

FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA CLOROFILA *a* E CRESCIMENTO VEGETATIVO EM CAFEIEIRO CONILON SOB DIFERENTES FONTES NITROGENADAS

Gleison Oliosi¹, José de Oliveira Rodrigues², Antelmo Ralph Falqueto³, Fábio Ribeiro Pires⁴, José Antônio Monte⁵, Fábio Luiz Partelli⁶

(Recebido: 30 de junho de 2016; aceito: 19 de outubro de 2016)

RESUMO: O uso de fertilizantes nitrogenados é um recurso eficaz para elevar a produtividade do cafeeiro, de modo que o aprimoramento e/ou geração de novas técnicas que auxiliem no manejo da adubação nitrogenada são fundamentais, pois contribuirão para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio (N). Dessa forma, objetivou-se determinar a fluorescência transitente da clorofila *a* e o crescimento vegetativo do cafeeiro Conilon sob diferentes fontes nitrogenadas. O experimento foi realizado em Nova Venécia - ES - Brasil, em lavoura de café Conilon cultivar "Vitória Incaper 8142". Foram avaliadas cinco fontes de adubos nitrogenados: ureia comum, ureia + NBPT, ureia + Cu e B, ureia + S, e nitrato de amônio. A fluorescência máxima da clorofila *a* não diferiu em nenhuma das épocas analisadas. Os valores de índice relativo de clorofila (IRC) alternaram suas significâncias com relação aos tratamentos ao longo das datas de avaliação. As fontes de N não foram responsáveis, isoladamente, pelas alterações do IRC. As fontes de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada apresentam baixa influência na fluorescência transitente da clorofila *a* e não influenciam o crescimento vegetativo do cafeeiro.

Termos de indexação: Nitrogênio, *Coffea canephora*, nutrição.

CHLOROPHYLL *a* FLUORESCENCE TRANSIENT AND VEGETATIVE GROWTH IN CONILON COFFEE UNDER DIFFERENT NITROGEN SOURCES

ABSTRACT: The use of nitrogen fertilizers is an effective resource to increase the coffee yield, so that the improvement and/or generation of new techniques that assist in the management of nitrogen fertilization are essential, as will contribute to increase nitrogen use efficiency (N). Thus, this study aimed to determine the chlorophyll *a* fluorescence transient and vegetative growth in Conilon coffee under different nitrogen sources. The experiment was carried out in Nova Venécia - ES - Brazil, on coffee plantation Conilon cultivar "Vitória Incaper 8142". Were evaluated five sources of nitrogen fertilizers: urea common, urea + NBPT, urea + Cu and B, urea + S, and ammonia nitrate. The chlorophyll *a* fluorescence maximum did not differ in any of the times examined. The values of relative chlorophyll index (RCI) alternated their significance with respect to treatments throughout the evaluation dates. The N sources were not responsible, singly, with changes to the RCI. The sources of nitrogen fertilizers with increased efficiency exhibited low influence on transient fluorescence of chlorophyll *a* and do not influence the vegetative growth of the coffee.

Index terms: Nitrogen, *Coffea canephora*, nutrition.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Coffea* spp., compreende pelo menos 124 espécies (DAVIS et al., 2011), das quais *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner são as mais relevantes em termos econômicos. O Brasil é o maior produtor de café em nível mundial, com produção de 43,2 milhões de sacas beneficiadas em 2015 (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2016), gerando emprego e renda para o País, destacando assim sua importância econômica e social.

Dentre os nutrientes absorvidos pelo cafeeiro Conilon, o nitrogênio (N) é o que apresenta maior acúmulo (BRAGANÇA et al., 2008; COVRE et al., 2013, 2016; DUBBERSTEIN, 2015; PARTELLI et al., 2014), sendo a ureia a fonte mais utilizada

deste nutriente. No entanto, esta fonte apresenta suscetibilidade a perdas de N por volatilização (VITTI et al., 2007), de modo que diversos trabalhos têm sido realizados buscando avaliar o potencial do uso de fontes nitrogenadas com eficiência aumentada em diversas culturas e regiões (FARIA et al., 2014; LIMA et al., 2016; LORENSINI et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014; PAIVA et al., 2012; RATKE et al., 2011; VIERO et al., 2015).

A análise de resposta à adubação nitrogenada e a sua disponibilidade nas plantas, baseia-se em geral no crescimento e na produção, ou na concentração de N nas folhas. Dentre os órgãos da planta mais utilizados nessas amostragens, a folha é o de maior importância pelo fato de ser a sede do metabolismo e refletir na sua composição

^{1,2,3,4,5,6}Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Centro Universitário Norte do Espírito Santo/CEUNES - Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas/DCAB - 29.932-540 - Rodovia BR 101 Norte - km 60 - Bairro Litorâneo - São Mateus - ES
gleison.oliosi@hotmail.com, rodrigolajinha@gmail.com, antelmofalqueto@gmail.com, pires.fr@gmail.com, jam1agr@yahoo.com.br, partelli@yahoo.com.br

as mudanças nutricionais, expressando em sua coloração, os efeitos sintomáticos do “status” de nutrientes (RODRIGUES JÚNIOR et al., 2011).

O processo fotossintético destaca-se nas plantas como força motriz para as reações que se processam em seu metabolismo, sendo a clorofila a unidade principal desse processo, responsável pela conversão de energia luminosa em química nas plantas. A ausência de N reduz as reações bioquímicas do metabolismo do carbono e reduz a biossíntese de clorofila, bem como a área foliar, diminuindo, conseqüentemente, a absorção e utilização da luz solar como fonte de energia para realizar suas funções essenciais como a absorção de nutrientes (REIS et al., 2006). Neste sentido, é possível inferir que a variação na concentração de N altere os sinais básicos da emissão da fluorescência pela clorofila *a* (VIEIRA et al., 2010).

A utilização de parâmetros da fluorescência da clorofila tem sido difundida, principalmente no estudo da capacidade fotossintética das plantas, por ser um método não destrutivo que permite a análise qualitativa e quantitativa da absorção e o aproveitamento da energia luminosa pelo aparelho fotossintético. Tal técnica tem permitido maior conhecimento dos processos fotoquímicos e não-fotoquímicos que ocorrem na membrana dos tilacóides, além de possibilitar o estudo de características relacionadas à capacidade de absorção e transferência da energia luminosa na cadeia de transporte de elétrons (KRAUSE; WEIS, 1991).

Segundo Carelli et al. (1996), a capacidade fotossintética das plantas é dependente do suprimento de N. Uma considerável fração desse elemento encontra-se nas folhas, alocado nas proteínas envolvidas no processo fotossintético. Em adição, a fotossíntese depende de vários compostos nitrogenados, como enzimas e pigmentos fotossintéticos, para a produção dos compostos de carbono que compõem a parte aérea. Portanto, a capacidade fotossintética das plantas e o metabolismo do nitrogênio estão diretamente vinculados.

Na cultura do café, o uso de fertilizantes nitrogenados é um recurso eficaz para elevar a produtividade, de modo que o aprimoramento e/ou geração de novas técnicas que auxiliem no manejo da adubação nitrogenada, são fundamentais, pois contribuirão para aumentar a eficiência de uso do N, reduzir o custo de produção da lavoura, otimizar a margem de lucro do produtor e minimizar a contaminação ambiental do solo e da água

(BRAUN et al., 2013). Dessa forma, objetivou-se determinar a fluorescência transiente da clorofila *a* e o crescimento vegetativo do café Conilon em função de fontes de fertilizantes nitrogenados com eficiência aumentada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Nova Venécia, Espírito Santo, Brasil (18°43'43" S; 40°23'09" O), numa altitude de 89 m. O clima, conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013). Utilizaram-se seis genótipos de *C. canephora*, denominados 1V, 2V, 3V, 4V, 5V e 6V que fazem parte da cultivar “Vitória Incaper 8142” (FONSECA et al., 2004), com dois anos de idade, implantada no espaçamento de 3 m x 1 m.

Os tratamentos foram constituídos por cinco fontes de fertilizantes nitrogenados: ureia comum - 45% de N (UR); ureia + NBPT - 45% de N (UR + NBPT); ureia + Cu e B - 44,6% de N + 0,15% de sulfato de cobre + 0,4% de ácido bórico (UR + Cu e B); ureia + S - 37% de N + 17% de enxofre (UR + S); e nitrato de amônio - 34% de N (NA). Os tratamentos UR + NBPT, UR + Cu e B e UR + S são considerados como ureias protegidas; e o tratamento NA foi considerado como a testemunha positiva do experimento, ou seja, tratamento em que as perdas por volatilização de N-NH₃ são mínimas. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis repetições. Cada genótipo constituiu um bloco e a parcela experimental foi composta por três linhas com seis plantas, de modo que as quatro plantas centrais constituíram a parcela útil.

O período de duração do experimento foi de outubro de 2010 a julho de 2012. Durante este período experimental, os fertilizantes nitrogenados foram aplicados manualmente, nos meses de outubro, dezembro, março, maio, junho e agosto. A adubação nitrogenada foi estabelecida conforme a interpretação da análise do solo e a expectativa de produção de 100 sc ha⁻¹. O N foi aplicado em dose de 24 g por planta em cada adubação, equivalente a 80 kg ha⁻¹ por aplicação e 480 kg ha⁻¹ por ano. O potássio, o fósforo e os micronutrientes foram aplicados separadamente, de acordo com Prezzoti et al. (2007).

As medidas da cinética da fluorescência transiente da clorofila *a* foram analisadas em três épocas, em 11/10/2011, 18/01/2012 e

27/03/12. Foi utilizado o fluorômetro portátil HandyPEA (Hanstech, King's Lynn, Norfolk, UK). Os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* avaliados foram: F_0 = Fluorescência inicial; F_M = Fluorescência máxima; F_V/F_M = Eficiência fotoquímica do fotossistema II; $PI (ABS)_{total}$ = Índice de desempenho total e os fluxos específicos de energia por centro de reação; ABS/RC = Fluxo de absorção por centro de reação; TR_0/RC = Fluxo de energia capturada por centro de reação no $t=0$; ET_0/RC = Fluxo de transporte de energia por centro de reação no $t=0$; DI_0/RC = Fluxo de energia dissipada por centro de reação no $t=0$. Previamente às leituras, as folhas do terceiro ou quarto par foram adaptadas ao escuro com auxílio de cliques foliares (Hansatech, UK), durante 30 minutos, período necessário para oxidação completa do sistema fotossintético. Em seguida, foi emitido um flash de luz, proporcionando um pulso de irradiância saturante de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons nas folhas, com duração de um segundo (STRASSER; STRASSER, 1995).

Foram avaliadas as seguintes variáveis que compõem o crescimento vegetativo das plantas: Índice Relativo de Clorofila (IRC), área foliar, massa das folhas secas, massa foliar específica, área foliar específica e crescimento acumulado e diário dos ramos. O IRC foi avaliado com o auxílio do Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila portátil CFL1030 marca Falker, momentos antes das adubações referentes às datas de 11/10/2011, 28/12/2011, 01/03/2012 e 04/05/2012 e 20 dias após cada uma destas.

Para a realização das avaliações de área foliar e massa das folhas secas, foram coletadas oito folhas (duas em cada ponto cardinal) na segunda planta útil de cada parcela. Foram utilizadas as folhas do 3º e 4º par de folhas a partir do ápice do ramo plagiotrópico, selecionado ao acaso no terço médio superior da planta. As avaliações foram realizadas em 11/10/2011, 01/03/2012 e 04/05/2012, e 20 dias após cada uma destas. Foi medido o comprimento da nervura central (CNC) e a máxima largura do limbo foliar (MLLF) por meio de régua graduada, em milímetros, para calcular a área foliar pelo método indireto. Essas variáveis foram utilizadas na equação para obter a área foliar: $AF = 0,6123 \times (CNC \times MLLF)^{1,0057}$, conforme proposto por Partelli et al. (2006).

As folhas utilizadas para determinação da área foliar foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C, até atingir massa constante e, em seguida, foi determinada a massa das folhas

secas, em balança de precisão. A massa foliar específica (mg cm^{-2}) foi obtida pela razão entre a massa da folha seca (mg) e a área foliar (cm^2). A área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) foi obtida pela razão entre a área foliar (cm^2) e a massa da folha seca (g).

O crescimento de ramos foi avaliado mensalmente por medição de três grupos de ramos em crescimento, tomado ao acaso. Foram marcados quatro ramos plagiotrópicos por parcela. O primeiro grupo de ramos (ramos velhos) foi avaliado nas seguintes datas: 05/08/2011, 03/09/2011, 01/10/2011, 29/10/2011, 09/12/2011, 09/01/2012, 07/02/2012, 12/03/2012 e 13/04/2012; o segundo grupo de ramos (ramos em fase intermediária) em: 09/12/2011, 09/01/2012, 07/02/2012, 12/03/2012, 13/04/2012, 12/05/2012, 19/06/2012, 09/07/2012 e 06/08/2012; e o terceiro grupo (ramos novos) em 13/04/2012, 12/05/2012, 19/06/2012, 09/07/2012 e 06/08/2012. O crescimento dos ramos ortotrópicos foi obtido medindo-se a partir da base do ramo plagiotrópico marcado.

Os valores médios de crescimento de ramos foram apresentados em gráficos de forma descritiva, juntamente com o erro padrão da média. Os demais resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias da fluorescência inicial (F_0), realizada na primeira avaliação, foram diferentes somente entre a ureia + S e o nitrato de amônio e ambas as médias não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 1). Valores mais altos da fluorescência máxima (F_M) foram encontrados nas plantas adubadas com ureia + S, contudo, não diferiu estatisticamente dos tratamentos ureia comum e ureia + NBPT na primeira avaliação. A fluorescência inicial (F_0) representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do fotossistema II (FSII), sendo o componente mínimo do sinal da fluorescência (MATHIS; PALLOTIN, 1981). Dessa forma, é uma perda fotoquímica que se espera, não influenciável ou pouco influenciável pela presença ou não de nitrogênio.

Os valores médios da eficiência fotoquímica máxima do FSII (F_V/F_M) não diferiram em nenhuma das épocas analisadas (Tabela 1),

além de exibirem valores muito próximos daqueles considerados adequados para plantas sob ausência de estresse, que estão em torno de 0,75 - 0,83 (HUNT, 2003), pressupondo que as fontes nitrogenadas não alteraram a eficiência do FSII. A razão F_v/F_m indica a eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII (KRAUSE; WEIS, 1991), representando a eficiência quântica do transporte de elétrons através do FII (HAEHNEL et al., 1982). As relações da fluorescência variável e a máxima é uma das mais representativas do estado fotoquímico das folhas ou mesmo indicador de estresses (ZANANDREA et al., 2006).

Na segunda e terceira avaliação, a fluorescência inicial (F_0) e a fluorescência máxima da clorofila *a* (F_m) não apresentaram diferenças significativas em relação às fontes nitrogenadas (Tabela 1). Os parâmetros que descrevem os fluxos específicos de energia (fluxos por centro de reação do FSII) não sofreram diferenças significativas nas épocas avaliadas. Na primeira avaliação, constataram-se valores mais elevados para o fluxo de absorção por centro de reação (ABS/RC) e para o fluxo de energia capturado por centro de reação (TR_0/RC) no tratamento ureia + S, sendo que ABS/RC não diferiu significativamente nos tratamentos ureia comum e ureia + Cu e B.

O fluxo de transporte de energia (ET_0/RC) e o fluxo de energia dissipada por centro de reação (DI_0/RC) não diferiram significativamente entre os tratamentos em nenhuma das épocas avaliadas (Tabela 1). Este resultado indica que os diferentes tratamentos não influenciaram o fluxo de dissipação da energia de excitação como calor pelas plantas, como evidenciado pela invariabilidade de DI_0/RC . O índice de performance total [$PI(ABS)_{total}$] apresentou diferença significativa somente na primeira avaliação entre a fonte ureia + S e o Nitrato de Amônio. Nas demais avaliações não foi observada diferença significativa, indicando que as fontes nitrogenadas não causaram efeitos significativos entre si em *C. canephora*, propondo que as fontes nitrogenadas não influenciaram na perda de atividade do FSII.

Com relação ao Índice Relativo de Clorofila (Tabela 2), não houve diferença estatística nas medições realizadas em 11/10/11, 28/12/11 e 04/05/12. Esse fato indica que o efeito dos resíduos dos fertilizantes nitrogenados das adubações anteriores foi insuficiente para alterar o teor de N foliar. Avaliando a eficiência do uso da ureia revestida com polímeros na cultura do Milho, Zavaschi et al. (2014) também não verificaram alterações nas taxas de volatilização de amônia, leitura SPAD, teor de N nas folhas e grãos, e na

produtividade do milho em relação à aplicação do fertilizante convencional.

Em trabalho realizado por Espíndula et al. (2014), foi verificada concentração semelhante de N em folhas bandeira de trigo quando usadas as fontes ureia + NBPT e ureia comum em dose única na semeadura, contudo, quando utilizadas essas fontes em doses parceladas e em cobertura (condição favorável a volatilização), foi verificada maior concentração de N foliar com o uso da fonte ureia + NBPT. Frazão et al. (2014), também verificaram que adubação em cobertura com ureia revestida com polímeros ou o tratamento com inibidor de urease favoreceram a obtenção de maior teor de N em folhas de milho.

Na segunda data de amostragem (31/10/2011), os tratamentos apresentaram diferença entre si, ou seja, 20 dias após aplicação da adubação de N houve diferença na absorção deste em relação às fontes. A ureia comum, a ureia + S e o nitrato de amônio obtiveram maior IRC. Isso poderia ser explicado, uma vez que, ocorreu precipitação de 144 mm a partir do dia 11/10/2011 até 31/10/2011, favorecendo a solubilidade, assimilação e redução da volatilização.

Avaliando perdas de $N-NH_3$ de fertilizantes nitrogenados com eficiência aumentada, Faria et al. (2013) também observaram respostas similares entre as fontes de ureia utilizadas sob condições de elevada precipitação, enquanto sob condições favoráveis à volatilização a ureia revestida com sulfato de cobre e ácido bórico apresentou redução na perda de amônia em relação as demais fontes. Ainda de acordo com Civard et al. (2011), a ureia comum incorporada ao solo proporciona maior rendimento de grãos de milho e maior lucratividade do que a ureia revestida com polímeros aplicada em superfície.

Nas datas 17/01/12 e 20/03/12 verificou-se que a fonte Nitrato de Amônio apresentou valores superiores de IRC em relação às demais, porém não diferindo estatisticamente. Isso pode ser explicado uma vez que as condições climáticas nestas datas de amostragem apresentaram baixos volumes de precipitação, atingindo valores de 253,4 mm no acumulado de janeiro a março de 2012, porém o acumulado da evapotranspiração de janeiro a 20/03/2011 chegou a 344,5 mm, condições propícias à volatilização, apresentando altas temperaturas máximas, média de 31,8 °C entre janeiro a março e umidade no solo suficiente para ocasionar grandes perdas, o que contribuiu para o aumento das perdas de nitrogênio por volatilização.

TABELA 1 - Parâmetros da fluorescência da clorofila *a* em plantas de *C. canephora* submetidas a cinco fontes de fertilizantes nitrogenados, em três avaliações. Nova Venécia-ES.

PARÂMETROS	Ureia Comum	Ureia + NBPT	Ureia + Cu e B	Ureia + S	Nitrato de Amônio	CV (%)
Primeira Avaliação						
F ₀	669,8 ab	667,0 ab	659,7 ab	694,3 a	635,4 b	7,76
F _M	3705 ab	3690 ab	3583 b	3895a	3539 b	8,66
F _V /F _M	0,81 a	0,81 a	0,81 a	0,82 a	0,82 a	1,52
PI (ABS) _{total}	3,04 ab	3,04 ab	2,95 ab	2,51 b	3,27 a	22,48
ABS/RC	1,69 ab	1,68 b	1,70 ab	1,80 a	1,66 b	7,95
TR ₀ /RC	1,34 b	1,33 b	1,34 b	1,43 a	1,32 b	6,75
ET ₀ /RC	0,74 a	0,75 a	0,74 a	0,75 a	0,75 a	4,76
DI ₀ /RC	0,35 a	0,34 a	0,35 a	0,37 a	0,34 a	14,04
Segunda Avaliação						
F ₀	697,3 a	694,2 a	687,7 a	699,3 a	700,2 a	8,52
F _M	3249 a	3311a	3347 a	3232 a	3403 a	13,50
F _V /F _M	0,781 a	0,788 a	0,789 a	0,780 a	0,790 a	4,16
PI (ABS) _{total}	1,992 a	2,098 a	2,216 a	1,977 a	2,282 a	41,34
ABS/RC	1,987 a	1,960 a	1,938 a	2,018 a	1,901 a	11,67
TR ₀ /RC	1,489 a	1,488 a	1,463 a	1,491 a	1,447 a	8,12
ET ₀ /RC	0,799 a	0,812 a	0,777 a	0,775 a	0,793 a	11,28
DI ₀ /RC	0,498 a	0,472 a	0,474 a	0,526 a	0,454 a	26,41
Terceira Avaliação						
F ₀	483,1 a	497,5 a	504,9 a	509,3 a	503,0 a	7,76
F _M	2748 a	2758 a	2881 a	2766 a	2938 a	9,82
F _V /F _M	0,822 a	0,817 a	0,821 a	0,812 a	0,826 a	3,33
PI (ABS) _{total}	3,570 a	2,945 a	3,424 a	3,200 a	3,366 a	30,19
ABS/RC	1,871 a	2,006 a	1,947 a	1,947 a	1,978 a	13,57
TR ₀ /RC	1,484 a	1,564 a	1,530 a	1,521 a	1,567 a	9,95
ET ₀ /RC	0,888 a	0,871 a	0,899 a	0,910 a	0,906 a	9,76
DI ₀ /RC	0,386 a	0,441 a	0,417 a	0,425 a	0,410 a	31,96

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. F₀ = Fluorescência inicial; F_M = Fluorescência máxima; F_V/F_M = Eficiência fotoquímica do fotossistema II; PI (ABS)_{total} = Índice de desempenho total; ABS/RC = Fluxo de absorção por centro de reação; TR₀/RC = Fluxo de energia capturada por centro de reação no t=0; ET₀/RC = Fluxo de transporte de energia por centro de reação no t=0; DI₀/RC = Fluxo de energia dissipada por centro de reação no t=0.

TABELA 2 - Índice Relativo de Clorofila (IRC) em plantas de *C. canephora* submetidas a cinco fontes de fertilizantes nitrogenados em oito avaliações. Nova Venécia-ES.

Datas*	Ureia Comum	Ureia + NBPT	Ureia + Cu e B	Ureia + S	Nitrato de Amônio	CV (%)
11/10/11	69,23 a	67,35 a	68,41 a	68,10 a	70,66 a	9,18
31/10/11	73,16 a	70,56 b	70,58 b	71,67 ab	72,28 ab	7,67
28/12/11	62,91 a	61,25 a	60,61 a	64,83 a	64,69 a	14,82
17/01/12	71,31 ab	71,39 ab	68,76 b	72,31 ab	73,37 a	13,00
01/03/12	66,29 ab	62,96 b	64,43 ab	66,58 a	65,25 ab	13,87
20/03/12	66,19 abc	62,47 c	65,19 bc	67,16 ab	69,61 a	15,69
04/05/12	59,49 a	55,81 a	56,42 a	58,89 a	58,72 a	16,98
24/05/12	63,69 a	61,50 ab	59,46 b	64,89 a	63,97 a	15,50

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Datas referentes às aplicações de fertilizantes nitrogenados.

A aplicação de ureia em solos secos, com a ausência de precipitação, resulta em pouca dissolução e hidrólise da ureia. Contudo, à medida que a umidade aumenta a hidrólise também tende a aumentar e, com isso, a volatilização também aumenta (PRASERTSAK et al., 2001). A combinação de elevada umidade do solo, ausência de chuvas após a adubação e temperatura elevada, determina elevadas perdas de amônia por volatilização (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). De acordo com Viero et al. (2015), a utilização da ureia com inibidor de urease em substituição à ureia comum apenas mostra-se promissora quando aplicada sem irrigação ou com irrigação anterior à adubação, condições estas propícias à volatilização.

Percebe-se que os valores de IRC alternam suas significâncias com relação aos tratamentos ao longo das datas de avaliação. Presume-se que somente as fontes de N não são responsáveis, sozinhas, pelas alterações do IRC, uma vez que existem outros fatores que afetam a absorção e as perdas por volatilização de amônia nos solos que são em função das condições do solo como CTC e textura (SANGOI et al., 2003), pH, umidade e cobertura vegetal (LONGO; MELLO, 2005).

De modo geral, percebe-se que os valores de IRC aumentaram aos 20 dias após a adubação com a aplicação das fontes nitrogenadas, porém não de formas equivalentes entre as diferentes datas avaliadas, uma vez que as plantas utilizaram de maiores teores de nitrogênio em determinadas etapas dos estádios fenológicos, reduzindo o teor de N nas folhas. Isso acontece principalmente nos estádios de expansão, granação e maturação.

Os frutos do cafeeiro, durante sua expansão, podem drenar aproximadamente 95% do total de N recentemente absorvido, causando sintomas de deficiência deste nutriente na folha e restringindo o crescimento vegetativo (AMARAL; RENA; AMARAL, 2006).

A área foliar apresentou diferenças significativas em função do tipo de adubo nas avaliações realizadas nos dias 20/03 e 04/05, com maiores valores nas plantas tratadas com Nitrato de Amônio, contudo diferindo estatisticamente somente da fonte ureia comum em 20/03 e da ureia + Cu e B em 04/05 (Tabela 3). Carelli e Fahl (1991), também verificaram maior área foliar em plantas de *Coffea arabica* L. com maior disponibilidade de nitrato. Nas demais épocas avaliadas não houve diferença em relação às fontes nitrogenadas utilizadas.

Observa-se que há uma tendência das folhas serem maiores no verão (março), o que pode estar associado à maior precipitação e condições mais favoráveis de crescimento. Maior área foliar no cafeeiro implica maior superfície de interceptação de luz, o que poderá resultar em taxas fotossintéticas mais elevadas (PARTELLI et al., 2006).

A massa das folhas seca apresentou diferenças significativas, mas somente na avaliação realizada em outubro, indicando que o tipo de adubo nitrogenado pode influenciar na massa seca das folhas. A área foliar específica e a massa seca específica não diferiram estatisticamente nas avaliações realizadas em função das fontes nitrogenadas utilizadas.

TABELA 3 - Avaliações foliares em plantas de *C. canephora* submetidas a cinco fontes de fertilizantes nitrogenados em seis avaliações, nas quais as coletas foram realizadas no dia da aplicação do tratamento e 20 dias após a adubação. Nova Venécia - ES.

Tratamento	11/10/11	31/10/11	01/03/12	20/03/12	04/05/12	24/05/12
Área Foliar (cm ²)						
Ureia Comum	57,6 a	49,7 a	61,8 a	63,0 b	47,8 ab	48,8 a
Ureia + NBPT	55,5 a	46,1 a	63,2 a	64,4 ab	48,4 ab	47,2 a
Ureia + Cu e B	55,1 a	46,1 a	60,8 a	65,5 ab	46,6 b	46,3 a
Ureia + S	55,4 a	48,2 a	63,4 a	65,9 ab	47,8 ab	49,5 a
Nitrato de amônio	53,9 a	46,6 a	61,8 a	67,6 a	50,8 a	46,8 a
CV (%)	14,88	13,17	8,25	6,26	6,38	11,00
Massa das Folhas Seca (g)						
Ureia Comum	0,9 ab	0,8 a	1,0 a	1,0 a	0,8 a	1,0 a
Ureia + NBPT	0,9 ab	0,7 a	1,0 a	0,9 a	0,8 a	0,9 a
Ureia + Cu e B	1,0 a	0,5 a	0,9 a	1,0 a	0,6 a	1,0 a
Ureia + S	0,6 b	0,6 a	1,0 a	1,0 a	0,8 a	1,0 a
Nitrato de amônio	0,9 ab	0,6 a	0,9 a	1,0 a	0,8 a	0,9 a
CV (%)	33,05	56,51	18,29	12,60	47,24	8,75
Área Foliar Específica (cm ² g ⁻¹)						
Ureia Comum	78,8 a	78,5 a	87,2 a	88,9 a	84,1 a	71,1 a
Ureia + NBPT	80,1 a	83,9 a	90,2 a	89,8 a	85,5 a	70,6 a
Ureia + Cu e B	79,4 a	83,8 a	91,6 a	91,3 a	84,8 a	69,3 a
Ureia + S	84,6 a	84,6 a	88,1 a	91,5 a	82,7 a	72,9 a
Nitrato de amônio	81,4 a	83,5 a	90,0 a	94,8 a	84,1 a	70,1 a
CV (%)	11,50	7,95	7,87	11,00	6,08	10,54
Massa Foliar Específica (mg cm ⁻²)						
Ureia Comum	11,8 a	11,5 a	12,8 a	12,8 a	11,9 a	14,1 a
Ureia + NBPT	11,1 a	11,3 a	12,6 a	12,1 a	11,7 a	14,5 a
Ureia + Cu e B	11,0 a	11,5 a	12,8 a	12,0 a	11,9 a	14,7 a
Ureia + S	11,4 a	11,2 a	12,1 a	12,9 a	12,1 a	14,0 a
Nitrato de amônio	11,1 a	10,9 a	12,5 a	12,2 a	12,0 a	15,0 a
CV (%)	9,26	10,26	11,38	7,97	6,51	12,62

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O crescimento acumulado dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos do cafeeiro apresentou alterações em função das épocas avaliadas e dos três grupos de ramos marcados, contudo, as taxas de crescimento foram semelhantes entre as fontes de fertilizantes nitrogenados utilizados (Figura 1).

Os ramos plagiotrópicos velhos (Figura 1B) e os ramos plagiotrópicos em estado intermediário (Figura 1D) apresentaram crescimento inicial mais rápido, reduzindo a partir dos meses de

janeiro/fevereiro. Já nos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos novos (Figuras 1E e 1F) observou-se crescimento inicial nulo e somente foi constatada a retomada do crescimento a partir da segunda avaliação coincidindo com o mês de maio, ou seja, final do período reprodutivo. Isso também pode ser observado na Figura 2, onde o crescimento diário dos ramos em estágio intermediário (Figuras 2C e 2D) e ramos novos (Figuras 2E e 2F) apresentaram retomada do crescimento a partir do mês de maio.

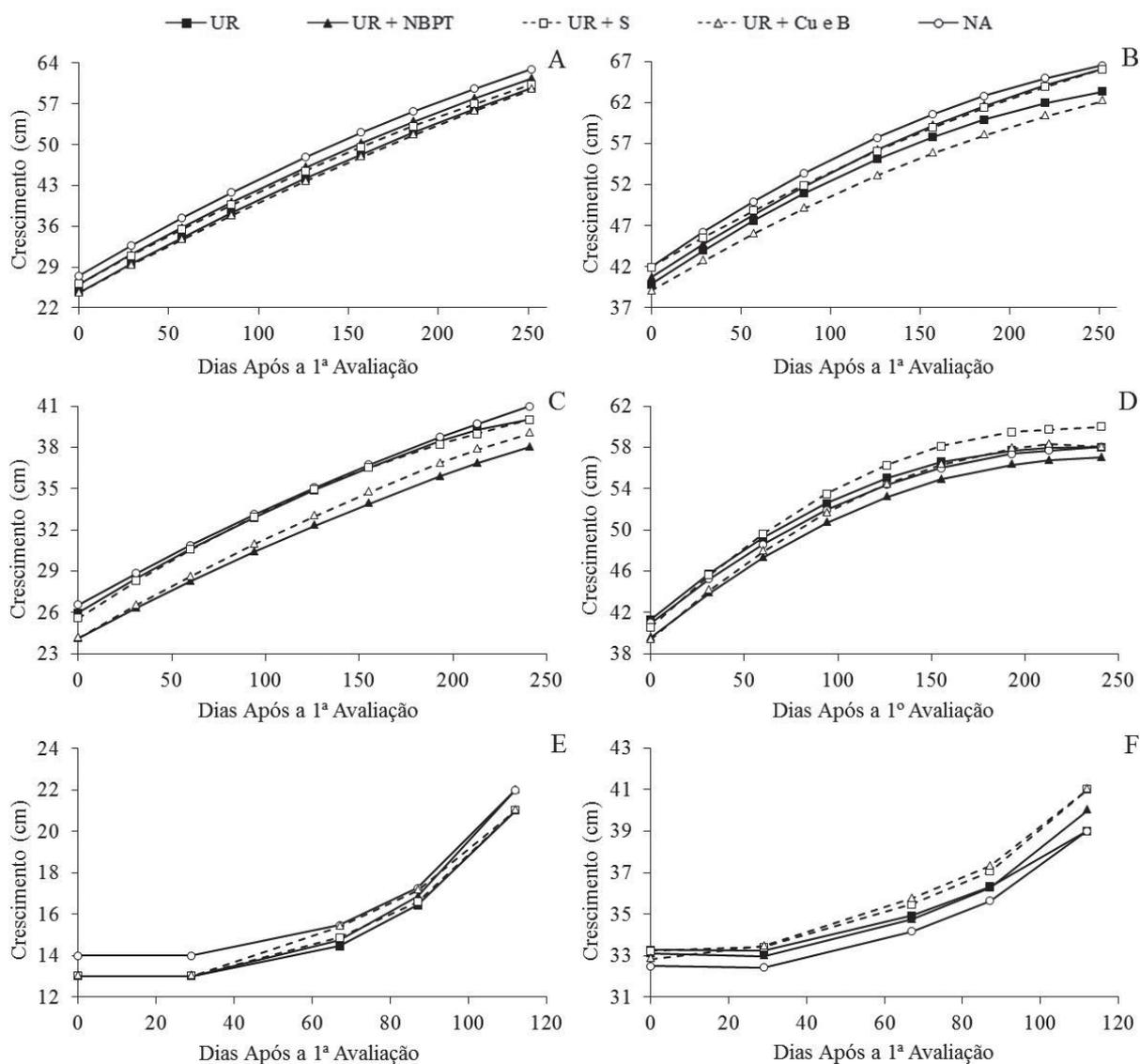


FIGURA 1 - Crescimento acumulado dos três grupos de ramos em *C. canephora* submetidos a cinco fontes nitrogenadas: ureia comum (UR), ureia + NBPT (UR + NBPT), ureia + Cu e B (UR + Cu e B), ureia + S (UR + S) e Nitrato de Amônio (NA), em que, ramo ortotrópico velho (A), plagiotrópico velho (B), ortotrópico intermediário (C), plagiotrópico intermediário (D), ortotrópico novo (E) e plagiotrópico novo (F). Nova Venécia-ES.

Resultados semelhantes foram obtidos por Amaral, Rena e Amaral (2006) em café arábica, e por Covre (2016) e Partelli et al. (2010) em cafeeiro Conilon. Isso pode ser explicado devido à maior demanda por fotoassimilados para o enchimento dos frutos, uma vez que durante frutificação, a prioridade dos fotoassimilados é para os frutos (PIMENTEL, 1998).

A sazonalidade do crescimento de *C. canephora* também é influenciada pela temperatura do ar, apresentando sensibilidade a baixas temperaturas em níveis estomáticos, bioquímicos e biofísicos (PARTELLI et al., 2009), de modo que sob temperaturas mínimas abaixo de 17,2 °C a taxa de crescimento do cafeeiro é reduzida drasticamente na maioria dos genótipos avaliados (PARTELLI et al., 2013).

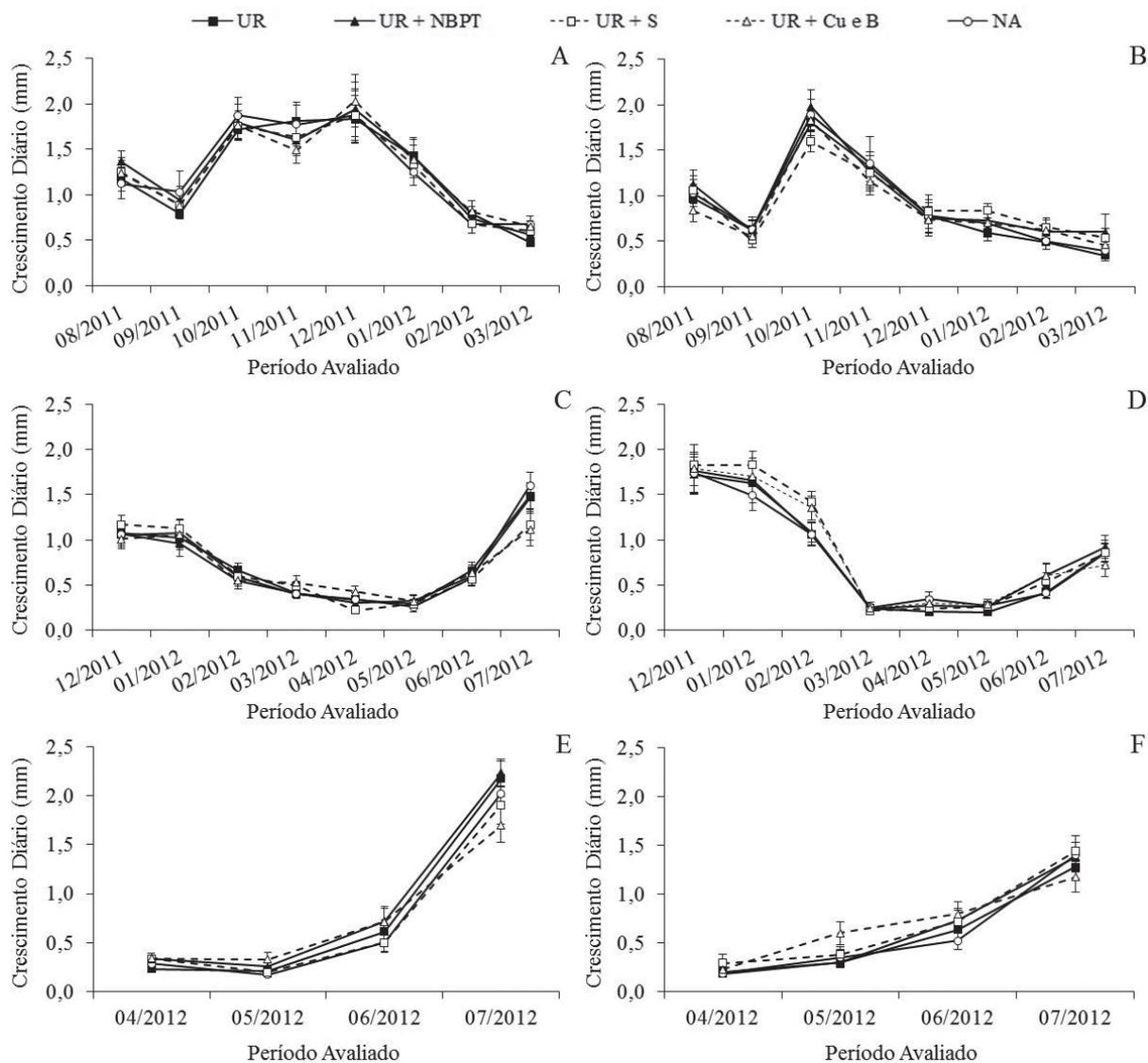


FIGURA 2 - Crescimento diário (mm dia^{-1}) dos três grupos de ramos em *C. canephora* submetidos a cinco fontes nitrogenadas: ureia comum (UR), ureia + NBPT (UR + NBPT), ureia + Cu e B (UR + Cu e B), ureia + S (UR + S) e Nitrato de Amônio (NA). Onde, ramo ortotrópico velho (A), plagiotrópico velho (B), ortotrópico intermediário (C), plagiotrópico intermediário (D), ortotrópico novo (E) e plagiotrópico novo (F). As barras verticais representam o erro padrão da média. Nova Venécia-ES.

4 CONCLUSÃO

As fontes nitrogenadas utilizadas apresentam baixa influência na fluorescência transiente da clorofila *a* em *C. canephora*.

O crescimento vegetativo do cafeeiro não é influenciado pelas fontes de adubos nitrogenados com eficiência aumentada, nas condições estudadas.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos. À Universidade Federal de Goiás e à Universidade Federal do Espírito Santo pelo suporte à pesquisa, e ao produtor rural Sr. João Batista Marré por disponibilizar a área para o estudo.

6 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

- AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, mar. 2006.
- BRAGANÇA, S. M. et al. Accumulation of macronutrients for the conilon coffee tree. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 31, p. 103-120, 2008.
- BRAUN, H. et al. Absorção, metabolismo e diagnóstico do estado de nitrogênio em plantas de batata. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 3, p. 185-195, jul./set. 2013.
- CARELLI, M. L. C. et al. Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 123-130, 1996.
- CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I. Distribuição da assimilação de nitrato e de matéria seca em plantas jovens de café cultivadas em diferentes níveis de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 1, p. 29-37, 1991.
- CIVARDI, E. A. et al. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, jan./mar. 2011.
- COVRE, A. M. **Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado, na região atlântica da Bahia, Brasil**. 2016. 146 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2016.
- COVRE, A. M. et al. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café Conilon. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 193-202, maio/ago. 2013.
- _____. Nutrient accumulation in bean and fruit from irrigated and non-irrigated *Coffea canephora* cv. Conilon. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Abu Dhabi, v. 28, n. 6, p. 402-409, Apr. 2016.
- DAVIS, A. P. et al. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Oxford, v. 167, n. 4, p. 357-377, Dec. 2011.
- DUBBERSTEIN, D. **Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em *Coffea canephora* na Amazônia Ocidental**. 2015. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF, 2013. 353 p.
- ESPÍNDULA, M. C. et al. Urease inhibitor (NBPT) and efficiency of single or split application of urea in wheat crop. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 273-279, mar./abr. 2014.
- FARIA, L. A. et al. Hygroscopicity and ammonia volatilization losses from nitrogen sources in coated urea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 942-948, maio/jun. 2014.
- _____. Loss of ammonia from nitrogen fertilizers applied to maize and soybean straw. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 969-975, jul./ago. 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar./abr. 2014.
- FONSECA, A. F. A. et al. 'Conilon Vitória - Incaper 8142': improved *Coffea canephora* var. kouillou clone cultivar for the state of Espírito Santo. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 4, n. 4, p. 503-505, 2004.
- FRAZÃO, J. J. et al. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1262-1267, dez. 2014.
- HAEHNEL, W. et al. Picosecond fluorescence kinetics and transfer in chloroplast and algae. **Biochemistry and Biophysical Acta**, Amsterdam, v. 680, n. 1, p. 161-173, 1982.
- HUNT, D. Measurements of photosynthesis and respiration in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 117, p. 314-325, 2003.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Historical data**. Disponível em: <<http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1a-total-production.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2016.

- KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 313-349, 1991.
- LIMA, L. C. Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado, em função de diferentes fontes de nitrogênio. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 97-107, jan./mar. 2016.
- LONGO, R. M.; MELO, W. J. Hidrólise da uréia em latossolos: efeito da concentração de uréia, temperatura, pH, armazenamento e tempo de incubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 651-657, 2005.
- LORENSINI, F. et al. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1173-1179, jul. 2012.
- MARTHA JÚNIOR, G. B. et al. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2240-2247, 2004.
- MATHIS, P.; PALLOTIN, G. Primary process of photosynthesis. In: HATCH, M. D.; BOARDMAN, N. K. (Ed.). **The biochemistry of plants**. New York: Academic, 1981. p. 97-161.
- NASCIMENTO, C. A. C. et al. Ammonia volatilization from coated urea forms. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 1057-1063, jul./ago. 2013.
- OLIVEIRA, J. A. et al. Volatilização de amônia proveniente de ureia compactada com enxofre e bentonita, em ambiente controlado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1558-1564, set./out. 2014.
- PAIVA, D. M. et al. Urea coated with oxidized charcoal reduces ammonia volatilization. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1221-1229, jul./ago. 2012.
- PARTELLI, F. L. et al. Crescimento vegetativo sazonal em ramos de diferentes idades do cafeeiro Conilon. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 619-626, 2010.
- _____. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 214-222, jan./fev. 2014.
- _____. Estimativa da área foliar do cafeeiro Conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 204-210, 2006.
- _____. Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1404-1415, nov. 2009.
- _____. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, Ottawa, v. 5, n. 8, p. 108-116, Aug. 2013.
- PIMENTEL, C. **Metabolismo do carbono na agricultura tropical**. Seropédica: EDUR, 1998. 150 p.
- PRASERTSAK, P. et al. Fate of urea nitrogen applied to a banana crop in the wet tropics of Queensland. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Netherlands, v. 59, p. 65-73, 2001.
- PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.
- RATKE, R. F. et al. Production and levels of foliar nitrogen in rocket salad fertilized with controlled-release nitrogen fertilizers and urea. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 246-249, abr./jun. 2011.
- REIS, A. R. et al. Diagnóstico da exigência em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006.
- RODRIGUES JÚNIOR, F. A. et al. Geração de zonas de manejo para cafeicultura empregando-se sensor SPAD e análise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 778-787, 2011.
- SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 687-692, 2003.
- STRASSER, B. J.; STRASSER, R. J. Measuring fast fluorescent transients to address environmental questions: the JIP-test. In: MATHIS, P. (Ed.). **Photosynthesis: from light to biosphere**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1995. p. 977-980.

- VIEIRA, D. A. P. et al. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 360-368, jun. 2010.
- VIERO, F. et al. Management of irrigation and nitrogen fertilizers to reduce ammonia volatilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1737-1743, nov./dez. 2015.
- VITTI, A. C. et al. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 491-498, 2007.
- ZANANDREA, I. et al. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, p. 157-161, 2006.
- ZAVASCHI, E. et al. Ammonia volatilization and yield components after application of polymer-coated urea to maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1200-1206, jul./ago. 2014.