

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Eficiência da adubação nitrogenada no consórcio entre cafeeiro
e *Brachiaria brizantha***

Adriene Woods Pedrosa

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba

2013

Adriene Woods Pedrosa
Engenheiro Agrônomo

Eficiência da adubação nitrogenada no consórcio entre cafeeiro e *Brachiaria brizantha*

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. JOSÉ LAÉRCIO FAVARIN

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Pedrosa, Adriene Woods

Eficiência da adubação nitrogenada no consórcio entre cafeeiro e *Brachiaria
brizantha* / Adriene Woods Pedrosa. - - versão revisada de acordo com a resolução
CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.

73 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Adubação 2. Água do solo 3. Café 4. Capim braquiária 5. Ciclagem de nitrogênio
6. Consorciação de culturas 7. Diagnose foliar 8. Isótopo estável ¹⁵N I. Título

CDD 633.73
P372e

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A Deus pela sua bondade divina.

Aos meus pais Dalvo Felix Gomes Pedrosa e Maria Woods Pedrosa, anjos, que com muita garra e amor souberam de forma majestosa lutar pela educação e sucesso de seus filhos.

Aos meus irmãos Dalvo (Margareth), Marinalva (Gersonito) e Anderson (Luiza) pelo apoio e carinho em todos os momentos de minha vida.

Ao meu marido Adriano pelo amor, carinho, incentivo e colaboração.

Aos meus sobrinhos Henrique, Mariana, Sophia, Guilherme, Heitor e Isadora por serem exemplos de alegria e renovação.

As famílias Woods Carvalho, Pedrosa, Pereira, Vieira, Ribeiro e Braga que tanto me apoiaram e torceram pelo meu sucesso.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me abençoou com a vida, a família e os amigos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia do Departamento de Produção Vegetal, pela oportunidade de aprimoramento e capacitação de meus conhecimentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo apoio financeiro na realização do projeto.

Ao Prof. Dr. José Laércio Favarin, pela orientação, pelos valiosos conselhos, sabedoria transmitida e, principalmente, pela amizade e confiança.

Ao Prof. Dr. Paulo Cesar Ocheuse Trivelin pelas sugestões na elaboração do projeto e auxílio nos cálculos e, pela amizade.

Aos Professores Dr. Takashi Muraoka e José Albertino Bendassoli pela ajuda na elaboração do projeto e realização das análises.

À Banca Examinadora do Exame de Qualificação, Professores Dr. José Dias Costa, Paulo Cesar Ocheuse Trivelin e Ricardo Victoria Filho, pelas sugestões e por terem se colocado a disposição para futuros questionamentos.

Aos Professores Dra. Herminia Emilia Prieto Martinez, Heitor Cantarella, José Lavres Júnior e Marcos Silveira Bernardes, pelas importantes contribuições a este trabalho e pela participação da banca de tese.

Aos meus pais, Maria e Dalvo pelos ensinamentos constantes, amor e carinho incondicional.

Ao meu marido Adriano pelo amor, apoio e incentivo.

Aos meus irmãos Marinalva, Dalvo e Anderson pelo amor e apoio em todos os momentos.

Aos meus cunhados Sonito, Margareth e Luiza; e aos meus sobrinhos Guilherme, Isadora, Mariana, Sophia, Henrique e Heitor por estarem sempre ao meu lado.

Às amigas da República Minas-Sul: Kelly, Ana Clara, Maria e Jaqueline, e em especial a Ana Paula, um anjo que Deus colocou em meu caminho, pelo convívio, carinho e amizade.

Aos estimados amigos da “Sala 7”: Ana Paula Neto, Tiago Tezotto, Priscila Oliveira, Luiz César Bonfim Gottardo, Felipe Brendler Oliveira, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida, Paula Rodrigues Salgado, Bruno Cocco Lago, Silas Maciel, Rosemari Aires, Clóvis Pierozan Júnior, pela amizade e colaboração.

À valiosa colaboração de todos que ajudaram na execução deste trabalho: Gabriel Costa Junqueira (Cumpaño), Gabriel Lago Junqueira (Urubú), Gabriela Barbosa Neves (Toraka), Luiza Macedo (Útima), Heitor Ayres (Sida), Nalin (π -riguète), Nelson (K- π tinga), Davi Carlos de Jesus Filho (Maomé) e em especial a Ana Luisa (Cervicin), Bruno Carvalho (Lecxotã), e Pedro Teixeira (Prego) parceiros incondicionais nas viagens a Altinópolis-SP.

Aos colegas do Curso de Doutorado Tiago Cavalheiro, Rafael Armas, Roberta Nogueirol, Dalilla Rezende, Rafaela Roma, Ana Paula Schwantes, Gustavo Portx e Milton Ferreira de Moraes, pela amizade e apoio.

Aos estagiários e coordenadores do PACES e GEA, pelas trocas de experiências e ajuda.

À Maria da Graça Favarin que recebe todos os orientados do Prof. Favarin como filhos, pelo carinho e apoio.

Aos funcionários do Prédio da Agricultura Silvia Borghesi, Celestino Alves Ferreira, Gustavo São João, Jouly Marla, Silvia Adriana e Wilson Góes da Silva, pela amizade e colaboração.

À servidora do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da ESALQ/USP, Luciane Aparecida Lopes Toledo, pela preciosa colaboração durante todo o curso.

A todos os funcionários do Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, em especial, ao José Aurélio Bonassi (Pingin) e Hugo Henrique Batagello, pelo auxílio na realização das análises.

À bibliotecária da ESALQ/USP, Eliana Maria Garcia e demais funcionária da biblioteca, pelo valioso auxílio prestado aos alunos.

Ao senhor Sebastião Carrilho de Castro e Thiago Castro Pereira por permitirem a instalação do experimento na Fazenda São Gabriel, em Altinópolis – SP, e por todo apoio.

Ao José Mario Jorge, Tiago Botrel e a todos os funcionários da Fazenda São Gabriel pela colaboração na condução do experimento em Altinópolis-SP.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

*“Tu te tornas eternamente responsável por
aquilo que cativas”*

(Antoine de Saint-Exupéry)

*“Amizade é sentir carinho, é saber ouvir,
é somar alegrias e dividir as tristezas,
é respeitar os espaços e as diferenças,
é silenciar o segredo,
é ter a certeza de um ombro amigo e de uma
mão estendida,
é a inspiração espiritual que vem quando
alguém acredita e confia em você,
é uma cumplicidade que não se explica apenas
se vive.”*

*“A verdadeira amizade é aquela que o vento
não leva e a distância não separa”*

Assim como fui cativada durante esta grande
jornada por pessoas muito especiais, espero ter
cativado amigos de coração e alma, pois
amigos são elementos essenciais em nossas
vidas.

Adriene

SUMÁRIO

	Página
RESUMO -----	11
ABSTRACT -----	13
1. INTRODUÇÃO -----	15
Referências -----	18
2. CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO EM RAZÃO DO RESÍDUO DE <i>Brachiaria brizantha</i> -----	19
2.1. Introdução -----	20
2.2. Material e Métodos -----	22
2.3. Resultados e Discussão -----	26
2.4. Conclusões -----	33
2.5. Referências -----	33
3. BALANÇO DO NITROGÊNIO NO CONSÓRCIO ENTRE CAFEIEIRO E <i>Brachiaria brizantha</i> -----	37
3.1. Introdução -----	38
3.2. Material e Métodos -----	41
3.3. Resultados e Discussão -----	46
3.4. Conclusões -----	53
3.5. Referências -----	54
4. DECOMPOSIÇÃO DA BIOMASSA DA BRAQUIÁRIA COMO FONTE DE NITROGÊNIO NO CONSÓRCIO COM O CAFEIEIRO -----	57
4.1. Introdução -----	58
4.2. Material e Métodos -----	59
4.3. Resultados e Discussão -----	61
4.4. Conclusões -----	70
4.5. Referências -----	70
5. CONCLUSÕES GERAIS -----	73

RESUMO

Eficiência da adubação nitrogenada no consórcio entre cafeeiro e *Brachiaria brizantha*

O nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade pelo cafeeiro e o segundo mais exportado pelos grãos. O uso do consórcio entre o cafeeiro e a braquiária é cada vez mais usado pelos cafeicultores. Nesse sistema de produção a fertilização é feita, em geral, nas duas espécies, sem conhecimento suficiente que respalde esse manejo. O N do resíduo vegetal pode ser absorvido pela planta após a mineralização, ser perdido por vários processos, ou ainda, ser imobilizado pela microbiota. O uso de fertilizantes enriquecidos isotopicamente é uma ferramenta que permite avaliar o N do fertilizante nos componentes do sistema, como no resíduo da forrageira, no solo e na planta. Essa pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o crescimento e a produtividade do cafeeiro; elaborar o balanço de N; e avaliar a decomposição da biomassa da braquiária sob a copa do café, como fonte desse nutriente. A biomassa da braquiária sob a copa do cafeeiro reduziu em 49% a perda de água nos meses secos, com aumento do crescimento da planta entre março e setembro de 2011. A granação dos frutos e a produtividade do cafeeiro foram superiores quando aplicou-se 50% da dose do N na planta e os outros 50% na braquiária, cujo resíduo foi depositado sob a copa da planta, para a decomposição. A forrageira recuperou mais N (84,28% do aplicado ou 126,42 kg ha⁻¹) do que o cafeeiro (38,63% ou 57,94 kg ha⁻¹ de N), com a aplicação da mesma dose de N em ambas as plantas. O cafeeiro recuperou 38,63% do N do fertilizante, quando todo o N foi fornecido à planta; recuperou 14,31% do N (21,46 kg ha⁻¹) na aplicação feita somente na forrageira, em que o resíduo foi depositado sob a copa da planta; e recuperou 53,3% do N (39,98 kg ha⁻¹) do adubo e outros 15,28% (11,46 kg ha⁻¹) proveniente da decomposição da biomassa, na aplicação da mesma dose de N na cultura e na forrageira. A taxa de crescimento do cafeeiro (altura e ramos produtivos) no período seco, de março a setembro de 2011, foi superior quando a planta e a forrageira receberam a mesma dose de N. A competição líquida por N entre a braquiária e o café foi pequena e variou de 1,22% (0,91 kg ha⁻¹) a 0,24% (0,34 kg ha⁻¹ de N), sem prejuízo ao crescimento e à produtividade do cafeeiro. A perda de N por lixiviação foi maior quando forneceu todo o N somente no cafeeiro (6,05% do N aplicado ou 9,07 kg ha⁻¹), em relação à adubação feita apenas na braquiária (1,02% ou 1,53 kg ha⁻¹ de N); e, na aplicação de doses iguais no café e na braquiária, a lixiviação variou de 3,4% do N aplicado (2,55 kg ha⁻¹) sob a copa da planta a 1,15% (0,86 kg ha⁻¹) na área da forrageira, cultivada na entre linha da cultura. A biomassa da braquiária fertilizada com N possuía

menores relações lignina/N e C/N; e a mineralização do N foi mais rápida do que a decomposição da biomassa. A ciclagem do N depende da época de corte, com maior intensidade quando a ceifa ocorreu entre 30 e 55 dias na braquiária fertilizada e até 30 dias após rebrota, quando não recebeu N.

Palavras chave: *Coffea arabica*, ciclagem de N, balanço de ^{15}N , decomposição, água no solo, potencial hídrico foliar

ABSTRACT

Efficiency of nitrogen fertilization in intercropping coffee and *Brachiaria brizantha*

Nitrogen (N) is the nutrient required in larger quantities by coffee and the second most exported by the grains. The use of intercropping coffee and the *Brachiaria* is increasing within coffee farmers. In this production the fertilization is done generally in both species, without enough knowledge support for this. The N of the plant residue can be absorbed by the plant after mineralization, can be lost by various processes or even immobilized by micro biota. The use of isotopic enriched fertilizer is a tool that allows the evaluation of N of the fertilizer in component of the system, such as in the residue of forage, in soil and in the plant. This research was conducted to evaluate the growth and productivity of coffee plant, elaborate the N balance and evaluate the decomposition of biomass of *Brachiaria* under the canopy the crop as a source of this nutrient. The *Brachiaria* biomass under the coffee plant canopy reduced by 49% the water loss in dry months, with an increase in plant growth within the dry season that went throw March to September 2011. The gain in fruit development and the plant productivity were higher when applied an N doses of 50% within the coffee plant and 50% on the *Brachiaria*, which the wastes were deposited under the canopy of the crop for decomposition. The forage *Bracharia* recovered more N (84.28% of the applied or 126.42 kg ha⁻¹) than coffee plant (38.63% or 57.94 kg N ha⁻¹) with the application of the same dose of N in both plants. The N of the fertilizer recovered by the coffee plant was: 38.63% when all N was supplied to the plant, 14.31% (21.46 kg ha⁻¹) when the application was made only in forage residue which was deposited under canopy of the plant, 53.3% (39.98 kg ha⁻¹) from the fertilizer and other 15.28% (11.46 kg ha⁻¹) from the decomposition of biomass in the application of the same dose of N in culture and forage. The growth rate of coffee plant (height and productive branches) in the dry season was superior when the culture and the forage received the same doses of N. The total net competition on N between the culture and *Brachiaria* was low, about 0.91 kg ha⁻¹ to 0.34 kg N ha⁻¹ (1.22 to 0.24%), not prejudicing the culture growth and productivity. The N loss due to leaching was higher when provided only to the coffee plant (6.05% of N applied or 9.07 kg ha⁻¹) comparing to applying N exclusively to the *brachiaria* (1.02% or 1, 53 kg N ha⁻¹). When applying equal doses in coffee plant and *brachiaria* the leaching varied from 3.4% of applied N (2.55 kg ha⁻¹) under the canopy of the plant to 1, 15% (0.86 kg ha⁻¹) in the forage area, grown between the crop rows. The rate of decomposition of the residue of *Brachiaria* was inversely proportional to the relations C / N

and lignin / N. The cycling of N was faster when the reaping occurred up to 55 days of forage development.

Key words: *Coffea arabica*, nitrogen cycling, balance ^{15}N , decomposition, soil water, leaf water potential

1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um nutriente muito exigido pelo cafeeiro, como evidenciam as recomendações oficiais, em que as doses variam entre 250 a 450 kg ha⁻¹ para produtividade superior a 2000 kg ha⁻¹ de grãos (RAIJ et al., 1997; RIBEIRO et al., 1999). O uso dessas doses de N onera substancialmente o custo de produção. O descuido em relação à dose e/ou a época do fornecimento implica na perda de N por lixiviação, desnitrificação e volatilização, processos que prejudicam o aproveitamento pelas plantas, com risco de contaminação ambiental (FIXEN, 2009; CRUSCIOL; SORATTO, 2010).

O uso eficiente dos fertilizantes agrícolas é cada vez mais importante na agropecuária, em decorrência do elevado custo do insumo e pela necessidade de aumentar a produtividade, sem ampliar o risco de contaminação pelo mau uso (FIXEN, 2009). Entre os fatores que influenciam o aproveitamento pode ser citada às características do produto, assim como o manejo, em razão do sistema de produção (CRUSCIOL; SORATTO, 2010).

Em sistemas de cultivo em que há aporte de resíduo vegetal fresco, com C-orgânico disponível como fonte de energia, a ciclagem de nitrogênio é uma fonte desse nutriente, que não acontece em sistemas sem o uso de resíduos (ANGHINONI, 2007). Quando o fertilizante nitrogenado é aplicado no solo, uma parte do N é recuperada pela planta e a outra parte permanece no solo. Daquela que permanece no solo pode ser imobilizada ou perdida do sistema (FENILLI et al., 2008). A baixa eficiência de uso dos fertilizantes nitrogenados esta associada à sua dinâmica no solo.

Dentre os elementos essenciais às plantas, o nitrogênio é o que passa por inúmeras transformações bioquímicas no solo, podendo ser perdido por vários processos: (i) perda na forma de amônia da própria planta, (ii) transformação química do nitrato e (iii) desnitrificação microbiana (FRANCO et al., 2008). O nitrogênio do solo está, predominantemente, na forma orgânica (95 a 98%) e, portanto, indisponível à absorção pelas plantas. A disponibilidade do N-orgânico depende dos fatores ambientais, como a umidade, temperatura, pH, quantidade de C-oxidável entre outros, assim como do manejo da biomassa (AMBROSANO et al., 1997; CANTARELLA, 2007). Portanto, a quantidade e a qualidade do resíduo influenciam o acúmulo de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (URQUIAGA et al., 2002).

A presença de resíduos vegetais na superfície do solo diminui a evaporação da água e aumenta o tempo em que o solo permanece úmido, condição favorável à difusão e ao fluxo de massa, processos necessários para que ocorra o contato dos nutrientes com as raízes. O aporte de resíduos vegetais na superfície do solo é recomendado por mantê-lo úmido e pela ciclagem

dos nutrientes, processos desejáveis para a fertilidade do solo e a nutrição da planta. A reserva nitrogenada da biomassa é uma fonte adicional para a adubação mineral, quando a cultura para a formação de resíduos é cultivada na entrelinha do cafeeiro, zona de acesso restrito às raízes dessa planta.

As plantas de cobertura do solo trazem benefícios para as culturas de interesse econômico, o solo e o ambiente. O manejo das plantas de cobertura e a compreensão dos fatores que regulam sua decomposição têm importante papel, porque contribuem para o uso eficiente dos nutrientes contidos nos resíduos vegetais (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BRITO, 2007). A mineralização da matéria orgânica libera N inorgânico, o qual constitui a principal fonte de N para as plantas nos sistemas agrícolas (CANTARELLA, 2007). A decomposição dos resíduos vegetais constitui uma fonte alternativa de reservas nitrogenadas, em relação à adubação mineral, pois a presença dos resíduos na superfície do solo contribui para a fertilidade e a nutrição das plantas, especialmente o N, em razão da ciclagem dos nutrientes.

O consórcio entre plantas é um sistema de produção utilizado cada vez mais na cafeicultura. A planta comumente consorciada com o cafeeiro é a braquiária, provavelmente em razão da experiência bem sucedida entre o milho e a forrageira. No sistema consorciado, alguns produtores adubam somente o cafeeiro, enquanto outros optam pela adubação do sistema, pela aplicação a lanço tanto no cafeeiro quanto na forrageira. A gramínea é, periodicamente, roçada e distribuída sob a copa da planta, onde se dará a degradação, decomposição e a mineralização dos nutrientes presentes na biomassa. No entanto, não há informações sobre a dinâmica e o balanço do N nesse sistema de produção.

Na literatura há poucas informações a respeito da decomposição da braquiária e a liberação dos nutrientes, aspecto importante para orientar o manejo da forrageira. Também não se tem conhecimento sobre os benefícios dos resíduos da forrageira como fonte adicional de nutriente e em relação ao aproveitamento do N pelos componentes do consórcio.

O uso de fertilizantes enriquecidos isotopicamente é uma ferramenta apropriada para estudos desta natureza, por permitir avaliar o destino do fertilizante nos componentes do sistema, como o resíduo, o solo e a planta, para a determinação da eficiência e do balanço do N no sistema (REICHARDT, BACCHI, 2004). A aplicação da técnica isotópica em culturas perenes de grande porte é complexa, tanto pela obtenção da taxa de acúmulo de massa seca total da planta, quanto pela necessidade de grande quantidade ou maior enriquecimento do fertilizante marcado, o que onera muito o custo da pesquisa (COSTA et al., 2005). A destruição de plantas perenes é um grande entrave, pois prejudica o cafezal.

A presente pesquisa foi realizada com o objetivo de verificar as seguintes hipóteses: (1^a) a eficiência no uso do N proveniente do fertilizante seria maior se a adubação fosse feita tanto no cafeeiro quanto na braquiária, do que se aplicada somente no cafeeiro, isto porque haveria maior produção de biomassa da forrageira, pela absorção de maior quantidade de N do solo na entrelinha da planta, e por não elevar muito a relação C/N; (2^a) o uso da braquiária em consórcio com o cafeeiro reduziria as perdas de N do fertilizante por lixiviação, em razão da exploração do solo pelas raízes da forrageira e, também, porque favorece à absorção do nutriente pelo cafeeiro, devido a manutenção da umidade do solo na presença de resíduo vegetal sob a copa da planta.

Referências

- AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes *Crotalaria juncena* e *Mucuna-preta* com ^{15}N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 219-224, 1997.
- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema de plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. XV, p.873-928, 2007.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. VII, p. 375-470, 2007.
- COSTA, F.M.P.; DOURADO-NETO, D.; REICHARDT, K; FAVARIN, J.L.; FENILLI, T.A.B. Crescimento e desenvolvimento do cafeeiro em início de produção sob efeito da adubação nitrogenada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL (4º: 2005: Londrina, PR). **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA Café. 2005. CD-ROM.
- CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Sistemas de produção e eficiência agrônômica de fertilizantes. In: Prochnow, L.I.; Casarin, V.; Stipp, S.R. (Eds.). **Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes**. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. v. 1, p. 229-275, 2010.
- FENILLI, T.A.B.; REICHARDT, K.; FAVARIN, J.L.; BACCHI, O.O.S.; SILVA, A.L.; TIMM, L.C. Fertilizer ^{15}N balance in a coffee cropping system: a case study in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1459-1469, 2008.
- FIXEN, P.E. World fertilizer nutrient reserves – a view to the future. **Better Crops International**, Atlanta, GA., US. Norcross. v. 93, n. 3, p. 8-11, 2009.
- FRANCO, H.C.J.; DAMIN, V.; FRANCO, A.; MORAES, M.F.; TRIVELIN, P.C.O. Perda de nitrogênio pela *Brachiaria decumbens* após a antese: relação com a umidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 96-102, jan-fev, 2008.
- GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p.1421-1428, 2007.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico 100** – Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, dez. 1997, 290 p.
- REICHARDT, K; BACCHI, O.O.S. Isotopes in soil and plant investigations. In: **Encyclopedia of soils and the environment**. Elsevier, Amsterdam. v. 1, p. 280–284, 2004.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 180 p.
- URQUIAGA, S.; SISTI, C.; SANTOS, H.P.; KOCHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Influence of crop rotation and soil tillage system in the organic C balance in an oxisol (Typic Haplorthox). In: Congresso Mundial de Ciência do Solo, 17, Bangkok, Tailândia, 2002. **Resumos...** Bangkok: Srimuang Printing Co. 2002. CD-ROM.

2 CRESCIMENTO DO CAFEEIRO EM RAZÃO DO RESÍDUO DE *Brachiaria brizantha*

Resumo

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o benefício proporcionado por este sistema de produção no crescimento e produtividade do cafeeiro, assim como do risco à lixiviação do N, em relação ao modo de aplicação do nutriente. O cafeeiro foi cultivado com 300 kg ha⁻¹ de N, em que a aplicação foi no solo sob a projeção da copa do cafeeiro ou por meio do resíduo de *Brachiaria brizantha*, cultivada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N. A forrageira foi ceifada quatro vezes, determinou-se a massa fresca e seca, assim como foram coletadas amostras foliares para a análise e determinação da concentração de N-total por espectrometria de massa nas folhas da forrageira e nas folhas, grãos e cascas dos frutos do cafeeiro. Em cada ceifa e no final do experimento avaliou-se a taxa de crescimento em diâmetro do caule, altura da planta e em crescimento dos ramos produtivos. No final do experimento determinou-se a massa seca das folhas, dos grãos e da casca dos frutos; e em amostras do solo retiradas nas profundidades de 0-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6, e 0,6-0,8 m determinou-se o N-total, bem como o teor de matéria orgânica apenas dos primeiros 0,2 m de solo. A biomassa da braquiária sob a copa do cafeeiro reduziu em 49% a perda de água nos meses secos, com aumento do crescimento da planta entre março e setembro de 2011. A granação dos frutos e a produtividade do cafeeiro foram superiores quando aplicou-se 50% da dose do N na planta e os outros 50% na braquiária, cujo resíduo foi depositado, a cada corte, sob a copa da planta para decomposição.

Palavras chave: *Coffea arabica*, nitrogênio, teor de água no solo, potencial hídrico foliar, consórcio

Growth of coffee by reason of waste *Brachiaria brizantha*

Abstract

This research was conducted to evaluate the benefit provided by this production system on growth and productivity of coffee, as well as the risk of N leaching in relation to the mode of application of the nutrient. The coffee was grown with 300 kg N ha⁻¹, in which the application was on the ground under the canopy projection coffee or through the residue of *Brachiaria brizantha*, grown with 150 and 300 kg ha⁻¹ N. The forage was mowed four times, it was determined the fresh and dry weight, and leaf samples were collected for analysis and

determination of the concentration of total N by mass spectrometry in the leaves of the grass and leaves, grains and fruit shells coffee. At each harvest and the end of the experiment evaluated the rate of growth in stem diameter, plant height and growth of productive branches. In a final experiment we determined the dry mass of the leaves, grains and fruit peel, and in soil samples taken at 0-0.2, 0.2-0.4, 0.4-0.6, and 0.6-0.8 m was determined total N and the content of organic matter only the first 0.2 m of soil. The biomass of *Brachiaria* under the coffee canopy reduced by 49% water loss in the dry months, with an increase in plant growth between March and September 2011. The grain formation and productivity of coffee plants were higher when applied to 50% of the dose of N in the plant and the other 50% *Brachiaria*, whose waste was deposited, every court, under the canopy of the plant for decomposition.

Key words: *Coffea arabica*, nitrogen, soil water content, leaf water potential, consortium

2.1 Introdução

O consórcio do cafeeiro com braquiária parece ser uma tendência na cafeicultura. Alguns produtores adubam somente o cafeeiro, enquanto outros optam pela adubação do sistema, pela aplicação a lanço no cafeeiro e na forrageira. Este sistema de produção é utilizado sem que haja conhecimento sobre o aproveitamento do N do fertilizante pelo cafeeiro e pela braquiária.

Em sistema de produção, onde há aporte de resíduos sobre o solo melhora os atributos físicos, químicos e biológicos, inclusive em profundidade, pela ação das raízes das plantas em rotação ou consorciada, para fins de acúmulo de biomassa, ciclagem de nutrientes e aumento da matéria orgânica (CRUSCIOL; SORATTO, 2010; ROSOLEM et al., 2006). Portanto, a adição regular de resíduos vegetais contribui para diminuir a perda de solo por erosão e da água por evaporação; preserva e melhora a agregação do solo, com benefícios à infiltração, renovação do ar e a exploração do solo pelas raízes.

As forrageiras que produzem grande quantidade de biomassa são indicadas, entre outras razões, para a ciclagem de nutrientes como pode ser exemplificado pela contribuição de até 17 t ha⁻¹ de massa seca por ano, que pode corresponder a uma ciclagem de, aproximadamente, 289 kg ha⁻¹ de N por ano (VITTI; HEIRINCHS, 2007). O sistema radicular dessas plantas está concentrado nos primeiros dez centímetros de profundidade (65%), em que a ciclagem dos nutrientes dessa camada reduz a possibilidade de perda por lixiviação.

O nitrogênio é um dos nutrientes extraído em maior quantidade pelo cafeeiro, que de maneira geral limita o crescimento e produtividade da planta. No solo esse nutriente está disponível em diversas formas, entre elas amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos e formas complexas e insolúveis (WILLIAMS; MILLER, 2001).

O nitrogênio do solo está, predominantemente, na forma orgânica (95 a 98%) e, portanto, indisponível para a absorção pelas plantas. A disponibilidade do N-orgânico depende dos fatores ambientais, como a umidade, temperatura, pH da solução, quantidade de C-oxidável entre outros, assim como do manejo da biomassa (AMBROSANO; TRIVELIN; MURAOKA, 1997; CANTARELLA, 2007). Portanto, a quantidade e a qualidade do resíduo influenciam o acúmulo de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (URQUIAGA et al., 2002).

O suprimento de nutrientes para as raízes depende dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, da espécie iônica do nutriente e das características morfológicas e fisiológicas das raízes. Os nutrientes da solução do solo entram em contato com as raízes por interceptação radicular, fluxo de massa ou difusão (BARBER, 1995). No solo predomina a forma mineral de N-NO_3^- , em que o fluxo de massa responde por, aproximadamente, 90% da movimentação desses íons até a superfície das raízes. Portanto, a diminuição do teor de água no solo afeta a transpiração e, em consequência, a absorção do nitrogênio.

Em sistema de produção com aporte de grande quantidade de biomassa, como no consórcio de plantas, o aumento de C-oxidável fornece energia para os microrganismos que contribuem para a ciclagem de nitrogênio. As reações de mineralização e imobilização têm relação com a biomassa microbiana, e esta serve como um indicador da velocidade da ciclagem de N e de outros nutrientes (CANTARELLA, 2007). As plantas de cobertura contribuem com a ciclagem de nutrientes, tanto daqueles adicionados pelos fertilizantes e não aproveitados pela cultura principal, quanto daqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo (TORRES et al., 2008).

No consórcio entre o cafeeiro e a braquiária, a ceifa e o aporte de resíduos na projeção da copa da planta contribuem para a manutenção da umidade do solo por mais tempo, pois reduz a evaporação. Outro benefício está associado à mineralização de nutrientes absorvidos do solo da entrelinha, região pouco acessada pelas raízes do cafeeiro, as quais concentram sob o dossel da planta.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o benefício proporcionado por este sistema de produção no crescimento e na produtividade do cafeeiro, assim como o risco à lixiviação do N, em relação ao modo de aplicação do nutriente.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma lavoura de café, variedade Mundo Novo 379-19 em primeiro ano de produção, na Fazenda São Gabriel, município de Altinópolis/SP, com 4.081 plantas por hectare (3,5 m x 0,7 m). O experimento começou em setembro de 2010 e terminou em setembro de 2011. A área experimental encontra-se a 985 m de altitude, 20° 58' 07" de latitude sul e 47° 53' de longitude oeste. O solo é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), com 552 g kg⁻¹ de areia, 58 g kg⁻¹ de silte e 390 g kg⁻¹ de argila. O clima da região é classificado como tropical de altitude (tipo Cwa, segundo Köppen), com temperatura média anual de 23°C, inverno seco e verão chuvoso. Os resultados da análise química do solo da área experimental estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo da área experimental, amostra retirada a 0,2 m de profundidade.

pH	MO	P _{res}	S-SO ₄	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	---mg dm ⁻³ ---					mmol _c dm ⁻³				%
5,1	22	5	12	1,5	23	7	34	0	32	66	48

O cafeeiro foi fertilizado com 300 kg ha⁻¹ de N na forma de nitrato de amônio (NH₄NO₃). A aplicação do nutriente foi no solo sob a projeção da copa do cafeeiro e/ou via resíduo de *Brachiaria brizantha*, adubada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, parcelada em três vezes, aplicado manualmente na forma líquida com um regador. Da combinação desses modos de adubação obtiveram-se as seguintes situações: (i) 300 kg ha⁻¹ de N fornecido no cafeeiro, sem resíduo de braquiária (300 café, sem braquiária); (ii) 150 kg ha⁻¹ de N no cafeeiro, com aporte de resíduo de braquiária fertilizada com 150 kg ha⁻¹ de N (150 café + 150 braquiária); (iii) cafeeiro sem N, com aporte de resíduo de braquiária fertilizada com 300 kg ha⁻¹ de N (0 café + 300 braquiária). Os demais nutrientes foram aplicados de acordo com a recomendação de Raij et al. (1997).

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandú foi cultivada em três linhas, no centro das entrelinhas do cafeeiro, perfazendo uma área de 1 m², a uma distância de 1,25 m de cada lado da linha dos cafeeiros. A forrageira foi mantida sob controle mecânico e aplicação de herbicida a uma distância de 0,5 m da projeção da copa das plantas, para evitar a competição (Figura 1). Após a ceifa da gramínea o material vegetal foi pesado e colocado sob a copa do cafeeiro e protegido por uma tela de nylon de 70 x 60 cm e malha com de 4 mm², presa ao solo com arame para evitar a perda de resíduo. Para impedir a absorção do nitrato de amônio

pelos cafeeiros adjacentes foram colocadas no solo placas de metal de 100 x 40 cm entre as plantas.

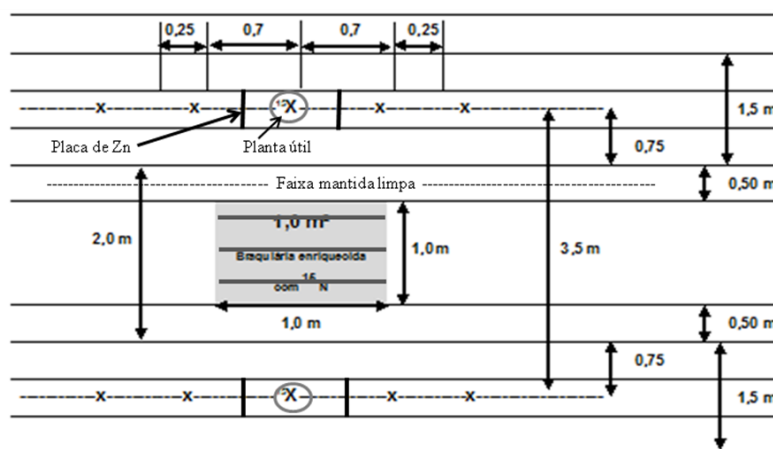


Figura 1 – Esquema de uma parcela do experimento em Altinópolis, SP.

A primeira fertilização nitrogenada foi realizada em 07/09/2010, e a primeira ceifa da braquiária em 28/11/2010, logo em seguida aplicou-se o segundo parcelamento do N. O terceiro e último parcelamento foi realizado em 19/01/2011. O segundo, terceiro e quarto cortes da braquiária foram realizados em 25/03/2011, 13/04/2011 e 27/05/2011, respectivamente. Os quatro cortes da forrageira foram feitos antes do florescimento, quando esta apresentava, em média, 85 e 100 cm de altura, nas doses de 150 e 300 kg ha⁻¹ de N nessa ordem. Após a ceifa determinou-se a massa fresca e dessa separou-se uma amostra de 100 g para análise da composição química.

Para avaliação do N foliar no cafeeiro foram coletadas amostras do terceiro e quarto pares de folhas a partir do ápice dos ramos produtivos a meia altura da planta, em cada uma das ceifas. Depois de lavadas em água deionizada foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 70°C por 72 horas. Esse procedimento também foi realizado com as amostras de tecidos da forrageira.

Em cada ceifa da braquiária e no final do experimento foram determinadas as taxas de crescimento do cafeeiro em diâmetro (TCD, mm dia⁻¹), altura (TCA, cm dia⁻¹) e comprimento de ramos produtivos (TCR, cm dia⁻¹). O crescimento foi avaliado com esta metodologia porque os intervalos entre as amostragens eram pequenos em se tratando de planta perene.

A taxa de crescimento do diâmetro do caule (TCD, mm dia⁻¹) foi determinada por meio das medidas realizadas a dois centímetros da base do caule, conforme a expressão:

$$TCD = \Delta DC / \Delta t \quad (1)$$

em que: ΔDC (mm) corresponde a variação do diâmetro obtido em cada intervalo de amostragem; e Δt (dias) refere-se aos intervalos entre as avaliações.

A taxa de crescimento em altura (TCA, cm dia⁻¹) foi obtida pela medida feita entre o nível do solo e a inserção do último par de folhas expandidas, conforme a expressão:

$$TCA = \Delta A / \Delta t \quad (2)$$

em que: ΔA (cm) corresponde a variação da altura obtida em cada intervalo de amostragem; e Δt (dias) refere-se aos intervalos entre as avaliações.

A determinação da taxa de crescimento de ramos produtivos (TCR, cm dia⁻¹) foi realizada em dois ramos marcados aleatoriamente com uma fita indicativa e calculada pela expressão:

$$TCR = \Delta CR / \Delta t \quad (3)$$

em que: ΔCR (cm) corresponde a variação do comprimento dos ramos em cada intervalo de amostragem; e Δt (dias) refere-se aos intervalos entre as avaliações.

No final do experimento determinou-se a massa seca das folhas (MSF), dos grãos descascados (MSG) e das cascas dos frutos (MSCF). As amostras foram encaminhadas para a determinação da concentração de N-total por espectrometria de massas segundo metodologia de Barrie & Prosser (1996).

Para a retirada das raízes do cafeeiro foram feitas trincheiras (1,25 m por 0,7 m e 0,8 m de profundidade) no final do experimento, em que o solo recolhido foi passado em peneira com 2 mm de malha para a separação das raízes. Posteriormente, após a lavagem, foram secas em estufa a 70 °C por 72 horas para a obtenção da massa seca, que depois de moída determinou-se a concentração de N-total por espectrometria de massas, conforme metodologia indicada acima.

Nas folhas, ramos, caule, e raízes do cafeeiro foram realizados os cálculos de nitrogênio acumulado no compartimento i (NA_i , kg ha⁻¹):

$$NA_i = \left[Ni \times MS_i \right] / 100 \quad (4)$$

em que: Ni corresponde ao concentração de N na parte considerada (%), e MS_i refere-se à massa seca (MS_i , kg ha⁻¹).

Também foi estimado o N-liberado (kg ha⁻¹) pela braquiária fertilizada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, ao longo do experimento. Para este cálculo foi considerado que a mineralização do N presente no resíduo fertilizado com a mesma dose libera 50% do conteúdo de N da biomassa em 19 dias após a ceifa, ou seja, aos 200 dias todo nitrogênio aplicado aos 80 e 120 dias haviam sido liberados e 50% eram provenientes do N aplicado aos 180 dias como descrito no capítulo 3 (Tabela 3 e Figura 3A).

As amostragens do solo foram realizadas no final do experimento, na projeção da copa a meia distância do cafeeiro, nas profundidades de 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8 m. As amostras foram submetidas à análise de N-total por espectrometria de massas e de matéria orgânica por metodologia adotada pela Embrapa (1997).

O potencial hídrico foi determinado no terceiro par de folhas de ramos produtivos a meia altura na planta, com uma câmara de Scholander, conforme descrito por Ferraz et al. (2008). As determinações foram realizadas às 7:00 horas da manhã nos meses de junho, julho, agosto e setembro de 2011, com três repetições. A determinação foi feita às 7:00 horas para que a planta tivesse tempo de recuperar o estado hídrico durante a noite e, assim, a variação do potencial da água na planta poderia ser atribuída à maior ou menor quantidade de água no solo, em razão da presença ou ausência do resíduo.

No momento da determinação do potencial foliar foram coletadas amostras de solo na projeção da copa para a determinação da umidade do solo a 10 cm de profundidade. As amostras indeformadas foram retiradas com anel e acondicionadas em cápsulas de alumínio, para evitar a perda de água. O teor de água foi determinado pela diferença entre a massa úmida e seca, com base na massa de solo seco. A eliminação da água foi obtida pela secagem em estufa a 105 ± 3 °C, até massa constante. Os resultados são expressos em $g\ g^{-1}$.

O experimento foi instalado com delineamento inteiramente casualizado, em que usou-se três modos de aplicação do N ($300\ kg\ ha^{-1}$ de N no cafeeiro, sem aporte de resíduo de braquiária; $150\ kg\ ha^{-1}$ de N no próprio cafeeiro, com aporte de resíduo de braquiária adubada com $150\ kg\ ha^{-1}$ de N; e sem aplicação de N no cafeeiro, com aporte de resíduo de braquiária fertilizada com $300\ kg\ ha^{-1}$ de N) e oito repetições.

Os dados médios de temperatura e precipitação estão apresentados na figura 2, e a distribuição da precipitação nos períodos de expansão e granação dos frutos na figura 3.

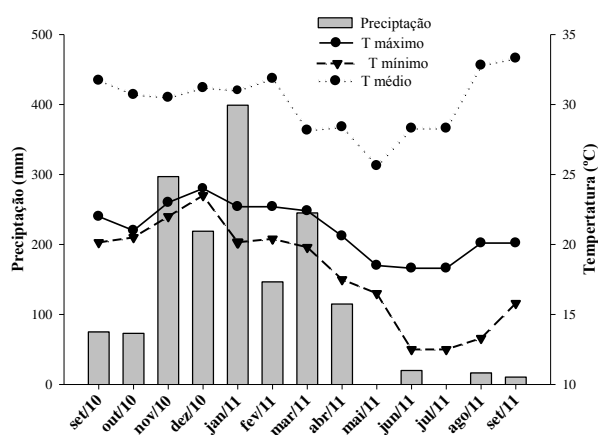


Figura 2 - Médias de temperatura e precipitação no período de condução do experimento de setembro de 2010 a setembro de 2011, em Altinópolis, SP.

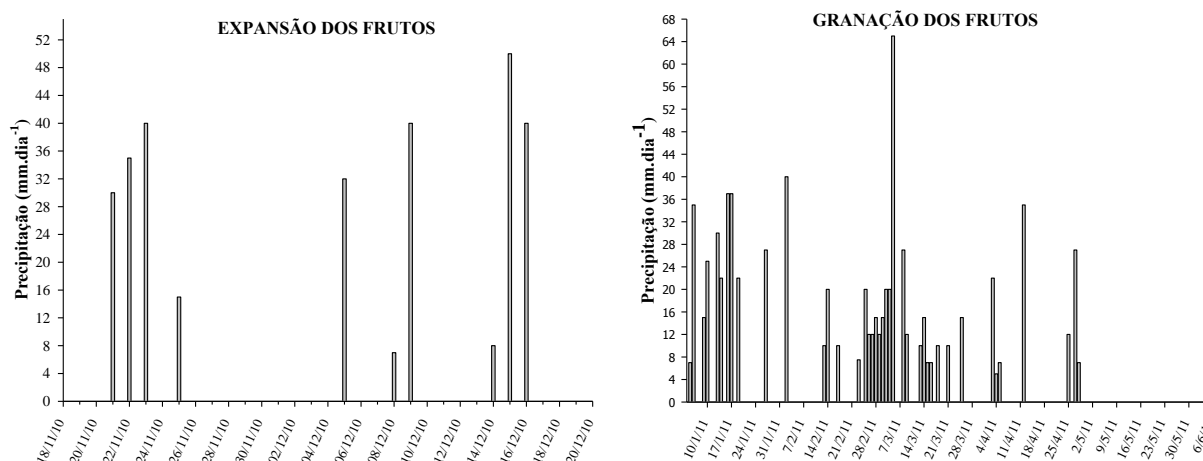


Figura 3 – Precipitação (mm dia⁻¹) durante a expansão dos frutos (12/11/2010 a 19/12/2010) e durante a fase de granação dos frutos (06/01/2011 a 01/06/2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e em seguida ao teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do programa Statistical Analysis System versão Windows 9.2 (SAS Inst.; 2008).

2.3 Resultados e Discussão

De maio a setembro de 2011, período de seca, foram realizadas as avaliações do teor de água no solo e na planta. A precipitação média foi muito baixa (9,4 mm por mês) e mal distribuída, sem chuva em maio e julho, 20 mm em junho, 16,5 mm em agosto e 10,5 mm em setembro de 2011 (Figuras 2 e 3). Essa condição possibilitou detectar possíveis diferenças no solo e na planta, em razão da presença ou ausência do aporte de resíduos vegetais, pois não tem influência da precipitação.

Os resíduos da braquiária mantiveram o solo com, aproximadamente, 50% a mais no teor de água entre junho e setembro de 2011, como evidenciam os dados da figura 4A. A maior quantidade de água no solo contribuiu para um estresse hídrico menor da planta, como comprova o maior potencial foliar nos cafeeiros que receberam aporte de resíduos da forrageira, cuja variação ficou entre -2,1 a -2,7 MPa; comparado às plantas sem resíduo, em que o estresse hídrico foi superior, com potencial entre -3,3 a -4,0 MPa (Figura 4B). De acordo com Favarin et al. (2001) e Villa Nova et al. (2002) o cafeeiro com, aproximadamente, 22 meses de idade consumiu diariamente (transpiração) 4,02 L planta⁻¹ dia⁻¹ na fase de granação. O cafezal da presente pesquisa tem 4.080 plantas por hectare, o que implica em uma demanda de 1,64 mm de água por dia (Figuras 2 e 3).

Em um estudo, sobre o consórcio entre milho e *B. brizantha* com cultivo sucessivo de feijão, Sorato et al. (2008) constataram que a produção de aproximadamente 20 t ha⁻¹ de biomassa da forrageira proporcionou elevada ciclagem de N, menor oscilação da temperatura na superfície do solo e maior teor de água disponível para o feijoeiro.

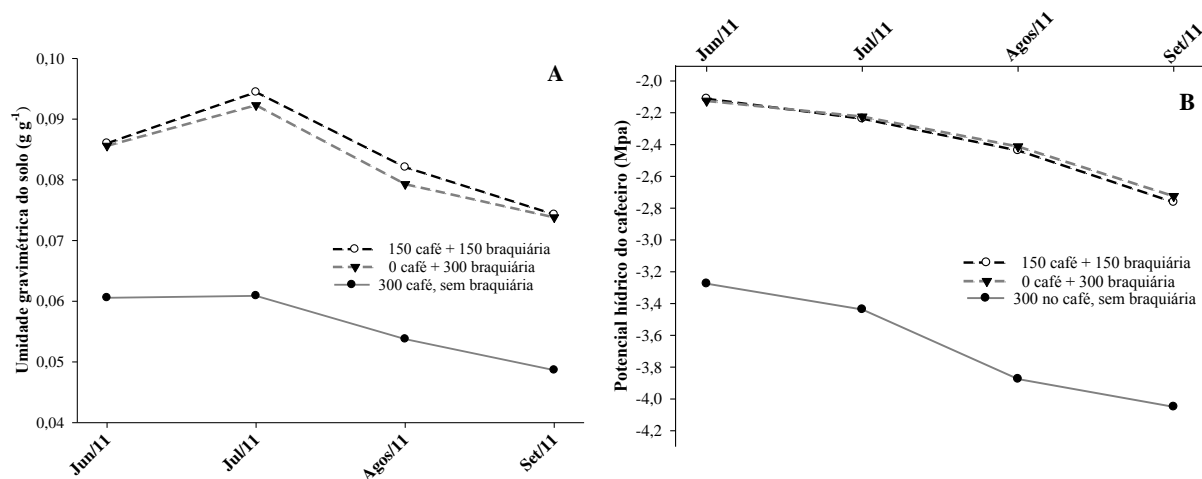


Figura 4 – Umidade gravimétrica nos primeiros 10 cm de solo sob a copa do cafeeiro e o potencial hídrico foliar da planta, nos meses de junho, julho, agosto e setembro de 2011.

A deposição de resíduos vegetais na superfície do solo desfavoreceu a perda de água por evaporação, o que resulta em solo úmido por mais tempo. Essa condição aumentou o crescimento em altura, diâmetro do caule e comprimento de ramos no outono-inverno (Tabela 2), quando a temperatura média foi 18,5 °C e a mínima igual a 13,4 °C (Figura 2). O aumento do crescimento do cafeeiro, nessa época (maio a setembro/2011), não pode ser atribuído ao N, pois a concentração foliar desse nutriente foi superior nas plantas sem aporte de resíduo (Tabela 3). Esta constatação corrobora, em parte, o que foi observado por Martorano et al. (2009) e Stone & Moreira (1999) os quais cultivaram soja no Rio Grande do Sul e feijão em Goiás, respectivamente, em sistema de plantio direto e preparo convencional. Esses autores constataram que os resíduos sobre o solo em plantio direto proporcionam maior retenção de água e menores variações de seu teor no solo, o que evitou a ocorrência de curtos períodos de deficiência hídrica.

Os resultados obtidos para taxa de crescimento do cafeeiro em altura, diâmetro do caule e comprimento de ramos produtivos, em razão do modo de aplicação de N, estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Taxa de crescimento do cafeeiro em altura (TCA, cm dia⁻¹), em crescimento dos ramos produtivos (TCR, cm dia⁻¹) e em diâmetro do caule (TCD, cm dia⁻¹), ao longo do experimento.

TRATAMENTOS*	ÉPOCAS				
	set-nov/10	nov-jan/11	jan-mar/11	mar-mai/11	mai-set/11
	TCA (cm dia ⁻¹)				
150 café + 150 braquiária	0,120 b	0,219 b	0,274 b	0,213 a	0,142 a
0 café + 300 braquiária	0,070 c	0,192 b	0,218 c	0,170 b	0,122 a
300 café, sem braquiária	0,247 a	0,320 a	0,298 a	0,176 b	0,068 b
CV (%)	15,97	18,96	14,71	8,61	8,42
	TCR (cm dia ⁻¹)				
150 café + 150 braquiária	0,078 b	0,092 a	0,090 a	0,099 a	0,070 a
0 café + 300 braquiária	0,066 b	0,069 b	0,063 b	0,085 b	0,055 b
300 café, sem braquiária	0,130 a	0,102 a	0,091 a	0,065 c	0,047 b
CV (%)	22,72	9,86	7,54	8,25	13,52
	TCD (mm dia ⁻¹)				
150 café + 150 braquiária	0,034 b	0,038 b	0,052 a	0,051 a	0,072 a
0 café + 300 braquiária	0,024 c	0,029 c	0,040 b	0,047 ab	0,058 b
300 café, sem braquiária	0,056 a	0,053 a	0,050 a	0,043 b	0,040 c
CV (%)	11,98	18,67	15,61	17,32	13,74

* 150 kg ha⁻¹ de N no cafeeiro e 150 kg ha⁻¹ na braquiária, cafeeiro sem N e com 300 kg ha⁻¹ de N via braquiária, cafeeiro com 300 kg ha⁻¹ de N, sem braquiária; ** médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

As plantas fertilizadas com 300 kg ha⁻¹ de N, na ausência de resíduo da braquiária, apresentaram crescimento superior de setembro a março de 2011 (Tabela 2). Esse fato atribuiu-se à maior disponibilidade de N em razão da dose e, provavelmente, à menor competição microbiana pelo nutriente, pois não havia resíduo. De março a setembro do mesmo ano, o crescimento foi superior com a divisão da dose do N entre o cafeeiro (150 kg ha⁻¹) e a forrageira cultivada na entrelinha (150 kg ha⁻¹).

De maio a setembro de 2011 o cafeeiro conduzido sem resíduos da forrageira cresceu menos em altura, diâmetro do caule e comprimento de ramos, o que, provavelmente, se deve a maior perda da água por evaporação (Tabela 2).

O estado nutricional em relação ao N, no período seco de maio a setembro, foi afetado nas plantas que receberam aporte de resíduo da forrageira (Tabela 3). Essa observação é atribuída, em parte, ao crescimento superior do cafeeiro que recebeu a biomassa vegetal, o que provocou efeito de diluição; e por alguma imobilização microbiana ocorrida durante o início da degradação do resíduo (média da C/N 20), proveniente do último corte feito em março de 2011.

Tabela 3 - Concentração foliar de nitrogênio no cafeeiro fertilizado com 150 ou 300 kg ha⁻¹ de N via fertilizante mineral ou resíduo de braquiária, ao longo do experimento.

TRATAMENTOS*	N-total (g kg ⁻¹)				
	nov/10	jan/11	mar/11	mai/11	set/11
150 café + 150 braquiária	31,85 a	30,88 a	30,23 a	27,41 a	24,47 b
0 café + 300 braquiária	31,63 a	27,74 b	25,30 b	25,67 b	23,28 c
300 café, sem braquiária	32,34 a	30,48 a	29,23 a	27,56 a	25,95 a
CV	4,57	3,77	5,24	3,65	3,78

* 150 kg ha⁻¹ de N no cafeeiro e 150 kg ha⁻¹ na braquiária, cafeeiro sem N e com 300 kg ha⁻¹ de N via braquiária, cafeeiro com 300 kg ha⁻¹ de N sem braquiária; ** médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade

A decomposição dos resíduos vegetais, normalmente provoca a imobilização do nitrogênio, produzindo no solo compostos orgânicos mais recalcitrantes e de mineralização mais lenta, tornando o nitrogênio inicialmente indisponível para as plantas (SCHUNKE, 1998). Essa imobilização inicial independe da relação C/N do material, embora a duração desse processo seja mais duradoura na presença de C/N mais elevadas.

Do exposto, pode-se afirmar que a presença de resíduos da forrageira cultivada na entrelinha do cafeeiro, beneficiou o crescimento da planta na época seca, ainda que a concentração de N foliar tenha diminuído e a temperatura média não fosse a mais adequada. A temperatura basal do cafeeiro é próxima de 12,5°C (RENA; MAESTRI, 1986), acima da qual há vegetação, ainda que a taxa baixa. Na presente pesquisa a temperatura mínima foi igual a 15,4 °C o que possibilitou detectar o crescimento, que foi maior nas plantas com aporte de biomassa da braquiária, pois a presença, ainda que de pouca água no solo, favoreceu a expansão celular.

Os resultados da avaliação para modo de aplicação de N, feita no final do experimento, em relação à concentração de nitrogênio e massa seca de grãos e cascas dos frutos, e a produtividade de café beneficiado por hectare estão apresentados na tabela 4.

O conteúdo de nitrogênio nos grãos e cascas dos frutos das plantas fertilizadas com 300 kg ha⁻¹ de N sem resíduo de braquiária foi superior aos valores obtidos nas plantas fertilizadas com a mesma dose de N, via resíduo da forrageira (Tabela 4). Isto porque no cafeeiro fertilizado (300 kg ha⁻¹ de N, sem resíduo) o nutriente estava prontamente disponível para ser absorvido, ao contrário daquele que viria da biomassa de resíduo fertilizada com a mesma dose, mas cuja disponibilidade dependia da mineralização. Outra explicação é que no cafeeiro em que não se adicionou resíduo, a produção de massa seca dos grãos foi inferior, o que proporcionou maior concentração de N nos grãos, por efeito de concentração (Tabela 4). O fornecimento de todo nitrogênio via braquiária não prejudicou a massa seca e a concentração de N dos grãos, porque a mineralização do N presente no resíduo fertilizado com a mesma

dose libera 50% do conteúdo de N da biomassa em 19 dias após a ceifa, como descrito no capítulo 3 (Tabela 3 e Figura 3A). A liberação de 50% até 200 dias (abril/2011) após o início da adubação em setembro de 2010, corresponde, aproximadamente, a 113,2 kg ha⁻¹ de N. A quantidade de N proveniente da biomassa da forrageira, quando a mesma foi fertilizada com 150 kg ha⁻¹ de N foi equivalente a 86,7 kg ha⁻¹ (Tabela 5).

Tabela 4 – Conteúdo de nitrogênio (CN-total, g kg⁻¹), massa seca (MS, kg ha⁻¹) nos grãos, cascas dos grãos e produtividade de café beneficiado por hectare (CB, kg ha⁻¹), em razão do modo de fertilização, no final do experimento.

TRATAMENTOS*	CN-total (g kg ⁻¹)		MS (kg ha ⁻¹)		CB kg ha ⁻¹
	Grãos	Cascas	Grãos	Cascas	
150 café + 150 braquiária	22,22 b	13,84 a	1479,9 a	1673,5 c	1680 a
0 café + 300 braquiária	22,25 b	11,74 b	1348,4 b	1696,8 b	1584 b
300 café, sem braquiária	24,30 a	15,20 a	932,2 c	1886,4 a	1062 c
CV (%)	8,66	10,04	10,38	8,03	10,03

* 150 kg ha⁻¹ de N no cafeeiro e 150 kg ha⁻¹ na braquiária, cafeeiro sem N e com 300 kg ha⁻¹ de N via braquiária, cafeeiro com 300 kg ha⁻¹ de N, sem braquiária; ** médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade

As forrageiras são consideradas uma alternativa viável para a ciclagem de nitrogênio e proteção do solo, por produzirem grande quantidade de massa seca, especialmente a *B. brizantha* que produz cerca 17 t ha⁻¹ por ano de massa seca, que pode corresponder a uma ciclagem de, aproximadamente, 289 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N (VITTI; HEIRINCHS, 2007).

Tabela 5 - Conteúdo de nitrogênio na biomassa (CNB-total, g kg⁻¹), produção de massa seca (MS, kg ha⁻¹) e estimativa de nitrogênio liberado (N-liberado, kg ha⁻¹) pela braquiária fertilizada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, ao longo do experimento.

BIOMASSA	DIAS	BRAQUIÁRIA	
		150 kg ha ⁻¹ de N	300 kg ha ⁻¹ de N
CNB-total (g kg ⁻¹)	80	18,1	22,0
	120	26,6	27,8
	180	21,5	25,3
MS (kg ha ⁻¹)	80	1354,5	1548,5
	120	1120,2	1512,9
	180	3009,4	2923,9
N-liberado (kg ha ⁻¹)	200	86,7	113,2

A produtividade de grãos não variou quando o N foi aplicado totalmente ou em parte na braquiária, as quais foram superiores àquela obtida quando o nutriente foi fornecido exclusivamente ao cafeeiro (Tabela 4). Essa observação explica-se pelo comprometimento da expansão (12/11 a 19/12/2010), pois em 50% dos dias desse período não houve precipitação; o que também aconteceu na granação (06/01 a 03/06/2011) (Figura 3). Acrescente-se à

justificativa, o fato de que a menor produtividade foi registrada na ausência de resíduo vegetal sob o cafeeiro, o que provavelmente intensificou o prejuízo pela má distribuição da precipitação pluvial. A duração das fases da frutificação na presente pesquisa foram semelhantes àquela observada por Rena et al. (2001), para cafeeiro a 950 m de altitude (chumbinho 61 dias; expansão rápida 37 dias; crescimento suspenso 16 dias; granação 148 dias e maturação 5 dias).

A limitação hídrica afeta sensivelmente o rendimento do cafeeiro, e se coincidir com a granação pode elevar em até 45% o índice de grãos chochos e reduzir crescimento dos ramos plagiotrópicos, com prejuízo da produtividade (CAMARGO et al., 1984, FERNANDES et al., 1998).

A adição de resíduos da forrageira proporcionou pequenos incrementos de matéria orgânica no solo (MOS), que passou de 22 mg dm⁻³ (Tabela 1) para 26 e 27 mg dm⁻³ quando a braquiária foi fertilizada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Tabela 6). Ressalte-se que o incremento, apesar de pequeno e igual a 4 e 5 mg dm⁻³ de MOS, se deu em 0,2 m de profundidade do solo. Esse resultado pode ser explicado pela grande quantidade de resíduos depositada sob o cafeeiro, equivalente a 6,6 e 7,3 t ha⁻¹, nessa ordem.

Tabela 6 – Teor de nitrogênio total nas profundidades de 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6 e 0,6-0,8 m (N-solo, g kg⁻¹) e de matéria orgânica dos primeiros 0,2 m de solo (MOS, g dm⁻³) na projeção da copa do cafeeiro, fertilizado com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, no final do experimento.

TRATAMENTOS*	N-solo (g kg ⁻¹)				MOS (g dm ³)
	0-0,2 m	0,2-0,4 m	0,4-0,6 m	0,6-0,8 m	
150 café + 150 braquiária	1,03 b	0,83 b	0,67 b	0,55 b	27 a
0 café + 300 braquiária	0,82 c	0,70 b	0,61 b	0,48 b	26 a
300 café, sem braquiária	1,73 a	1,20 a	1,03 a	1,17 a	21 b
CV	8,96	7,74	9,36	12,27	7,38

* 150 kg ha⁻¹ de N no cafeeiro e 150 kg ha⁻¹ na braquiária, cafeeiro sem N e com 300 kg ha⁻¹ de N via braquiária, cafeeiro com 300 kg ha⁻¹ de N sem braquiária; ** médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade

A adição de biomassa ao solo contribuiu para a conservação da água, especialmente no período seco, de maio a setembro de 2011, assim como aumentou o teor de matéria orgânica (Tabela 6). Essas condições favoreceram o crescimento das raízes do cafeeiro, inclusive na superfície do solo (Figura 5). O aporte de resíduos pode aumentar não só a ciclagem de nutrientes, mas também o teor de matéria orgânica (ROSOLEM et al., 2006), como também aconteceu na presente pesquisa.

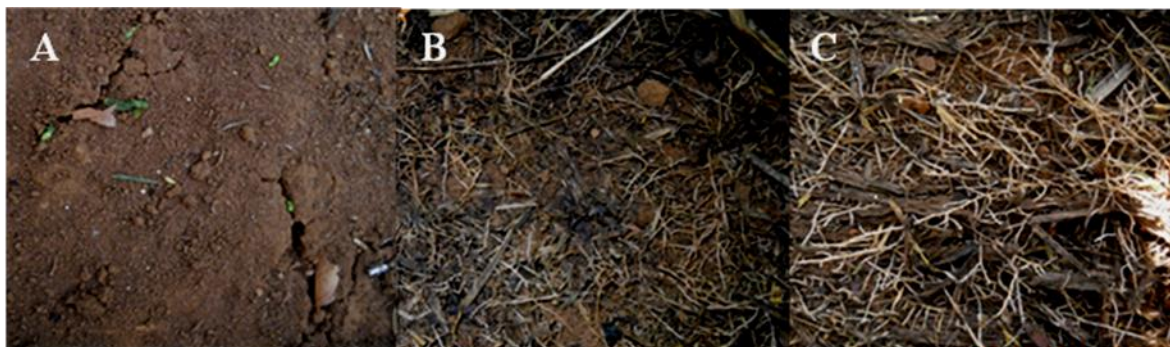


Figura 5 – Presença de raízes na superfície do solo sob a copa do cafeeiro: A – planta fertilizada com 300 kg ha^{-1} de N, sem resíduo de braquiária; B – planta fertilizada com a mesma dose de N via resíduo da forrageira; e C – planta fertilizada com 150 kg ha^{-1} de N e a mesma dose fornecida à forrageira.

Os maiores teores de N-total no solo foram determinados quando se aplicou 300 kg ha^{-1} de N, sem adição de biomassa, independentemente da profundidade. Esse fato se deve a maior dose de N solúvel, aplicada exclusivamente no cafeeiro. Nesse tratamento verificou-se, também, maior quantidade do nutriente em profundidade, abaixo de 0,6 m, uma indicação do maior risco potencial de perda de N (Tabela 6). A decomposição de resíduos vegetais modifica a ciclagem dos nutrientes, em que o N é o mais afetado pelos processos de imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação (LARA CABEZAS et al., 2004). Quando o N da solução do solo não é absorvido pelas plantas ou imobilizado pela microbiota do solo, o mesmo pode ser lixiviado, em razão da fraca interação com os colóides do solo.

No solo do cafeeiro fertilizado com 300 kg ha^{-1} de N via resíduo os menores teores de N nos primeiros 0,2 m (Tabela 6) resultam da rápida decomposição dos resíduos de braquiária, do seu consumo pelo café e imobilização de parte do N pela microbiota e, portanto, não disponíveis. No solo 95 a 98% do N-total estão na forma orgânica, destes 20 a 40% como aminoácidos e proteínas, 5 a 10% aminoaçúcares, 1% purinas e pirimidinas e 50% na forma de compostos nitrogenados não identificados. Boa parte do N mineralizado do resíduo facilmente decomponível estão ligados a compostos orgânicos como açúcares, celulose, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e nucleotídios, que após a despolimerização e desaminação ficam imobilizados na biomassa microbiana ou complexados (KILLHAM, 1994; MARTIN; HAIDER, 1980).

2.4 Conclusões

A biomassa da braquiária sob a copa do cafeeiro reduz em 49% a perda de água nos meses secos, com aumento do crescimento da planta entre março e setembro de 2011.

A granação dos frutos e a produtividade do cafeeiro são superiores quando aplica-se 50% da dose do N na planta e os outros 50% na braquiária, cujo resíduo é depositado, a cada corte, sob a copa da planta, para decomposição.

2.5 Referências

AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes *Crotalaria juncena* e *Mucuna-preta* com ^{15}N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 219-224, 1997.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability - a mechanistic approach**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1995. 414 p.

BARRIE, A.; PROSSER, S.J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S. (Eds.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker. p. 1-46, 1996.

CAMARGO, A.P.; GROHMAN, F.; DESSIMONI, L.M.; TEIXEIRA, A.A. Efeitos na produção de café de épocas de rega e de supressão da água, por meio de cobertura transparente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 21., 1984, Londrina. 1984. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, p. 62-64, 1984.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. DE; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. VII, p. 375-470, 2007.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Sistemas de produção e eficiência agrônômica de fertilizantes. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds.). **Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes**. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. v. 1, p. 229-275, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. (Documentos, 1). Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 2. ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FAVARIN, J.L.; VILLA NOVA, N.A.; ANGELOCCI, L.R.; DOURADO-NETO, D.; BERNARDES, M.S. Estimativa do consumo hídrico do cafeeiro em função de parâmetros climatológicos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p.235-240, 2001.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; SANTO, J.E.; AMARAL, R. Comportamento vegetativo-produtivo do cafeeiro Catuaí cultivado no oeste baiano sob irrigação por pivô central. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1., 1998, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU/DEAGO, p. 40-44, 1998.

FERRAZ, E.C.; LUCCHESI, A.A.; CASTRO, P.R.C. **Fisiologia Vegetal** – Guia prático de aulas. Piracicaba: Universidade de São Paulo/ESALQ – Departamento de Ciências Biológicas, 2008. 102 p.

KILLHAM, K. **Soil ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 242p.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1005-1013, 2004.

MARTIN, J.P.; HAIDER, K. Microbial degradation and stabilisation of ¹⁴C-labeled lignins, phenols, and phenolic polymers in relation to soil humus formation. In: KIRK, T.K.; HIGUCHI, T.; CHANG, H.M. (Eds.). **Lignin biodegradation: microbiology, chemistry and potential applications**. Boca Raton, CRC Press. v. 1. p. 77-100, 1980.

MARTORANO, L.G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; FARIA, R.T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 397-405, 2009.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico 100** – Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, dez. 1997, 290 p.

RENA, A.B.; BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 101-128, 2001.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade do cafeeiro**. Piracicaba: Potafos, p. 13-85, 1986.

ROSOLEM, C.A.; SANTOS, F.P. dos; FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p.1033-1040, 2006.

SAS Institute Inc. **The SAS System**, release 9.2. SAS Institute Inc., Cary:NC, 2008.

SCHUNKE, R.M. **Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de Panicum maximum Jacq.** 1998.111 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 1998.

SORATO, R.P.; CARVALHO, R.L.T.; PILON, C.; GIORGETTI, A.A.; SOUZA, G.D. Épocas de antecipação do nitrogênio para o feijoeiro no sistema de plantio direto após o milho solteiro ou consorciado com *Brachiaria brizantha*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE

FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina: **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. CD-ROM.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos dos sistemas de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 421-428, 2008.

URQUIAGA, S.; SISTI, C.; SANTOS, H.P.; KOCHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Influence of crop rotation and soil tillage system in the organic C balance in an oxisol (Typic Haplorthox). In: CONGRESSO MUNDIAL DE CIÊNCIA DO SOLO, 17, Bangkok, Tailândia, 2002. **Resumos...** Bangkok: Srimuang Printing Co. 2002. CD-ROM.

VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, J.L.; ANGELOCCI, L.R.; DOURADO-NETO, D.; Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 1, p.81-88, 2002.

VITTI, G.C.; HEIRINCHS, R. Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização do nitrogênio e do enxofre: uma visão holística. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Eds.). **Nitrogênio e Enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. p. 109- 157, 2007.

WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, Palo Alto, Califórnia, US. v. 52, p. 659-688, 2001.

3 BALANÇO DO NITROGÊNIO NO CONSÓRCIO ENTRE CAFEIEIRO E *Brachiaria brizantha*

Resumo

No consórcio entre cafeeiro e braquiária a adubação tem sido feita a lanço, sem que haja conhecimento sobre o aproveitamento do nitrogênio (N) proveniente do fertilizante pelas plantas, bem como sobre a recuperação do nutriente do resíduo da forrageira pelo cafeeiro. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de elaborar o balanço do N nesse sistema de produção, avaliar a recuperação do nutriente pelas plantas e a contribuição da biomassa da forrageira como fonte de N para o cafeeiro. O café foi cultivado com 300 kg ha⁻¹ de N e a braquiária com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, a qual após cada ceifa foi depositada sob o cafeeiro, nos quais aplicou-se NH₄NO₃ enriquecido com 5,07 átomos de ¹⁵N. As amostras vegetais e de solo foram submetidas à determinação da concentração de N-total e abundância de ¹⁵N (% de átomos de ¹⁵N) por espectrometria de massa. A forrageira recuperou mais N (84,28% do aplicado ou 126,42 kg ha⁻¹) do que o cafeeiro (38,63% ou 57,94 kg ha⁻¹ de N), com a aplicação da mesma dose de N em ambas as plantas. O cafeeiro recuperou 38,63% do N do fertilizante, quando todo o N foi fornecido à planta; recuperou 14,31% do N (21,46 kg ha⁻¹) na aplicação feita somente na forrageira, cujo resíduo foi depositado sob a copa da planta; e recuperou 53,3% do N (39,98 kg ha⁻¹) do adubo e outros 15,28% (11,46 kg ha⁻¹) proveniente da decomposição da biomassa, na aplicação da mesma dose de N na cultura e na forrageira. A taxa de crescimento do cafeeiro (altura e ramos produtivos) no período seco, de março a setembro de 2011, foi superior quando a planta e a forrageira receberam a mesma dose de N. A competição líquida por N entre a braquiária e o café foi pequena e variou de 1,22% (0,91 kg ha⁻¹) a 0,24% (0,34 kg ha⁻¹ de N), sem prejuízo ao crescimento e à produtividade do cafeeiro. A perda de N por lixiviação foi maior quando forneceu todo o N somente no cafeeiro (6,05% do N aplicado ou 9,07 kg ha⁻¹), em relação à adubação feita apenas na braquiária (1,02% ou 1,53 kg ha⁻¹ de N); e, na aplicação de doses iguais no café e na braquiária, a lixiviação variou de 3,4% do N aplicado (2,55 kg ha⁻¹) sob a copa da planta a 1,15% (0,86 kg ha⁻¹) na área da forrageira, cultivada na entre linha da cultura.

Palavras chave: *Coffea arabica*, nitrogênio, isótopo estável ¹⁵N, recuperação do nitrogênio

Nitrogen balance between the consortium and coffee *Brachiaria brizantha*

Abstract

In intercropping coffee and pasture fertilization has been made to haul, without knowledge about the use of nitrogen (N) derived from fertilizer plants, as well as the recovery of the residue of the nutrient forage for coffee. This research was conducted with the objective of preparing the N balance in this production system, evaluate the recovery of nutrients by plants and the contribution of the forage biomass as a source of N for coffee. The coffee was grown with 300 kg ha⁻¹ N and pasture with 150 and 300 kg N ha⁻¹, which after each harvest was deposited under the coffee, in which we applied NH₄NO₃ supplemented with 5.07 15N atoms. The plants and soil samples were subjected to determination of the concentration of total-N and 15N abundance (atom% 15N) by mass spectrometry. The forage recovered more N (84.28% of the applied or 126.42 kg ha⁻¹) than coffee (38.63% or 57.94 kg N ha⁻¹), with the application of the same dose of N in both plants. The coffee recovered 38.63% of fertilizer N when all N was supplied to the plant; recovered 14.31% of the N (21.46 kg ha⁻¹) on the application made only in forage residue which was deposited under Cup plant, and recovered 53.3% of N (39.98 kg ha⁻¹) fertilizer and other 15.28% (11.46 kg ha⁻¹) from the decomposition of biomass in the application of the same dose of N in culture and forage. The growth rate of coffee (height and productive branches) in the dry season, from March to September 2011, when the plant was superior forage and received the same dose of N. The competition between the net by N *Brachiaria* and the coffee was small and ranged between 0.91 kg ha⁻¹ and 0.34 kg N ha⁻¹ (1.22 to 0.24%), subject to growth and productivity coffee. The N loss due to leaching was higher when provided only in the whole coffee N (6.05% of N applied or 9.07 kg ha⁻¹) as compared to fertilizer only made in *brachiaria* (1.02% or 1, 53 kg N ha⁻¹) and, in applying equal doses in coffee and *brachiaria* leaching ranged from 3.4% of applied N (2.55 kg ha⁻¹) under the canopy of the plant to 1, 15% (0.86 kg ha⁻¹) in the area of forage grown in between the crop rows.

Key words: *Coffea arabica*, nitrogen, stable isotope ¹⁵N, recovery nitrogen

3.1 Introdução

O consórcio do cafeeiro com braquiária é uma tendência na cafeicultura. Alguns produtores adubam somente o cafeeiro, enquanto outros optam pela adubação do sistema, por meio da aplicação a lanço no cafeeiro e na forrageira. Este sistema de produção é utilizado,

sem que haja conhecimento sobre o aproveitamento do nitrogênio pelo cafeeiro e pela braquiária.

O nitrogênio é absorvido e exportado em grande quantidade pelas plantas. Esse nutriente participa da composição dos ácidos nucléicos, aminoácidos, proteínas e muitos outros constituintes celulares (SOUZA; FERNANDES, 2006). A rubisco é uma proteína necessária à assimilação do carbono, uma evidência da importância do N para o crescimento e a produtividade dos vegetais. Para tanto, tem-se procurado diminuir as perdas do nutriente no solo, bem como aumentar a eficiência de aproveitamento pela planta.

No solo o N está disponível em diversas formas, entre elas amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis. As espécies vegetais diferem quanto à preferência pela natureza do N, como nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) (WILLIAMS; MILLER, 2001). Esse nutriente é submetido a um grande número de transformações bioquímicas no solo e levá-lo a perda do sistema solo-planta, por vários processos: (i) perda não biológica da amônia, (ii) decomposição química do nitrito, (iii) desnitrificação microbiana e (iv) lixiviação (FRANCO et al., 2008). Quando aplicado ao solo, por meio do resíduo vegetal, o nitrogênio pode ser absorvido pela planta após sua mineralização, ou ser perdido por um dos processos citados anteriormente, e ainda, ser imobilizado, como constituinte dos microrganismos do solo (AMBROSANO; TRIVELIN; MURAOKA, 1997).

Em sistema de produção com aporte de material vegetal fresco, como acontece no consórcio entre cafeeiro e braquiária, a disponibilidade de C-oxidável como fonte de energia, pode ser uma opção de fornecimento de N por meio da ciclagem (NOVAIS; MELLO, 2007).

A aquisição dos nutrientes pelas plantas depende, entre outros, da eficiência com que se dá o contato do íon com as raízes, do volume de solo explorado pelas mesmas, da arquitetura do sistema radicular, da natureza do N fornecido à planta e do modo de aplicação (AMARAL et al., 2011). A absorção ocorre, principalmente, nos primeiros 10 cm a partir do ápice radicular (KRAMER; BOYER, 1995). Assim, o crescimento e a renovação da área absorvedora aumentam a absorção de água e, principalmente, os nutrientes que seguem o fluxo transpiratório, como o N, o que pode ser aumentado com a ceifa da parte aérea da forrageira.

O crescimento das raízes e da parte aérea da forrageira é contínuo, com uma grande produção de biomassa, da ordem de $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, constatado na presente pesquisa. Ressalta-se que cerca de 65% do sistema radicular dessa planta concentram-se nos primeiros 10 cm de solo, uma condição favorável à absorção dos nutrientes, desde que não haja limitação hídrica (BROCH, 2000). As gramíneas possuem raízes finas altamente capacitadas na absorção de

água e nutrientes, graças à elevada plasticidade morfológica (FRANSEN; KROON; BERNSDE, 1998).

A cada corte da braquiária segue a morte de uma grande quantidade de raízes, que após a sua degradação deixam-se novos poros, os quais facilitam a oxigenação e a infiltração de água no solo (FAVARIN et al., 2010). Em uma pesquisa feita em citros durante 6,5 anos, ficou provado que a presença de braquiária nas entrelinhas da cultura aumentou a quantidade de poros superficiais e de macroagregados maiores do que 10 cm de diâmetro (RIZZO, 2000). Esta melhoria favorece o uso eficiente dos nutrientes, uma vez que a energia de retenção pelas partículas de solo é menor (NOVAIS; SMYTH, 1999).

O aproveitamento do nitrogênio pelo cafeeiro está diretamente relacionado com a dose, parcelamento e, ainda, com a época da aplicação. Estudos demonstram que raramente uma cultura aproveita mais do que 60% do nitrogênio aplicado como fertilizante, e o restante pode permanecer no solo ou perde-se por diversos meios (FENILLI et al., 2008).

A avaliação da recuperação e das perdas do nitrogênio aplicado no solo é difícil identificar a sua origem, em relação ao aplicado e àquele já existente no solo. O uso do fertilizante nitrogenado enriquecido com ^{15}N , isótopo estável do nitrogênio, possibilita conhecer a dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta (AMBROSANO; TRIVELIN; MURAOKA, 1997), quantificar o N da planta proveniente do solo e do fertilizante e, também, estimar as possíveis perdas do sistema solo-planta. Portanto, o uso de ^{15}N é uma ferramenta útil para determinar o aproveitamento do N pela planta, proveniente do fertilizante.

A principal vantagem do isótopo estável como traçador se deve ao fato de não haver limitação de tempo, para a duração do experimento e das análises do material vegetal (AMBROSANO; TRIVELIN; MURAOKA, 1997). No entanto, o uso da marcação isotópica em culturas perenes de grande porte, como o cafeeiro, é um processo difícil no que se diz respeito à obtenção da taxa de acúmulo de massa seca total da planta, assim como pelo custo da pesquisa, devido à necessidade de grande quantidade de fertilizante altamente enriquecido (FENILLI et al., 2008).

O aporte de resíduos vegetais na superfície do solo é um procedimento recomendado à ciclagem de nutrientes, um processo desejável tanto para a fertilidade do solo, quanto à nutrição da planta. No entanto, não há informações sobre o consórcio do cafeeiro com a braquiária, em relação ao suprimento de N à planta pela gramínea, assim como sobre o balanço do N nesse sistema de produção.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de elaborar o balanço de N no consórcio entre cafeeiro e braquiária, a recuperação do nutriente pelas culturas nesse sistema de

produção e a contribuição da decomposição da biomassa, previamente fertilizada com N, como fonte desse nutriente ao cafeeiro.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma lavoura de café, variedade Mundo Novo 379-19 em primeiro ano de produção, na Fazenda São Gabriel, município de Altinópolis/SP, com 4.081 plantas por hectare (3,5 m x 0,7 m). O experimento começou em setembro de 2010 e terminou em setembro de 2011. A área experimental encontra-se a 985 m de altitude, 20° 58' 07'' de latitude sul e 47° 53' de longitude oeste. O solo é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), com 552 g kg⁻¹ de areia, 58 g kg⁻¹ de silte e 390 g kg⁻¹ de argila. O clima da região é classificado como tropical de altitude (tipo Cwa, segundo Köppen), com temperatura média anual de 23°C, inverno seco e verão chuvoso. Os resultados da análise química do solo da área experimental estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo da área experimental.

pH	MO	P-res	S-SO ₄	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g.dm ⁻³	-----mg.dm ⁻³ -----					-----mmol _c .dm ⁻³ -----				%
5,1	22	5	12	1,5	23	7	34	0	32	66	48

O cafeeiro foi fertilizado com 300 kg ha⁻¹ de N na forma de NH₄NO₃. A aplicação do nutriente foi feita na planta e/ou via resíduo de *Brachiaria brizantha*, adubada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, parcelado em três vezes. Da combinação desses modos de adubação obtiveram-se as seguintes situações: (i) 300 kg ha⁻¹ de N fornecido no cafeeiro, sem resíduo de braquiária; (ii) 150 kg ha⁻¹ de N no cafeeiro, com aporte de resíduo de braquiária fertilizada com 150 kg ha⁻¹ de N; (iii) cafeeiro sem N, com aporte de resíduo de braquiária fertilizada com 300 kg ha⁻¹ de N. Os demais nutrientes foram aplicados de acordo com a recomendação de Raij et al. (1997).

Para a adubação nitrogenada usou-se nitrato de amônio (¹⁵NH₄NO₃), com a fonte amoniacal enriquecida com 5,07% de átomos de ¹⁵N, aplicado manualmente na forma líquida com um regador. Para diminuir o risco de absorção do ¹⁵NH₄NO₃ pelos cafeeiros adjacentes duas placas de metal de 100 x 40 cm foram introduzidas no solo, a meia distância entre plantas (Figura 1).

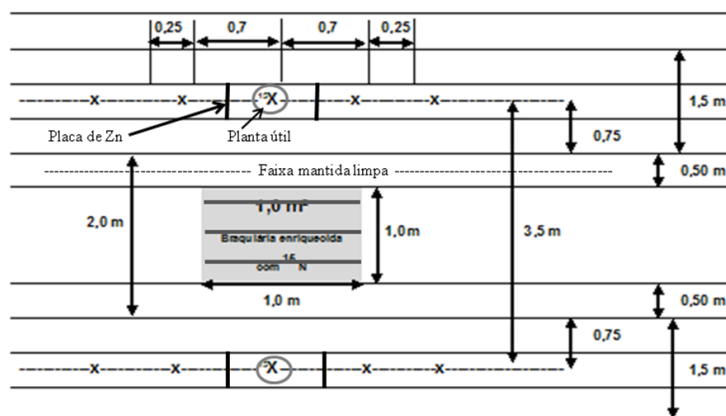


Figura 1 – Esquema de uma parcela do experimento em Altinópolis, SP.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandú foi cultivada em três linhas, no centro das entrelinhas do cafeeiro, perfazendo uma área de 1 m², a uma distância de 1,25 m de cada lado da linha de plantas. A forrageira foi mantida sob controle mecânico a uma distância de 0,5 m da projeção da copa das plantas, para evitar a competição (Figura 1). Após a ceifa da gramínea o material vegetal foi pesado e colocado sob a copa do cafeeiro, protegido por uma tela de nylon de 70 cm x 60 cm e malha de 4 mm² presa ao solo com arame, para evitar as perdas.

A primeira fertilização nitrogenada foi realizada em 07/09/2010, e a primeira ceifa da braquiária em 28/11/2010, logo em seguida aplicou-se o segundo parcelamento do N. O terceiro e último parcelamento foi realizado em 19/01/2011. O segundo, terceiro e quarto cortes da braquiária foram realizados em 25/03/2011, 13/04/2011 e 27/05/2011, respectivamente. Os quatro cortes da forrageira foram feitos antes do florescimento, quando apresentava, em média, 85 e 100 cm de altura, nas doses de 150 e 300 kg ha⁻¹ de N nessa ordem. Após a ceifa determinou-se a massa fresca e separou uma amostra de 100 g de biomassa para análise da composição química.

Em cada ceifa da braquiária e no final do experimento foram determinadas as taxas de crescimento do cafeeiro em altura (TCA, cm dia⁻¹) e comprimento de ramos (TCR, cm dia⁻¹). O crescimento foi assim avaliado porque o intervalo entre as amostragens era pequeno, em se tratando de planta perene.

A taxa de crescimento em altura (TCA, cm dia⁻¹) foi obtida pela medida feita entre o nível do solo e a inserção do último par de folhas expandidas, conforme a expressão:

$$TCA = \Delta A / \Delta t \quad (1)$$

em que: ΔA (mm) corresponde a variação da altura obtida em cada intervalo de amostragem; e Δt (dias) refere-se aos intervalos entre as avaliações.

A determinação da taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos (TCR, em dia^{-1}) foi realizada em dois ramos marcados com uma fita indicativa e calculada pela expressão:

$$\text{TCR} = \Delta\text{CR}/\Delta t \quad (2)$$

em que: ΔCR (mm) corresponde a variação do comprimento dos ramos em cada intervalo de amostragem; e Δt (dias) refere-se aos intervalos entre as avaliações.

Para avaliação do N foliar no cafeeiro coletaram-se, no final do experimento, amostras do terceiro e quarto pares de folhas a partir do ápice dos ramos produtivos, a meia altura da planta. Depois de lavadas em água deionizada foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 70°C por 72 horas. Esse procedimento também foi realizado com as amostras de tecido da forrageira.

No final do experimento determinou-se a massa seca das folhas (MSF), dos ramos laterais (MSR), caule (MSC), raízes (MSRz), dos grãos (MSG) e cascas dos frutos (MSCF) e total (MST), das plantas do cafeeiro enriquecida isotópicamente, cujas amostras passaram pelos mesmos procedimentos descritos acima. As amostras foram encaminhadas para determinação da concentração de N-total e abundância de ^{15}N (% de átomos de ^{15}N) por espectrometria de massa, segundo metodologia de Barrie & Prosser (1996).

Para a retirada das raízes do cafeeiro e da braquiária foram feitas trincheiras, em que o solo recolhido foi passado em peneira com malha de 2,0 mm para a separação das raízes, as quais após a lavagem determinou-se a massa fresca e seca. As raízes da braquiária foram retiradas logo após a última ceifa, enquanto dos cafeeiros no final do experimento. As amostras depois da lavagem foram secas em estufa a 70°C por 72 horas e, no final, determinou-se a massa. Depois, o material seco foi moído e usado para a determinação da concentração de N-total e abundância de ^{15}N (% de átomos de ^{15}N) por espectrometria de massa, conforme a metodologia indicada acima.

Para a determinação do aproveitamento do N proveniente do fertilizante marcado os cálculos foram realizados conforme metodologia descrita por Trivelin et al. (2002), tanto para o cafeeiro quanto para a braquiária:

a) N acumulado no compartimento i (NA_i , kg ha^{-1})

$$\text{NA}_i = \left(\frac{\text{N}_i \times \text{MS}_i}{100} \right) \quad (3)$$

em que: N_i corresponde ao conteúdo de N na parte considerada (%), e MS_i refere-se a massa seca da parte considerada seja vegetal ou solo (MS_i , kg ha^{-1});

b) Percentagem do N nas plantas proveniente do fertilizante marcado (NPPF, %)

$$\text{NPPF} = \left(\frac{A - C}{B - C} \right) \times 100 \quad (4)$$

em que: A corresponde a abundância de ^{15}N (% de átomos) no cafeeiro ou braquiária ou solo nas diferentes partes; B refere-se a abundância ^{15}N (5,07% de átomos) do ^{15}N -fertilizante aplicado ou da biomassa da forrageira adicionada ao cafeeiro; C a abundância natural de ^{15}N (0,368% de átomos).

c) Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF, kg ha^{-1})

$$\text{QNPPF} = \left(\frac{\text{NPPF} \times \text{NA}}{100} \right) \quad (5)$$

em que: NA corresponde ao acúmulo de N no cafeeiro ou braquiária (kg ha^{-1})

d) Recuperação pela planta do nitrogênio do fertilizante (R, %)

$$\text{R} = \left(\frac{\text{QNPPF}}{\text{NAF}} \right) \times 100 \quad (6)$$

em que: NAF corresponde a dose de N marcado aplicado no cafeeiro e na braquiária (75 e 150 kg ha^{-1} de N).

A competição pelo N do fertilizante entre o cafeeiro e a braquiária também foi avaliada nos tratamentos com adição de biomassa, em uma área distante da área experimental. Em uma parcela de braquiária cultivada com N não marcado e o cafeeiro adjacente fertilizado com ^{15}N , podia se determinar a competição por parte da forrageira. Em outra parcela de braquiária cultivada com N marcado e o cafeeiro adjacente fertilizado com N não marcado, determinava-se a competição da parte do café, pois o enriquecimento isotópico dessa planta provinha da fertilização feita na forrageira. A competição líquida foi obtida pela diferença entre a quantidade encontrada na braquiária subtraída daquela obtida no cafeeiro (quantidade que a forrageira absorveu da planta menos a quantidade que o cafeeiro absorveu da braquiária). Os dados foram apresentados em kg por hectare e em percentagem.

Os cálculos de nitrogênio que permaneceu no solo sob o cafeeiro e a braquiária, proveniente do fertilizante marcado, também foram realizados de acordo com os procedimentos descritos acima, para determinação do N proveniente do fertilizante marcado nas plantas. No entanto, ao invés de considerar o conteúdo de N e a abundância de ^{15}N nas diferentes partes das plantas considerou-se o teor de N e a abundância de ^{15}N nas diferentes profundidades do solo.

No cálculo final da quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (QNPPF) e de sua recuperação (R) pelo cafeeiro ou pela braquiária levou-se em consideração o fato de que somente o amônio foi isotopicamente marcado, portanto foram consideradas as doses de 75 e 150 kg ha⁻¹ de ¹⁵NH₄. E para a quantidade de N na braquiária proveniente do fertilizante e da recuperação pela forrageira do ¹⁵N considerou-se a extração e exportação de N em cada ceifa, portanto, foi feito o somatório das QNPPF à medida que os cortes foram realizados. Para o cálculo final da quantidade de N presente no cafeeiro, proveniente da decomposição da biomassa da braquiária e da sua recuperação ou porcentagem (%) do N do fertilizante marcado, calculou-se a média ponderada da abundância isotópica da forrageira, já que foi adicionado resíduo sobre resíduo.

As amostragens do solo foram realizadas na projeção da copa a meia distância do cafeeiro no final do experimento; e da área da braquiária a amostragem foi feita no centro da parcela, logo após a última ceifa, ambas nas seguintes profundidades de 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8 m. As amostras foram submetidas à análise de N-total e abundância de ¹⁵N (% átomos de ¹⁵N) por espectrometria de massa. Para as amostras de solo foram utilizados os mesmos cálculos descritos para as amostras vegetais. Assumiu-se que o N presente na profundidade entre 0,6 a 0,8 m era passível de perda por lixiviação e, assim, a quantidade de ¹⁵N determinado nesta camada foi considerada como perda por esse processo.

Os dados médios de temperatura e precipitação estão apresentados na figura 2.

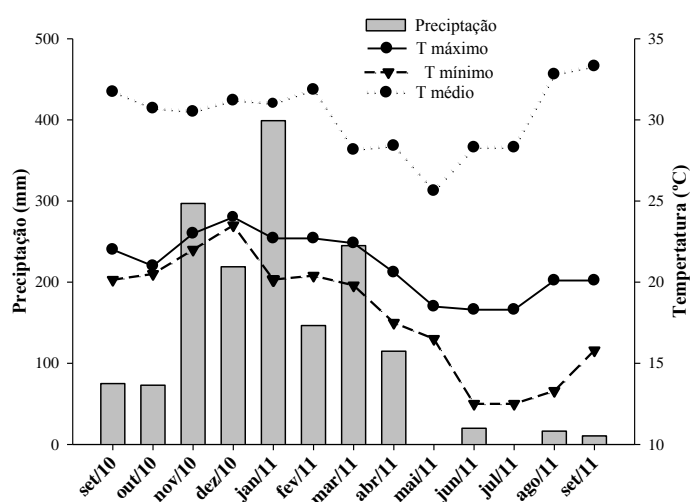


Figura 2 - Média de temperatura e precipitação obtidas, no período de condução do experimento de setembro de 2010 a setembro de 2011, em Altinópolis, SP

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, composto por três tratamentos (300 kg ha⁻¹ de N no cafeeiro; 150 e 300 kg ha⁻¹ de N na braquiária) e quatro repetições, em que os resultados foram apresentados por meio da média e desvio padrão.

3.3 Resultados e Discussão

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados o balanço de ^{15}N nos diferentes tratamentos. A quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (QNPPF, kg ha^{-1}) e sua recuperação (R%) pela forrageira são apresentadas, mas não foram consideradas nos cálculos por estar embutido no balanço do cafeeiro que receberam aporte de resíduo, uma vez que estes resíduos foram colocados sob a copa dos cafeeiros para a decomposição. *Os valores de aproveitamento de N (QNPPF, kg ha^{-1}) referem-se à aplicação de 150 kg ha^{-1} de N enriquecido isotopicamente, pois somente a fonte amoniacal foi marcada. Portanto, para estimar o equivalente a dose efetivamente aplicada (300 kg ha^{-1} de N) os valores de QNPPF (kg ha^{-1}) devem ser multiplicados por 2.*

Tabela 1 – Quantidade de N proveniente do fertilizante marcado (QNPPF, kg ha^{-1}) na braquiária e no cafeeiro, fertilizados com 150 e 300 kg ha^{-1} de $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ e no solo e em diferentes profundidades, no final do experimento.

COMPARTIMENTOS	QNPPF (kg ha^{-1})			
	CAFEEIRO COM BRAQUIÁRIA			CAFEEIRO SEM BRAQUIÁRIA
	75 BQ ¹	75 CF ²	150 BQ ¹	150 CF ²
----- $\text{kg ha}^{-1} \text{ }^{15}\text{N}$ -----				
Folhas do cafeeiro	1,82 ±0,32	11,25 ±0,78	5,14 ±0,32	15,57 ±0,98
Ramos do cafeeiro	0,72 ±0,45	5,44 ±0,75	2,32 ±1,51	9,40 ±1,15
Caule do cafeeiro	0,56 ±0,36	3,09 ±0,50	2,67 ±1,44	5,20 ±0,55
Grãos do cafeeiro	0,64 ±0,29	6,69 ±1,65	1,40 ±0,97	6,54 ±1,73
Casca dos frutos	1,60 ±0,40	4,35 ±0,73	1,41 ±1,55	8,07 ±0,59
Raízes do cafeeiro	6,12 ±0,46	9,16 ±0,29	8,52 ±0,90	13,15 ±0,54
Subtotal cafeeiro	11,46	39,98	21,46	57,94
Solo (0-0,2 m)	13,90 ±2,34	12,32 ±0,36	25,11 ±1,92	35,34 ±5,16
Solo (0,2-0,4 m)	8,42 ±1,38	9,02 ±0,35	15,36 ±1,80	22,07 ±3,39
Solo (0,4-0,6 m)	3,25 ±1,75	5,33 ±0,48	5,88 ±1,07	16,08 ±2,47
Solo (0,6-0,8 m) - lixiviação	0,86 ±0,54	2,55 ±0,38	1,53 ±0,87	9,07 ±2,08
Subtotal solo cafeeiro	26,43	29,22	47,88	82,56
Parte aérea braquiária ³	50,54 ±2,88		115,43±15,76	
Raízes braquiária	5,36 ±0,25	-	10,99 ±0,15	
Solo braquiária (0-0,2 m)	8,55 ±1,45	-	9,32 ±0,97	-
Solo braquiária (0,2-0,4 m)	4,88 ±1,52	-	6,98 ±0,73	-
Solo braquiária (0,4-0,6 m)	1,77 ±0,32	-	3,27 ±0,50	-
Solo braquiária (0,6-0,8 m)	0,46 ±0,34	-	1,61 ±0,42	-
Subtotal solo braquiária	15,66	-	21,16	-
Braquiária absorve do cafeeiro	1,69 ±0,64	1,69 ±0,64	1,61 ±0,39	-
Cafeeiro absorve da braquiária	0,78 ±0,24	0,78 ±0,24	1,27 ±0,52	-
Resíduo braquiária	9,74 ±1,57	0,48 ±0,43	37,72 ±1,81	-
Outros ⁴	3,88	2,85	7,91	9,50
Total	75,00	75,00	150,00	150,00

¹ BQ - braquiária enriquecida com ^{15}N ; ² CF - cafeeiro enriquecido com ^{15}N ; ³ Valores não considerados no balanço, por se tratar do material em decomposição sob a copa do cafeeiro; ⁴ valores não determinados

O compartimento “outros” das tabelas 1 e 2 representa os valores que não foram determinados como perdas, seja pela lixiviação de N para camadas abaixo de 0,8 m de profundidade, pelo escoamento superficial de N, a volatilização da parte aérea, a desnitrificação, e pela queda de folhas, parte de ramos, frutos e possíveis erros nas medidas.

Tabela 2 – Recuperação do N marcado (R, %) pela braquiária e pelo cafeeiro fertilizados com 150 e 300 kg ha⁻¹ de ¹⁵NH₄NO₃ e no solo em diferentes profundidades, no final do experimento.

COMPARTIMENTOS	R (%)			
	CAFEIEIRO COM BRAQUIÁRIA			CAFEIEIRO SEM BRAQUIÁRIA
	75 BQ ¹	75 CF ²	150 BQ ¹	150 CF ²
----- kg ha ⁻¹ ¹⁵ N -----				
Folhas do cafeeiro	2,42 ±0,42	15,00 ±1,03	3,43 ±0,34	10,38 ±0,66
Ramos do cafeeiro	0,96 ±0,45	7,25 ±0,97	1,55 ±0,24	6,27 ±0,76
Caule do cafeeiro	0,74 ±0,33	4,13 ±0,67	1,78 ±0,29	3,47 ±0,37
Grãos do cafeeiro	0,86 ±0,29	8,93 ±2,20	0,93 ±0,56	4,36 ±1,15
Casca dos frutos	2,14 ±0,40	5,80 ±0,97	0,94 ±0,33	5,38 ±0,39
Raízes do cafeeiro	8,16 ±0,62	12,21 ±0,25	5,68 ±0,26	8,77 ±0,36
Subtotal cafeeiro	15,28	53,31	14,31	38,63
Solo 0-0,2 m	18,53 ±3,12	16,42 ±0,48	16,74 ±1,28	23,56 ±3,44
Solo 0,2-0,4 m	11,23 ±1,84	12,03 ±0,47	10,24 ±1,20	14,72 ±2,26
Solo 0,4-0,6 m	4,33 ±2,33	7,11 ±0,64	3,92 ±0,71	10,71 ±1,65
Solo 0,6-0,8 m - lixiviação	1,15 ±0,72	3,40 ±0,51	1,02 ±0,58	6,05 ±1,39
Subtotal solo cafeeiro	35,24	38,96	31,92	55,04
Parte aérea braquiária ³	67,39 ±3,84	-	76,95 ±10,5	-
Raízes braquiária	7,15 ±0,26	-	7,33 ±0,15	-
Solo braquiária 0-0,2 m	11,40 ±0,96	-	6,21 ±0,32	-
Solo braquiária 0,2-0,4 m	6,50 ±0,97	-	4,65 ±0,44	-
Solo braquiária 0,4-0,6 m	2,36 ±0,21	-	2,18 ±0,37	-
Solo braquiária 0,6-0,8 m	0,61 ±0,23	-	1,07 ±0,24	-
Subtotal solo braquiária	20,88	-	14,11	-
Braquiária absorveu do cafeeiro	2,26 ±0,85	2,26 ±0,85	1,08 ±0,26	-
Cafeeiro absorveu da braquiária	1,04 ±0,16	1,04 ±0,16	0,84 ±0,34	-
Resíduo braquiária	12,98 ±2,09	0,64 ±0,35	25,14 ±1,24	-
Outros ⁴	5,17	3,79	5,27	6,33
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

¹ BQ - braquiária enriquecida com ¹⁵N; ² CF – cafeeiro enriquecido com ¹⁵N; ³ valores não considerados no balanço, por se tratar do material em decomposição sob a copa do cafeeiro; ⁴ valores não determinados

A parte aérea da forrageira fertilizada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N apresentou QNPPF superior (50,54 e 115,43 kg ha⁻¹ de ¹⁵N) a parte aérea do cafeeiro fertilizado com 300 kg ha⁻¹ de N, sem adição de resíduo (44,79 kg ha⁻¹) (Tabela1). Essa observação atribui-se ao maior crescimento e produção de massa seca da parte aérea da braquiária (13,2 e 14,6 t ha⁻¹) do que a parte aérea do café (10,6 t ha⁻¹), constatados na presente pesquisa. A quantidade de N proveniente do fertilizante encontrada na parte aérea da forrageira fertilizada com 300 kg ha⁻¹

de N foi superior em 70,64 kg ha⁻¹ ao observado no cafeeiro que recebeu a mesma dose sem aporte de resíduo, ou seja, a braquiária aproveitou mais o N do que o cafeeiro (Tabela 1). Tal resultado evidencia a grande capacidade de absorção desse nutriente pela forrageira, comparativamente ao cafeeiro.

O cálculo da recuperação do nitrogênio proveniente do fertilizante (R, %) nas folhas da forrageira foi realizado considerando o somatório (ou acumulado) da QNPPF (kg ha⁻¹) da amostra das folhas no momento de cada ceifa com a anterior, pois a parte aérea foi retirada. As gramíneas apresentaram maiores percentagens de recuperação do nitrogênio proveniente do fertilizante (R, %), em relação ao cafeeiro fertilizado com 300 kg ha⁻¹ de N, independentemente da dose de N aplicada na braquiária. A forrageira quando fertilizada com 300 kg ha⁻¹ de N apresentou maior percentagem de recuperação do nitrogênio proveniente do fertilizante (76,95%) (Tabela 2).

As gramíneas possuem crescimento das raízes e da parte aérea pronunciado, o que lhes confere grande produção de biomassa, aproximadamente, 15 t de massa seca por hectare ano, constatado na presente pesquisa. Cerca de 65% do sistema radicular estão presentes nos primeiros 10 cm de profundidade, constituída a maior parte por raízes finas, de elevada capacidade de absorção de nutrientes, desde que na presença de água (BROCH, 2000; FRANSEN; KROON; BERNSEDE, 1998). O crescimento radicular é uma condição necessária para a contínua absorção de nutrientes (MENGEL; KIRKBY, 2001). Portanto, a ceifa da parte aérea da forrageira estimula a renovação radicular e a brotação da parte aérea, com benefício para o aproveitamento dos nutrientes provenientes do solo e/ou fertilizante.

A arquitetura e a morfologia das raízes, principalmente o comprimento e a massa total de raízes estão diretamente relacionados com a capacidade de absorção. No entanto, pequenas quantidades de raízes grossas, menos eficientes na absorção de água e nutrientes, alteram sobremaneira o aproveitamento dos mesmos (CARVALHO, 1999). Este fato justifica em parte o menor aproveitamento do N proveniente do fertilizante, quando aplicado exclusivamente no cafeeiro, sem aporte de biomassa.

Os resultados apresentados na tabela 2 evidenciam que a braquiária quando fertilizada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N recuperou 67,39% e 76,95% do fertilizante marcado, respectivamente. A recuperação do N-fertilizante pela forrageira, independente da dose aplicada, foi um pouco superior ao que observaram Ambrosano et al. (1996) e Stevens & Laughlin (1989), os quais obtiveram recuperação de 62,9% e 60,1%, respectivamente.

A recuperação do N do fertilizante marcado pela parte aérea da gramínea foi superior ao cafeeiro, independentemente da dose de N aplicada. Portanto, a braquiária apresentou maior

aproveitamento do fertilizante nitrogenado (^{15}N), o que explica o menor teor de N-fertilizante no solo, bem como a menor lixiviação abaixo de 0,6 m (Tabela 2).

No solo sob o cafeeiro sem aporte de resíduo foram quantificados teores superiores de N proveniente do fertilizante em todas as profundidades, em relação aos valores obtidos sob a gramínea (Tabela 2). No entanto, devemos ressaltar que o N que permaneceu no solo da forrageira representa custo para o cafeicultor, uma vez que este N não estará disponível para o cafeeiro na presente safra, e sim, talvez em safras subseqüentes.

A maior parte do N que permaneceu (recuperado) no solo sob o cafeeiro permaneceu nos primeiros 0,2 m de profundidade (23,56%); o restante estava distribuído em 14,72% na camada de 0,2-0,4 m; 10,71% entre 0,4-0,6 m e 6,05% na camada de 0,6-0,8 m. Assumindo que o N presente nessa profundidade não será aproveitado pela planta, a mesma foi considerada como perda por lixiviação, ou seja, no cafeeiro, aproximadamente, $9,07 \text{ kg ha}^{-1}$ de N lixiviou (6,05%) (Tabelas 1 e 2).

O nitrogênio presente no solo provém da mineralização da matéria orgânica ou da aplicação de adubo nitrogenado. O N da solução do solo não absorvido pelas plantas ou imobilizado pela microbiota pode ser lixiviado, em razão de o nutriente estar, predominantemente, na forma de N-NO_3^- , o que reduz a adsorção pelos colóides do solo, os quais possuem saldo de carga negativa. O N pode ser lixiviado em solo argiloso, quando em alta concentração na solução e sob precipitação de média a grande intensidade percola pelas fissuras ou ao redor dos grânulos do solo, de modo que impossibilita a difusão do íon nitrato para o interior do grânulo (CANTARELLA, 2007).

Na presente pesquisa observou-se que a braquiária absorveu do cafeeiro o equivalente a $1,69$ e $1,61 \text{ kg ha}^{-1}$ de N quando fertilizado com 150 e 300 kg ha^{-1} de N, o que corresponde a 2,26% e 1,08% do total de N marcado que foi aplicado (Tabelas 1 e 2). No entanto, o cafeeiro absorveu da forrageira $0,78$ e $1,27 \text{ kg ha}^{-1}$ de N quando esta recebeu as mesmas doses (150 e 300 kg ha^{-1} de N), ou seja, 1,04% e 0,84% do N aplicado. Portanto, para essas doses de N pode-se considerar que a competição líquida da braquiária com o cafeeiro foi por $0,91$ e $0,34 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (1,21% e 0,23% do total de N enriquecido e aplicado). Essa competição da forrageira com o cafeeiro por N não foi suficiente para prejudicá-lo, em parte, devido à distância de 0,5 m entre as espécies; e, também, em razão da morte parcial das raízes da braquiária, que ocorria após cada ceifa. As plantas podem competir entre si e com outras plantas por luz, água, nutrientes e CO_2 com prejuízo do crescimento e da produção (ZANINE; SANTOS, 2004). O grau de competição depende da densidade e distribuição das plantas, da

espécie e cultivar, da duração do período de convivência, das condições de solo e clima e dos tratos culturais (KUVA et al., 2003).

A recuperação do fertilizante pelo cafeeiro fertilizado com 300 kg ha^{-1} de N, sem aporte de biomassa, foi 38,6%, semelhante ao observado por Reichardt et al. (2009), os quais obtiveram 40,5% no experimento em que a planta recebeu 280 kg ha^{-1} de N. Na presente pesquisa a recuperação pelo cafeeiro foi baixa, explicado pela má distribuição das chuvas nos meses de setembro e outubro de 2010 e pela longa estiagem, de maio a setembro de 2011 (Figura 3, capítulo 2). Para que haja absorção de N é necessária umidade, pois o contato do nutriente com as raízes acontece por fluxo de massa. Essa afirmação pode ser sustentada pela grande quantidade de N presente nos primeiros 0,4 m de profundidade.

Na figura 3 são apresentadas as taxas de crescimento do cafeeiro em altura (TCA, cm dia^{-1}) e comprimento de ramos produtivos (TCR, cm dia^{-1}) ao longo do experimento. As plantas que receberam 300 kg ha^{-1} de N, na ausência de resíduo da braquiária, apresentaram taxas de crescimento superior de setembro de 2010 a março de 2011, com queda brusca após este período. Esse maior crescimento atribuiu-se à disponibilidade de N, pois todo o nutriente foi aplicado exclusivamente no cafeeiro e, provavelmente, à menor competição microbiana pelo N, pois não havia resíduo. Por sua vez, a queda acentuada da taxa de crescimento deve-se a menor disponibilidade hídrica no período de abril a setembro de 2011 (Figura 1).

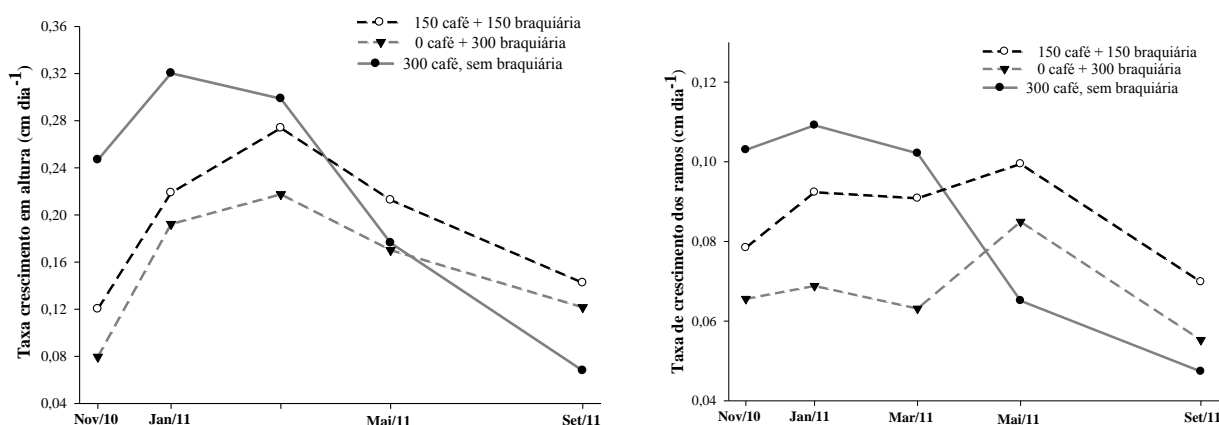


Figura 3 – Taxas de crescimento do cafeeiro em altura (TCA, cm dia^{-1}) e em comprimento dos ramos produtivos (TCR, cm dia^{-1}), ao longo do experimento

As plantas fertilizadas por meio do resíduo vegetal apresentaram menor taxa de crescimento em altura e comprimento de ramos produtivos no mesmo período (setembro/2010 a abril/2011). A TCA e TCR após esse período diminuiu menos acentuadamente do que em relação ao cafeeiro sem o aporte de resíduo da forrageira. Esse resultado explica-se pela conservação da água no solo, pois o resíduo diminui em até 50% a perda por evaporação

(Figura 4, capítulo 2). Houve diferença na TCA e TCR entre os cafeeiros que tiveram o aporte de biomassa, com menor taxa de crescimento nas plantas que receberam todo o N via resíduo. Essa observação atribui-se ao fato de que a disponibilidade do nutriente depende da mineralização pela microbiota, o que acontece menos intensamente nas plantas em que o N foi fornecido parcialmente pelo fertilizante.

Nas tabelas 1 e 2 a braquiária e o cafeeiro fertilizados com 75 kg ha^{-1} de ^{15}N representa a quantidade de N enriquecida que foi aplicada ora no cafeeiro ora na forrageira. O restante do N foi aplicado sem marcação isotópica, de um total de 300 kg ha^{-1} . Portanto, o resultado do cafeeiro fertilizado via resíduo e fertilizante leva em consideração o somatório da QNPPF dessas fontes em cada tratamento, o qual significa $51,44 \text{ kg ha}^{-1}$ de N proveniente do fertilizante, que corresponde à recuperação de 34,29% da aplicação de 150 kg ha^{-1} de ^{15}N . Esses valores são próximos aos observados no cafeeiro que recebeu a mesma dose de N marcado, sem aporte de biomassa. A quantidade de N proveniente da decomposição da forrageira foi $11,46 \text{ kg ha}^{-1}$, o que representa 15,28% de 75 kg ha^{-1} de ^{15}N aplicado. A maior quantidade de N proveniente do fertilizante ($39,98 \text{ kg ha}^{-1}$), ou seja, 53,3% dos 75 kg ha^{-1} de ^{15}N aplicado, observado no cafeeiro que recebeu aporte de biomassa da forrageira (75 CF^2 , Tabelas 1 e 2), deve-se a maior umidade do solo (Figura 2, capítulo 2), preservada pela presença de resíduo. A proteção do solo com resíduo vegetal diminuiu em até 50% da perda de água por evaporação (Tabela 2 e figura 2, capítulo 2), o que, certamente, contribuiu para maior eficiência do insumo.

A produção de 20 t ha^{-1} de biomassa de resíduo vegetal proporcionou elevada ciclagem de N, o que demanda menor quantidade de N para a cultura seguinte, com aumento da eficiência de uso do fertilizante na ausência de aplicação de N (SORATO et al., 2008). O aumento da eficiência de uso dos fertilizantes depende não somente do seu manejo, mas também das alterações no sistema de produção que melhorem os atributos químicos e físico-hídricos do solo de forma duradoura (CRUSCIOL; SORATO, 2010).

No compartimento “solo” os maiores valores de N proveniente do fertilizante enriquecido (QNPPF, kg ha^{-1}) e de recuperação (R, %) foram observados no cafeeiro fertilizado com 300 kg ha^{-1} de N, sem aporte de resíduo ($82,56 \text{ kg ha}^{-1}$ e 55,04%) (Tabelas 1 e 2). Esses altos valores são atribuídos a aplicação exclusiva do N no cafeeiro e também a má distribuição das chuvas de setembro a outubro de 2010 e de maio a setembro de 2011 (Figura 2), em razão do baixo aproveitamento pelo cafeeiro do N aplicado (Tabelas 1 e 2).

O nitrogênio (^{15}N) que permaneceu no solo sob a gramínea e o cafeeiro poderá ser aproveitado em safras subsequentes a sua aplicação. O N em profundidade não está

totalmente perdido, pois ainda pode ser absorvido, mesmo com uma quantidade inferior de raízes, em razão da transpiração ao longo do ano em planta perene (FAVARIN et al., 2010).

Como havia pequena quantidade de raízes abaixo de 0,8 m de profundidade, considerou-se o N presente na camada de 0,6 a 0,8 m como perda por lixiviação. No cafeeiro fertilizado com 300 kg ha⁻¹ de N, sem aporte de resíduo a quantidade de N lixiviada foi 9,07 kg ha⁻¹ de N (6,05% do aplicado), enquanto que no fornecimento exclusivamente via biomassa da forrageira a lixiviação foi igual a 1,53 kg ha⁻¹ (1,02% do aplicado) e pela aplicação parcelada foi 3,41 kg ha⁻¹ (2,27% do aplicado). Este fato evidencia um maior risco potencial de perda de N por lixiviação quando o nutriente foi aplicado na forma mineral no cafeeiro (Tabelas 1 e 2). A perda por lixiviação existe, mas não deve ser motivo de preocupação excessiva, uma vez que a mesma foi pequena, da ordem de 6%.

No cafeeiro em que foi adubado com 280 kg ha⁻¹ de N, Fenilli et al. (2008) constataram uma perda 6,5 kg ha⁻¹ de N (2,32% da dose fornecida) por lixiviação, abaixo de 1 m de profundidade.

A perda por lixiviação não é maior em ambiente tropical, devido à imobilização microbiana. Este fato é comprovado na presente pesquisa, uma vez que 73,49 kg ha⁻¹ de ¹⁵N (48,99% do N aplicado) ficou nos primeiros 0,6 m de profundidade, no solo sob o cafeeiro que recebeu 300 kg ha⁻¹ de N sem adição de resíduo vegetal, dos quais 35,34 kg ha⁻¹ (23,56%) estão nos primeiros 0,2 m, região onde há maior atividade microbiana. A imobilização do N é significativa e difícil de ser equacionada, razão pela qual o solo constitui o maior reservatório desse nutriente.

Do fertilizante nitrogenado aplicado no solo apenas uma parte é absorvida pelas plantas, em razão das transformações do N no solo, estando à outra parte sujeita as perdas por lixiviação, escoamento superficial, desnitrificação, volatilização da amônia e pela imobilização via microbiota (ALVA et al., 2006; SILVA et al., 2006).

Nos cafeeiro que receberam N por meio de resíduo, os maiores valores de QNPPF e R do solo são observados no cafeeiro em que 50% da dose de N aplicou-se na planta e 50% na forrageira, cujo resíduo foi depositado sob a copa do café depois de cada corte, para decomposição (Tabelas 1 e 2). A dose de N aplicada via fertilizante explica esses maiores valores. Além disso, o cafeeiro fertilizado unicamente via resíduo apresentou crescimento semelhante ao cafeeiro fertilizado via adubo (50%) e por resíduos da forrageira adubada com outros 50% da dose de N, portanto, sua única fonte de N era aquele presente no solo e o que veio da decomposição do resíduo (Tabelas 1 e 2).

A perda de N no solo é muito variável, uma vez que depende da quantidade de N adicionada, da capacidade de absorção da cultura, da atividade microbiana e do volume de água drenada, fatores estes afetados pela capacidade de troca aniônica, pH, textura, agregação, matéria orgânica e precipitação (REICHARDT; TIM, 2004). Em solo argiloso, como da presente pesquisa, a capacidade de retenção de água e de N é superior, porque reduz a percolação de água pelo perfil e com isso diminui o arraste de N para as camadas inferiores do solo (BORTOLINI, 2000).

3.4 Conclusões

A forrageira recupera mais N (84,28% do aplicado ou 126,42 kg ha⁻¹) do que o cafeeiro (38,63% ou 57,94 kg ha⁻¹ de N), com a aplicação da mesma dose de N em ambas as plantas.

O cafeeiro recupera 38,63% do N do fertilizante, quando todo o N é fornecido à planta; recupera 14,31% do N (21,46 kg ha⁻¹) na aplicação feita somente na forrageira, em que o resíduo fica sob a copa da planta; e recupera 53,3% do N (39,98 kg ha⁻¹) do adubo e outros 15,28% (11,46 kg ha⁻¹) proveniente da decomposição da biomassa, na aplicação da mesma dose de N na cultura e na forrageira.

A taxa de crescimento do cafeeiro (altura e ramos produtivos) no período seco, de março a setembro de 2011, é superior quando a planta e a forrageira recebem a mesma dose de N.

A competição líquida por N entre a braquiária e o café é pequena e varia de 1,22% (0,91 kg ha⁻¹) a 0,24% (0,34 kg ha⁻¹ de N), sem prejuízo ao crescimento e à produtividade do cafeeiro.

A perda de N por lixiviação é maior quando fornece todo o N somente no cafeeiro (6,05% do N aplicado ou 9,07 kg ha⁻¹) em relação à adubação feita apenas na braquiária (1,02% ou 1,53 kg ha⁻¹ de N); e, na aplicação de doses iguais no café e na braquiária, a lixiviação varia de 3,4% do N aplicado (2,55 kg ha⁻¹) sob a copa da planta a 1,15% (0,86 kg ha⁻¹) na área da forrageira, cultivada na entre linha da cultura.

3.5 Referências

ALVA, A.K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; DELGADO, J.A.; MATTOS Jr., D.; SAJWAN, K. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. **Journal of Crop Improvement**, Binghamton, v. 15, n. 2, p. 369-420, 2006.

AMARAL, J.F.T. do; MARTINEZ, H.E.P.; LAVIOLA, B.G.; TOMAZ, M.A.; FERNANDES FILHO, E.I.; CRUZ, C.D. Produtividade e eficiência de uso de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 65-74, jan./abr. 2011.

AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes *Crotalaria juncena* e *Mucuna-preta* com ^{15}N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 219-224, 1997.

AMBROSANO, E.J.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, G.M.B. Aproveitamento do nitrogênio do sulfato de amônio (^{15}N) pelo capim-Colômbia em sucessivos cortes e diferentes épocas de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 277-282, 1996.

BARRIE, A.; PROSSER, S.J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S. (Eds.). **Mass spectrometry of soils**. New York, Marcel Dekker. p. 1-46, 1996.

BORTOLINI, C.G. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia-preta**. 2000. 48 p Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BROCH, D.L. Integração agricultura-pecuária no Centro-Oeste do Brasil. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia, MG. **Plantio direto na integração lavoura-pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, p. 53-60, 2000.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. DE; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. VII, p. 375-470, 2007.

CARVALHO, M.C.S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo**. 1999. 101 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Piracicaba, 1999.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Sistemas de produção e eficiência agrônômica de fertilizantes. In: Prochnow, L.I.; Casarin, V.; Stipp, S.R. (Eds.). **Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes**. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. v. 1, p. 229-275, 2010.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2006. 306 p.

FAVARIN, J.L.; TEZOTTO, T.; NETO, A.P.; PEDROSA, A.W. Gestão para qualidade da adubação do cafeeiro. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. Eds. Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. v. 3, p. 411-467, 2010.

FENILLI, T.A.B.; REICHARDT, K. ; FAVARIN, J.L. ; BACCHI, O.O.S.; SILVA, A.L.; TIMM, L.C.. Fertilizer ¹⁵N balance in a coffee cropping system: a case study in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1459-1469, 2008.

FRANCO, H.C.J.; DAMIN, V.; FRANCO, A.; MORAES, M.F.; TRIVELIN, P.C.O. Perda de nitrogênio pela *Brachiaria decumbens* após a antese: relação com a umidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 96-102, jan-fev, 2008.

FRANSEN, B.; de KROON, H.; BERNSDE, F. Root morphological plasticity and nutrient acquisition by perennial grass species from habitats of different availability. **Oecologia**, Berlin, v. 115, p. 351-358, 1998.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soil**. Academic Press, San Diego, CA. 1995, 495 p.

KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*) **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v.21, n.1, p. 37-44, 2003.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Dordrechth: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ- VENEGAS, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. IV, p. 133-204, 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1999. 399 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim técnico 100** – Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, SP. dez. 1997, 290 p.

REICHARDT, K; SILVA, A.L.; FENILLI, T.A.; TIMM, L.C.; BRUNO, I.P.; VOLPE, C.A. Relação entre a adubação nitrogenada e as condições hídricas do solo para um cafezal de Piracicaba, SP. **Coffee Science**, Lavras, v. 4 n. 1, p. 41-55, jan./jun. 2009.

REICHARDT, K; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

RIZZO, L.T.B. **Indicadores da resiliência do Latossolo Vermelho Escuro cultivado com citrus e eucalipto em Itapetininga – SP: recuperação de um solo degradado pela**

compactação. 2000. 221 p. Tese (Doutorado em Geografia e Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.C.; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio (^{15}N) da crotalária e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006.

SORATO, R.P.; CARVALHO, R.L.T.; PILON, C.; GIORGETTI, A.A.; SOUZA, G.D. Épocas de antecipação do nitrogênio para o feijoeiro no sistema de plantio direto após o milho solteiro ou consorciado com *Brachiaria brizantha*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina: **Resumos...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. CD-ROM.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cap. IX, p. 215-252, 2006.

STEVENS, R.J.; LAUGHLIN, R.J. A microplot study of the fate of ^{15}N -labelled ammonium nitrate and urea applied at two rates to ryegrass in spring. **Fertilizer Research**, Netherlands, v. 20, p. 33-39, 1989.

WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, Calif., US. v. 52, p. 659-688, 2001.

TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W.; GAVA, G.J.C.; SARRIÉS, G.A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 637-646, 2002.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.11, n.1, p. 10-30. 2004.

4 DECOMPOSIÇÃO DA BIOMASSA DA BRAQUIÁRIA COMO FONTE DE NITROGÊNIO NO CONSÓRCIO COM O CAFEIEIRO

Resumo

O manejo das plantas de cobertura com a finalidade de aproveitar eficientemente o nitrogênio (N) contido na biomassa depende da compreensão dos fatores que regulam a decomposição e a mineralização dos resíduos. Não há informações a respeito da decomposição e a mineralização do N presente no resíduo da braquiária ceifada em diferentes épocas e depositada sob a copa do cafeeiro. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a decomposição da biomassa da forrageira fertilizada ou não com nitrogênio. A *Brachiaria brizantha* foi cultivada em canteiros sem o fornecimento de N e com 300 kg ha⁻¹ de N. A ceifa da forrageira foi realizada aos 30, 55 e 85 dias após a adubação. Em cada época recolheu amostras de 100 g de massa fresca, as quais foram acondicionadas em recipientes de nylon e colocadas para decompôr sobre o solo, debaixo da projeção copa do café. A biomassa da braquiária fertilizada com N possui menores relações lignina/N e C/N; e a mineralização do N é mais rápida do que a decomposição da biomassa. A ciclagem do N depende da época de corte, a qual é mais intensa com a ceifa feita entre 30 e 55 dias na braquiária fertilizada e até 30 dias após rebrota, quando não recebe N.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, ciclagem de nutrientes, taxa de decomposição

Decomposition and nitrogen mineralization of *Brachiaria* residues cut in different epochs

Abstract

Proper management of cover crops depends on understanding the factors that regulate the decomposition and mineralization of waste, in order to efficiently utilize nitrogen (N) contained in the biomass. However, there is little information about the decomposition and mineralization of N *Brachiaria*. This research was conducted to evaluate the decomposition of biomass *Brachiaria* deposited under the coffee cup, with or without fertilization with nitrogen. The *Brachiaria brizantha* was grown in beds without providing N and 300 kg ha⁻¹ N. The harvest of forage was performed 30, 55 and 85 days after fertilization and samples of 100 g fresh weight were placed in nylon containers, placed to decompose on the ground, under the coffee canopy. The biomass signalgrass fertilized with lower lignin has N / N and C

/ N, and N mineralization is faster than the decomposition of biomass. The cycling of N depends on the mowing season, which is more intense with the harvest made between 30 and 55 days in *Brachiaria* and fertilized within 30 days of regrowth, when it receives N.

Key words: *Brachiaria brizantha*, nutrient cycling, decomposition rates, half life

4.1 Introdução

No consórcio entre o cafeeiro e a braquiária a deposição da biomassa da forrageira sob a copa da planta serve como fonte de nitrogênio (N). A presença do resíduo sobre o solo, durante a decomposição, diminui a perda de água por evaporação, mantendo o solo úmido e a transpiração por mais tempo. A ciclagem de N do resíduo da forrageira consorciada na entrelinha do cafeeiro possibilita o acesso ao N absorvido do solo em zona fora da área de concentração das raízes de café.

O N é um dos nutrientes que limita a produção cafeeira, devido à sua importância na formação da clorofila, de proteínas e da rubisco, enzima responsável pela assimilação do carbono. No solo, mais de 90% do N encontra-se na forma orgânica, presente em diferentes moléculas, com vários graus de recalcitrância ou como parte de organismos vivos, liberado durante a mineralização como N inorgânico (NO_3^- e NH_4^+). Esse processo é uma das principais fontes de N das culturas (CANTARELLA, 2007).

A energia presente no carbono oxidável dos diferentes compostos, como celulose, hemicelulose, lipídios e proteínas entre outros é usada pelos microrganismos (KOGEL-KNABNER, 2002) durante a decomposição, dos quais são liberados os nutrientes contidos na biomassa vegetal, entre os quais, o nitrogênio.

O N ligado à matéria orgânica do solo passa por diversas reações mediadas por microrganismos, as quais dependem da umidade, temperatura, aeração e do pH do solo. A taxa de decomposição do resíduo e a liberação do N dependem da relação C/N, do teor de lignina e da relação lignina/N. A lignina confere rigidez à parede celular e resistência a ação microbiana sobre os tecidos vegetais, dificultando a sua decomposição.

Uma parte do N presente no fertilizante, após sua aplicação no solo, é recuperada pela planta, enquanto outra parte ainda permanece no solo, na forma mineral, imobilizada ou perde-se por volatilização e lixiviação, embora esta última não seja acentuada, pois é inferior a 5 % (FENILLI et al., 2008).

A relação C/N do resíduo indica se a degradação será mais ou menos competitiva por N. A adição ao solo de resíduo com relação C/N acima daquela de equilíbrio ($\text{C/N} = 27$)

haverá competição dos microrganismos pelo N presente no solo, incorporando-o na sua biomassa. Quando a relação C/N for inferior a de equilíbrio não haverá competição, uma vez que a liberação de N será maior do que a demanda para a decomposição.

Na avaliação da decomposição de materiais vegetais é importante conhecer o tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) do resíduo. Esse parâmetro expressa o tempo necessário para que metade da biomassa do resíduo seja decomposta ou que a metade do N presente no resíduo seja liberada (THOMAS; ASAKAWA, 1993).

O conhecimento do tempo de permanência dos resíduos vegetais e a dinâmica de liberação do N servem para aprimorar o aproveitamento desse nutriente pelo cafeeiro. Na literatura não há informações a respeito da decomposição do resíduo da braquiária cultivada em consórcio com o café, uma prática adotada pelos cafeicultores, ainda pouco conhecida.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a decomposição da biomassa da braquiária fertilizada ou não com nitrogênio, depositada sob a copa do cafeeiro.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Produção Vegetal, ESALQ-USP, em Piracicaba – SP, entre outubro de 2010 a maio de 2011, em uma lavoura de café arábica (cv. Obatã IAC 1669). O solo é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico, latossólico (EMBRAPA, 2006), possui textura argilosa, cujos atributos químicos estão apresentados na tabela 1. O clima da região é do tipo CWa, tropical de altitude, conforme a classificação de Köppen.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandú foi cultivada em canteiros sem N e com a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de N, a qual foi definida com base na demanda do cafeeiro em produção (RAIJ et al., 1997).

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo, na projeção da copa do cafeeiro, onde foi adicionado o resíduo da braquiária para a decomposição

pH	MO	P _{res}	S-SO ₄	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	N
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹
5,2	17	21	17	4,7	37	13	28	0	55	83	66	1,05

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial com dois fatores: (i) doses de nitrogênio (sem N e 300 kg ha⁻¹) e (ii) épocas de ceifa (30, 55 e 85 dias após a adubação, DAA); obtendo-se assim 6 tratamentos (2x3). Os tratamentos foram denominados: braquiária com N, ceifada aos 30 DAA; aos 55 DAA; 85

DAA; e braquiária sem N, ceifada aos 30 DAA; 55 DAA; 85 DAA, todos com quatro repetições. O resíduo da forrageira em decomposição foi coletado em sete épocas (0, 7, 15, 25, 35, 45 e 55 dias após a ceifa da braquiária, DAC). A aplicação do fertilizante foi realizada em 05/10/2010 e 15/10/2010, aos 10 e 20 dias após o início da rebrota.

Para cada época de ceifa (30, 55 e 85 DAA) coletaram-se 100 g de massa fresca de braquiária, as quais foram acondicionadas em recipientes de nylon de 30 cm x 30 cm e malha de 4 mm². Essas sacolas foram colocadas sobre o solo, sob a projeção da copa do cafeeiro para a avaliação da taxa de decomposição. A sacola foi usada para evitar a perda de biomassa, durante o processo. Quando a braquiária foi adubada com nitrogênio, as ceifas aos 30, 55 e 85 DAA corresponderam a uma altura média de 85, 120 e 135 cm, respectivamente. Na ausência de N na forrageira, as ceifas, na mesma época, corresponderam a uma altura média de 70, 110 e 120 cm, nessa ordem. A ceifa realizada aos 85 DAA coincidiu com o florescimento da braquiária.

Em cada ceifa coletaram-se amostras da parte aérea da forrageira. O material foi lavado em água deionizada e submetido à secagem em estufa a 70 °C por 72 horas. Posteriormente, determinou-se a massa seca das amostras e fez-se a moagem em moinho Wiley, com peneira de 20 mesh. O material moído foi submetido à digestão sulfúrica (JACKSON, 1958) e determinou-se a concentração de N-total pelo método analítico semi-micro Kjeldahl (BREMNER, 1965). A lignina, celulose e a hemicelulose foram extraídas de acordo com o método da fibra detergente ácido, e os teores determinados por colorimetria em espectrofotômetro, usando o reagente de Folin-Denis (GOERING; SOEST, 1970). A análise do carbono foi feita via combustão seca pelo método Dumas, em analisador elementar CHNS/O, Série II da PerkinElmer.

Os valores de N e massa seca da braquiária remanescente foram transformados em percentual relativo à massa do resíduo, cuja massa seca e o teor de N, determinados na amostra inicial, foram considerados como 100% no tempo zero.

As taxas de decomposição foram determinadas pela diferença da massa seca dos 100 g de resíduos colocados em sacolas sobre o solo, nas três épocas da ceifa da braquiária (30, 55 e 85 DAA). Nessas amostras foram realizadas as mesmas análises feitas no material coletado no momento do corte da forrageira.

Para cada época de amostragem foi determinada a taxa de decomposição e de liberação de N, com base no modelo matemático exponencial descrito por Thomas & Asakawa (1993):

$$C = C_0 \times e^{-kt} \quad (1)$$

em que: C corresponde a quantidade de massa seca ou nitrogênio remanescente após um período de tempo (t, dias); C_0 equivale a quantidade de massa seca ou de N inicial; k é a constante do modelo matemático $T^{1/2} = \ln 0,5/k$, em que $T^{1/2}$ corresponde ao tempo de meia vida ou tempo necessário para a perda de metade da biomassa vegetal ou que libera metade do N que havia no início. Para a determinação do k e do C_0 , os dados foram transformados em % e submetidos à regressão não linear, pelo método de Gauss-Newton.

Sob o recipiente de nylon, posicionados debaixo da projeção da copa do cafeeiro, onde o material decompõe, foram coletadas amostras de solo a 0,1 m de profundidade. Após a homogeneização do material retirou-se uma subamostra para as análises de N-total e de matéria orgânica, conforme metodologia utilizada pela Embrapa (1997).

Os dados médios de temperatura e precipitação estão apresentados na figura 1.

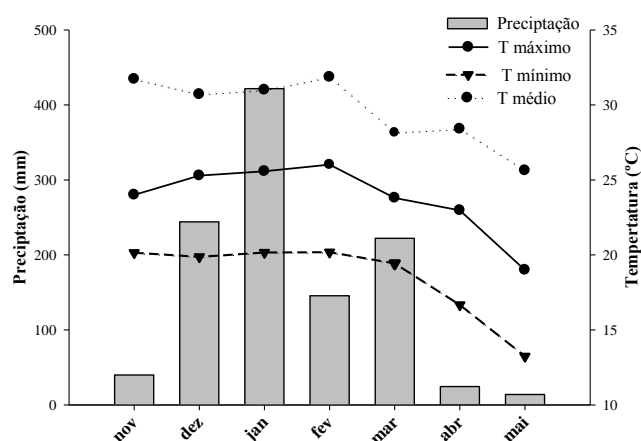


Figura 1 – Média de temperatura e precipitação no período de condução do experimento, de novembro de 2010 a maio de 2011, Piracicaba, SP

Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variâncias e, posteriormente, à análise de variância pelo teste F e Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Statistical Analysis System versão Windows 9.2 (SAS Inst., 2008).

4.3 Resultados e Discussão

De novembro de 2010 a janeiro de 2011 a precipitação média foi 235 mm, superior a 101 mm ocorridos de fevereiro a maio de 2011 (Figura 1). A decomposição dos resíduos ceifados aos 30 e 55 DAA foi favorecida pela maior umidade, do que os resíduos da ceifa feita aos 85 DAA, uma vez que as temperaturas médias nos mesmos períodos não variaram e foram iguais a 25° e 23 °C, respectivamente. A decomposição dos resíduos ceifados foi

influenciada pela concentração de lignina e pelas relações lignina/N (Lig/N) e C/N dos resíduos (Tabela 2).

Tabela 2 – Relações C/N, Lig/N e teores de lignina, celulose e hemicelulose (%), em razão da época da ceifa da braquiária

TRATAMENTOS	C/N	Lig	Cel	Hem	Lig/N	Altura cm
		----- % -----				
Braquiária com N cortada 30 DAA	16,3	3,38 d	28,41 f	32,81 a	1,04 d	85
Braquiária com N cortada 55 DAA	24,7	3,94 c	30,27 e	32,57 ab	1,56 c	120
Braquiária com N cortada 85 DAA	33,6	6,34 a	40,09 a	30,62 cd	4,63 a	135
Braquiária sem N cortada 30 DAA	27,2	2,86 e	33,61 d	31,59 bc	1,51 c	75
Braquiária sem N cortada 55 DAA	37,6	3,74 c	36,47 c	30,93 cd	2,97 b	115
Braquiária sem N cortada 85 DAA	42,6	5,08 b	37,93 b	30,07 d	4,71 a	130
CV %	-	11,95	10,24	13,55	12,35	-

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

Os resíduos da braquiária fertilizada com nitrogênio apresentaram maiores taxas de decomposição da massa seca (MS) aos 30, 55 e 85 DAA, comparativamente aos resíduos que não receberam N, como indicam os valores de $T_{1/2}$ (Tabela 3). A cinética da decomposição dos resíduos da forrageira para as doses de nitrogênio apresentou, aos 30 DAA, maior taxa de decomposição do que aos 55 e 85 DAA, em razão da pouca lignificação dos tecidos da biomassa (Tabelas 2, 3 e Figuras 2, 3).

A taxa de decomposição dos resíduos vegetais foi controlada pelas características qualitativas do material vegetal, como a relação C/N e o teor de lignina, variável com a época de corte da forrageira. A decomposição é um processo dinâmico em que ocorre, simultaneamente, a fragmentação das estruturas, a transformação química e a síntese de compostos. Esse processo é regulado pelos organismos decompositores e varia com a qualidade do resíduo e fatores do ambiente (HEAL, ANDERSON; SWIFT, 1997). Se os fatores ambientais permanecem constantes a decomposição dos tecidos vegetais é depende, principalmente, da relação C/N, do teor de lignina, celulose e hemicelulose (BORTOLUZZI, ELTZ, 2000; ESPINDOLA et al., 2006).

A cinética de decomposição da biomassa da braquiária com ou sem a fertilização N apresentou padrão semelhante, com uma fase inicial rápida, em razão da perda de água; seguida de outra mais lenta (Figuras 2A e 2B), pois tecidos com maior umidade aceleram a mineralização. O resíduo ceifado aos 30 DAA apresentou uma taxa de decomposição superior, em relação àquele ceifado aos 55 e 85 DAA (Figura 2A), devido ao menor teor de

lignina e relação C/N (Tabela 2). A degradação da biomassa ceifada aos 30 DAA foi mais lenta, quando não fertilizada (Figura 1B e Tabela 2).

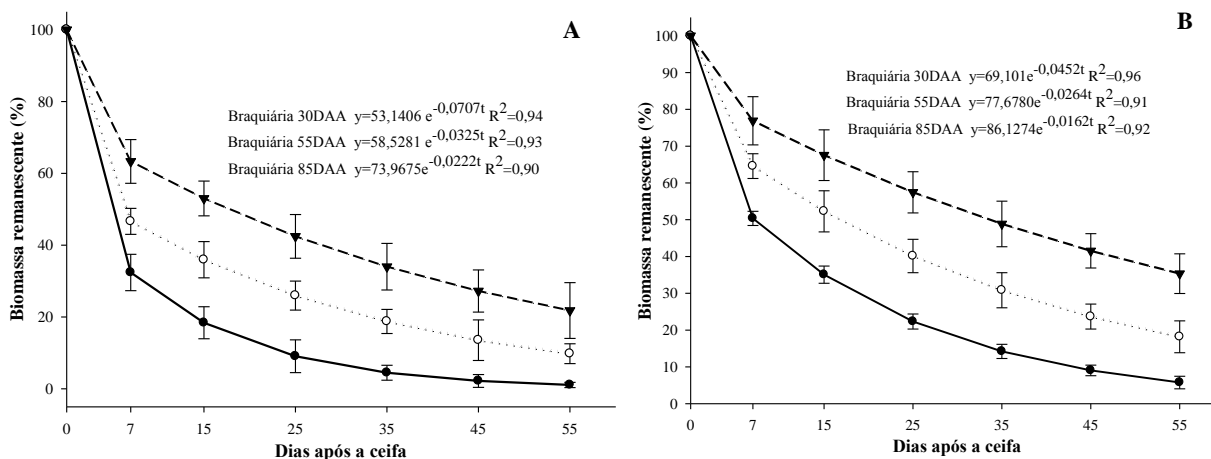


Figura 2 – Cinética da decomposição da biomassa (%) de braquiária fertilizada (A) ou não (B) com N, ceifada aos 30, 55 e 85 dias após a adubação (DAA)

A taxa de decomposição do resíduo fertilizado foi superior, quando ceifada aos 30 DAA. Nos primeiros 10 dias perdeu o equivalente a 47% da massa seca inicial (Figura 2 A), como evidencia a constante de decomposição ($k = 0,0707$; Tabela 3), por se tratar de resíduo mais jovem, com alto teor de água, baixa concentração de lignina, celulose, e menor relação Lig/N e C/N. O tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) obtido por meio da constante de decomposição (k) expressa o tempo necessário para a decomposição de 50% do resíduo ou a liberação de metade do N contido na biomassa. Quanto maior a constante de decomposição (k), menor será o tempo necessário para que metade do resíduo esteja decomposto ($T_{1/2}$), o que implica em menor tempo de permanência do resíduo e, portanto, libera mais rapidamente os nutrientes (THOMAS; ASAKAWA, 1993). A decomposição mais intensa na fase inicial é atribuída à perda de água e pela intensa oxidação química e bioquímica dos constituintes menos resistentes do resíduo como a hemicelulose, com redução significativa da biomassa (PEGADO et al., 2008).

Nas duas doses de nitrogênio verificou-se que aos 30 e 55 dias DAA o tempo médio de decomposição de 50% ($T_{1/2}$) da massa seca ocorreu entre 10 e 26 dias (Tabela 3), quando há maior perda de compostos solúveis, lábeis e de fácil decomposição (LUPWAY et al., 2004). O tempo de meia vida ($T_{1/2}$) do resíduo adubado e ceifado aos 30, 55 e 85 DAA foram, em média, de 10, 21 e 31 dias respectivamente, enquanto o resíduo não fertilizado demorou 15, 26 e 43 dias. Essa diferença de tempo de meia vida, entre os resíduos com e sem N, deve-

se às maiores constantes de decomposição (k) do resíduo adubado (Tabela 3), assim como da concentração foliar de N, com redução da C/N (Tabela 4).

Tabela 3 - Equações de estimativas da decomposição da massa de resíduo e nitrogênio remanescente em função do tempo (t), com as respectivas constantes de decomposição (k), tempo de meia vida ($T^{1/2}$) e valores de R^2 , dos resíduos de braquiária com e sem adubação nitrogenada, ceifados aos 30, 55 e 85 dias após a adubação (DAA)

TRATAMENTOS	Ceifa dias	Equação	k	$T^{1/2}$	R^2
Massa seca remanescente %					
Com N	30	$y = 53,1406 e^{-0,0707t}$	0,0707	10	$R^2 = 0,94$
	55	$y = 58,5281 e^{-0,0325t}$	0,0325	21	$R^2 = 0,93$
	85	$y = 73,9675 e^{-0,0222t}$	0,0222	31	$R^2 = 0,90$
Sem N	30	$y = 69,1011 e^{-0,0452t}$	0,0452	15	$R^2 = 0,96$
	55	$y = 77,6780 e^{-0,0264t}$	0,0264	26	$R^2 = 0,91$
	85	$y = 86,1274 e^{-0,0162t}$	0,0162	43	$R^2 = 0,92$
Nitrogênio remanescente %					
Com N	30	$y = 102,2 e^{-0,0606t}$	0,0606	11	$R^2 = 0,92$
	55	$y = 103,4 e^{-0,0363t}$	0,0363	19	$R^2 = 0,91$
	85	$y = 104,8 e^{-0,0261t}$	0,0261	27	$R^2 = 0,90$
Sem N	30	$y = 101,9 e^{-0,0323t}$	0,0323	21	$R^2 = 0,91$
	55	$y = 101,1 e^{-0,0207t}$	0,0207	33	$R^2 = 0,90$
	85	$y = 103,5 e^{-0,0153t}$	0,0153	45	$R^2 = 0,91$

O resíduo não adubado e ceifado aos 85 DAA apresentou menor taxa de decomposição, como indica a elevada constante de decomposição ($k = 0,0162$; Figura 1 e Tabela 3). Em consequência foi maior o tempo de meia-vida ($T^{1/2}$), demorando 43 dias para decompor 50% da massa seca inicial, com permanência na última coleta aos 55 dias de, aproximadamente, 30% da massa inicial. Nas ceifas aos 30 e 55 DAA a permanência foi da ordem de 5% e 20%, nessa ordem.

O N remanescente da braquiária adubada ou não com N, expresso em percentagem do N inicial, apresentou, como esperado, comportamento semelhante, com duas fases distintas. A primeira onde o N foi liberado mais rápido e outra em que a mesma aconteceu mais lentamente (Figuras 2 e 3). Esta observação corrobora o que havia constatado Medrado et al. (2011), em um estudo sobre a decomposição e liberação de N no milho.

Quanto mais desenvolvida a braquiária mais lenta a mineralização do N em todos os tratamentos, explicado pela composição do resíduo (Tabela 2). O resíduo fertilizado tinha mais lignina, independentemente da época da ceifa, proporcionado pelo maior crescimento da forrageira (Tabela 2). No entanto, a fertilização nitrogenada aumentou a concentração de N no resíduo, que refletiu na diminuição da C/N. Por sua vez, com o aumento da concentração de

hemicelulose explica-se a intensa mineralização do resíduo que recebeu N (Tabelas 2, 3 e Figuras 3A e B).

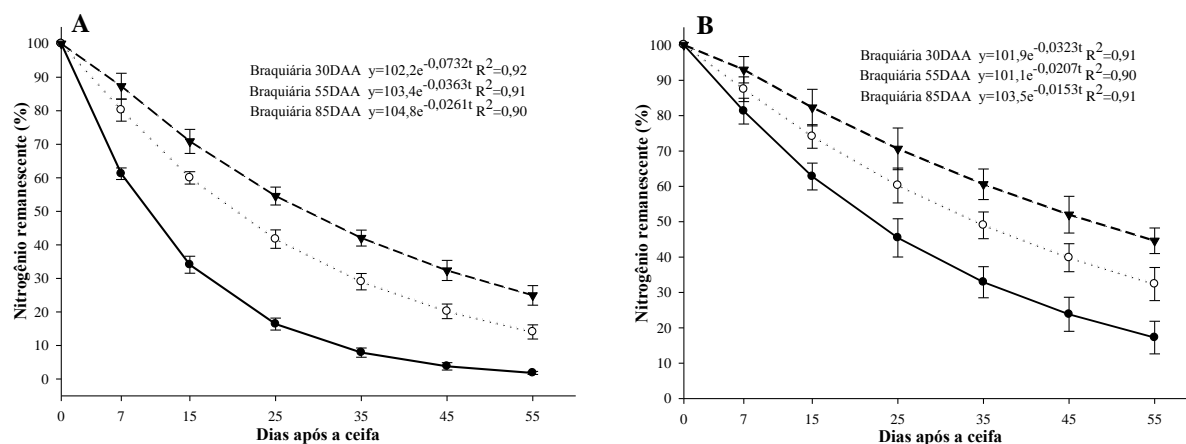


Figura 3 – Cinética de mineralização do nitrogênio (%) dos resíduos de braquiária adubada (A) e não adubada (B) com N, ceifada aos 30, 55 e 85 dias após a adubação (DAA)

A taxa de decomposição dos resíduos de braquiária foi inversamente proporcional ao teor de lignina, como observaram Trinsoutrot et al. (2000), em pesquisa feita para avaliar a qualidade do resíduo em relação à cinética de mineralização do C e N, em ambiente com N limitante.

Os resíduos de braquiária com e sem N ceifados aos 30 DAA apresentaram relação C/N iguais a 16,3 e 27,2; e concentração de lignina igual a 3,38% e 2,86% respectivamente, o que explica a maior taxa de mineralização e da liberação de N. Nos resíduos ceifados aos 85 DAA o teor de lignina foi superior e igual a 6,34% quando recebeu N e 5,08% sem a fertilização nitrogenada, o que pode ter provocado a imobilização parcial do N, com menor disponibilidade do nutriente (Tabela 2). Resíduos com C/N baixa (<20) a mineralização é acentuada, enquanto para C/N entre 20 a 30 há equilíbrio entre imobilização e mineralização (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A lignina confere rigidez à parede celular e resistência a ação microbiana nos tecidos vegetais, daí o maior grau de dificuldade para sua decomposição. A celulose é um carboidrato, que pela degradação libera carbono para o crescimento dos microrganismos. A hemicelulose também é um carboidrato, cuja decomposição é mais rápida e excede a taxa de decomposição da celulose (CARVALHO et al., 2010).

A aplicação de materiais orgânicos com baixa concentração de N e altos de polifenóis (4%) e lignina (15%) causam a imobilização do N no solo (PALM et al., 2001). O resíduo ceifado aos 85 DAA tinha uma concentração de lignina igual a 6,34% quando recebeu N e 5,08% sem N, as quais foram inferiores àquela obtida por Palm et al. (2001). A baixa taxa de

mineralização dos resíduos da presente pesquisa pode ser atribuída ao menor conteúdo de N (13,73 e 10,82 g kg⁻¹ de biomassa; Tabela 4) e alta relação Lig/N (Tabela 2). Substâncias com elevada relação Lig/N imobilizam N no solo, o que não é desejável se a biomassa for usada como fonte de N (OLIVEIRA et al., 2012).

A redução da taxa de decomposição da biomassa ceifada aos 55 DAA, em comparação com a taxa obtida no corte aos 30 DAA, pode ser uma vantagem, pois o N foi mineralizado tão rápido quanto aquela ceifada aos 30 DAA, e ainda restou uma quantidade superior de resíduo, o que ajuda manter a umidade do solo por mais tempo, sem risco da competição dos microrganismos por N prejudicar o café.

A mineralização do N do resíduo de braquiária adubada com N foi mais rápida do que a decomposição da biomassa, em todas as épocas de ceifa, como comprovam os valores de k (Tabela 3). Essa observação corrobora os resultados obtidos por Barrella (2010), em que o N da biomassa de leguminosas foi liberado mais rapidamente do que a degradação do resíduo vegetal. No resíduo de braquiária sem N, a mineralização desse nutriente foi semelhante à decomposição da biomassa, como também observaram Coelho et al. (2006), os quais avaliaram a taxa de mineralização de N das folhas da gliricídia, com tempo de meia vida próximo de 15 dias.

A comparação entre os resíduos adubados e ceifados em diferentes estádios de desenvolvimento evidenciou que a decomposição da biomassa e a mineralização do N foi significativamente superior em resíduo cortado aos 30 DAA, pois este apresentou T_{1/2} igual a 10 dias para decompor 50% da biomassa e T_{1/2} de 11 dias para a mineralização do N. Nas demais ceifas (55 e 85 DAA), os resíduos adubados apresentaram T_{1/2} de 21 e 31 dias para decompor 50% da biomassa e T_{1/2} de 19 e 27 dias para a liberação da mesma quantidade de N, respectivamente (Tabela 3 e Figuras 2 e 3).

Em um experimento de decomposição de diferentes adubos verdes, Barrella (2010) obteve valores de T_{1/2} para a mineralização do N iguais a 13, 12 e 16 dias para o feijão de porco e 13, 14 e 17 dias para a lab-lab, ambos aos 60, 90 e 120 dias após o plantio. Quanto mais velho o material, maior será o tempo necessário para a perda de 50% da biomassa vegetal e para liberar a mesma quantidade de N presente nos resíduos.

A menor taxa de mineralização de N do resíduo da braquiária que não recebeu N, ceifada aos 85 DAA, indica uma possível imobilização desse nutriente (Tabela 3 e Figura 3 B). A decomposição de materiais vegetais não depende apenas dos fatores ambientais, mas também do manejo da planta produtora de biomassa em relação à fertilização e a época de corte (ESPINDOLA et al., 2006). Maior concentração de hemicelulose e baixo teor de lignina

facilitam a decomposição e, conseqüentemente, a ciclagem de nutriente é mais rápida (CARVALHO, 2010). Segundo Crusciol et al. (2007) algumas gramíneas possuem elevada ciclagem de nutrientes, quando manejada antes do florescimento.

A acelerada taxa de decomposição da biomassa e a mineralização do N do resíduo da braquiária adubada com N e cortada aos 30 DAA pode ser explicada pela concentração de N foliar e redução da C/N, como indicam o valor de k (0,0732) e o tempo de meia-vida ($T_{1/2} = 10$ dias) (Tabelas 2, 3 e 4), em resposta ao teor de N no solo (Figura 4).

Tabela 4 – Concentração de N-total (g kg^{-1}) remanescente na braquiária em decomposição, em cada dia de coleta

TRATAMENTOS	N-total braquiária em decomposição (g kg^{-1})						
	0	7	15	25	35	45	55
Braquiária c/ N aos 30 DAA	32,41	24,53	12,80	9,51	6,81	4,58	1,70
Braquiária c/ N aos 55 DAA	25,32	21,24	16,48	8,69	5,82	3,62	2,50
Braquiária c/ N aos 85 DAA	13,73	11,60	9,67	8,06	6,38	4,67	2,07
Braquiária s/ N aos 30 DAA	18,94	15,27	13,06	11,39	6,84	3,67	1,82
Braquiária s/ N aos 55 DAA	12,57	11,06	9,51	7,56	6,13	3,32	1,85
Braquiária s/ N aos 85 DAA	10,82	9,53	8,57	7,64	6,57	5,11	2,64

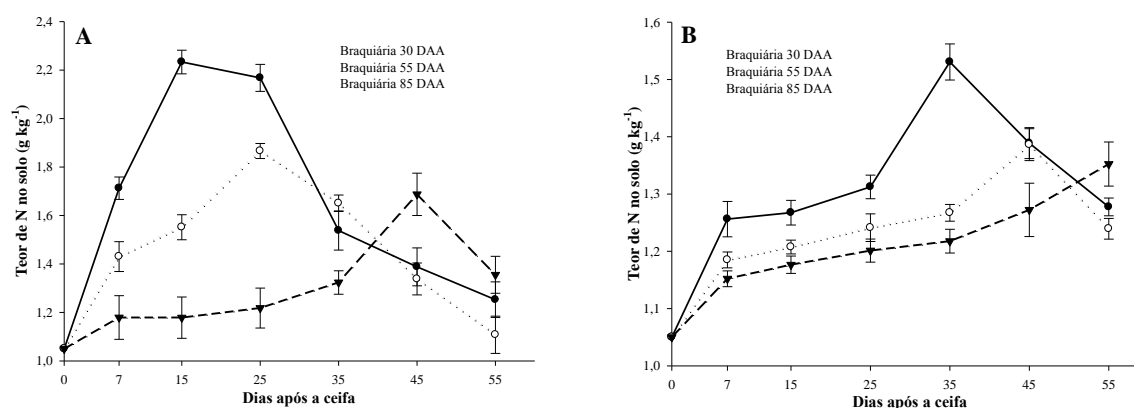


Figura 4 – Teor de N no solo proveniente da liberação do resíduo de braquiária adubada (A) e não adubada (B) com N, cortadas aos 30, 55 e 85 dias após o manejo (DAA)

O resíduo da braquiária adubada e cortada aos 30 DAA aumentou o teor de N no solo aos 15 e 25 dias de decomposição (Figura 4), motivada pela rápida mineralização inicial do N, como resultado da composição do resíduo (Figuras 2 e 3). Resíduos com baixa C/N e alto teor de compostos orgânicos solúveis como a hemicelulose são facilmente decompostos pela microbiota do solo (ZOTARELLI, 2000).

A recalcitrância de alguns compostos orgânicos se deve à estabilidade das moléculas orgânicas no solo. Os grupos aromáticos da lignina possuem maior energia em suas ligações

químicas do que os grupos alifáticos, como a celulose, razão da resistência que a lignina oferece à degradação microbiana (AITA; GIACOMINI, 2007).

A decomposição dos resíduos da forrageira com e sem fertilização N que foi ceifado aos 85 DAA proporcionou um lento aumento do teor de N no solo, com pico máximo aos 45 e 55 dias, após o início da degradação (Figura 4). Essa observação deve-se à imobilização inicial do N pelos microrganismos, devido à alta C/N (42,6) e das altas concentrações de lignina e celulose (Tabela 2). Portanto, a taxa de decomposição deste resíduo foi fortemente influenciada pela disponibilidade de N nativo e da própria forrageira.

No resíduo da forrageira adubada havia maior concentração de N (Tabelas 4 e 5), o que implicou em menor quantidade de biomassa remanescente ao longo da degradação (Tabela 6), comparado ao resíduo de braquiária que não recebeu N, em que a concentração de N foi menor.

Tabela 5 – N-total mineralizado (g kg^{-1}) ao longo do experimento e percentagem de N-mineralizado em relação ao início (t zero)

TRATAMENTOS	N-total mineralizado (g kg^{-1})								
	0	7	15	25	35	45	55	Total	%
Braquiária c/ N aos 30 DAA	32,41	7,88 a	11,73 a	3,29 b	2,70 b	2,23b	2,88 a	30,70 a	95
Braquiária c/ N aos 55 DAA	25,32	4,06 b	4,86 b	7,70 a	2,87 b	2,21b	1,12 d	22,80 b	90
Braquiária c/ N aos 85 DAA	13,73	2,10 d	1,93 cd	1,61 c	1,67 c	1,72c	2,60 ab	11,63 d	85
Braquiária s/ N aos 30 DAA	18,94	3,73 c	2,12 c	1,67 c	4,55 a	3,16 a	1,85 c	17,08 c	90
Braquiária s/ N aos 55 DAA	12,57	1,44 e	1,55 d	1,94 c	1,44 c	2,81 a	1,47 cd	10,65 e	85
Braquiária s/ N aos 85 DAA	10,82	1,27 e	0,96 e	0,93 d	1,07 c	1,47 c	2,47 b	8,16 f	75
CV %	-	13,39	15,65	9,13	11,25	7,43	8,77	10,64	-

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

Tabela 6 – Quantidade de biomassa remanescente (g) da braquiária em decomposição, nas diferentes épocas de coleta

TRATAMENTOS	Biomassa remanescente (g)						
	0	7	15	25	35	45	55
Braquiária c/ N aos 30 DAA	27,75	14,29 e	12,80 e	11,60 c	10,66 c	9,81 c	7,54 d
Braquiária c/ N aos 55 DAA	29,14	20,40 d	19,04 d	17,48 b	16,91 b	15,39 b	14,46 b
Braquiária c/ N aos 85 DAA	42,52	31,44 a	28,89 a	26,58 a	23,64 a	19,89 a	18,29 a
Braquiária s/ N aos 30 DAA	25,67	23,48 c	20,95 c	19,26 b	18,01 b	15,67 b	13,80 b
Braquiária s/ N aos 55 DAA	28,32	27,30 b	26,56 b	25,17 a	22,47 a	15,57 b	11,05 c
Braquiária s/ N aos 85 DAA	39,96	31,24 a	29,40 a	26,49 a	23,93 a	20,29 a	18,28 a
CV %	-	14,71	12,73	14,45	17,05	15,55	15,72

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

A qualidade do material em decomposição é muito importante, pois seu conteúdo de energia e nutrientes pode determinar o grau de palatabilidade aos detritívoros do solo. A degradação da lignina e dos compostos fenólicos produz taninos, menos palatáveis aos decompositores (HEATH; KING, 1964). Esse conhecimento reforça porque os resíduos de braquiária adubada com N apresentaram maiores constantes de decomposição (k) e menores tempo de meia vida ($T_{1/2}$), com aumento das taxas de decomposição da biomassa e liberação de N.

A rápida mineralização do N do resíduo adubado e ceifado aos 30 DAA resultou na permanência de apenas 5% do N inicial no final do experimento, ao passo que nas ceifas realizadas aos 55 e 85 DAA a mineralização foi, aproximadamente, 90% e 85%, nessa ordem. A mineralização mais lenta do N do resíduo não adubado proporcionou a permanência de, aproximadamente, 25% do N inicial, enquanto das ceifas aos 55 e 85 DAA a mineralização foi da ordem de 90% e 85%, respectivamente (Tabela 5).

O resíduo ceifado aos 85 DAA apresentou maior biomassa remanescente, aproximadamente, 18 g, independente de ser ou não adubado, atribuído a menor degradação desses materiais (Tabela 6).

A decomposição da biomassa de braquiária fertilizada com N proporcionou maior teor de N no solo ao longo de todo experimento, bem como maior teor de matéria orgânica (Figura 4 e Tabela 7). Este fato demonstra a importância da adição de biomassa no solo, por constituir uma fonte alternativa de N, que pela mineralização complementa a adubação mineral.

Tabela 7 – Teor de matéria orgânica (g dm^{-3}) nos primeiros 0,1 m de solo, para cada coleta da biomassa em decomposição

TRATAMENTOS	Matéria orgânica (g dm^{-3})						
	7	15	25	35	45	55	Média
Braquiária c/ N aos 30 DAA	24 a	24 a	24 a	21 c	21 b	21 b	23 a
Braquiária c/ N aos 55 DAA	22 b	22 b	22 b	22 b	21 b	21 b	22 a
Braquiária c/ N aos 85 DAA	22 b	20 c	22 b	24 a	23 a	23 a	22 a
Braquiária s/ N aos 30 DAA	20 c	19 d	21 c	21 c	19 c	19 c	20 b
Braquiária s/ N aos 55 DAA	22 b	21 c	21 c	19 d	19 c	19 c	20 b
Braquiária s/ N aos 85 DAA	20 c	20 c	19 d	19 d	19 c	18 c	19 c
CV %	12,61	12,94	13,21	12,88	12,56	13,26	11,37

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

No cafeeiro, o N deve ser fornecido até o fim do estágio de expansão rápida, pois até essa fase há acúmulo de, aproximadamente, 50% dos macronutrientes (LAVIOLLA, 2008).

Com a ceifa da braquiária no estágio fruto chumbinho, no final de outubro, a decomposição e a liberação do N, do resíduo fertilizado e ceifado aos 30 e 55 DAA, ocorre na fase de expansão rápida dos frutos, uma vez que estes apresentaram $T_{1/2}$ de 9 e 19 dias, respectivamente. Desta maneira, a degradação da biomassa da forrageira atenderia parte da demanda de N, caso o mesmo fosse aplicado a lanço no cafeeiro consorciado com braquiária. Assim, o recomendado é que a braquiária fertilizada com N seja ceifada entre 30 a 55 dias após rebrota, que corresponde à altura média de 100 cm; e se não for fertilizada a ceifa deve acontecer até 30 dias após rebrota, com altura média de 80 cm.

4.4 Conclusões

A biomassa da braquiária fertilizada com N possui menores relações lignina/N e C/N; e a mineralização do N é mais rápida do que a decomposição da biomassa.

A ciclagem do N depende da época de corte, a qual é mais intensa com a ceifa feita entre 30 e 55 dias na braquiária fertilizada e até 30 dias após rebrota, quando não recebe N.

4.5 Referências

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, 2007. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, p. 01-41, 2007.
- BARRELLA, T.P. **Manejo de espécies de leguminosas em cafezal sob cultivo orgânico**. 2010. 95 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 1149-1178.
- BORTOLUZZI, E.C.; ELTZ, F.L. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia-preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 449-457, 2000.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. VII, p. 375-470, 2007.
- CARVALHO, A.M. Plantio direto com qualidade no cerrado. 2010. <http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=904> Acessado em 31/08/2012.

CARVALHO, A.M.; DANTAS, R.A.; COELHO, M.C.; LIMA, W.M.; SOUZA, J.P.S.P.; FONSECA, O.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Teores de hemicelulose, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema de plantio direto no Cerrado**. Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa e desenvolvimento/Embrapa. Planaltina, 2010, 15 p.

COELHO, R.A.; SILVA, G.T.A.; RICCI, M.S.F.; RESENDE, A.S. Efeito de leguminosas arbóreas na nutrição nitrogenada do cafeeiro *Coffea canephora* Pierre exFroehn consorciado com bananeira em sistema orgânico de produção. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 21-27. 2006.

CRUSCIOL, C.A.C. Qualidade química do solo. In: DECHEN, S.C.F. (Ed.). **WORKSHOP SOBRE O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO ESTADO DE SÃO PAULO. Anais...** Piracicaba: Fundação AGRISUS/FEALQ. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 103-117. 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos Rio de Janeiro, RJ. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. Documentos, 1. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 2. ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, RJ. 2006. 306 p.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 321-328, 2006.

FENILLI, T.A.B.; REICHARDT, K. ; FAVARIN, J.L. ; BACCHI, O.O.S.; SILVA, A.L.; TIMM, L.C. Fertilizer ¹⁵N balance in a coffee cropping system: a case study in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1459-1469, 2008.

GOERING, H.K.; SOEST, P.J. van. **Forage fiber analysis** Apparatus, reagents, procedures and some applications. Washington, DC: USDA Agricultural Handbook, n. 379. p. 1-20, 1970.

HEAL, O.W.; ANDERSON, F.M.; SWIFT, M.F. Plant litter quality and decomposition: An historical Overview. In: CADISCH, G.; GILLER, K.E. (Eds.). **Driven by nature**, Cambridge, CAB International, p. 3-32, 1997.

HEATH, G.W.; KING, H.G.C. Litter breakdown in deciduous forest soils. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCES. **Anais...** Bucharest, Romania. v. 8, n. 3, p. 979-987, 1964.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1958. 498p.

KOGEL-KNABNER, I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, NY, US. v. 34, n. 2, p. 139-162. 2002.

LUPWAY, N.Z.; CLAYTON, G.W.; O'DONOVAN, J.T.; HARKER, K.N.; TURKINGTON, T.K.; RICE, W.A. Decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. **Journal of Soil Science**, Oxford, Inglaterra, GB. v. 84, p. 403-410, 2004.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D., MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L.D.S. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 19-31, jan./mar. 2008.

MEDRADO, R.D.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; RIOS, E.M.; LANG, C.R.; LOPES, E.C.P. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 97-107, Mar./Apr. 2011.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2006, 729 p.

OLIVEIRA, L.B.; ACCIOLY, A.M.A.; MENEZES, R.S.C.; ALVES, R.N.; BARBOSA, F.S.; SANTOS, C.L.R. Parâmetros indicadores do potencial de mineralização do nitrogênio de compostos orgânicos. **Idesia**, Arica, Chile, CL. v. 30, n 1, p. 65-73, jan/abr, 2012.

PALM, C.A; CATHERINE, N.; GACHENGO, DELVE, R.J; CADISCH, G.: GILLER, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 83, p. 27-42, 2001.

PEGADO, C.M.A.; BARBOSA, L.J.N.; MENDES, J.E.M.F.; SOUTO, P.C; SOUTO, J.S. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava *Phaseolus lunatus* L. na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 218-223, 2008.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim técnico 100** – Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, dez. 1997. 290 p.

SAS Institute Inc. **The SAS System**, release 9.2. SAS Institute Inc., Cary:NC, 2008.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, D.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, Wis., US. v. 64, p. 918-926, 2000.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, NY, v. 25, n.10, p.1351-1361, 1993.

ZOTARELLI, L. **Balço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR**. 2000. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2000.

5. CONCLUSÕES GERAIS

A biomassa da braquiária sob a copa do cafeeiro reduz em 49% a perda de água nos meses secos, com aumento do crescimento da planta entre março e setembro de 2011.

A granação dos frutos e a produtividade do cafeeiro são superiores quando aplica-se 50% da dose do N na planta e os outros 50% na braquiária, cujo resíduo é depositado, a cada corte, sob a copa da planta, para decomposição.

A forrageira recupera mais N (84,28% do aplicado ou 126,42 kg ha⁻¹) do que o cafeeiro (38,63% ou 57,94 kg ha⁻¹ de N), com a aplicação da mesma dose de N em ambas as plantas.

O cafeeiro recupera 38,63% do N do fertilizante, quando todo o N é fornecido à planta; recupera 14,31% do N (21,46 kg ha⁻¹) na aplicação feita somente na forrageira, em que o resíduo fica sob a copa da planta; e recupera 53,3% do N (39,98 kg ha⁻¹) do adubo e outros 15,28% (11,46 kg ha⁻¹) proveniente da decomposição da biomassa, na aplicação da mesma dose de N na cultura e na forrageira.

A taxa de crescimento do cafeeiro (altura e ramos produtivos) no período seco, de março a setembro de 2011, é superior quando a planta e a forrageira recebem a mesma dose de N.

A competição líquida por N entre a braquiária e o café é pequena e varia de 1,22% (0,91 kg ha⁻¹) a 0,24% (0,34 kg ha⁻¹ de N), sem prejuízo ao crescimento e à produtividade do cafeeiro.

A perda de N por lixiviação é maior quando fornece todo o N somente no cafeeiro (6,05% do N aplicado ou 9,07 kg ha⁻¹) em relação à adubação feita apenas na braquiária (1,02% ou 1,53 kg ha⁻¹ de N); e, na aplicação de doses iguais no café e na braquiária, a lixiviação varia de 3,4% do N aplicado (2,55 kg ha⁻¹) sob a copa da planta a 1,15% (0,86 kg ha⁻¹) na área da forrageira, cultivada na entre linha da cultura.

A biomassa da braquiária fertilizada com N possui menores relações lignina/N e C/N; e a mineralização do N é mais rápida do que a decomposição da biomassa.

A ciclagem do N depende da época de corte, a qual é mais intensa com a ceifa feita entre 30 e 55 dias na braquiária fertilizada e até 30 dias após rebrota, quando não recebe N.