



EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTES NITROGENADOS FORMULADOS COM BIOCARVÃO

Thaís Alves de **Carvalho**¹; Aline Peregrina **Puga**²; Adriana Marlene Moreno **Pires**³; Marcos Antônio Vieira **Ligo**⁴; Cristiano Alberto de **Andrade**⁵

Nº 19412

RESUMO - O uso do biocarvão (BC) na formulação de fertilizantes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) ou em aplicação direta no solo pode aumentar a eficiência do uso do nitrogênio (EUN). Estudos mostram o aumento na EUN, maior nas parcelas que receberam NPK e BC em comparação com as parcelas que receberam somente NPK. O objetivo foi avaliar o efeito residual do nitrogênio a partir da massa total (parte aérea e raiz) de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). Foi feito experimento em casa de vegetação, em que foram realizados três cortes consistindo em seis tratamentos: 1) Controle (C); 2) Nitrato de amônio (NA); 3) Ureia (U); 4) Formulado 6 (F6); 5) Formulado 7 (F7) e 6) Formulado 8 (F8) em delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Para avaliação do efeito residual, foram feitas análises de nitrogênio extraído pelas plantas e teor de nitrogênio no solo. Em todos os tratamentos foram verificados potencial de eficiência aumentada, entretanto foi possível constatar maior efeito residual no tratamento F7 em comparação com ureia.

Palavras-chaves: Ureia, fertilidade do solo, aveia preta, eficiência.

¹ Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Processos Químicos, Fatec, Campinas-SP; thaisalvesdecarvalho1995@hotmail.com;

² Bolsista Fapesp: Pós-Doutoranda da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

³ Colaboradora: Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

⁴ Colaborador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

⁵ Orientador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; cristiano.andrade@embrapa.br.



ABSTRACT – *The use of biochar (BC) in the formulation of NPK fertilizers (nitrogen, phosphorus and potassium) or in direct application in the soil can increase the efficiency of nitrogen use (ENU). Studies show the increase in ENU, larger in the plots that had received NPK and BC compared to plots that received only NPK. The objective was to evaluate the residual effect of nitrogen from the total mass (shoot and root) of black oat (Avena strigosa Schreb). A greenhouse experiment was carried out, in which three cuts consisting of six treatments were performed: 1) Control (C); 2) Ammonium nitrate (AN); 3) Urea (U); 4) Formulated 6 (F6); 5) Formulated 7 (F7); and 6) Formulated 8 (F8) in a completely randomized design, with four replications, totaling 24 plots. To evaluate the residual effect, analyzes of nitrogen extracted by plants and nitrogen content in the soil were made. In all treatments were verified potential of increased efficiency, however it was possible to verify a greater residual effect in the treatment F7 in comparison with urea.*

Keywords: Urea, soil fertility, black oat, increased efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A obtenção de boa produção agrícola é fundamentada na disponibilidade de quantidades adequadas de nutrientes às plantas e o nitrogênio (N) é, geralmente, o nutriente requerido em maior quantidade (MALAVOLTA, 1979, CANTARELLA, 2007).

Em função da complexidade da dinâmica do nitrogênio no solo, há diversas vias de perda de N do sistema, o que compromete seu aproveitamento pelas plantas (CLOUGHT; CONDRON, 2010; DELUCA, *et al.* 2006; TAGHIZADEH-TOOSI *et al.*, 2011). Em média, a eficiência de uso do N (EUN) aplicado via fertilizante é de 40%, o que significa que 60% serão perdidos por meio de processos como volatilização, lixiviação, erosão e desnitrificação (SMIL, 2011) e/ou ainda imobilizados na matéria orgânica do solo (GAVA *et al.*, 2001). A eficiência de uso do N pelas plantas pode ser definida como o percentual da razão entre a quantidade de N aplicada via adubação e a quantidade recuperada pela planta em sua biomassa (BALIGAR, *et al.* 2001; TODESCHINI *et al.*, 2016).

O aumento da eficiência de uso do N pelas plantas passa por aprimoramentos nas práticas de manejo, como o ajuste da dose para aplicação e o parcelamento da dose em sincronismo com a demanda da cultura (CANTARELLA, 2007; FERGUSON *et al.*, 2015). Outras alternativas mais relacionadas à tecnologia de fertilizantes também podem ser utilizadas, de forma que, por exemplo,



haja liberação lenta do N na medida em que há aumento da demanda pela cultura, reduzindo os riscos de perda. Tais tecnologias são relativamente de alto custo, o que dificulta sua adoção pelos agricultores.

O processo de pirólise tem potencial para aplicação em diversas situações, como na reciclagem de grande quantidade de resíduos agrícolas e florestais (ABDELHAFEZ *et al.*, 2014), reduzindo a contaminação associada ao descarte inadequado no ambiente. A conversão de resíduos em BC também promove a eliminação de patógenos ativos em dejetos animais e no lodo de esgoto (AHMAD *et al.*, 2014).

O uso de biocarvão (BC) na formulação de fertilizantes ou em aplicação direta no solo pode aumentar a eficiência do uso N (QIAN *et al.*, 2015; STEINER *et al.*, 2008). Biocarvões são produzidos pelo processo de pirólise em ambiente com limitada concentração atmosférica de O₂ (LEHMANN; JOSEPH, 2009; (HE *et al.*, 2016) a partir de uma variedade de fontes de biomassa, desde origem animal e vegetal, até compostos orgânicos sintéticos (borracha sintética, por exemplo) (LEHMANN; JOSEPH, 2009; EUROPEAN BIOCHAR FOUNDATION, 2013; SANTOS *et al.*, 2012).

A produção de biocarvão exclusivamente para a obtenção de fertilizantes de eficiência aumentada, poderia igualmente resultar em custos de aquisição proibitivos por parte do produtor rural. No entanto, o fino de carvão gerado na produção de carvão vegetal para abastecimento do parque siderúrgico nacional poderia ser utilizado para esta finalidade, reduzindo o custo do produto final. Aproximadamente dez milhões de toneladas de carvão vegetal são produzidos por ano (BRASIL, 2018), sendo que 15% desse total são finos de carvão parcialmente reaproveitados no setor siderúrgico.

Fertilizantes a base de biocarvão proporcionaram incrementos de 15 a 30% na produtividade do arroz, com valor de eficiência de uso do N da ordem de 80% (JOSEPH *et al.*, 2013), ou seja, valor bastante superior ao 40% de média mundial (SMIL, 2011).

O efeito do BC no aumento da EUN está, pelo menos parcialmente, relacionado com fenômenos superficiais de carga (QIAN *et al.*, 2015), o que também pode viabilizar o uso direto do BC no campo como condicionador de solo e a obtenção dos benefícios associados a EUN quando se utiliza fontes nitrogenadas convencionais nestas áreas. STEINER *et al.* (2008) verificaram na cultura do sorgo que a EUN foi 18% maior nas parcelas que receberam NPK e BC, comparativamente com as parcelas que receberam somente NPK.

Como a liberação do N nos fertilizantes de eficiência aumentada deve ser mais sincronizada com o desenvolvimento da cultura, pode ser que eventualmente haja maior efeito residual para cultivos posteriores (GUIMARÃES *et al.*, 2017), uma vez que as perdas são reduzidas.



O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito residual de fertilizantes nitrogenados formulados a base de biocarvão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação do efeito residual dos fertilizantes a base de biocarvão foi realizada em condição de casa de vegetação. A obtenção do solo (Latosolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura argilosa (SANTOS; CALDERANO FILHO, 2000) ocorreu a partir de experimento de campo instalado na safra 2017/2018, com a cultura do milho e as seguintes fontes nitrogenadas para adubação de cobertura (80 kg ha^{-1}), além de tratamento controle (sem N): nitrato de amônio; ureia; e três formulados a base de biocarvão (F6, F7 e F8). Os teores totais de N e C nos fertilizantes são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Teores totais de nitrogênio e carbono nos fertilizantes utilizados para adubação de cobertura do milho cultivado a campo na safra 2017/18.

Fertilizante	Sigla	N %	C%
Nitrato de amônio	NA	$29 \pm 0,3$	ALD
Ureia	U	$46 \pm 0,1$	$18 \pm 0,2$
Formulado 6 ⁽¹⁾	F6	$10 \pm 0,1$	$47 \pm 12,9$
Formulado 7 ⁽¹⁾	F7	$14 \pm 0,1$	$41 \pm 10,9$
Formulado 8 ⁽¹⁾	F8	$20 \pm 0,5$	$37 \pm 8,5$

⁽¹⁾ Fertilizantes formulados a base de biocarvão e ureia, além de 22% de bentonita e 5% de farinha pré-gelatinizada de milho. ALD significa abaixo do limite de detecção.

Após a colheita do milho, foram coletadas 10 amostras simples do solo Latossolo Vermelho-Escuro (camada 0 – 15 cm) na faixa de adubação de cobertura de três linhas centrais de cada parcela, de modo a se obter uma amostra composta representativa de cada tratamento. As amostras foram homogeneizadas, secas ao ar e peneiradas (malha 2 mm), para posterior uso no experimento de casa de vegetação para avaliação do efeito residual. Nestas amostras foram determinados os teores de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e amônio + nitrato (N inorgânico = $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) por meio de extração com solução $\text{KCl } 2 \text{ mol L}^{-1}$ e análise por injeção em fluxo (FIA) em equipamento modelo QUIKCHEM 8500 (LACHAT) (HARBRIDGE, 2007a, b).

Foram utilizados vasos de polietileno de 3 L com 2 kg de terra. A adubação de plantio foi aplicada via solução com as seguintes concentrações de nutrientes: 250 mg kg^{-1} de P; 140 mg kg^{-1}

de K; 80 mg kg⁻¹ de Mg; 59 mg kg⁻¹ de S; 161 mg kg⁻¹ de Ca; 2,2 mg kg⁻¹ de Mn; 1,9 mg kg⁻¹ de Cu; 2,0 mg kg⁻¹ de Zn; 0,7 mg kg⁻¹ de B. Como fontes foram utilizados os seguintes reagentes: K₂HPO₄, KCl, CaHPO₄, MgSO₄, ZnSO₄.7H₂O, MnSO₄.H₂O, CuSO₄.5H₂O e H₃BO₃. A adubação de cobertura foi realizada 15 dias após o plantio via solução fornecendo 160 mg kg⁻¹ de P e 127 mg kg⁻¹ de K utilizando K₂HPO₄. Todos os nutrientes, exceto o nitrogênio, foram fornecidos de forma a não limitar o crescimento das plantas.

A planta teste escolhida foi a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) em função das temperaturas médias do período de cultivo (entre junho e agosto de 2018) e da capacidade de rebrota para realização dos cortes (Figura 1).



Figura 1. Vista geral dos vasos no experimento em casa de vegetação para avaliação do efeito residual: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) aos 6 dias (a) e 21 dias após o plantio (b).

Foram semeadas 33 sementes de aveia preta por vaso e a umidade do solo foi mantida a 70% da capacidade de retenção de água por meio de pesagens periódicas e reposição da água.

O experimento teve duração de 83 dias e foram realizados três cortes da parte aérea da aveia preta. O primeiro corte foi realizado aos 34 dias após a semeadura; o segundo ocorreu 29 dias após o primeiro; e o terceiro corte foi realizado 20 dias após o segundo.

Após o terceiro corte, as raízes foram separadas do solo, lavadas para retirar o excesso de solo e encaminhadas para secagem.

Todo o material vegetal foi seco a 50°C em estufa com circulação forçada de ar e as massas anotadas para posterior cálculo do N extraído. Em seguida as amostras da parte aérea e raiz foram moídas (malha de 0,250 mm) e analisadas no analisador elementar CN.

A partir dos resultados de massa seca e teor de N, foi calculado o N extraído pelas plantas.

A análise estatística dos resultados foi por meio de análise de variância (ANOVA) a 95% de probabilidade e comparação de médias pelo teste t ($p < 0,05$). A análise estatística foi feita no software SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 1998).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de N nas formas de amônio, nitrato e amônio + nitrato (N inorgânico) inicial do solo na camada 0 a 15 cm encontram-se na Figura 2.

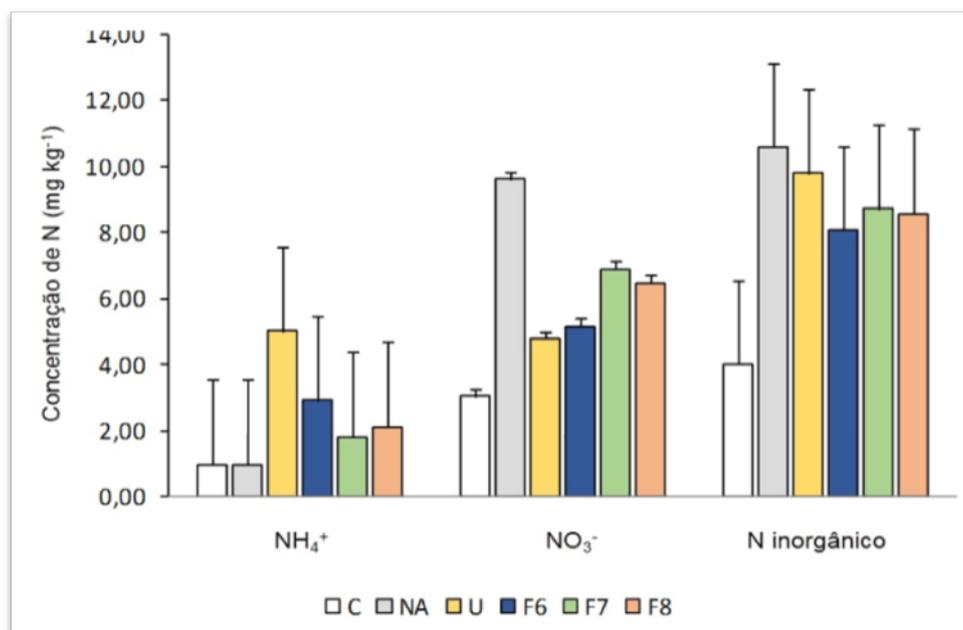


Figura 2. Concentração de nitrogênio no solo na forma de amônio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻) e N inorgânico (NH₄⁺ + NO₃⁻) em função da fertilização nitrogenada com nitrato de amônio (NA); ureia (U); e formulações a base de biocarvão (F6, F7 e F8), além do controle sem fertilização (C). Barras verticais representam a diferença mínima significativa pelo teste t a 5%.

A concentração de NH₄⁺ foi superior no tratamento com ureia, comparativamente aos tratamentos F7, F8, nitrato de amônio e controle. De forma geral, somente a ureia diferiu do controle, o que demonstra que não houve efeito residual das demais fontes nitrogenadas testadas, quando considerado o NH₄⁺ inicial do solo.

O efeito residual ficou melhor evidenciado quando comparados as concentrações de NO₃⁻. Todos os tratamentos, exceto a ureia, apresentaram maior concentração em relação ao controle, sendo que o nitrato de amônio exibiu teores mais elevados, da ordem de 9,61 mg kg⁻¹, seguido pelos formulados F7, F8 e F6, com teores de NO₃⁻ entre 5,18 e 6,91 mg kg⁻¹.

A ausência de NO₃⁻ no tratamento com ureia pode ser explicada pela liberação de óxido nitroso (N₂O) como um subproduto dos processos de nitrificação e desnitrificação através da atividade microbiana do solo (FIGUEIREDO, 2012).

O resultado da análise do N inorgânico, definido como o somatório de NH₄⁺ e NO₃⁻, não revelou diferença entre os fertilizantes testados, somente diferenças em relação ao controle.

O que se percebe a partir dos resultados de N presente no solo, no início do experimento, é que o potencial para fornecimento diferencial de N entre os tratamentos existia.

Avaliando-se a massa seca da parte aérea (Figura 3), o tratamento que proporcionou maior produção de massa foi o F7, que não diferiu do F8, mas diferiram do F6, nitrato de amônio, ureia e controle. O compartimento radicular representou cerca de 15% do total de massa seca produzida pela planta e menores diferenças foram verificadas entre os tratamentos. No entanto todos os tratamentos com fertilizante proporcionaram maior massa seca de raiz em comparação com o controle.

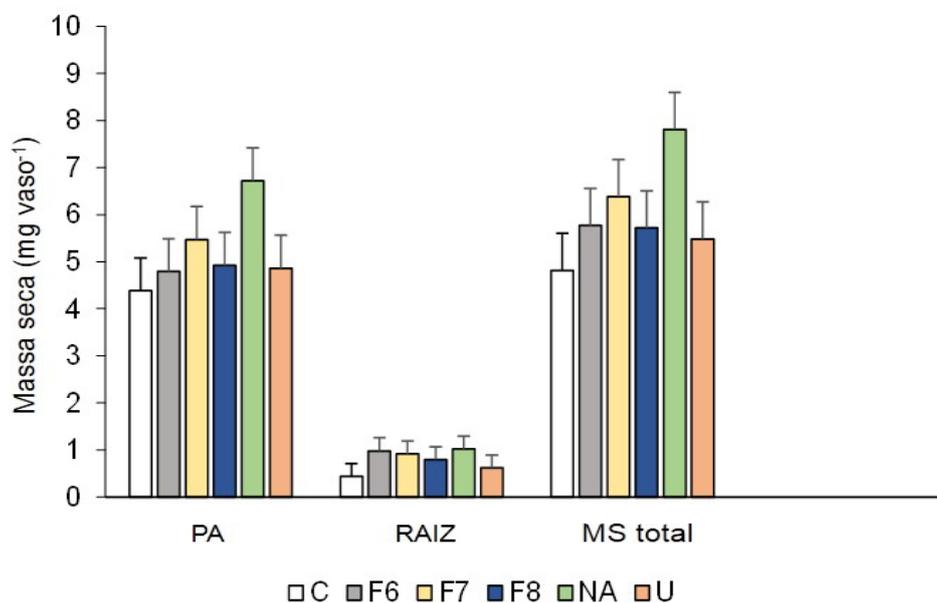
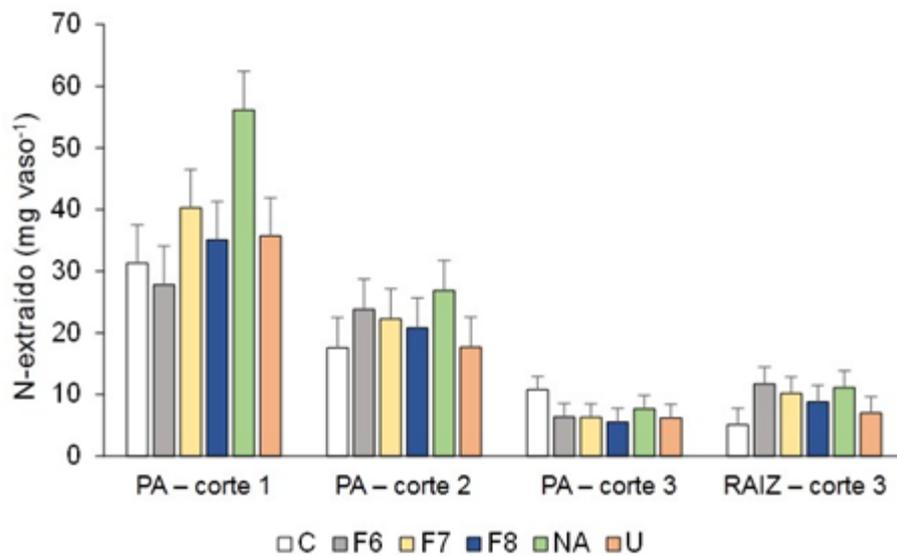


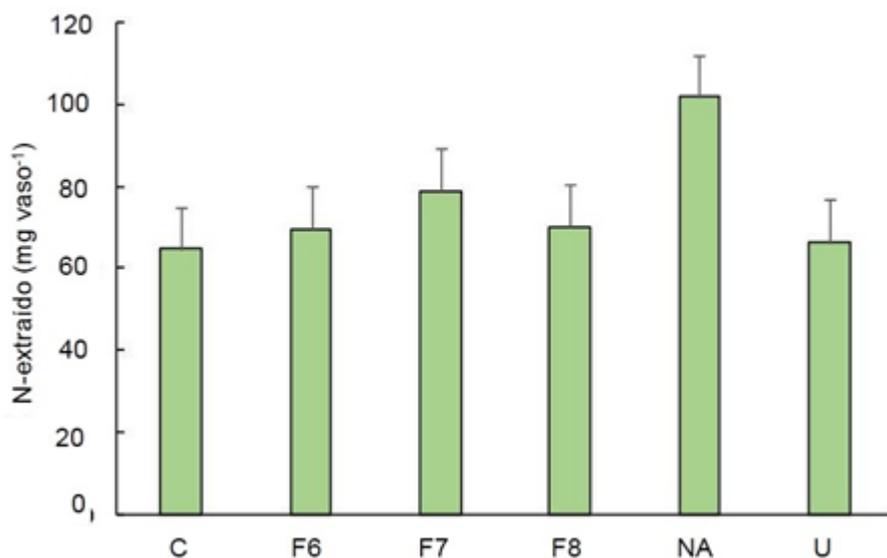
Figura 3. Somatório da massa seca de três cortes das plantas de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) (mg vase^{-1}), considerando os compartimentos parte aérea (PA), raiz e a soma de ambos (MS total), em função da fertilização nitrogenada com nitrato de amônio (NA); ureia (U); e formulações a base de biocarvão (F6, F7 e F8), além do controle sem fertilização (C). Barras verticais representam a diferença mínima significativa pelo teste t a 5%.

Quando somados os valores de massa seca produzida em três cortes da parte aérea da aveia preta e o sistema radicular quantificado ao final de 83 dias de crescimento das plantas, tem-se que a ureia não diferiu do controle em termos de produção e o nitrato de amônio proporcionou a maior massa seca produzida. Os fertilizantes a base de biocarvão ocuparam posição intermediária.

A extração de N pelas plantas em cada corte e considerando os compartimentos parte aérea e raiz é apresentada na Figura 4.



(a)



(b)

Figura 4. Nitrogênio extraído em três cortes de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), considerando separadamente os compartimentos parte aérea e raiz (a) ou a soma desses compartimentos (b) em função da fertilização nitrogenada com nitrato de amônio (NA); ureia (U); e formulações a base de biocarvão (F6, F7 e F8), além do controle sem fertilização (C). Barras verticais representam a diferença mínima significativa pelo teste t a 5%.

O N extraído pelas plantas diminui com a seqüência dos cortes, o que era esperado na avaliação do efeito residual. No primeiro corte da parte aérea as diferenças entre as fontes nitrogenadas são evidentes, sendo que o tratamento nitrato de amônio exibiu maior extração de N do solo. Dentre os demais tratamentos, somente o F7 diferiu do controle nesse primeiro corte da parte.



No segundo corte, novamente o tratamento nitrato de amônio se destacou, seguido pelo formulado F6 e, finalmente, no terceiro corte da parte aérea, a situação se inverteu e o tratamento controle proporcionou maior extração de N. Essa inversão no terceiro corte é coerente na medida em que nos cortes anteriores as plantas exauriram mais o sistema nos tratamentos com fertilização.

Para o sistema radicular a magnitude de N extraído em comparação com o total seguiu o comentado para a massa seca, bem como também o comportamento dos tratamentos.

Com as quantidades totais de N extraído pela planta (Figura 4b) é possível confirmar que somente os tratamentos F7 e nitrato de amônio apresentaram efeito residual.

Poucos são os trabalhos com efeito residual de fertilizantes e um número menor ainda se presta a avaliação fertilizante à base de biocarvão. Por isso, no presente caso torna-se importante contrastar a disponibilização de N a partir de segundo ciclo de cultivo aveia preta em vasos com os valores obtidos a campo no primeiro cultivo (milho). De fato, os formulados F6 e F7 proporcionaram as maiores produtividades e extração de N pelo milho no experimento de campo, o que num primeiro momento poderia significar menor sobra de N para novo cultivo. No entanto, menores perdas de N devem ter ocorrido no campo devido a interações eletrostáticas entre as formas de N e cargas de superfície do biocarvão (QIAN *et al.*, 2015), resultando no efeito residual observado para o F7.

No caso do melhor desempenho do nitrato de amônio no fornecimento de N residual, o fato não é relacionado com liberação gradual do nutriente ou fenômenos de retenção eletrostática diferenciais da ureia, mas sim em função de perdas aproximadamente zero de NH_3 na adubação de cobertura do milho, ao contrário do verificado para as demais fontes⁶.

4 CONCLUSÃO

Houve efeito residual de fornecimento de nitrogênio a partir de formulado a base de biocarvão, inclusive de formulado com bom desempenho no primeiro cultivo, demonstrando o potencial dessa tecnologia na formulação de fertilizantes de eficiência aumentada.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida. À Embrapa Meio Ambiente, pela oportunidade de estágio, e a todos que colaboraram para realização do trabalho.

⁶ Comunicação pessoal da Dra. Aline Peregrina Puga, em 27 de maio de 2019, recebida por correio eletrônico.



6 REFERÊNCIAS

- ABDELHAFEZ, A. A.; LI, J.; ABBAS, M. H. H. Feasibility of biochar manufactured from organic wastes on the stabilization of heavy metals in a metal smelter contaminated soil. **Chemosphere**, Oxford, v. 117, p. 66-71, 2014.
- AHMAD, M. *et al.* Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. **Chemosphere**, Oxford, v. 99, p. 19-33, 2014.
- BALIGAR, V.; FAGERIA, N., HE, Z. Nutrient use efficiency in plants. **Community of Soil Science Plant Analysis**. New York, v. 32, p. 921-950, 2001.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**, 2018. Disponível em: <www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional>._Acesso em: 02 jun, 2019.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. *In*: NOVAIS, R. F. *et al.* (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.
- CLOUGHT, T. J.; CONDRON, L. M. Biochar and the Nitrogen Cycle: Introduction. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 39, n. 4, p. 1218-1223, 2010.
- DeLUCA, T.H. *et al.* Wildfire-produced charcoal directly influences nitrogen cycling in ponderosa pine forests. **Soil Science Society of America Journal**, Madison-WI, v. 70, p. 448-453, 2006.
- EUROPEAN BIOCHAR FOUNDATION. **European biochar certificate guidelines for a sustainable production of biochar**: version 8.2E of 19th April 2019 Arbaz, Switzerland: EBC, 2013. Disponível em: <<http://www.european-biochar.org/en/download>>. Acesso em: 18 jun, 2019.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.
- FIGUEIREDO, E. B. **Balanco de gases de efeito estufa e emissões de CO2 do solo nos sistemas de colheita da cana-de-açúcar manual queimada e mecanizada crua**. 2012. 96 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- GAVA, G. J. C. *et al.* Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p.1347-1354, 2001.
- GUIMARÃES, R. S. *et al.* Efeito residual de biocarvão e pó de serra nos teores de carbono e nitrogênio total em Latossolo Amarelo na Amazônia. **Revista Virtual Química**, Niterói, v. 9, p. 1944-1956, 2017.
- HARBRIDGE, J. **Determination of nitrate in 2 M KCl soil extracts by flow injection analysis**. Loveland, CO: Lachat Instruments, 2007a. 17 p. (QuikChem Method 12-107-04-1-J).
- HARBRIDGE, J. **Determination of ammonia (salicylate) in 2 M KCl soil extracts by flow injection analysis (high throughput)**. Loveland, CO: Lachat Instruments, 2007b. 16 p. (QuikChem Method 12-107-06-2-F).
- JOSEPH, S. *et al.* Shifting paradigms: development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components. **Carbon Management**, London, v.4, p.323-343, 2013.
- LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (ed). **Biochar for environmental management: science and technology**. London: Earthscan, 2009. 416 p.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Ceres, 1979. 292p.



13º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2019

30 e 31 de julho de 2019 – Campinas, São Paulo

ISBN: 978-85-7029-149-3

QIAN, L.; CHEN, M.; CHEN, B. Competitive adsorption of cadmium and aluminum onto fresh and oxidized biochars during aging processes. **Journal of Soil and Sediments**, Berlin, v.15, p.1130-1138, 2015.

SANTOS, F.; TORN, M.S.; BIRD, J.A. Biological degradation of pyrogenic organic matter in temperate forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 51, p. 115-124, 2012.

SANTOS, R. D.; CALDERANO FILHO, B. **Levantamento detalhado dos solos do Campo Experimental da Embrapa Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 37 p.; 1 mapa color. escala 1:5.000. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa; n. 22).

SMIL, V. Nitrogen cycle and world food production. **World Agriculture**, Paris, v. 2, p. 9-12, 2011.

STEINER, C. *et al.* Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central amazonian ferralsol amended with compost and charcoal. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Landau, v. 171, n. 6, p. 893-899, 2008.

TAGHIZADEH-TOOSI, A. *et al.* Biochar incorporation into pasture soil suppresses *in situ* nitrous oxide emissions from ruminant urine patches. **Journal of Environmental Quality**, Madison-WI, v. 40, p. 468-476.

TODESCHINI, M. H. *et al.* Eficiência de uso do nitrogênio em cultivares modernas de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 75, p. 351-361, 2016.