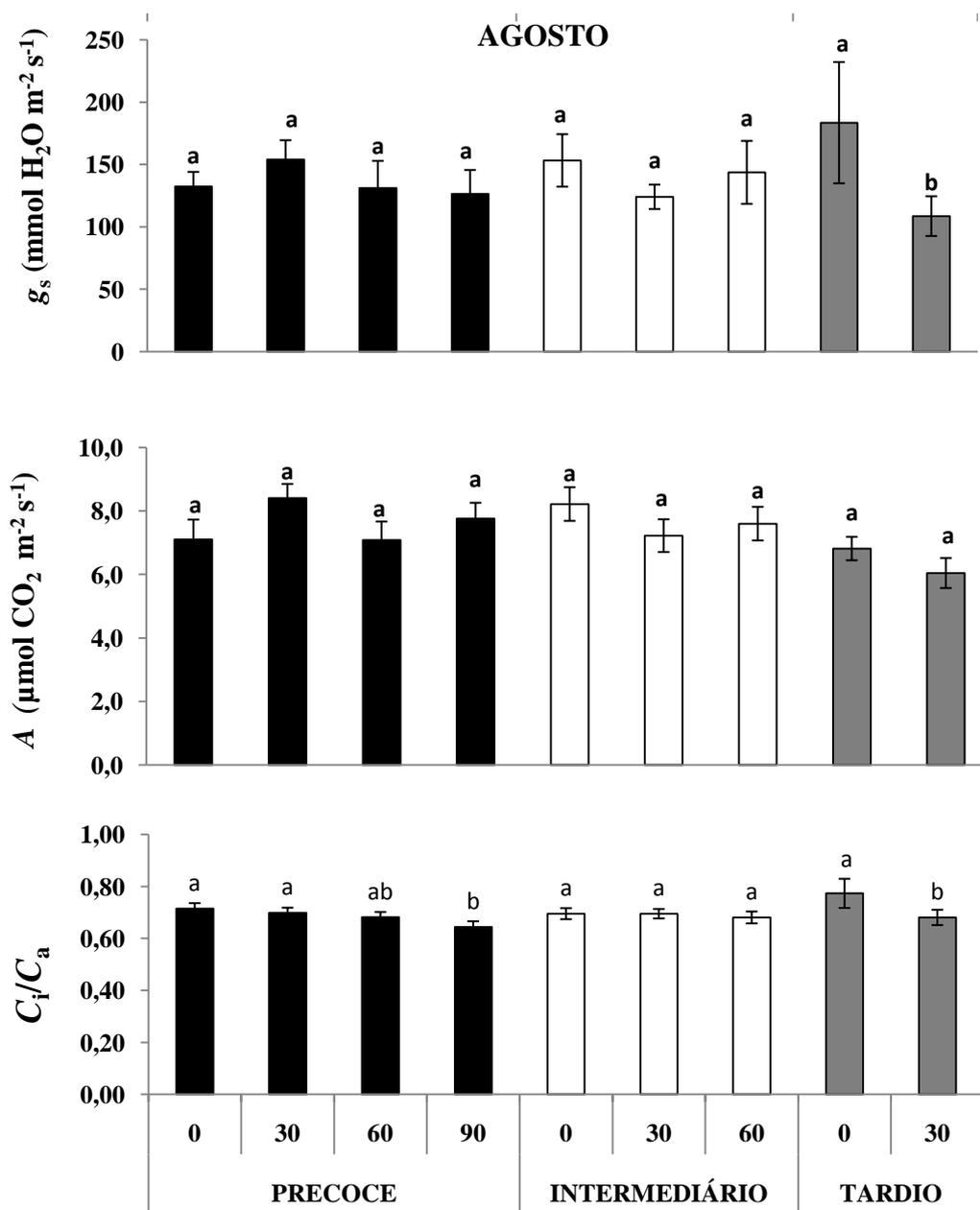


Figura 11 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de grupos de maturação precoce, intermediário e tardio de *Coffea canephora*, sobre a taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (g_s) e razão entre as concentrações interna e externa de CO₂ (C_i/C_a), em agosto de 2009. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada grupo de maturação (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

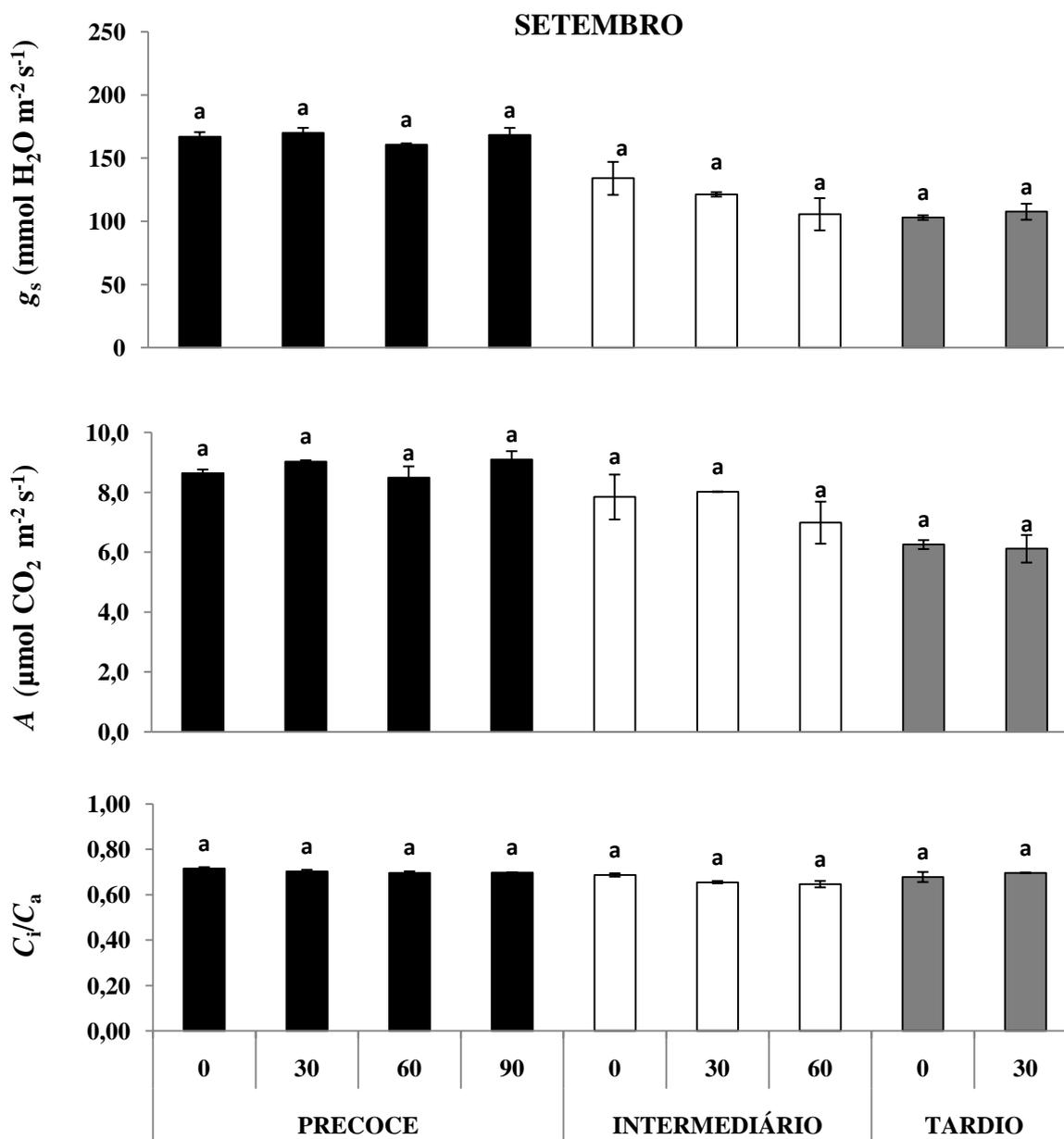


Figura 12 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de grupos de maturação precoce, intermediário e tardio de *Coffea canephora*, sobre a taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (g_s) e razão entre as concentrações interna e externa de CO_2 (C_i/C_a), em setembro de 2009. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada grupo de maturação (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.2.3 – Fluorescência da Clorofila *a*

De modo geral, não houve diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos das podas sobre a razão F_v/F_m e NPQ. Para os demais parâmetros (q_p , Φ_{FSII} e ETR), apesar de algumas pequenas diferenças entre as épocas de poda, não se observaram variações consistentes dentro de cada grupo de maturação.

A exemplo do comportamento de trocas gasosas, não se verificou, em setembro (Figura 14), diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos de poda para todos os parâmetros de fluorescência, dentro de cada grupo de maturação.

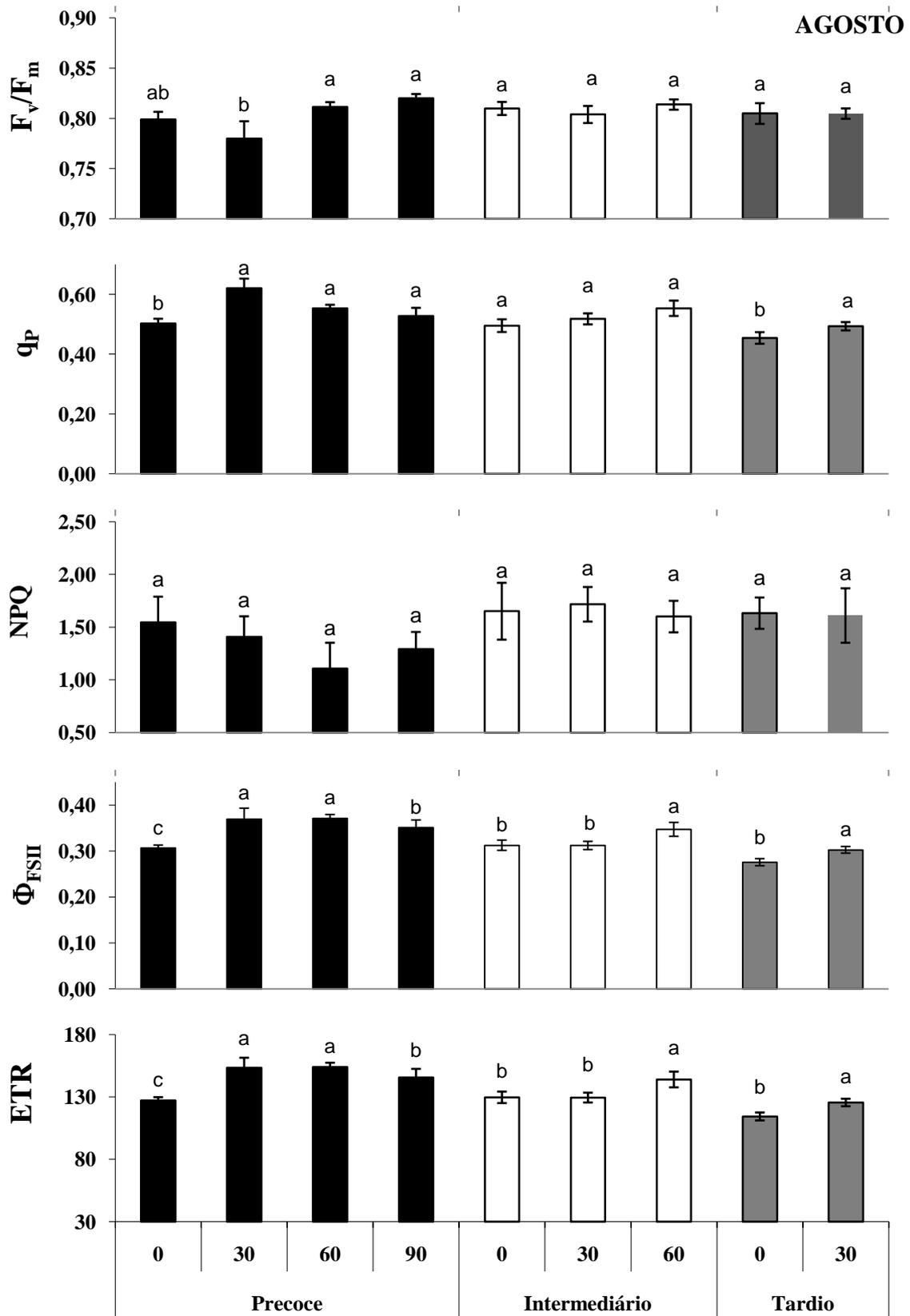


Figura 13 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de grupos de maturação precoce, intermediário e tardio de *Coffea canephora*, sobre a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m), coeficientes de extinção fotoquímica (q_p) e não-fotoquímica (NPQ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Φ_{FSII}) e taxa de transporte de elétrons (ETR), em agosto de 2009. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada grupo de maturação (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

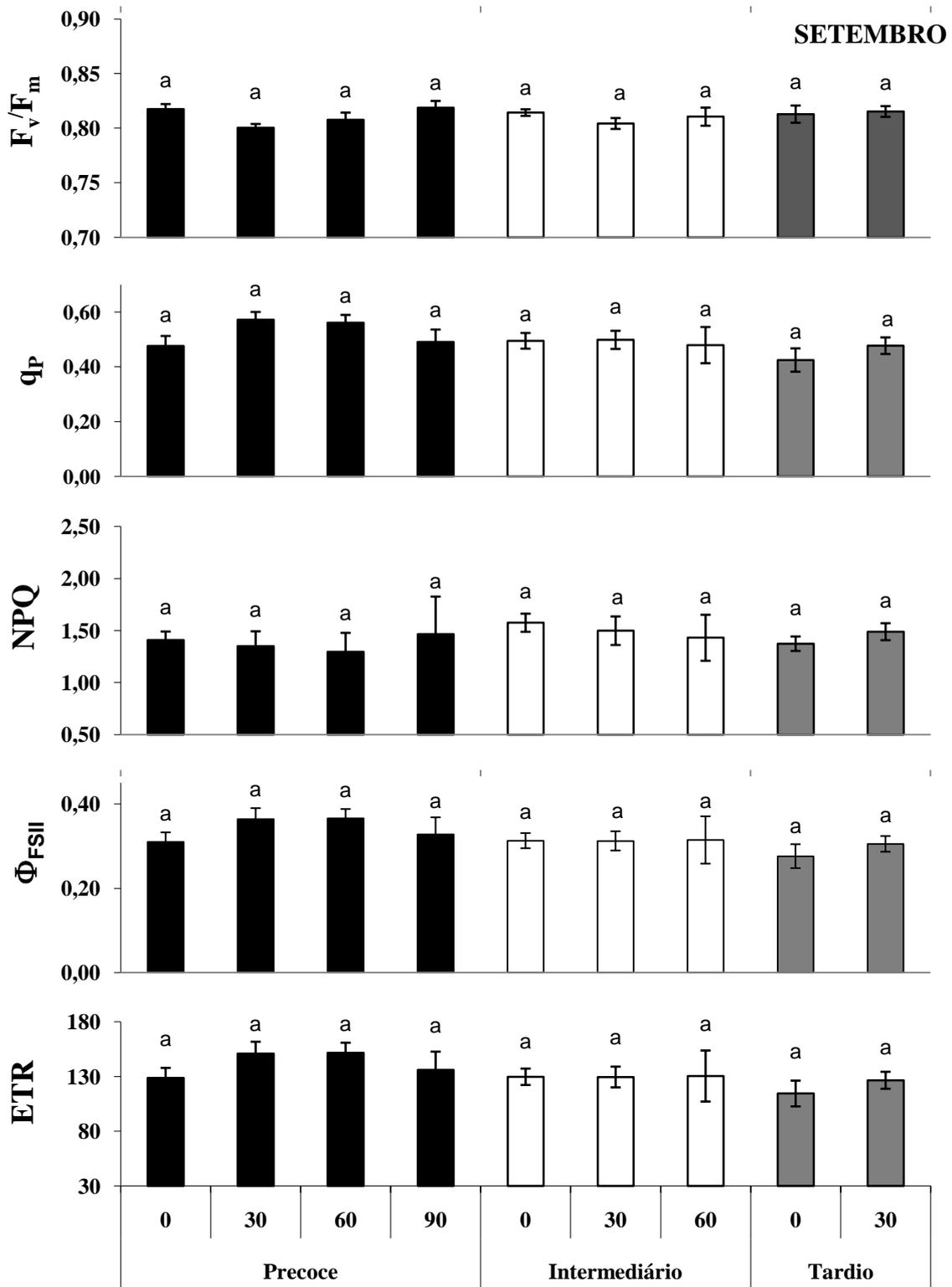


Figura 14 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de grupos de maturação precoce, intermediário e tardio de *Coffea canephora*, sobre a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema (F_v/F_m), coeficientes de extinção fotoquímica (q_p) e não-fotoquímica (NPQ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Φ_{FSII}) e taxa de transporte de elétrons (ETR), em setembro de 2009. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada grupo de maturação (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.2.4 – Concentração de Amido em Tecidos Foliare

Diferenças estatísticas na concentração de amido foram observadas somente em agosto, e apenas nos materiais de maturação tardia, cujas plantas podadas imediatamente após a colheita exibiram uma concentração 22% maior em relação à das plantas podadas aos 30 DAC (Figura 15).

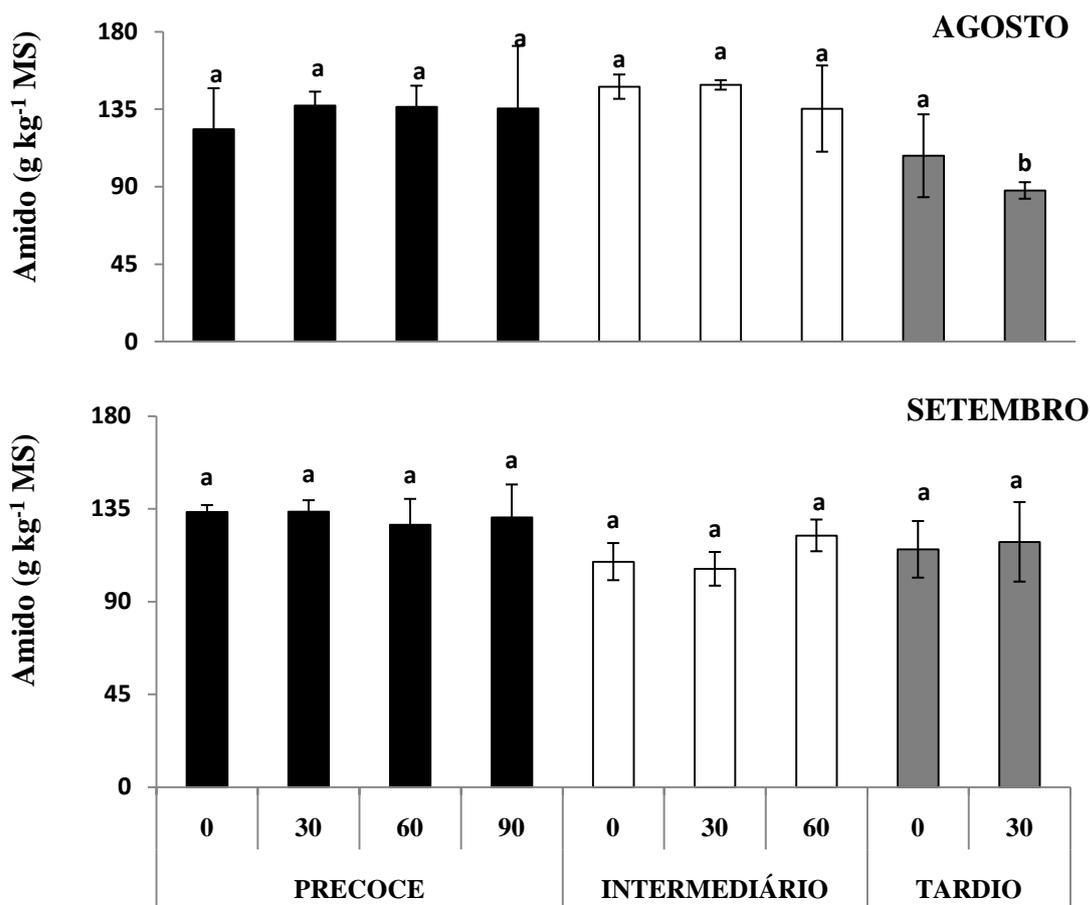


Figura 15 – Efeito das diferentes épocas de poda (0, 30, 60 e 90 dias após a colheita), dentro de grupos de maturação precoce, intermediário e tardio de *Coffea canephora*, sobre a concentração de amido em agosto e setembro de 2009. Valores seguidos por mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada grupo de maturação (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.3 – Efeito dos Clones

Como não se observaram efeitos marcantes da época de poda dentro de cada clone e dentro de cada grupo de maturação, os dados foram submetidos a uma terceira análise, comparando-se as médias gerais de cada clone.

3.3.1 - TCR e Razões Alométricas dos Ramos Plagiotrópicos

O clone 120 apresentou maiores TCR, inclusive no período de baixa precipitação, entre janeiro a março de 2010 (Figura 17). Como consequência, na média geral de todo período de avaliação, o clone 120 teve a maior TCR (1,05 mm d⁻¹), enquanto o clone 16, a menor TCR, cerca de 60%, quando comparado ao clone 120. As médias de TCR dos clones 03, 67, 19 e 76 não diferiram entre si, sendo inferior à TCR do clone 120, entretanto.

A razão entre área foliar e massa de frutos foi maior no clone 120 (35 dm² g⁻¹ de fruto), que apresentou também a maior média da razão massa de folha e massa de frutos; de maneira inversa, as médias desses parâmetros foram aproximadamente 50% menores no clone 19, quando comparado com o clone 120 (Figura 16).

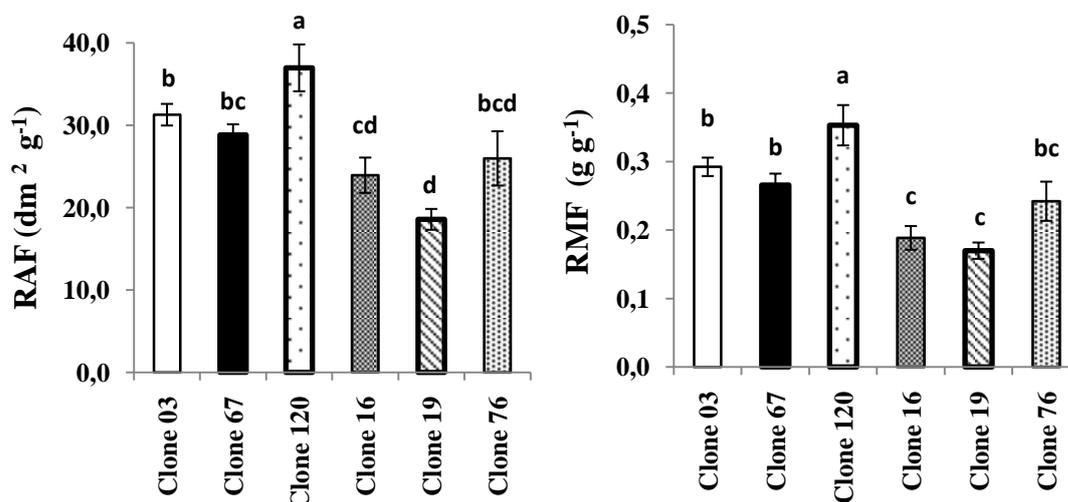


Figura 16 – Razão entre área foliar e massa de frutos (RAF) e razão de massa foliar e massa de frutos (RMF) em clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19, e 76) cultivados em campo. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre os clones (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

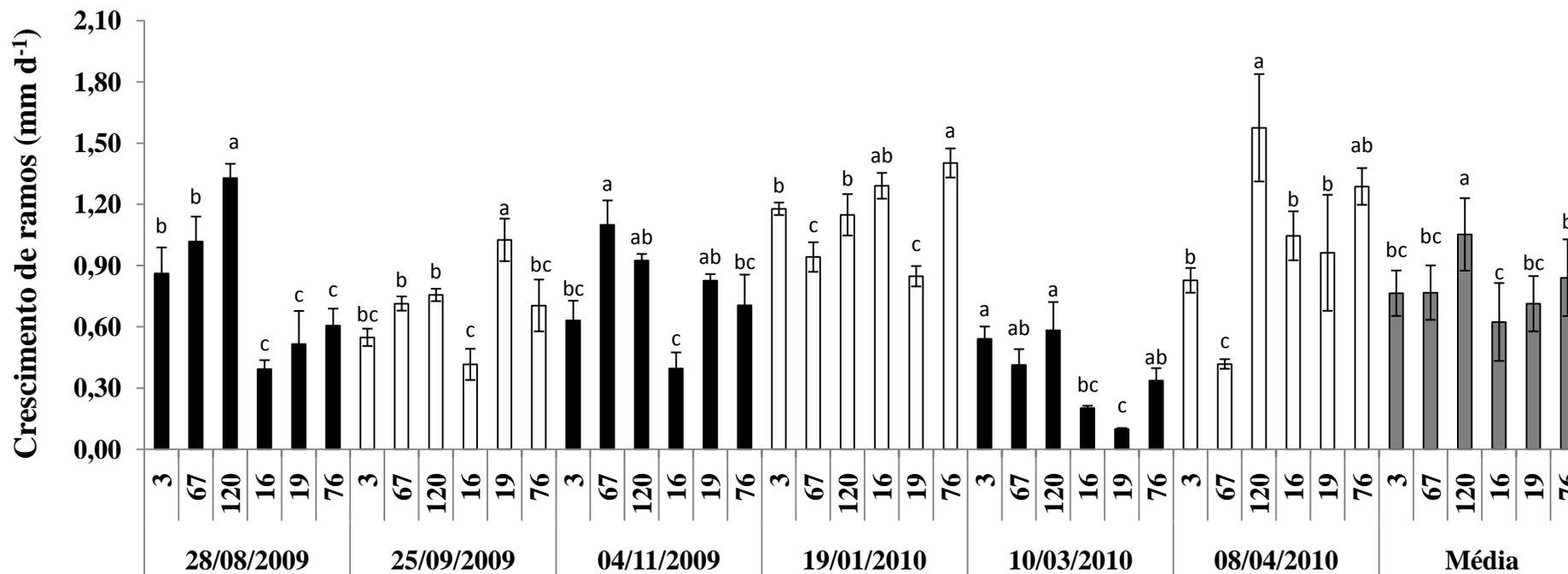


Figura 17 – Taxa de crescimento absoluto de ramos (mm d^{-1}), de julho de 2009 a abril de 2010, nos clones 03, 67, 120, 16, 19 e 76 de *Coffea canephora* cultivados em campo. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.3.2 – Trocas Gasosas

Em agosto, os valores de g_s foram estatisticamente semelhantes, independentemente do clone avaliado; porém, para A, o clone 76 apresentou as menores médias ($6,26 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) quando comparadas com as dos demais clones, fato acompanhado de maior razão C_i/C_a (Figura 18).

Em setembro, os clones precoces (03 e 67) apresentaram maior g_s , respectivamente 168 e $164 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, quando comparados com os demais clones, cuja média de g_s ($112 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) não diferiu entre si. Ressalte-se que os clones precoces também tiveram maiores A, em torno de $8,8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, fato acompanhado de maior razão C_i/C_a . Por outro lado, os clones tardios (19 e 76) tiveram uma média de A 30 % menor, quando comparados com os clones precoces (Figura 19).

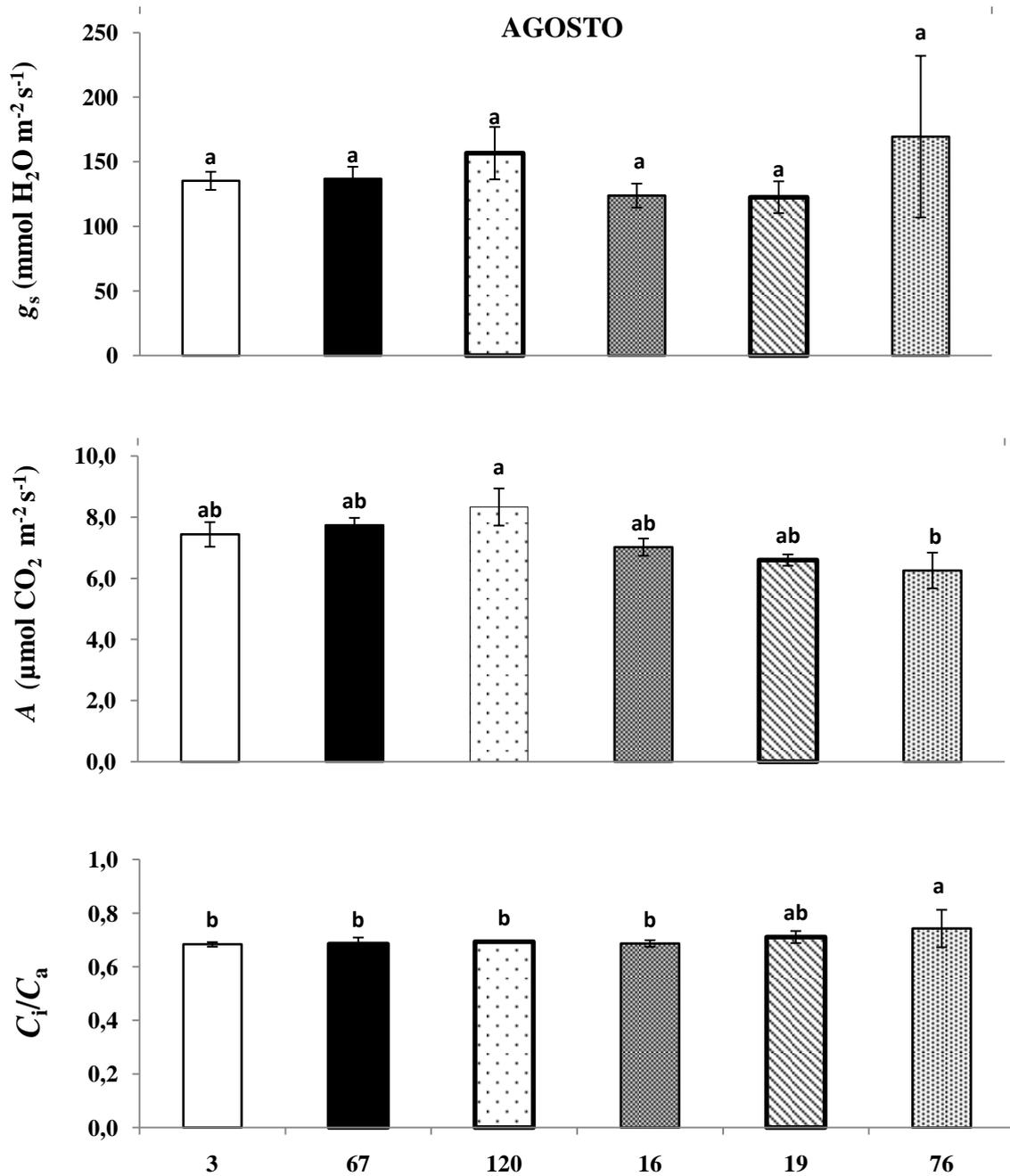


Figura 18 – Condutância estomática (g_s), taxa da assimilação líquida de carbono (A) e razão entre as concentrações interna e externa de CO₂ (C_i/C_a) em clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19, e 76), em agosto de 2009, cultivados em campo. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

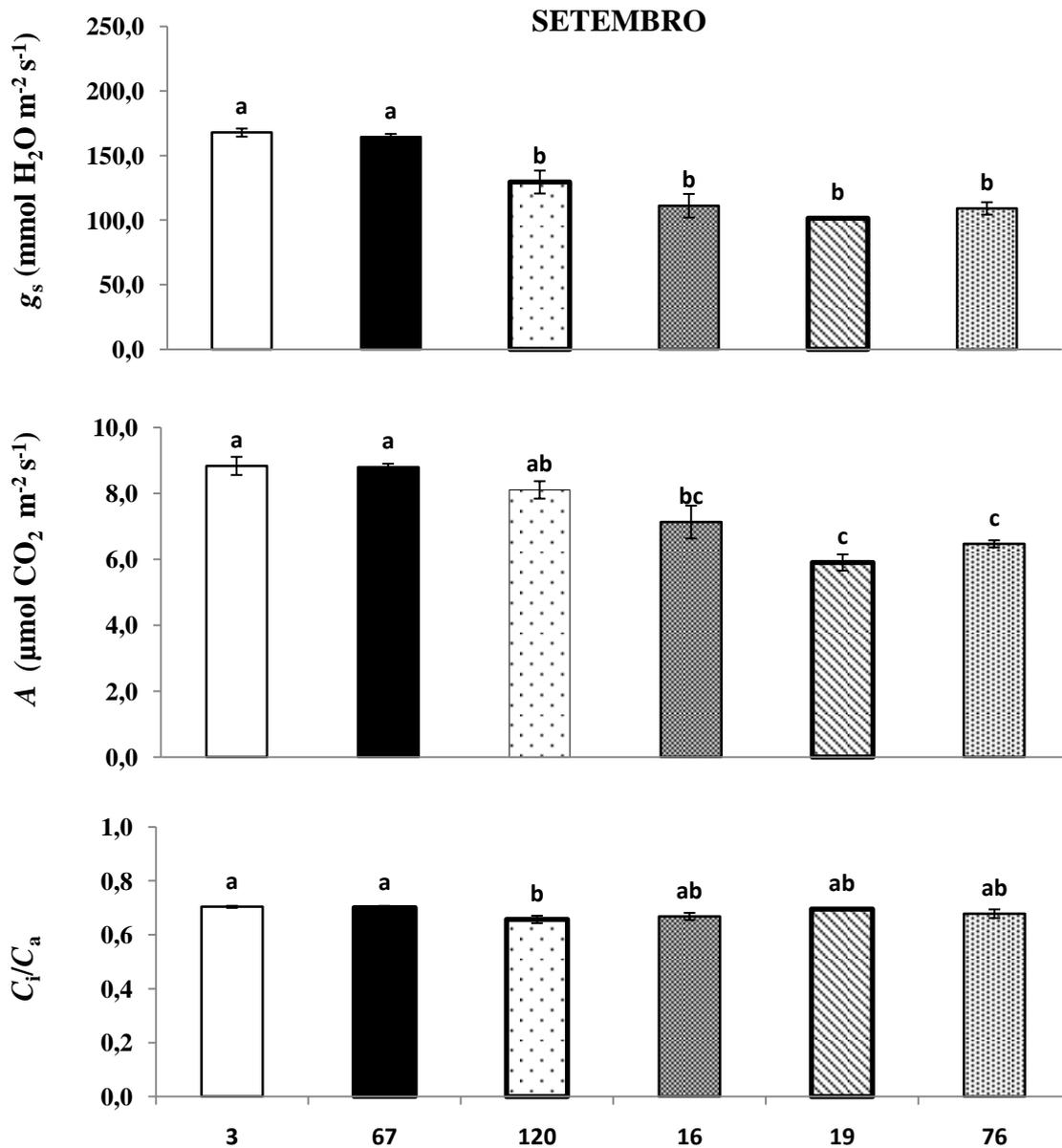


Figura 19 – Condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de carbono (A), e razão entre as concentrações interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) em clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19, e 76), em setembro de 2009, cultivados em campo. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.3.3 – Fluorescência da Clorofila *a*

Para os diferentes tratamentos, não houve diferenças significativas nos parâmetros de fluorescência, com exceção de q_p , que tendeu a ser menor (aproximadamente 30%) no clone 19 em relação ao clone 03.

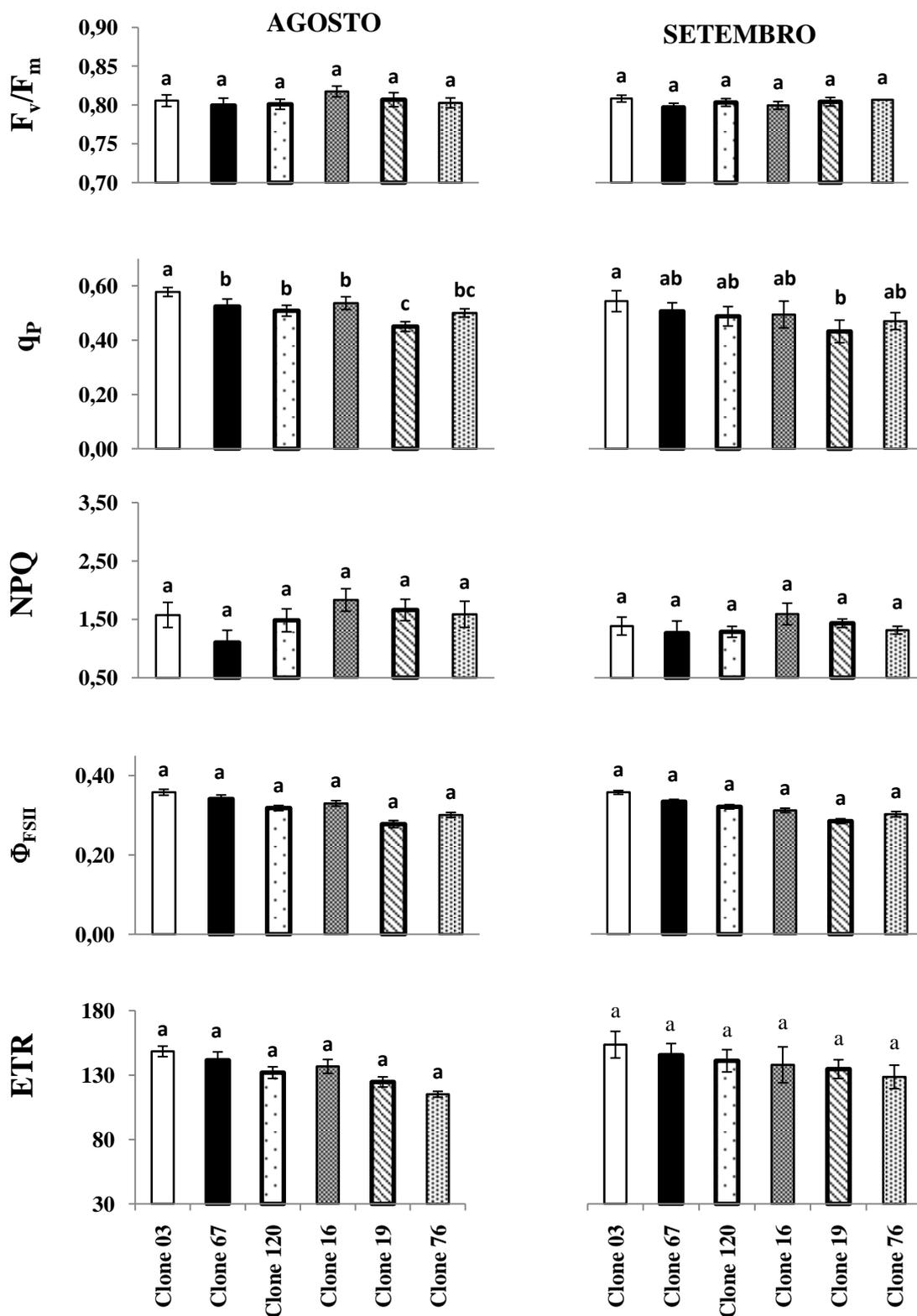


Figura 20 – Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m), coeficientes de extinção fotoquímica (q_p) e não-fotoquímica (NPQ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Φ_{FSII}) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em clones de *Coffea canephora* (03, 67, 120, 16, 19, e 76), em agosto e setembro de 2009, cultivados em campo. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.3.4 – Concentração de Amido

Em agosto (Figura 21), os clones 03, 16 e 120 apresentaram maiores teores de amido (cerca de 150 g amido kg⁻¹ MS), enquanto os menores teores (91 g amido kg⁻¹ MS) foram encontradas no clone 76. Em setembro, o clone 67 apresentou a maior concentração de amido (134 g amido g kg⁻¹ MS), seguido dos clones 03 e 76. Ainda em setembro, os clones 16 e 19 apresentaram os menores teores de amido, com cerca de 110 g amido kg⁻¹ MS.

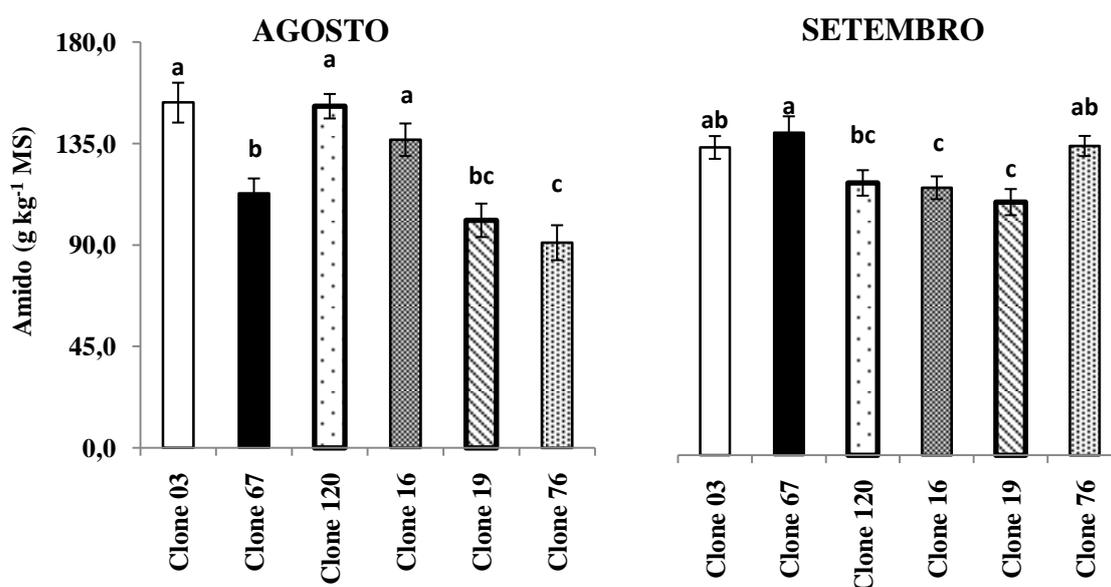


Figura 21 - Concentração de amido em clones de *Coffea canephora* cultivados em campo, em agosto e setembro 2009. Valores de médias de clones seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.4 – Efeito da Maturação

Realizou-se uma quarta análise, confrontando-se as médias de cada grupo de maturação de frutos.

3.4.1 – TCR e Alometria do Ramo Plagiotrópico

Ao longo do experimento, TCR não variou consistentemente ao analisarem-se os distintos grupos de maturação (Figura 22). Contudo, no período de menor precipitação (janeiro a março de 2010), o grupo precoce teve maior TCR. Ressalte-se, no entanto, que a TCR média não diferiu, em resposta ao padrão de maturação dos frutos.

Tanto as razões entre massa foliar e massa de frutos, bem como a razão área foliar e massa de frutos, em média, foram maiores e similares nos clones precoces e intermediários, em relação às do grupo de maturação tardia (Figura 23).

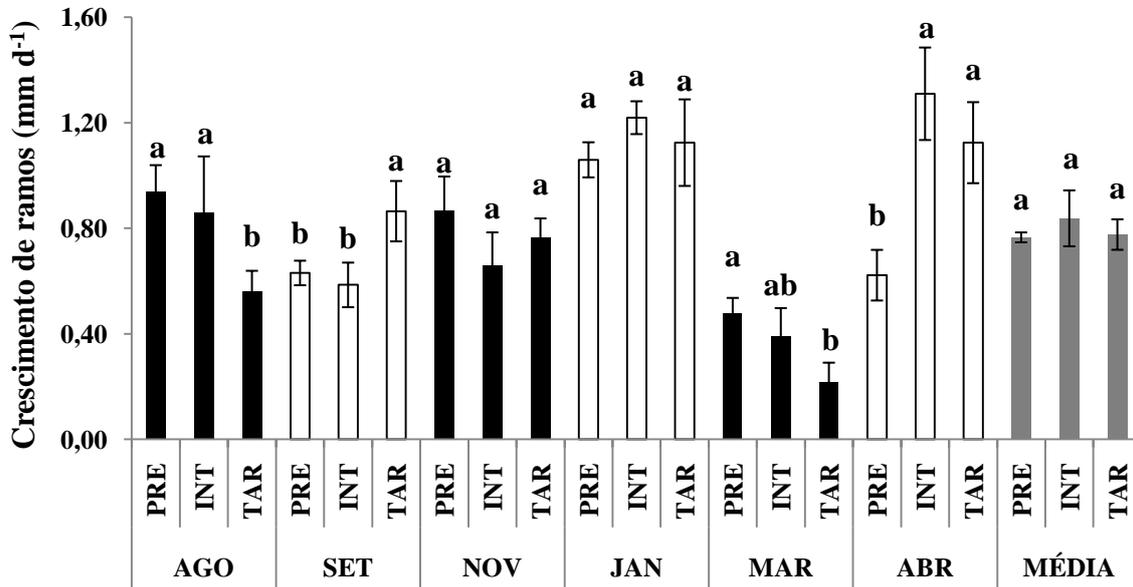


Figura 22 Taxa de crescimento absoluto de ramos (mm d⁻¹), de julho de 2009 a abril de 2010, em grupos de maturação precoce (PRE), intermediário (INT) e tardio (TAR) de plantas de *Coffea canephora* cultivadas em campo. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si, entre clones (Newman- Keuls, $P \leq 0,05$).

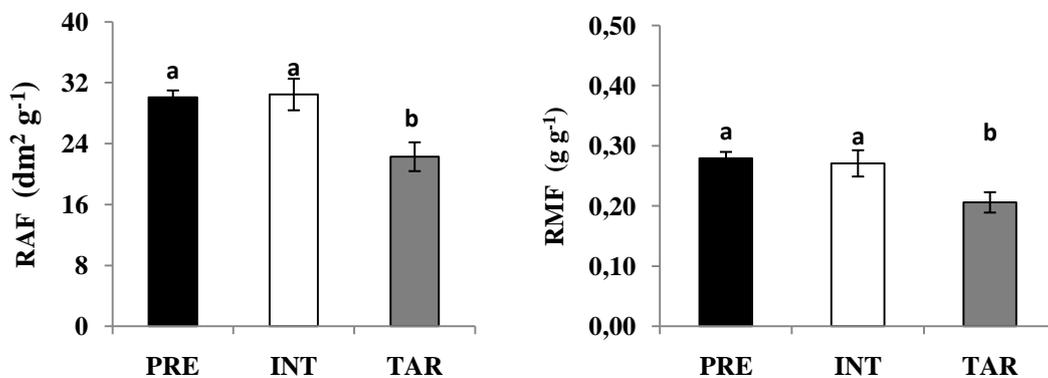


Figura 23 – Razão entre área foliar e massa de frutos (RAF) e razão massa foliar e massa de frutos (RMF) nos grupos de *Coffea canephora* com maturação precoce (PRE), intermediária (INT) e tardia (TAR). Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman- Keuls, $P \leq 0,05$).

3.4.2 – Trocas Gasosas

Em agosto (Figura 24), g_s foi similar entre os diferentes grupos de maturação; no entanto, A tendeu a diminuir com aumento do tempo de maturação, com maiores valores, portanto, nos clones de maturação precoce e intermediária. De modo oposto, os clones de maturação tardia tiveram a maior média da razão C_i/C_a . Em setembro, os resultados foram semelhantes aos observados em agosto; no entanto, g_s foi maior nos clones de maturação precoce.

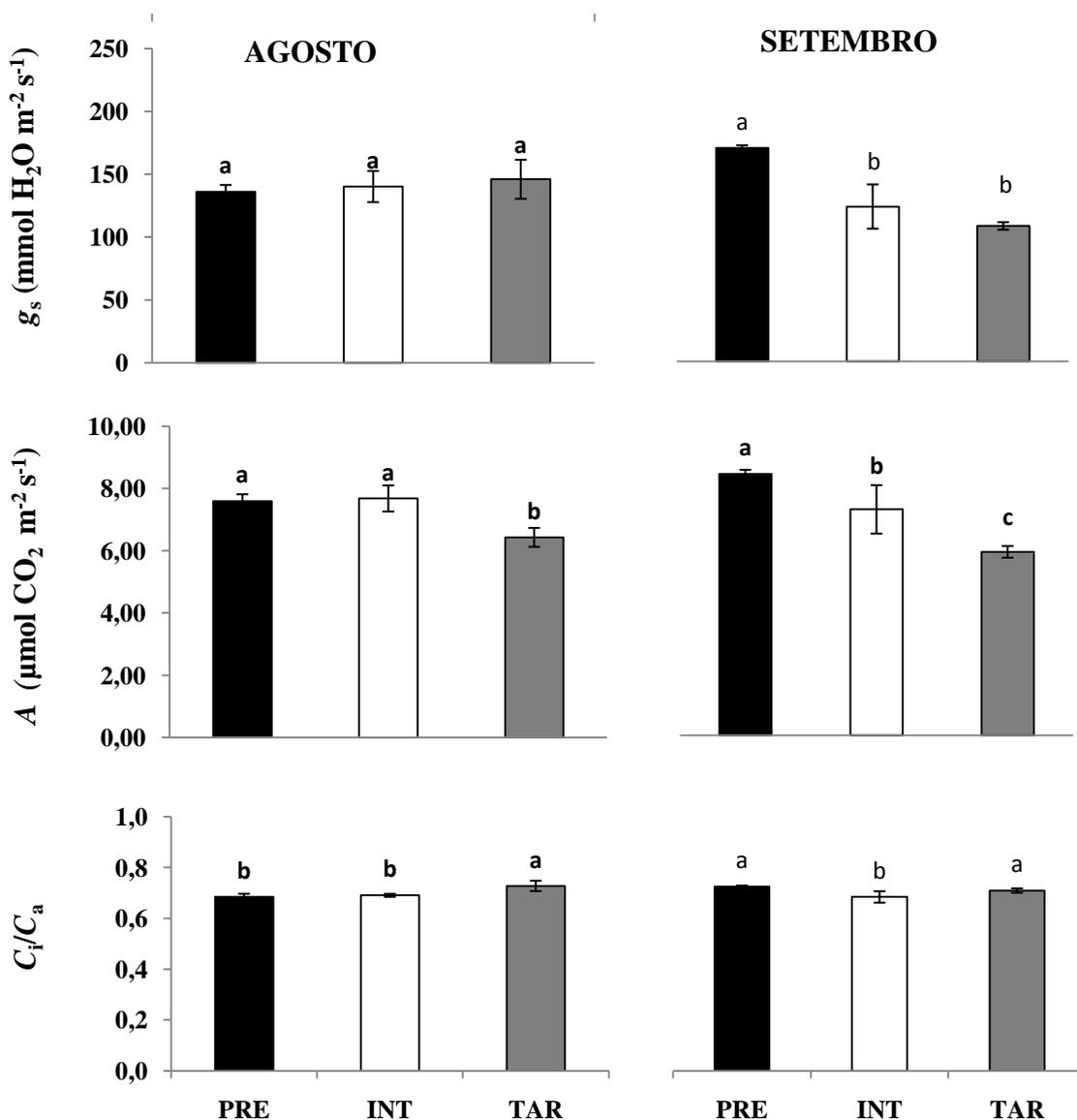


Figura 24 – Condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de carbono (A) e razão entre as concentrações interna e externa de CO₂ (C_i/C_a) em grupos de *Coffea canephora* com maturação precoce (PRE), intermediária (INT) e tardia (TAR) cultivados em campo. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.4.3 – Fluorescência da Clorofila *a*

De uma maneira geral, observou-se, tanto em agosto como em setembro, uma clara tendência de menores Φ_{FSII} , q_P e ETR, em resposta ao aumento do tempo de maturação de frutos. Porém, em ambos os meses de avaliação, F_v/F_m não respondeu ao padrão de maturação de frutos. Em agosto, mas não em setembro, as médias de NPQ foram ligeiramente menores nos clones precoces em comparação à dos demais clones (Figura 25).

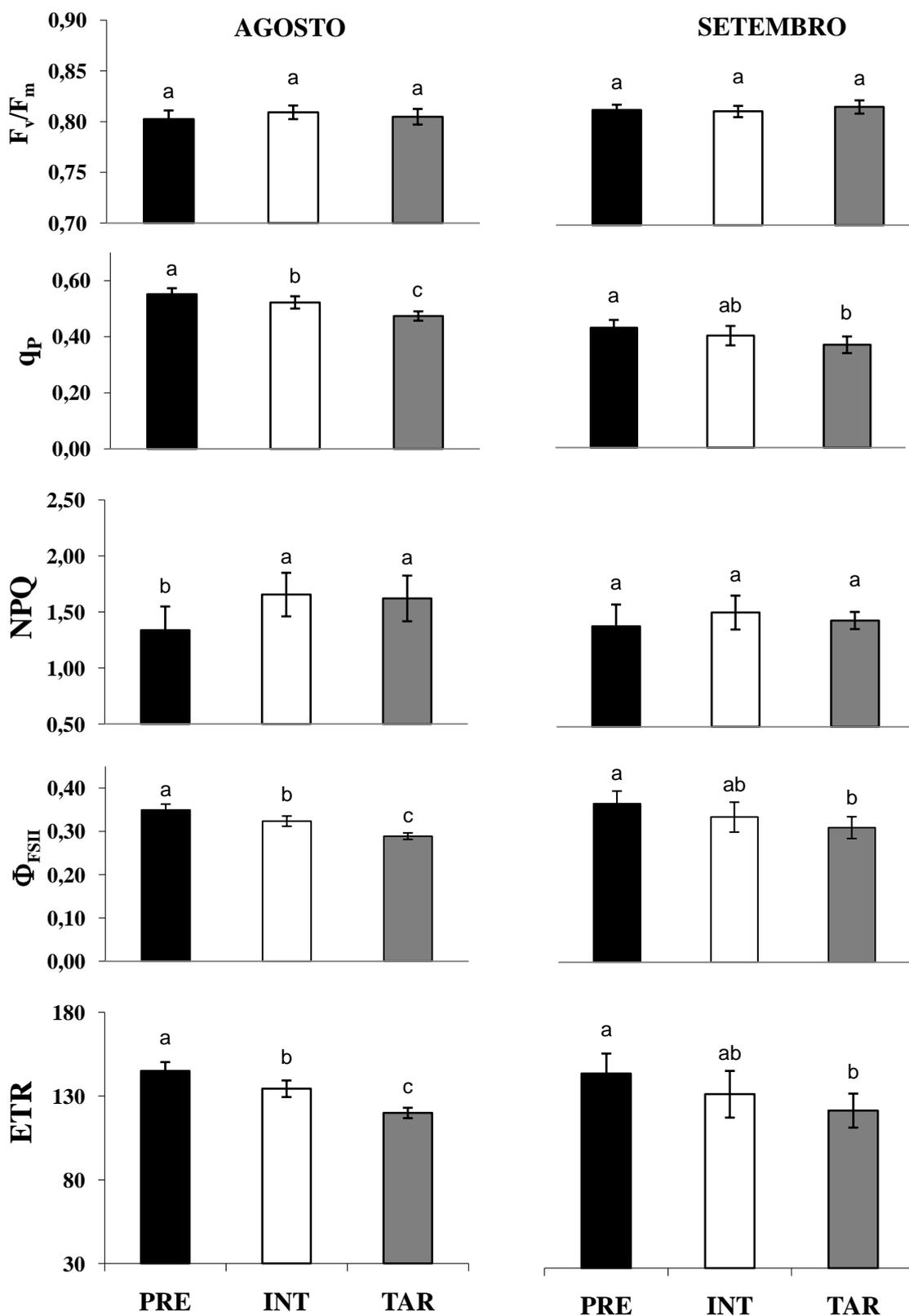


Figura 25 – Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m), coeficientes de extinção fotoquímica (q_p) e não-fotoquímica (NPQ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Φ_{FSII}) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em grupos de *Coffea canephora* com maturação precoce (PRE), intermediária (INT) e tardia (TAR) cultivados em campo, em setembro e agosto de 2009. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

3.4.4 – Concentração de Amido

Em agosto, folhas de ramos de clones de maturação precoce e intermediária exibiram uma concentração de amido (~ 140 g amido kg^{-1} MS) cerca de 40% maior que a dos clones tardios. Em setembro, clones de maturação precoce exibiram maior concentração de amido, cerca de 14% superior à média dos clones intermediários e tardios, que não variaram entre si (Figura 26).

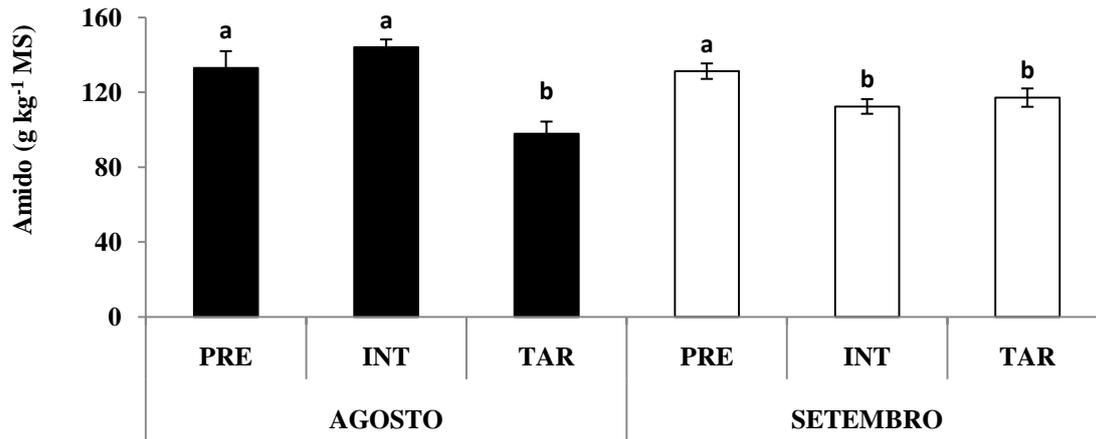


Figura 26 - Concentração de amido em folhas de ramos em grupos de *Coffea canephora* com maturação precoce (PRE), intermediária (INT) e tardia (TAR) cultivados em campo, em setembro e agosto de 2009. Valores seguidos por letras distintas diferem significativamente entre si (Newman-Keuls, $P \leq 0,05$).

4. DISCUSSÃO

4.1. Crescimento e Produção

Tanto o padrão como a magnitude das taxas de crescimento dos ramos plagiotrópicos não foram afetados pelos tratamentos de poda aplicados. Embora o número de nós não tenha sido quantificado, o comprimento médio de entre-nós não foi afetado significativamente pelos tratamentos de poda (dados não mostrados). Isso sugere que o número de nós não foi também afetado e, conseqüentemente, o número de pontos produtivos não seria influenciado na estação de crescimento reprodutivo seguinte. Com efeito, a produção de frutos nos clones avaliados, que foi 53,2, 53,5 e 50,6 sc ha⁻¹ (média das safras de 2008, 2009 e 2010), respectivamente nos grupos de maturação precoce, intermediário e tardio, não foi influenciada pelos tratamentos de poda. Portanto, de um ponto de vista agrônômico, é indiferente proceder-se à poda imediatamente após a colheita, como usualmente recomendado (Fonseca et al, 2007), ou posteriormente, antes da florada. Estes resultados sugerem, portanto, que se pode escalonar as operações de poda, entre a colheita e antes da florada, sem afetar negativamente a fisiologia do cafeeiro. Esse escalonamento permitiria, ainda, a otimização do uso da mão de obra, gerando menor custo de produção.

O padrão de crescimento do café conilon, a exemplo do de café arábica (Barros, 1974; DaMatta et al., 1999; Silva et al., 2004), é bimodal, com uma fase ativa, que se estende de agosto/setembro a abril, e outra fase com taxas muito baixas de crescimento, entre abril e agosto. O estabelecimento do crescimento a partir de agosto/setembro, acompanhou o aumento de temperaturas. Ressalte-se que este padrão parece pouco dependente da disponibilidade hídrica, apesar de que, em lavouras irrigadas, o início da fase ativa de crescimento antecede àquele de cafezais não-irrigados (Silveira, 1996). Durante a fase ativa, variações nas taxas de crescimento podem ser função da redução de disponibilidade hídrica (conforme aparentemente ocorrido em janeiro/fevereiro, quando os níveis de precipitação foram negligenciáveis), temperatura e/ou competição entre os crescimentos vegetativo e reprodutivo (DaMatta et al., 2010).

Uma vez que os frutos são drenos prioritários, estes podem restringir grandemente o crescimento vegetativo, particularmente na sua fase de enchimento, que

ocorre justamente nos meses de janeiro a março (DaMatta e Ronchi, 2007). Deve-se registrar que o crescimento de ramos foi também acompanhado em 2008/2009 (dados não mostrados), seguindo um padrão essencialmente similar ao de 2009/2010. Todavia, as maiores taxas de crescimento observadas ($\sim 2,5 \text{ mm d}^{-1}$) em 2008/2009 foram superiores às registradas em 2009/2010 ($2,0 \text{ mm d}^{-1}$). Estas taxas, no entanto, são inferiores às máximas já registradas para o café conilon, $\sim 3,6 \text{ mm d}^{-1}$ (Silveira, 1996).

4.2. Fotossíntese e Teores de Amido

Essencialmente, os tratamentos de poda não afetaram as trocas gasosas, tanto em agosto como em setembro. A única exceção foi observada em agosto, no clone 76, podado aos 30 DAC, em que se observa menor g_s em relação à das plantas podadas a 0 DAC, mas sem efeito aparente sobre A , o que resultou num decréscimo significativo na razão C_i/C_a . A magnitude das taxas fotossintéticas foi similar aos valores médios ($8,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) observados em plantas de *C. canephora*, sob condições adequadas de cultivo, conforme reportado por DaMatta et al. (2010). Registre-se, ainda, que ETR, que em alguns casos superou $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, é muito maior às necessidades fotoquímicas para suportar as taxas de fotossíntese ora observadas. Potencialmente, alta ETR com A relativamente baixa pode gerar excesso de poder redutor, que pode ser usado para a produção de espécies reativas de oxigênio, que podem desencadear uma gama de efeitos fotoinibitórios e/ou fotooxidativos (Assada, 1999), popularmente conhecidas como escaldadura. Todavia, desde que a eficiência fotoquímica máxima do FSII, estimada pela razão F_v/F_m , não respondeu aos tratamentos aplicados, sugere-se que, muito provavelmente, as plantas não sofreram de qualquer dano fotoinibitório.

Os tratamentos de poda, também, pouco ou nada, afetaram as concentrações de amido. Apesar de se ter avaliado tais concentrações apenas em folhas, acredita-se, a exemplo do que ocorre em café arábica (e.g., Chaves, 2009), que as concentrações de amido nas folhas e nos ramos variem em paralelo. É importante frisar que os teores de amido aqui observados são bem superiores aos máximos teores verificados em café arábica ($\sim 10\%$; Amaral, 1991), durante a fase quiescente de crescimento. As maiores concentrações de amido, em *C. canephora*, na fase de crescimento vegetativo limitado, devem ser reflexo da manutenção da fotossíntese a taxas relativamente elevadas, conforme mostrado por DaMatta et al. (2003) e aqui confirmado. A título de exemplo, os valores máximos de A relatados por Silva et al. (2004), em condições de campo,

foram ao redor de $3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, durante a fase quiescente de crescimento do café arábica, em Viçosa. Portanto, a manutenção de A na fase de menor crescimento deve permitir maior acúmulo de amido em *C. canephora*. Isso pode explicar, em parte, maior potencial produtivo dessa espécie, quando comparado ao de *C. arabica* (DaMatta et al., 2010).

DaMatta et al. (1997) observaram uma correlação negativa entre acúmulo de amido e a taxa de fotossíntese em plantas jovens de *C. canephora* cultivadas em vaso, durante o inverno, em Viçosa. Com efeito, o acúmulo de amido, em folhas-fonte, em decorrência de diminuição da demanda por assimilados nos drenos, pode causar retroinibição de fotossíntese (Morcuende et al., 1996; Paul e Pellny, 2003). Os teores de amido observados neste estudo são consideravelmente maiores que aqueles verificados por DaMatta et al. (1997), a despeito das taxas de A relativamente elevadas, conforme aqui observadas. Portanto, nas condições deste experimento, é pouco provável que o acúmulo de amido tenha causado alguma retroinibição do processo fotossintético.

Os principais resultados significativos aqui observados dizem respeito às variáveis associadas à fotossíntese e aos teores de amido, em função do padrão de maturação dos frutos. Nesse contexto, os clones de maturação tardia, considerados em conjunto, exibiram menor fotossíntese associada com menor g_s (apenas em setembro), porém com maior razão C_i/C_a em relação aos clones dos demais padrões de maturação (agosto) e aos clones de maturação precoce (setembro). Isso demonstra que a menor capacidade fotossintética não deve estar associada a limitações estomáticas à fotossíntese, e sim com uma menor capacidade bioquímica para fixação do CO_2 . De modo oposto, nos clones de maturação intermediária, observou-se, em setembro, menor A associada a menores g_s e razão C_i/C_a , quando comparados com clones precoces. Isso sugere, portanto, que potenciais decréscimos nas taxas de fotossíntese foram fundamentalmente governados por limitações estomáticas (DaMatta et al., 1997).

Poucos estudos têm sido feitos para avaliarem-se potenciais efeitos do padrão de maturação de frutos sobre a magnitude das taxas fotossintéticas. Em arroz, por exemplo, a magnitude da fotossíntese não variou em quatro cultivares diferentes quanto ao padrão (tempo) de maturação dos frutos, tanto no estágio vegetativo como no estágio reprodutivo (Shimono et al., 2009). Por outro lado, resultados similares àqueles aqui observados têm sido registrados em outras espécies, tanto herbáceas (e.g., soja; Gordon

et al., 1982) como perenes (e.g., pêra asiática; Zhang et al., 2005). Saliente-se que, no caso da soja, cultivares de maturação precoce exibem maiores picos de A em relação aos de cultivares de comportamento tardio; porém, após atingirem tais valores, a magnitude das taxas de A decresce muito mais rapidamente nas cultivares precoces que nas tardias (Gordon et al., 1982). Em café, nenhum estudo foi feito, até o presente, tentando se associar as variações da fotossíntese, em função do padrão de maturação de frutos e idade da folha. Em todo o caso, como os frutos têm um período maior de enchimento e de maturação nos clones tardios (DaMatta e Ronchi, 2007), menores A , nesses clones, podem ser compensadas, no longo prazo, pela menor força do dreno. Essa mesma proposição pode ser usada para explicar menores RAF e RMF nos clones tardios. Em outras palavras, menores RAF e RMF, juntamente com menores A por unidade de área foliar, sugerem menor capacidade fotossintética instantânea para prover os frutos de fotoassimilados, um fato que pode ser compensado ao longo do maior período de enchimento dos frutos, nos clones tardios. Registre-se, além disso, que em outros experimentos conduzidos pelo Incaper, não se tem evidenciado diferenças de produtividade entre variedades de café conilon com maturação precoce, intermediária e tardia (Ferrão et al., 2007c).

Deve-se também salientar que as diferenças relativas de taxas fotossintéticas instantâneas por unidade de área foliar entre os clones avaliados é muito menor que a diferença de produção. Portanto, outros atributos, além da capacidade fotossintética, devem assumir maior importância na determinação do potencial produtivo em *C. canephora*, como, por exemplo, diferenças de arquitetura da copa, eficiência hidráulica, padrão de interceptação da radiação solar, longevidade foliar e tolerância a estresses bióticos e abióticos.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho evidenciou que a poda, realizada em diferentes épocas após a colheita, pouco ou nada influencia as taxas de crescimento de ramos, bem como as taxas de fotossíntese e os teores de amido. Assim, de um ponto de vista agrônomo, é indiferente proceder-se à poda imediatamente após a colheita, como usualmente recomendado, ou posteriormente, antes da florada. Dessa forma, é possível escalonarem-se as operações de poda, entre a colheita e a florada, permitindo uma otimização do uso da mão-de-obra e, em última instância, proporcionando menores custos de produção de café. Registre-se, ainda, que a maior capacidade fotossintética dos clones precoces, associada a maiores teores de amido e maiores RMF e RAF, deve contribuir grandemente para atender a demanda de fotoassimilados dos frutos, que se concentra num curto período de enchimento de grãos. Por outro lado, nos clones de maturação tardia, as menores taxas fotossintéticas e os menores teores de amido, além das menores RMF e RAF, podem ser compensados ao longo do maior período de enchimento dos frutos.

6. REFERÊNCIAS

- Antunes WC, Pompelli MF, Carretero DM, DaMatta FM** (2008) Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*). *Annals of Applied Biology* **153**:33-40.
- Amaral JAT** (1991) Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas interações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio. Tese de doutorado. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 139p.
- Assada K** (1999) The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* **50**: 601–639.
- Barros RS, Maestri M** (1974) Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). *Revista Ceres* **21**: 268-279.
- Berninger F, Nikinmaa E, Sievanen R, Nygren P** (2000) Modelling of reserve carbohydrate dynamics, regrowth and nodulation in a N₂-fixing tree managed by periodic prunings. *Plant, Cell and Environment* **23**: 1025–1040.
- Bragança S, Carvalho HS, Fonseca AFA, Ferrão RG** (2001) Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **36**: 765-770.
- Chaves ARM** (2009) Aspectos fisiológicos do crescimento e da produção do cafeeiro. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 66p.
- Chesney P, Vasquez N** (2007) Dynamics of non-structural reserves in pruned *Erythrina poeppigiana* and *Gliricidia sepium* trees. *Agroforestry System* **69**: 89-105.
- Companhia Brasileira de Abastecimento – Conab** (2010) Acompanhamento de safra brasileira: café- segunda estimativa, Conab, Brasília, 18p.
- DaMatta FM, Amaral JAT, Rena AB** (1999) Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. *Field Crops Research* **60**: 223-229.
- DaMatta FM, Chaves ARM, Pinheiro HA, Ducatti C, Loureiro ME** (2003) Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. *Plant Science* **164**: 111-117.
- DaMatta FM, Maestri M, Mosquim PR, Barros RS** (1997) Photosynthesis in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) as affected by winter and summer conditions. *Plant Science* **128**: 43-50.
- DaMatta FM, Ramalho, JDC** (2006) Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology* **18**: 55-81.
- DaMatta FM, Ronchi CP** (2007) Aspectos fisiológicos do café conilon. In: Ferrão RG et al. (Eds.). *Café Conilon*. Incaper, Vitória, pp. 95-119.

- DaMatta FM, Ronchi CP, Maestri M, Barros RS** (2010) Coffee: environment and crop physiology. In: DaMatta FM (Ed.). *Ecophysiological of Tropical Tree Crops*. Nova Science Publishers, Inc, New York, pp. 181-216.
- Davis AP, Govaerts R, Bridson DM, Stoffelen P** (2006) An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* **152**: 465– 512.
- Eissenstat DM, Duncan LW** (1992) Root growth and carbohydrate responses in bearing citrus trees following partial canopy removal. *Tree Physiology* **10**: 245-257.
- Elfadl MA, Lukkanem O** (2003) Effects of pruning on *Prosopis juliflora*: considerations for tropical dryland agroforestry. *Journal of Arid Environments* **53**: 441-455.
- Ferrão MAG, Ferrão RG, Fonseca AFA, Verdim Filho AC, Volpi PS** (2007a) Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: Ferrão RG et al. (Eds.). *Café Conilon*. Incaper, Vitória, pp. 66-91.
- Ferrão RG, Ferrão MAG, Fonseca AFA, Pascova BEV** (2007b) Melhoramento genético de *Coffea canephora*. In: Ferrão RG et al. (Eds.). *Café Conilon*. Incaper, Vitória, pp. 121-173.
- Ferrão RG, Fonseca AFA, Ferrão MAG, Bragança SM, Verdim Filho AC, Volpi PS** (2007c) Cultivares de café conilon. In: Ferrão RG et al. (Eds.). *Café Conilon*. Incaper, Vitória, pp. 203-225.
- Fonseca AFA, Ferrão RG, Lani JA, Ferrão MAG, Volpi PS** (2007) Manejo da cultura do café conilon: espaçamento, densidade de plantio e podas In: Ferrão RG et al. (Eds.). *Café Conilon*. Incaper, Vitória, pp. 257-277.
- Gordon AJ, Hesketh JD, Peters DB** (1982) Soybean leaf photosynthesis in relation to maturity classification and stage of growth. *Photosynthesis Research* **3**: 81-93.
- Incaper** (2008) Poda programada de ciclo para café conilon – Nova técnica de revigoramento de lavouras. Documentos nº 163 – folder. Vitória.
- Morcuende R, Perez P, Martinez CR, Martin de Molino I, de la Puente LS** (1996) Long and short-term responses of leaf carbohydrates levels and photosynthesis to decrease sink demand in soybean. *Plant, Cell and Environment* **19**: 976-982.
- Ourry A, Kim TH, Boucaud J** (1994) Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa*: Relationships between availability and regrowth yield. *Plant Physiology* **105**: 831-837.
- Oxborough K, Baker NR** (1997) Resolving chlorophyll *a* fluorescence images of photosynthetic efficiency into photochemical and non-photochemical components – calculation of qP and F_v'/F_m' without measuring F_0' . *Photosynthesis Research* **54**: 135–142.
- Paul MJ, Pellny TK** (2003) Carbon metabolite feedback regulation of leaf photosynthesis and development. *Journal of Experimental Botany* **54**: 539-547.

- Pinkard EA, Mohammed C, Beadle CL, Hall MF, Worledge D, Mollon A** (2004) Growth responses, physiology and decay associated with pruning plantation-grown *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. nitens* (Deane and Maiden) Maiden. *Forest Ecology and Management* **200**: 263–277.
- Praxedes SC, DaMatta FM, Loureiro ME, Ferrão MAG, Cordeiro AT** (2006) Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. kouillou) leaves. *Environmental and Experimental Botany* **56**: 263-273.
- Rena AB, DaMatta FM** (2002) O sistema radicular do cafeeiro: Morfologia e ecofisiologia. In: Zambolim L (Ed.). *O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, pp. 11-92.
- Shimono H, Okada M, Yamakawa Y, Nakamura H, Kobayashi K, Hasegawa T** (2009) Genotypic variation in rice yield enhancement by elevated CO₂ relates to growth before heading, and not to maturity group. *Journal of Experimental Botany* **60**: 523-532.
- Silva EA, DaMatta FM, Ducatti C, Regazzi AJ, Barros RS** (2004) Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research* **89**: 349-357.
- Silveira JSM** (1996) Irrigação em café: café conilon irrigado no Espírito Santo. In: *Anais do 1º Simpósio Estadual do Café*. CETCAF, Vitória, pp.66-83.
- Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG** (1993) versão 5.0, Fundação Arthur Bernardes, Viçosa.
- Zhang C, Tanabe K, Tamura F, Itai A, Wang S** (2005) Partitioning of ¹³C-photosynthate from spur leaves during fruit growth of three japanese pear (*Pyrus pyrifolia*) cultivars differing in maturation date. *Annals of Botany* **95**: 685–693.