

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO IRRIGADO, EM FUNÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO

Luara Cristina de Lima¹, Anderson de Carvalho Gonçalves², André Luís Teixeira Fernandes³,
Reginaldo de Oliveira Silva⁴, Regina Maria Quintão Lana⁵

(Recebido: 22 de abril de 2015; aceito: 24 de agosto de 2015)

RESUMO: Na cafeicultura, em lavouras de alta produção, especialmente as irrigadas, grandes teores de nitrogênio (N) são aplicados ao solo, todo ano, sendo fundamental o estudo de técnicas que permitam a utilização racional deste elemento químico na adubação do cafeeiro. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os parâmetros vegetativos e produtivos do cafeeiro em função de diferentes fontes, doses e formas de aplicação do N na cafeicultura irrigada. O experimento foi conduzido no Campo Experimental Izidoro Bronzi – ACA, no município de Araguari – MG, durante as safras 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Aplicaram-se os fertilizantes nos tratamentos com adubação convencional parcelados em três aplicações (novembro, janeiro e março de todos os anos avaliados) e na fertirrigação, a aplicação foi realizada, semanalmente, a partir de setembro de cada ano, até junho do ano subsequente, nas doses de 210 e 300 kg ha⁻¹ de N. Realizaram-se avaliações dos aspectos biométricos, da produtividade, do pegamento de frutos no 4º e 5º nós e da maturação dos frutos, observando a interferência da adubação nitrogenada sobre estes aspectos. O N gera um incremento de, até 151% na produção do cafeeiro submetido aos tratamentos de adubação, quando comparados ao controle (sem adubação). Não é possível estabelecer uma relação coerente com adubação nitrogenada para as demais características biométricas e produtivas da cultura, devido à aleatoriedade dos dados. A ureia agrícola, ao ser aplicada via fertirrigação, não demonstra ser melhor nos parâmetros vegetativos e produtivos do cafeeiro, em relação à aplicada convencionalmente, mas demonstra ser melhor que a ureia polimerizada aplicada, convencionalmente. O nitrato de amônio aplicado convencionalmente pode ser considerado a melhor fonte de N, quando se analisam todas as variáveis conjuntamente. Para a fertirrigação, o uso de ureia agrícola na dose de 300 kg ha⁻¹ proporciona incrementos para a homogeneidade, na maturação dos frutos.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., fertirrigação, nutrição mineral, irrigação.

GROWTH AND PRODUCTIVITY OF COFFEE IRRIGATED ACCORDING TO DIFFERENT SOURCES OF NITROGEN

ABSTRACT: Coffee is one of the main agricultural crops and for high production in farming, especially irrigated, large nitrogen (N) contents are used every year, and is fundamental to the study of techniques for the rational use of this element. The objective of this study was to evaluate the vegetative and productive parameters of the coffee according to various sources, doses and forms of application of N in irrigated coffee. The experiment was carried out at the Experimental Field Izidoro Bronzi - ACA, in the city municipality of Araguari, state of Minas Gerais, during the crop 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 and 2013/2014. Fertilizer was applied in treatments with conventional fertilization three split applications (November, January and March all evaluated years) and fertigation, it was used weekly from September of each year, until June of the following year, in doses of 210 and 300 kg ha⁻¹ of N were conducted reviews of biometric aspects, productivity, fruit in 4th and 5th and we of maturation, observing the interference of N fertilization on these aspects were made. The N generates an increase in the production of fertilized treatments compared to control, reaching increases of 151%. Its no possible to establish a coherent relationship with N for other characteristics due to randomness of the data. Agricultural urea to be applied by fertigation demonstrates not be better applied conventionally, but proves to be better than the polymerized urea applied conventionally. The applied ammonium nitrate can be conventionally considered the best source of N when analyzing all the variables together. For fertigation, the use of agricultural urea 300 kg ha⁻¹ increments to provide uniformity in fruit maturation.

Index terms: *Coffea arabica* L., fertigation, mineral nutrition, irrigation.

1 INTRODUÇÃO

O cerrado brasileiro foi considerado, há algumas décadas, levando-se em conta aspectos climáticos, pouco favorável ao cultivo do cafeeiro. No cenário atual, firmou-se como importante

centro de produção cafeeira. De acordo com Fernandes et al. (2012), a cafeicultura nesta região é considerada uma das mais desenvolvidas do mundo, por englobar altas produtividades e boa qualidade de produto final.

Dentre as variáveis no processo

^{1,2,4,5}Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Ciências Agrárias - Laboratório de Análise de Solo - Campus Umuarama Bloco 4C - sala 102 - 38.400-902 - Uberlândia - MG - luaralima@agronoma.eng.br, andimagro@gmail.com, rs5059@gmail.com, rmqlana@terra.com.br

³Universidade de Uberaba - Pró Reitor de Pesquisa, Pós Graduação e Extensão - Av. Nenê Sabino 1801 - bloco R Universitário - 38.055500 - Uberaba-MG - andre.fernandes@uniube.br

produtivo do café, o manejo nutricional onera consideravelmente o custo, pois a maioria dos adubos disponíveis no mercado tem sua matéria-prima importada, verificando-se então, a necessidade de uma adubação adequada para a planta.

O nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade pelo cafeeiro. A perda por lixiviação e volatilização é facilitada pela alta mobilidade do nutriente, tanto no solo, quanto na planta (LOBO; GRASSI FILHO; BULL, 2012). Métodos como parcelamento da adubação, utilização de adubos protegidos e fontes menos suscetíveis à volatilização e à lixiviação podem reduzir as perdas de N. A eficiência de fertilizantes na cafeicultura pode aumentar, ao se utilizarem técnicas que maximizem a disponibilidade de nutrientes no solo para a planta, com aproveitamento eficiente (DOMINGHETTI et al., 2014; SCALCO et al., 2014).

O uso da irrigação favorece o desenvolvimento vegetativo (MIRANDA et al., 2005) e a produtividade do cafeeiro (SILVA; TEODORO; MELO, 2008; SCALCO et al., 2011). Já o uso da fertirrigação, técnica que consiste na aplicação de adubos por meio do sistema irrigante, visa o parcelamento da adubação e permite a melhor eficiência dos fertilizantes (GUIMARÃES et al., 2010; REZENDE et al., 2010; SOBREIRA et al., 2011).

Mesmo com todas as vantagens do uso de fertirrigação, adubos protegidos e fontes menos suscetíveis à volatilização, há ainda dificuldades no manejo da irrigação e dos fertilizantes em lavouras cafeeiras, em consequência da carência de informações sobre a nutrição do cafeeiro irrigado (FERNANDES et al., 2007). Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os parâmetros vegetativos e produtivos do cafeeiro, em função de diferentes fontes, doses e formas de aplicação do N, na cafeicultura irrigada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no campo experimental da ACA (Associação dos Cafeicultores de Araguari), em lavoura de café situada na Fazenda Chaparral, localizada às margens da MG 414, km 09, no município de Araguari-MG, latitude 18°33'11.87" S e longitude 48°12'38.71" O, e altitude de 963 m.

O clima da região é classificado pelo método de Köppen, como Aw, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco. A precipitação

média anual é de 1606 mm e a temperatura média anual é de 21,9 °C. O cafeeiro utilizado foi da cultivar IAC 15 (Catuaí vermelho), plantado em dezembro de 2002, no espaçamento 4,0 x 0,5 m (5000 plantas por hectare).

Na Tabela 1, estão dispostos os tratamentos utilizados no experimento. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e nove tratamentos, correspondendo a duas doses de N (210 e 300 kg ha⁻¹), três fontes de N (ureia, ureia polimerizada e nitrato de amônio), aplicados de forma convencional (tratorizada) ou em fertirrigação, quando utilizada a ureia agrícola. A parcela experimental foi formada por 20 plantas, sendo consideradas úteis, as 10 plantas centrais. Avaliaram-se a qualidade, biometria e produtividade do cafeeiro em função do uso do N, fontes, doses e formas de aplicação.

Os fertilizantes foram aplicados superficialmente, nos tratamentos com adubação convencional (sob a projeção da copa), e parcelados em três aplicações (novembro, janeiro e março de todos os anos avaliados), juntamente com a adubação potássica (3 x 145 kg ha⁻¹ de KCl). Nos tratamentos fertirrigados, a aplicação foi feita utilizando-se uma bomba injetora centrífuga, sendo realizada semanalmente, a partir de setembro de cada ano, até junho do ano subsequente (10 meses de fertirrigação), considerando-se as doses apresentadas na Tabela 1. Os tratamentos fitossanitários, culturais e nutricionais foram realizados de acordo com as recomendações do MAPA-PROCAFÉ, sendo padronizados para os nove tratamentos.

O sistema de irrigação instalado no experimento foi o de gotejamento, com emissores autocompensantes. Antes do início da aplicação dos tratamentos, em todo ano, foram realizadas avaliações da uniformidade do sistema de irrigação por gotejamento, calculando-se os coeficientes de uniformidade estatística (Us), de uniformidade de emissão.

Foram utilizados dados de estação meteorológica automática para o manejo da irrigação, a partir dos quais é estimada a evapotranspiração da cultura, pelo método de Penman-Monteith, padrão FAO (PEREIRA et al., 2015). Para o controle da irrigação, foi calculada a evapotranspiração da cultura do cafeeiro, com base nos dados obtidos em estação meteorológica automática, instalada próximo à lavoura de café, no próprio Campo Experimental Izidoro Bronzi. Para o balanço hídrico climatológico, os dados de precipitação também foram medidos pela mesma estação, nos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014.

TABELA 1 - Doses, fontes e formas de aplicações dos fertilizantes nitrogenados no cafeeiro irrigado por gotejamento

| Tratamentos | Dose de N (kg ha ⁻¹) | Fonte de N | Forma de aplicação |
|-------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| Controle | 0 | Controle | - |
| UA- 210 | 210 | Ureia agrícola | Convencional |
| UA – 300 | 300 | Ureia agrícola | |
| UP – 210 | 210 | Ureia polimerizada | |
| UP – 300 | 300 | Ureia polimerizada | |
| NA – 210 | 210 | Nitrato de amônio | |
| NA – 300 | 300 | Nitrato de amônio | |
| UAF – 210 | 210 | Ureia agrícola | Fertirrigação |
| UAF – 300 | 300 | Ureia agrícola | |

Ureia - 45% de N; Nitrato de amônio – 32% de N; Ureia polimerizada – 41% de N. UA- ureia agrícola; UP – ureia polimerizada; NA – nitrato de amônio; UAF – ureia agrícola fertirrigada

Por meio do balanço hídrico climatológico, pôde-se inferir que a região possuiu um déficit hídrico anual médio de 200 mm, sendo que esse déficit se concentra entre os meses de junho a outubro. Esse fator pode ser melhor notado na média dos anos 2011, 2012 e 2013, onde o déficit chega próximo a 200 mm no mês de outubro, e no ano de 2014, no mês de outubro, onde esse déficit ultrapassa os 250 mm (Figura 1).

Para os aspectos biométricos, foram avaliados o número de nós e os comprimentos dos ramos plagiotrópicos em centímetros. Realizaram-se avaliações dos aspectos biométricos nas fases de desenvolvimento reprodutivo (dezembro de 2011), maturação dos frutos (maio de 2012), desenvolvimento vegetativo (outubro de 2012), indução, crescimento e dormência das gemas florais (maio de 2013), floração, chumbinho e expansão dos frutos (outubro de 2013), bem como de maturação dos frutos (maio de 2014).

Nas avaliações, foram excluídas as plantas da bordadura e, com o uso de trena e planilha, foram realizadas medições de ramos e contagens dos números de nós, dos dois lados da planta, a partir do último nó que produziu frutos na safra anterior. No mês de maio de 2011 e de 2012, esta contagem incluiu também o número de frutos no 4º e 5º nó, não realizado nas demais épocas. Após a colheita, ocorreu somente a contagem de nós. Esta contagem foi feita nos experimentos tornando possível a observância da produtividade final.

Avaliou-se também o percentual de homogeneidade dos frutos na colheita das safras 2011/2012 e 2012/2013, de modo que,

em uma amostra de 1000 mL de frutos colhidos aleatoriamente por tratamento, foram separados e contados os frutos verdes, verde-cana, cereja, passa e bôia. Em sequência, somou-se a quantidade de frutos na amostra total (1000 mL), correspondendo a 100%, sendo então, possível fazer o percentual para cada tipo de fruto.

Após a colheita e a secagem, os frutos do cafeeiro foram separados em sacos, pesados, sendo retirado um quilo de café para cada amostra. A amostra de frutos foi beneficiada, com a retirada da casca do grão, que passou pelo processo de catação manual, e de outras impurezas. Após a limpeza e o beneficiamento, as amostras foram pesadas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias (Tukey), a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no software SASM-Agri, utilizado para separação de médias em experimentos agrícolas (CANTERI et al., 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se o número de nós presentes nos ramos plagiotrópicos (Tabela 2), pode-se estimar a produção da safra seguinte, já que estes ramos, conhecidos também como ramos produtivos, são responsáveis pela produção dos frutos do cafeeiro (BRAGANÇA et al., 2015). Para abranger diferentes etapas do ciclo do cafeeiro, as épocas das avaliações concentraram-se em maio (1ª avaliação) e dezembro de 2011 e outubro de 2012 a 2014 (2ª avaliação), atestando-se uma relação entre a característica avaliada e as etapas vegetativas e reprodutivas da planta.

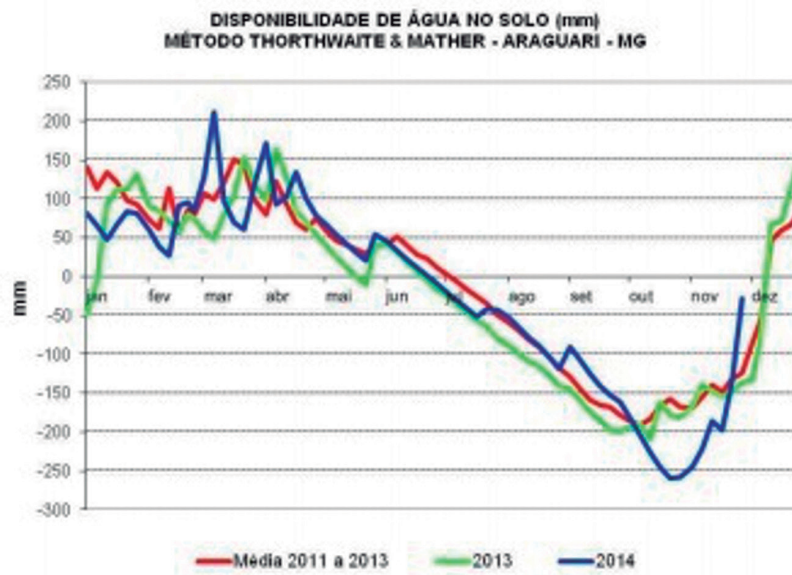


FIGURA 1 - Extrato do balanço hídrico normal para a região, Campo Experimental Izidoro Bronzi, Araguari, MG (BRASIL, 2014)

TABELA 2 - Números de nós (N.N.) e comprimento dos ramos plagiotrópicos em cm (C.R.P.) do cafeeiro, em diferentes estádios vegetativos.

| Tratamentos | Dezembro de 2011 | | Maio de 2012 | | Outubro de 2012 | | Maio de 2013 | | Outubro de 2013 | | Maio de 2014 | |
|--------------------------------|------------------|--------|--------------|--------|-----------------|-------|--------------|--------|-----------------|-------|--------------|---------|
| | N.I. | C.R.P | N.I. | C.R.P | N.I. | C.R.P | N.I. | C.R.P | N.I. | C.R.P | N.I. | C.R.P |
| Controle | 4,0b | 6,4c | 7,0b | 12,5b | 2,8a | 4,5a | 9,3c | 15,0c | 1,5a | 1,0 b | 8,0c | 12,8d |
| UA 210 kg ha ⁻¹ | 5,7 a | 19,0a | 10,0ab | 20,1ab | 2,0a | 3,0a | 12,8ab | 27,8b | 1,5a | 2,3ab | 12,0ab | 25,8bc |
| UA 300 kg ha ⁻¹ | 5,6 a | 17,7ab | 9,5ab | 17,9ab | 1,8a | 3,0a | 12,8ab | 31,5ab | 1,8a | 2,5ab | 13,0ab | 29,8ab |
| UP 210 kg ha ⁻¹ | 5,8 a | 15,3b | 11,5a | 23,3a | 1,8a | 1,8a | 11,3bc | 30,3b | 1,5a | 3,5a | 12,5ab | 27,0abc |
| UP 300 kg ha ⁻¹ | 5,7 a | 20,0a | 10,7ab | 23,1a | 2,3a | 2,8a | 11,3bc | 25,5b | 1,0a | 3,8a | 12,3ab | 26,8abc |
| NA 210 kg ha ⁻¹ | 5,7 a | 17,8ab | 11,5a | 24,0a | 1,5a | 3,5a | 14,3a | 38,5a | 1,3a | 2,8ab | 12,8ab | 23,0c |
| NA 300 kg ha ⁻¹ | 5,8 a | 19,5a | 11,2a | 22,5a | 2,3a | 2,8a | 11,8ab | 28,3b | 1,3a | 3,8a | 11,5b | 24,8bc |
| UAF 210 kg ha ⁻¹ | 5,7 a | 18,3ab | 10,5ab | 22,5a | 1,8a | 2,5a | 13,0ab | 24,5b | 1,3a | 3,3ab | 12,3ab | 29,0abc |
| UAF 300 kg ha ⁻¹ | 5,7 a | 19,5a | 11,2a | 23,8a | 2,3a | 3,3a | 12,8ab | 26,3b | 1,8a | 3,3ab | 14,3a | 32,5a |
| C.V. (%) | 3,2 | 7,3 | 15,3 | 16,4 | 41,8 | 54,2 | 9,8 | 11,5 | 32,6 | 32,9 | 8,7 | 10,7 |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. UA- ureia agrícola; UP – ureia polimerizada; NA – nitrato de amônio; UAF – ureia agrícola fertirrigada

No primeiro ano agrícola avaliado (2011), ocorreu aumento na produção de nó e no comprimento de ramos plagiotrópicos, para todos os tratamentos com o uso de fontes nitrogenadas, em relação ao controle. Registraram-se incrementos de 137% a 210%, sendo a ureia agrícola, aplicada na dose de 210 kg ha⁻¹; a ureia polimerizada e o nitrato de amônio, ambos na dose de 300 kg ha⁻¹ e aplicados de forma convencional; e o uso de ureia agrícola, na dose de 300 kg ha⁻¹ e aplicada via fertirrigação, mostraram-se superiores ao tratamento com ureia polimerizada, na dose de 210 kg ha⁻¹. Esperava-se menor desenvolvimento do cafeeiro em virtude da bienalidade; entretanto, por se tratar da primeira avaliação, fatores aleatórios do ambiente, como umidade relativa e temperatura, interferiram nos dados apresentados (Tabela 2).

Na primeira avaliação do segundo ano agrícola (2012), constatou-se que as fontes nitrato de amônio, independente da dose utilizada, e a ureia polimerizada, na dose de 210 kg ha⁻¹, ambos aplicados na forma convencional, bem como a ureia agrícola, aplicada via fertirrigação na dose de 300 kg ha⁻¹, promoveram incrementos para a produção de número de nós e no crescimento dos ramos plagiotrópicos, em relação ao controle (Tabela 2).

O comprimento de ramos plagiotrópicos não diferiu entre as fontes nitrogenadas na segunda avaliação de 2012 (Tabela 2). Esse fato retrata o efeito da bienalidade que, de acordo com Damatta et al. (2007), gerou diminuição das reservas na planta, reduzindo o desenvolvimento do cafeeiro, em anos de alta produção, o que torna baixa a produção na safra posterior, para que a planta consiga reestabelecer suas reservas e seu desenvolvimento.

Para a produção de número de nós, nenhum incremento em relação ao controle foi constatado na segunda avaliação do ano de 2012, para as fontes nitrogenadas (Tabela 2).

No terceiro ano agrícola (2013), na primeira avaliação, o uso das fontes de N, nitrato de amônio, independente da dose e ureia agrícola, independente da dose e da forma de aplicação analisadas, diferiram ($p < 0,05$) para a produção de número de nós, em relação ao controle. Os tratamentos com ureia agrícola, na dose de 210 kg ha⁻¹; nitrato de amônio, na dose de 300 kg ha⁻¹; ureia polimerizada, independente da dose, todos aplicados na forma convencional; e ureia agrícola, independente da dose e aplicada via fertirrigação, diferiram negativamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos adubados. O tratamento com ureia agrícola na dose de 300 kg ha⁻¹, aplicado na forma convencional, não diferiu dos demais tratamentos adubados (Tabela 2).

Na segunda avaliação realizada no terceiro ano agrícola, o uso de nitrato de amônio, na dose de 300 kg ha⁻¹, e de ureia polimerizada, independente da dose, diferiram positivamente do controle ($p < 0,05$), o que não ocorreu para os demais tratamentos, em relação ao controle.

Dentre os tratamentos adubados, não foi observada diferença, mas o nitrato de amônio, na dose de 300 kg ha⁻¹, e a ureia polimerizada, independente da dose, apresentaram efeitos positivos no crescimento do cafeeiro em relação aos demais tratamentos, com incremento de crescimento de até 275% ao compará-lo com o controle (Tabela 2). Isso pode ter ocorrido devido aos polímeros propiciarem condições de controle e serem produzidos para sincronizar a liberação do N, de acordo com as necessidades nutricionais das plantas, ao longo do ciclo de cultivo (BLAYLOCK, 2007). Para a produção de nós não ocorreu diferença entre fontes de N e o tratamento controle (Tabela 2).

A produção de número de nós nos ramos plagiotrópicos, no quarto ano agrícola (2014), foi superior, quando utilizaram-se fontes nitrogenadas, em relação ao não uso destas (controle). A fonte que proporcionou o menor número de nós, nesta avaliação foi o nitrato de amônio, na dose de 300 kg ha⁻¹, quando aplicado na forma convencional (Tabela 2). O nitrato possui baixa afinidade com as cargas negativas do solo, sendo, portanto, facilmente lixiviado (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010), explicando assim sua menor eficiência na nutrição da planta com N.

Na avaliação de 2014, verificou-se ainda que, ao se utilizar a ureia agrícola, na dose de 300 kg ha⁻¹, aplicada via fertirrigação, como fonte de N, ocorreu maior número de nós (Tabela 2). Ao se analisar os benefícios da fertirrigação, Sobreira et al. (2011) constataram maior crescimento do cafeeiro, tal como observado neste trabalho. Esses autores relataram ainda que, na fase de formação, a fertirrigação gerou uma economia da ordem de 30% na dose de N.

Existe uma interligação entre frutos em desenvolvimento, o número de nós e o crescimento dos novos ramos plagiotrópicos, no ano anterior do cafeeiro, sendo interessante a avaliação do pagamento de frutos, em anos de alta e baixa produção (Tabela 3), a fim de proporcionar maior entendimento sobre a influência de diferentes fontes, doses e modo de aplicação dos adubos nitrogenados, no pagamento de frutos do cafeeiro.

TABELA 3 - Pegamentos de frutos no 4° e 5° nó dos ramos plagiotrópicos do cafeeiro, em diferentes estádios vegetativos.

| Tratamentos | 2011 | | 2012 | |
|--------------------------------|---------|---------|-------|-------|
| | 4° nó | 5° nó | 4° nó | 5° nó |
| Controle | 5,3 d | 5,0 c | 2,8 a | 2,8 a |
| UA 210 kg ha ⁻¹ | 17,1 ab | 14,3 b | 4,5 a | 4,8 a |
| UA 300 kg ha ⁻¹ | 16,3 bc | 16,4 ab | 4,5 a | 4,3 a |
| UP 210 kg ha ⁻¹ | 14,5 c | 14,8 b | 3,8 a | 3,8 a |
| UP 300 kg ha ⁻¹ | 18,8 a | 17,9 a | 5,3 a | 5,3 a |
| NA 210 kg ha ⁻¹ | 18,0 ab | 17,2 a | 4,0 a | 4,3 a |
| NA 300 kg ha ⁻¹ | 18,3 ab | 17,7 a | 4,8 a | 4,8 a |
| UAF 210 kg ha ⁻¹ | 17,7 ab | 16,9 a | 3,0 a | 3,8 a |
| UAF 300 kg ha ⁻¹ | 17,2 ab | 16,9 a | 3,0 a | 3,8 a |
| C.V. (%) | 6,0 | 5,6 | 30,3 | 30,5 |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UA- ureia agrícola; UP – ureia polimerizada; NA – nitrato de amônio; UAF – ureia agrícola fertirrigada.

No primeiro ano agrícola (2011), constatou-se que o pegamento de frutos com o uso de fontes nitrogenadas foi superior ao controle, e para o pegamento de frutos do 4° nó, a ureia polimerizada, aplicada convencionalmente, na dose de 300 kg ha⁻¹, mostrou-se superior às demais fontes.

O pegamento de frutos no 5° nó foi superior ao obtido no controle, para o uso de fontes nitrogenadas de nitrato de amônio; ureia agrícola na fertirrigação; e ureia polimerizada, na dose de 300 kg ha⁻¹, mas não diferiu do uso de ureia agrícola, na dose de 300 kg ha⁻¹, quando aplicada na forma convencional (Tabela 3). O N se caracteriza como essencial à planta, devido à sua presença em diversos compostos como purinas e alcaloides, aminoácidos, enzimas, vitaminas, hormônios, ácidos nucleicos, nucleotídeos e moléculas de clorofila (BRAGANÇA et al., 2008), sendo assim importante na formação e pegamento de frutos.

No segundo ano agrícola, o pegamento de frutos do 4° e 5° nó não diferiram entre fontes nitrogenadas e o controle (Tabela 3). Isso pode

estar relacionado à bienalidade do cafeeiro, ou seja, em um ano, a planta tem uma alta carga de produção e, no outro ano, sua carga de produção declina para melhor desenvolvimento da planta.

Na Tabela 4, encontram-se os dados da produtividade das 4 safras analisadas e a produtividade relativa média dos 4 anos (PR), considerando a controle como 100%. Observaram-se alterações na produtividade do cafeeiro, de acordo com as fontes, as doses e a forma de aplicação.

A produtividade para a safra 2010/2011 não diferiu para nenhuma fonte nitrogenada, em relação ao controle. Ao se compararem os tratamentos entre si, constatou-se que a ureia agrícola, na maior dose avaliada, aplicada via fertirrigação e a ureia agrícola, na menor dose avaliada, aplicado na forma convencional, mostraram-se superiores no rendimento do cafeeiro (sacas beneficiadas ha⁻¹), em relação ao que foi obtido no tratamento com o uso da ureia polimerizada, na dose de 300 kg ha⁻¹ (Tabela 4).

TABELA 4 - Produtividade em sacas beneficiadas ha⁻¹ de café nas safras de 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, média das safras avaliadas e produção relativa média das safras (PR).

| Tratamentos | Sacas Beneficiadas ha ⁻¹ | | | | | PR (%) |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| | 2010/2011 | 2011/2012 | 2012/2013 | 2013/2014 | Média | |
| Controle | 43,2 ab | 18,9 b | 18,2 b | 17,2 d | 24,8 b | 100 |
| UA 210 kg ha ⁻¹ | 46,5 a | 67,5 a | 31,7 ab | 70,8 bc | 56,0 a | 226 |
| UA 300 kg ha ⁻¹ | 34,7 ab | 62,9 a | 29,9 ab | 78,4 abc | 53,7 a | 217 |
| UP 210 kg ha ⁻¹ | 36,5 ab | 68,3 a | 28,9 ab | 68,8 bc | 52,1 a | 210 |
| UP 300 kg ha ⁻¹ | 17,5 b | 74,9 a | 36,0 a | 80,4 abc | 53,6 a | 216 |
| NA 210 kg ha ⁻¹ | 34,3 ab | 64,2 a | 36,2 a | 67,4 c | 51,4 a | 207 |
| NA 300 kg ha ⁻¹ | 34,7 ab | 85,4 a | 34,6 a | 87,6 a | 62,3 a | 251 |
| UAF 210 kg ha ⁻¹ | 34,5 ab | 55,7 a | 34,5 a | 75,3 abc | 51,0 a | 206 |
| UAF 300 kg ha ⁻¹ | 49,8 a | 65,6 a | 35,4 a | 83,8 ab | 60,4 a | 244 |
| C.V. (%) | 29,8 | 21,8 | 20,3 | 9,0 | 27,3 | |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. UA- ureia agrícola; UP – ureia polimerizada; NA – nitrato de amônio; UAF – ureia agrícola fertirrigada.

Mesmo não diferindo do controle, a ureia agrícola, na dose de 210 kg ha⁻¹, aplicada convencionalmente, e na dose de 300 kg ha⁻¹, aplicada via fertirrigação, proporcionou, respectivamente, incrementos de 8% e 15%, na produtividade da safra de 2010/2011. As demais fontes proporcionaram produtividades inferiores às obtidas no tratamento controle, chegando a uma redução de 40,5% no uso da ureia polimerizada, na dose de 300 kg ha⁻¹, quando aplicada convencionalmente (Tabela 4).

Na safra 2011/2012, observou-se que a produtividade em todos os tratamentos diferiu da obtida no controle. Nessa safra, o uso das três fontes de N, independente da forma com que foram aplicadas, promoveram incrementos de 195% a 352% na produtividade, quando comparadas às obtidas no controle. O nitrato de amônio, na maior dosagem avaliada, aplicado na forma convencional, foi o que possibilitou um maior incremento de produtividade (Tabela 4).

O uso das três fontes de N, ureia polimerizada, na dose de 300 kg ha⁻¹, e nitrato de amônio, independente da dose, aplicados na

forma convencional e ureia agrícola, independente da dose, aplicada via fertirrigação, diferiu no que se refere à produtividade na safra 2012/2013, do que foi obtido no tratamento do controle, mas não ocorreram diferenças na produtividade, entre nenhum tratamento (Tabela 4).

Observou-se que todos os tratamentos independentes de fontes, doses e modo de aplicação, diferindo ou não do controle, proporcionaram aumentos na produção na safra de 2012/2013, variando de 58% a 98%, destacando o uso de nitrato de amônio na dose de 210 kg ha⁻¹, quando aplicado na forma convencional (Tabela 4).

Fernandes e Fraga-Júnior (2010), objetivando comparar duas fontes de N (nitrato de amônio e ureia polimerizada) relataram que a utilização de nitrato de amônio, a produtividade foi maior quando aplicada na dose de 210 kg ha⁻¹ de N, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho, visto que, na dose de 150 kg ha⁻¹ de N, não utilizada neste experimento, a dosagem possivelmente, não foi suficiente para suprir a necessidade do cafeeiro, e que, na dose de 300 kg

ha⁻¹ de N, o N não foi totalmente disponibilizado, por ter sido parcialmente volatilizado ou lixiviado.

Na safra de 2013/2014, a produtividade diferiu entre os tratamentos, tendo sido maior quando aplicado o nitrato de amônio, na dose de 300 kg ha⁻¹, em comparação à aplicação da ureia agrícola, ureia polimerizada e nitrato de amônio, aplicados na forma convencional, na dose de 210 kg ha⁻¹ (Tabela 4).

O maior incremento na produção foi de 409%, na safra 2013/2014, proporcionado pela aplicação de nitrato de amônio, na dose de 300 kg ha⁻¹. Os tratamentos que utilizaram como fonte o nitrato de amônio e a ureia polimerizada, ambos na dose de 210 kg ha⁻¹, foram os que apresentaram os menores incrementos, em relação ao controle (Tabela 4).

Adotando-se como referência a média das quatro safras avaliadas para produtividade (Tabela 4), constatou-se que o uso de fontes nitrogenadas, ao longo dos anos, aumentou a produtividade, explicando assim a importância do N na formação e produção de culturas perenes como o cafeeiro. Notou-se uma superioridade na produtividade para o uso de nitrato de amônio e de ureia agrícola, ambos na dosagem de 310 kg ha⁻¹, quando aplicados na forma convencional e via fertirrigação.

Os maiores incrementos na produtividade do cafeeiro proporcionados foram de 151% e 144%, obtidos com a aplicação de nitrato de amônio, na dose de 300 kg ha⁻¹, quando aplicado na forma convencional e para a ureia agrícola, aplicada via fertirrigação, na dose de 300 kg ha⁻¹, o que permite concluir que, nas fontes aplicadas de forma convencional, o nitrato de amônio promoveu efeitos positivos na produção do cafeeiro, ao ser comparado com outras fontes de N (Tabela 4).

Os resultados obtidos no presente trabalho divergiram dos obtidos por Malta, Nogueira e Guimarães (2003), em que o uso de diferentes fontes de N utilizadas na adubação do cafeeiro, não diferiram entre si, embora a ureia tenha sido responsável por um incremento na produção de 324 kg de café beneficiado a mais que o nitrato de amônio.

Civardi et al. (2011) constataram que o uso da ureia comum na cultura do milho, incorporada ao solo, proporcionaram melhores rendimentos de grão e maior produtividade da lavoura, se comparado ao uso de ureia revestida. Esses autores observaram, ainda, que o uso da ureia revestida em doses reduzidas proporcionou menores valores de

rendimento de grãos, resultado este não observado no presente trabalho, já que essas proporcionaram ganhos semelhantes na produtividade.

Analisando-se a produção do ciclo 2012/2013 e 2013/2014, notou-se que, no primeiro ano, o N aplicado foi preferencialmente utilizado para o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro, determinando a baixa produção ocorrida nessa safra e a alta produção ocorrida na próxima safra (Tabela 4).

No primeiro ano do ciclo 2010/2011 e 2011/2012, o N aplicado foi utilizado para o crescimento vegetativo do cafeeiro, entretanto, neste ciclo, a diferença de produção não foi tão acentuada, possivelmente, em função da primeira safra avaliada ter resquícios da adubação anterior, demonstrando que a bienalidade do cafeeiro, uma característica fisiológica do cafeeiro, pôde ser amenizada (Tabela 4).

Com os dados de maturação (Tabela 5), foi possível calcular o grau de homogeneidade da produção. Essa variável foi calculada somando a quantidade total de frutos produzidos em um litro e o percentual de frutos cerejas e passa.

A maturação dos frutos merece atenção no ramo da cafeicultura, visto que a falta de uniformidade pode gerar uma menor eficiência na colheita, ocasionando problemas na qualidade de bebida.

Na safra 2010/2011, o N não influenciou a homogeneidade na maturação dos frutos, no primeiro ano de adubação nitrogenada do experimento, em nenhum dos tratamentos adubados. Em relação à maturação de frutos na safra 2011/2012, os tratamentos demonstraram maior homogeneidade na produção de frutos, sendo os que utilizaram, como fonte, o nitrato de amônio, em ambas as doses, e a ureia agrícola, aplicada na dose de 300 kg ha⁻¹ via fertirrigação, geraram incrementos de 73 e 75%, em relação a controle (Tabela 5).

A assimilação do nitrogênio é um processo importante para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e tem efeitos marcantes sobre a fitomassa e a produtividade das culturas (REIS et al., 2009). Mas se for realizada uma adubação nitrogenada desequilibrada, esta ocasiona grandes prejuízos em produtividade, mesmo que se tenha obtido uma maior uniformidade de colheita.

TABELA 5 - Homogeneidade na maturação dos frutos no cafeeiro e a produção relativa dos frutos (PR %) para a cultura do cafeeiro, nos dois anos, nas safras 2010/2011 e 2011/2012.

| Tratamentos | 2010/2011 | | 2011/2012 | |
|--------------------------------|---------------|-----|---------------|-----|
| | Homogeneidade | PR | Homogeneidade | PR |
| | | | % | |
| Controle | 45 a | 100 | 33 c | 100 |
| UA 210 kg ha ⁻¹ | 35 b | 79 | 40 b | 123 |
| UA 300 kg ha ⁻¹ | 29 b | 65 | 42 b | 130 |
| UP 210 kg ha ⁻¹ | 34 b | 77 | 40 b | 123 |
| UP 300 kg ha ⁻¹ | 27 b | 61 | 44 b | 135 |
| NA 210 kg ha ⁻¹ | 36 b | 80 | 54 a | 164 |
| NA 300 kg ha ⁻¹ | 29 b | 65 | 56 a | 173 |
| UAF 210 kg ha ⁻¹ | 32 b | 72 | 36 b | 109 |
| UAF 300 kg ha ⁻¹ | 26 b | 58 | 57 a | 175 |
| C.V. (%) | 12.34 | | 6.57 | |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UA- ureia agrícola; UP – ureia polimerizada; NA – nitrato de amônio; UAF – ureia agrícola fertirrigada.

A homogeneidade dos frutos é um fator preponderante para uma boa qualidade de bebida, sendo os frutos cereja e passa os que produzem bebida de boa qualidade. Os maiores percentuais de grãos homogêneos, considerando estes frutos, resultam em uma classificação melhor dos grãos, interferindo diretamente na rentabilidade da produção.

Comparando-se os dados de homogeneidade dos frutos para as duas safras avaliadas (Tabela 5), verificou-se que o maior parcelamento da adubação, em virtude da fertirrigação, proporcionou maior homogeneidade de frutos, nas safras de 2011/2012, considerada ano agrícola de alta produção. Outros fatores relacionados à homogeneidade de frutos, além do manejo nutricional, são condições de secagem e armazenagem do café colhido, regime hídrico e condições climáticas durante a safra e na pós-colheita.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de adubação nitrogenada gera incrementos na produção dos tratamentos adubados, em relação ao controle, chegando a acréscimos de até 151%.

Para as características biométricas avaliadas, não é possível estabelecer uma relação coerente com a adubação nitrogenada, devido à aleatoriedade dos dados.

A ureia agrícola ao ser aplicada via fertirrigação não demonstra ser melhor opção, em relação à aplicada de forma convencional, mas demonstra ser melhor que a ureia polimerizada aplicada de forma convencional.

O nitrato de amônio aplicado convencionalmente pode ser considerado a melhor fonte de N para o cafeeiro, quando se analisam todas as variáveis de produção conjuntamente.

Para a fertirrigação, o uso de ureia agrícola, na dose de 300 kg ha⁻¹, proporciona incrementos para a homogeneidade na maturação dos frutos.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café/Embrapa-Café, pelo apoio financeiro e à Associação dos Cafeicultores de Araguari (ACA), pela cessão do Campo Experimental Izidoro Bronzi, Araguari – MG.

6 REFERÊNCIAS

- BLAYLOCK, A. Novos fertilizantes nitrogenados: o futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 120, p. 8-10, dez. 2007.
- BRAGANÇA, S. M. et al. Accumulation of macronutrients for the conilon coffee tree. **Journal of Plant Nutrition**, Jefferson City, v. 31, n. 1, p. 103-120, 2008.
- _____. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro conilon. **Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 314, p. 398-404, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estações de avisos fitossanitários boletim de avisos nº 195, Alto Paranaíba/Triângulo Mineiro**. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/sites/default/files/boletim/triangulo/Boletim%20Agosto%202013%20-%20TM.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2014.
- CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI - Brasil, 2010. v. 2, p. 1-65.
- CANTERI, M. G. et al. SASM-Agri. Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.
- CIVARDI, E. A. et al. Uréia de liberação lenta aplicada superficialmente e uréia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.
- DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.
- DOMINGHETTI, A. W. et al. Phosphorus doses and irrigation on nutrition of coffee leaf. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1235-1240, 2014.
- FERNANDES, A. L. T. et al. Avaliação do uso de fertilizantes organominerais e químicos na fertirrigação do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 159-166, 2007.
- _____. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.
- FERNANDES, A. L. T.; FRAGA-JÚNIOR, E. F. Doses de fontes nitrogenadas convencionais e nitrogênio polimerizado na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado. **Fazu em Revista**, Uberaba, v. 7, p. 37-41, 2010.
- GUIMARÃES, R. J. et al. Adubação para primeiro ano pós plantio (N e K₂O) de cafeeiros fertirrigados na região sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, p. 137-147, 2010.
- LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L. T. Efeito do nitrogênio e do lodo de esgoto nos fatores produtivos do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 118-124, 2012.
- MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1246-1252, 2003.
- MIRANDA, N. de O. et al. Variabilidade espacial da qualidade de frutos de melão em áreas fertirrigadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 5, p. 242-249, 2005.
- PEREIRA, L. S. et al. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: past and future. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 147, p. 4-20, 2015.
- REIS, A. R. et al. Nitrate reductase and glutamine synthetase activity in Coffee leaves during fruit development. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 315-324, 2009.
- REZENDE, R. et al. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes hídricos e dosagens de fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, p. 447-458, 2010.

SCALCO, M. S. et al. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, p. 193-202, 2011.

_____. Teores foliares de fósforo e zinco, produtividade e crescimento de café irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, p. 95-101, 2014.

SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 387-394, 2008.

SOBREIRA, F. M. et al. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 9-16, 2011.