



Efeito do Aumento de Doses Crescentes de Carvão Vegetal nas Propriedades Químicas do Solo

¹ Souza Júnior, J. A. ² Ribeiro, G. A. A. ³ Falcão, N. P. S. ⁴ Villani, F. T.

¹ Bolsista CNPq do PIBIC Jr. – IFAM Manaus Centro – Av. 7 de setembro, 1975. e-mail: joseadalberto.junior@gmail.com ² Prof. Ms. do IFAM Presidente Figueiredo ³ Coordenador do projeto Terra Preta Nova – INPA ⁴ Prof. Dra. IFAM Manaus Centro.

Resumo: A agricultura precisa e deve ser desenvolvida racionalmente a fim de que os seus recursos naturais possam ser conservados e garantidos para as futuras gerações. A necessidade de garantir a sustentabilidade dos solos amazônicos incita esforços para a compreensão e elaboração de técnicas que possam minimizar os efeitos antrópicos sobre os ecossistemas. As substâncias húmicas contidas nesses solos possuem grande influência nos atributos de fertilidade, logo é necessária a realização de análises para quantificá-las e para conhecimento de seus efeitos sobre o solo.

A extração das substâncias húmicas foram definidas operacionalmente em relação às suas solubilidades em meio aquoso em função do pH da solução extratora. Outras análises foram realizadas para avaliação dos teores de macronutrientes do solo com o uso de espectrofotômetro e absorção atômica no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

De acordo com as análises, as frações húmica e ácidos fúlvicos não apresentaram aumento significativo entre os tratamentos, diferentemente da fração ácidos húmicos que obtiveram um aumento significativo entre o tratamento T0 (0 kg de carvão) e T1(400 kg de carvão). Os valores de pH em água não variaram muito ao longo dos tratamentos, assim como teor de potássio. O teor de alumínio decresceu com o aumento das doses de carvão vegetal, o de fósforo apresentou-se maior no tratamento T1 (400 kg de carvão), a quantidade de cálcio foi mais elevada no tratamento T2 (800 kg de carvão) e por fim, os teores de magnésio foram crescentes até o tratamento T2 e a partir daí apresentaram-se constantes.

Palavras-chave: aquecimento global, frações húmicas, propriedades químicas do solo e solos da Amazônia

1. INTRODUÇÃO

Os solos antrópicos da Amazônia conhecidos como Terra Preta de Índio (TPI), Terra Preta Arqueológica (TPA), ou simplesmente Terra Preta (TP) têm chamado a atenção de cientistas como uma solução para a questão da agricultura sustentável em solos pobres e intemperizados que cobrem extensas áreas nos trópicos (Glaser *et al.*, 2004; Madari *et al.*, 2004).

Muitos aspectos da origem desses solos ainda não estão elucidados, tendo como hipótese principal, ter sido formados no período pré-colombiano e abandonados depois da invasão dos europeus durante a colonização. Estes solos geralmente apresentam alta fertilidade, com elevados teores de P, Ca, Mg, Zn, Mn, e com teor elevado de matéria orgânica estável (Kern & Kämpf, 1989).

A coloração escura desses solos deve-se principalmente à presença de material orgânico decomposto, em parte na forma de carvão residual de fogueiras domésticas e da queima da vegetação para uso agrícola do solo. Os elevados teores de carbono orgânico, bem como os de fósforo, cálcio e de magnésio, são resultantes da deposição de cinzas, resíduos de peixes, conchas, caça, dejetos humanos, entre outros compostos orgânicos. Por essa razão, a fertilidade química da Terra Preta é significativamente superior à maioria dos solos amazônicos não perturbados pela atividade humana pré-histórica, geralmente ácidos e pobres em nutrientes (Rodrigues, 1996; Kern & Kämpf, 1989; Woods & McCann, 1999; McCann *et al.*, 2001; Lima *et al.*, 2002).

Comparando com solos não antrópicos, em geral, as Terras Pretas apresentam uma clara tendência de ter maiores teores de carbono orgânico, cálcio e magnésio, pH mais elevado, maior



saturação por bases e menor teor de alumínio trocável, propriedades que são responsáveis pela melhor qualidade das Terras Pretas, em relação à sua fertilidade e potencial produtivo (Madari *et al.*, 2003).

A fertilidade dos solos geralmente é fortemente relacionada às características moleculares da fração alcalino solúvel do carbono orgânico, as substâncias húmicas (SH). Esta fração, ao mesmo tempo é dinâmica, refletindo mudanças no uso do solo, e também é uma das frações responsáveis pela acumulação da matéria orgânica no solo. Em relação à TPI existem poucos estudos sobre a caracterização molecular das substâncias húmicas (Zech *et al.*, 1990; Lima, 2001).

Tais substâncias, geralmente, correspondem aos compostos facilmente degradados por microorganismos, tendo, normalmente, tempo curto de vida nos solos e sedimentos. Por sua vez, as substâncias húmicas são os maiores constituintes da fração orgânica dos solos, sedimentos e águas, ocorrendo praticamente em todos os ambientes terrestres e aquáticos. Surgem da degradação de resíduos de plantas e animais e da atividade sintética de microorganismos (Kononova, 1982).

As substâncias húmicas encontradas nas TPIs apresentam, como característica, elevada aromaticidade, o que lhes conferem alta estabilidade no solo, e ainda alta reatividade em função, sobretudo, de grupos carboxílicos presentes nestas moléculas (Cunha *et al.*, 2007).

As substâncias húmicas participam de muitos processos pedológicos, ambientais e geoquímicos, podendo servir como reservatório de micronutrientes, ajudar a manter a retenção de água, dissolução de minerais, tamponar e contribuir na estruturação dos solos (Cunha, 2005).

A elevada fertilidade e a sustentabilidade desses solos quando cultivados incitam esforços para a compreensão da sua gênese e os mecanismos da sua estabilidade que apresentam grande resiliência mantendo suas boas qualidades químicas (elevada fertilidade e altos teores de matéria orgânica) e físicas mesmo com o uso intensivo. A possibilidade de replicar estas áreas poderá aumentar o tempo de uso das terras e reduzir a pressão de desmatamento sobre áreas de vegetação primária. Uma vez conhecidos os processos e mecanismos de formação das TPIs, esses podem ser utilizados na recuperação de solos degradados, reincorporando áreas abandonadas ao processo produtivo. Dado que os estoques de carbono nas TPIs são significativamente mais elevados que dos solos adjacentes, o conhecimento dos mecanismos que levaram ao aumento dos teores de carbono no solo poderá ter como consequência a introdução de práticas de manejo que reduzam a emissão e promovam o aumento do sequestro de carbono, contribuindo para a redução do carbono na atmosfera (Teixeira & Martins, 2003).

No ciclo do carbono (C), o CO₂ atmosférico é fixado pelas plantas através da fotossíntese, e lentamente é retornado à atmosfera mediante os processos de decomposição da matéria orgânica do solo, realizados pelos microorganismos do solo. Porém, uma parte do C é estabilizada e estocada no solo, constituindo-se numa importante contribuição aos estoques de C e aos ciclos biogeoquímicos globais (Izarraulde *et al.*, 2001; Lal, 2001).

Neste aspecto, deve-se salientar o fato de que mais de 80% dos estoques de carbono orgânico do sistema terrestre estão contidos no solo. Assim, pequenas oscilações nos estoques de carbono do solo podem produzir grandes efeitos no sistema climático global (Fisher *et al.*, 1998).

A matéria orgânica do solo (MOS) tem uma crescente demanda de pesquisa nas avaliações econômicas e ambientais para a adoção de práticas agrícolas modernas. Os estudos têm caminhado para o potencial da MOS no sequestro de carbono, isto é, na capacidade de funcionar como um sumidouro dos gases do efeito estufa, um fenômeno que preocupa todo o planeta (Campos, 2003).

A pesquisa realizada teve como objetivo avaliar os efeitos dos aumentos dos estoques de carbono do solo através da adição de uma fonte estável (carvão vegetal) e especificamente avaliar os efeitos das doses crescentes de carvão vegetal aplicadas na fertilidade química, sobre os macronutrientes e sobre o fracionamento químico (ácidos húmicos, fúlvicos e húmica) da matéria orgânica, todos na camada de 0 a 5 cm do solo.



2. MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área de Estudo

Para a realização das atividades do projeto de pesquisa escolheu-se a área da Estação Experimental de Fruticultura do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), localizada no km 42 da rodovia BR-174, onde experimentos com aplicação de carvão vegetal no solo vêm sendo conduzidos há mais de cinco anos. O solo predominante da área amostral classifica-se como Latossolo Amarelo Distrófico típico. No decorrer dos anos houve três plantios de milho e dois de feijão caupi, além de ter recebido adubação química com Uréia, Superfosfatotriplo e Cloreto de Potássio.

Coleta das Amostras de Solo

O delineamento experimental foi composto por 3 blocos ao acaso, cada um com 16 pontos de amostragem e 4 tratamentos: T0 (0 kg de carvão vegetal), T1 (400 kg de carvão vegetal), T2 (800 kg de carvão vegetal) e T3 (1200 kg de carvão vegetal). Na área selecionada, foram coletadas quarenta e oito amostras compostas. Em cada ponto de amostragem coletou-se cinco amostras simples de solo para formar uma amostra composta, na camada de 0 a 5 cm do solo. As amostras de solos foram então submetidas a uma secagem ao ar, destorroadas e peneiradas em peneiras de malha de 2 mm de diâmetro, assim obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).

Análise Química do Solo

As análises químicas das amostras de solos seguiram a metodologia de Análise Química de Solos, estabelecida pela Embrapa (1997). Foram determinados os valores de pH em H₂O, acidez trocável e os teores dos macronutrientes (P, K, Ca e Mg). As análises de pH foram realizadas em pHmetro com eletrodo de vidro, modelo mPA 210/mPA 210P na proporção de 1:2,5 e agitadas por 45 segundos deixadas em repouso por 40 minutos sendo em seguida realizada leitura. As determinações de fósforo foram realizadas através de extração em duplo-ácido, Mehlich 1, e posterior leitura em espectrofotômetro da marca Milton Roy-Spectronic 301 em comprimento de onda 660 nm. As análises de potássio foram realizadas em extratos de duplo-ácido, Mehlich 1, e posterior leitura em absorção atômica modelo Perkin Elmer 1100 B. As determinações de cálcio e magnésio, foram realizadas em extrator de KCl e feitas as leituras em absorção atômica modelo Perkin Elmer 1100 B. Para a determinação da acidez trocável (Al³⁺), foram realizadas extrações com solução de KCl a 1 N e determinados por titulometria com hidróxido de sódio 0,025 N e retrotitulação com HCl de igual normalidade, usando-se fenolftaleína como indicador.

Fracionamento Químico do Solo

O procedimento para extração e fracionamento quantitativo das substâncias húmicas do solo foram realizados de acordo com a metodologia descrita por Benites *et al.* (2003). O fracionamento químico em estudos da matéria orgânica do solo consiste na extração de substâncias húmicas do solo e posterior obtenção de três principais componentes (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas) baseada em diferenças na solubilidade das substâncias húmicas em soluções ácidas ou alcalinas.

Pesou-se 0,5 g de amostra de solo (TFSA). Transferiu-se para tubo de centrífuga de 50 mL e adicionou-se 20 mL de NaOH 0,1 M. Agitou-se manualmente e deixou-se em repouso por 24 horas. Centrifugou-se a 3000 rpm por 10 minutos. Recolheu-se cuidadosamente o sobrenadante em um recipiente de 50 mL e reservou-se. Adicionou-se mais 20 mL de NaOH 0,1 M a cada amostra e agitou-se manualmente até o desprendimento e ressuspensão do precipitado. Deixou-se em repouso por 1 hora. Centrifugou-se novamente a 3000 rpm por 10 minutos. Recolheu-se o sobrenadante junto ao previamente reservado (pH 13,0). Pesou-se o vidro de relógio para posteriormente calcular a massa de humina pela diferença. Transferiu-se o precipitado para vidro de relógio e levou-se para estufa a 45° C durante 1 hora. Levou-se a humina para o dessecador para esfriar, pesou-se o vidro de relógio juntamente com a humina e anotou-se o resultado. Após ajustado o pH da solução contendo os ácidos



húmicos e fúlvicos para aproximadamente 2,0, transferiu-se para outro tubo de centrífuga, ficando em repouso por 24 horas para total precipitação da fração húmica. Decorrido o tempo, centrifugou-se a 3000 rpm durante 5 minutos. Transferiu-se o sobrenadante que continha a fração ácido fúlvico para balão de 50 mL e aferiu-se seu volume com água destilada. Pesou-se o vidro de relógio para posteriormente calcular a massa de ácido húmico pela diferença. Ao precipitado retido no tubo (fração ácido húmico), transferiu-se para vidro de relógio e levou-se para estufa a 45° C durante 1 hora. . Levou-se o ácido húmico para o dessecador para esfriar, pesou-se o vidro de relógio juntamente com o ácido húmico e anotou-se o resultado. Adicionou-se NaOH 0,1 M sobre o precipitado até a lavagem completa do vidro de relógio e com auxílio de um funil, transferiu-se para balão volumétrico de 50 mL aferindo o volume com água destilada.

Análise Estatística

Os dados da fertilidade e frações húmicas do solo foram submetidos à análise de variância, para verificação dos efeitos das doses crescentes de carvão vegetal adicionados ao solo. As comparações das médias foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para se detectar diferenças entre os tratamentos, utilizando o programa SYSTAT versão 8.0 para Windows.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1: Características dos solos estudados

TRATAMENTOS	pH H ₂ O	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	P
		cmol _c .kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
T0	4,85	0,76	0,46	0,18	0,10	11,14
T1	4,87	0,68	0,66	0,24	0,11	14,75
T2	4,84	0,28	1,40	0,39	0,12	12,18
T3	4,73	0,13	1,17	0,39	0,13	11,66

A tabela 1 demonstra a caracterização química do solo estudado na camada de 0-5 cm. O pH em água apresentou-se estável com as adições de doses crescentes de carvão vegetal, não variando significativamente ao longo dos tratamentos, ficando na faixa de 4,73 a 4,87, apresentando-se baixo de acordo com Moreira *et al.*(2000). Sendo assim, a adição de doses de carvão vegetal no solo em estudo não interferiu na modificação dos valores de pH, apresentando-se ácido e na mesma faixa em todos os tratamentos. O teor de alumínio decresce conforme o aumento das doses crescentes de carvão vegetal, variando de 0,76 a 0,13. Segundo Moreira *et al.* (2000), os valores encontrados para o alumínio estão em um nível que varia de médio a muito baixo. Logo, o tratamento demonstra-se eficiente na diminuição dos níveis de alumínio, já que em excesso pode ser nocivo à planta devido a sua toxicidade.

Dentre os tratamentos, o T2 (800 kg de carvão vegetal) foi o que apresentou maiores níveis de cálcio com 1,40 cmol_c.kg⁻¹, ficando em um nível médio de acordo com Moreira *et al.* (2000), comprovando assim, que nem sempre as maiores quantidades de carvão e cinzas adicionadas indicam um teor de nutrientes maior. Portanto, as análises são essenciais para a verificação da melhor forma de tratamento das áreas em que se deseja reproduzir a Terra Preta de Índio. Em relação ao magnésio, em números absolutos, suas quantidades apresentaram-se em ordem crescente até o tratamento T2 e a partir daí, os níveis tornaram-se constantes, em torno de 0,39 cmol_c.kg⁻¹, apresentando-se em um nível baixo segundo Moreira *et al.* (2000) . Os teores de potássio cresceram à medida que as doses de carvão foram aumentadas. Entretanto, não houve mudanças significativas, aumentando apenas 0,1 cmol_c.kg⁻¹ a cada tratamento, ficando em um nível muito baixo de acordo com Moreira *et al.* (2000). Portanto, essa adição não influenciou nos níveis de potássio do solo em estudo. De acordo com Andrade *et al.* (2003), a adição de matéria orgânica ao solo contribui para o aumento de formas mais lábeis de P, com diminuição da adsorção e conseqüente aumento da disponibilidade de P para as plantas . Nesse estudo,

a dose ideal de carvão seria 400 kg em 25 m², pois nessa faixa há uma disponibilidade de fósforo maior que nos outros tratamentos, com 14,75 mg.kg⁻¹. Esse valor de acordo com Moreira *et al.* (2000), apresentou-se muito alto.

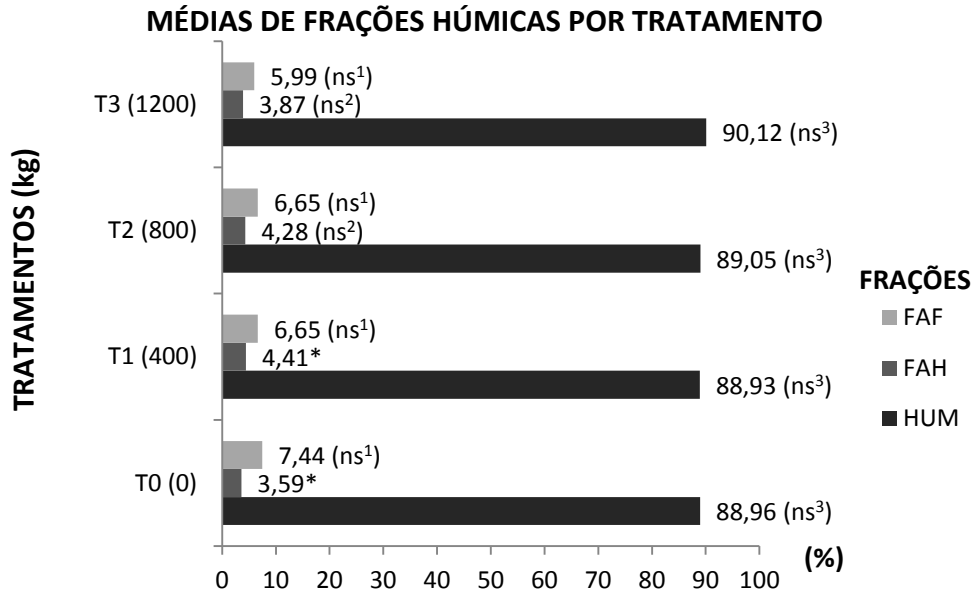


Figura 1: (ns¹): não significativo no nível p = 0,673; (ns²): não significativo no nível p = 0,056; (ns³): não significativo no nível p = 0,722; * : significativo no nível p = 0,056.

Em relação às frações húmicas, a maior fração química da matéria orgânica encontrada na camada de 0-5 cm do solo que recebeu doses crescentes de carvão vegetal foi a fração humina, com valores variando entre 72,18% a 97,24%, com uma média de 89,27%. Segundo Madari (2007), a fração mais abundante das substâncias húmicas em Terras Pretas e solos não antrópicos também é a humina. O desvio padrão das médias foi de 4,16, com um coeficiente de variação de 0,047. Entretanto, de acordo com a Figura 2 não houve diferença significativa entre as frações humina nos tratamentos (p = 0,722).

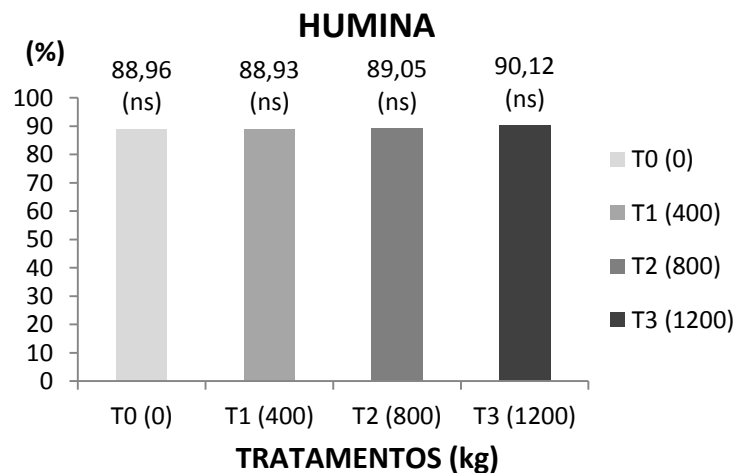


Figura 2: ns: não significativo no nível p = 0,722

Os ácidos húmicos apresentaram valores variando entre 1,78% e 7,52%, com uma média de 4,041%, desvio padrão de 1,171 e coeficiente de variação de 0,290. De acordo com a Figura 3, observa-se uma diferença significativa, a 5% de probabilidade com o teste de Tukey, entre as frações de ácidos húmicos da matéria orgânica do solo nos tratamentos T0 e T1 ($p = 0,056$), indicando que a adição de doses de carvão vegetal interferem nos níveis de ácidos húmicos. De acordo com Souza *et al.* (2003), os ácidos húmicos são as frações de maior importância na fertilidade da Terra Preta. Portanto, a adição de carvão vegetal pode influenciar na fertilidade do solo em estudo, o qual se tenta reproduzir a Terra Preta de Índio.

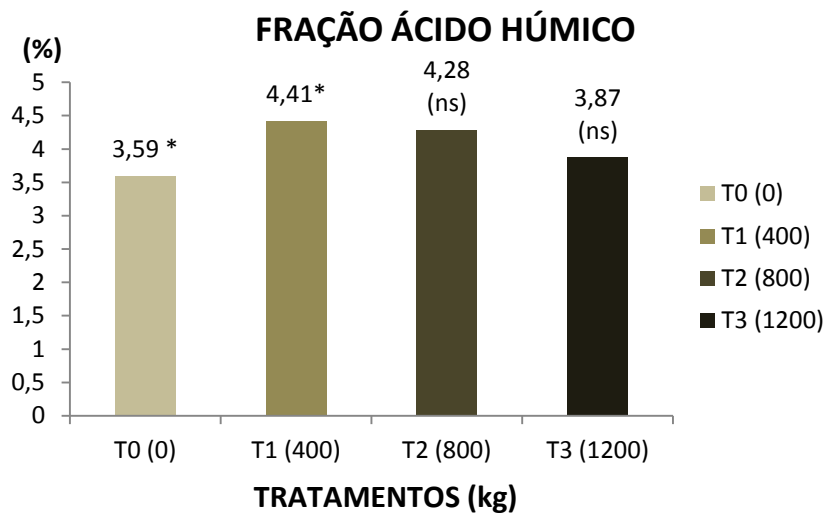


Figura 3: * Significativo no nível $p = 0,056$; ns: não significativo no nível $p = 0,056$

Nas frações de ácidos fúlvicos (Figura 4), houve nos valores uma variação de 0,06% a 23,86%, com uma média de 6,689%, sendo que o desvio padrão foi de 4,025 e o coeficiente de variação de 0,602. De acordo com as análises estatísticas, não houve aumento significativo nas frações de ácidos fúlvicos entre os tratamentos ($p = 0,673$).

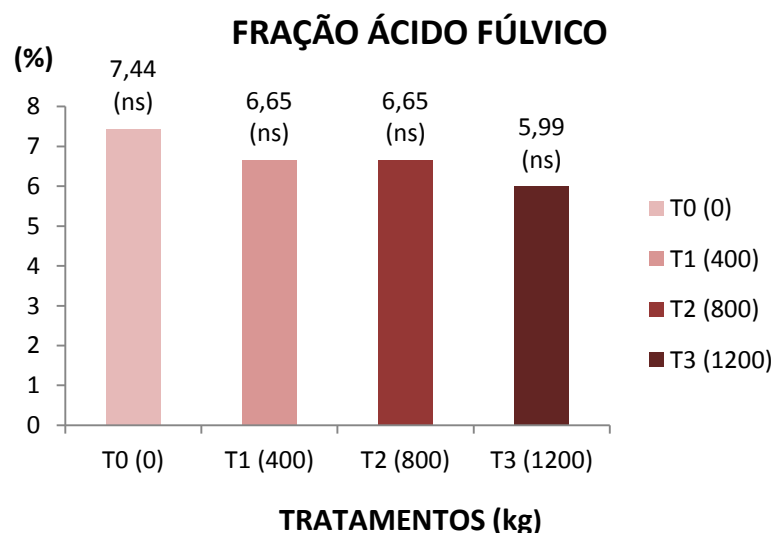


Figura 4: ns: não significativo no nível $p = 0,673$



As análises estatísticas comprovaram que os valores de ácidos húmicos e fúlvicos apresentaram alta correlação com a fração humina, indicando que ao aumentar a quantidade de humina, os níveis de ácidos húmicos e fúlvicos tendem a diminuir em números absolutos.

Os resultados obtidos não podem afirmar se o tratamento do solo com doses de carvão vegetal está gerando efeitos semelhantes aos da Terra Preta de Índio. Diante disso, sugere-se que haja um estudo mais aprofundado nessas áreas de estudo com determinação de macronutrientes e micronutrientes em camadas mais profundas, análises da biomassa microbiana, determinação de Nitrogênio total e efeitos diretos e indiretos em plantações.

6. CONCLUSÕES

As análises realizadas provaram que a adição de doses crescentes de carvão vegetal não afetou significativamente nas quantidades de substâncias húmicas, essenciais para a fertilidade do solo. Os resultados obtidos não estão de acordo com os objetivos, que sugeriam uma variação diante dos tratamentos para verificação de qual fração aumentava conforme a adição de doses crescentes de carvão vegetal. A razão pode estar na alta recalcitrância do carvão e como consequência há uma dificuldade maior dos microorganismos em degradar a matéria orgânica. O tempo de tratamento da área com as doses de carvão vegetal também pode ser um fator limitante na incorporação desse material no solo, visto que os solos de Terra Preta de Índio demoraram mais de 500 anos para adquirir a sua atual composição química, estabilidade e estrutura.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F. **Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p.1003- 1011, 2003.
- BENITES, V. M. et al. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, p.7. 2003.
- CAMPOS, D.V. **Uso da Técnica de 13C e Fracionamento Físico da Matéria Orgânica em Solos sob Cobertura de Pastagens e Cana-de-Áçúcar na Região da Mata Atlântica**. Seropédica, 2003. 223 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.
- CUNHA, T.J.F. **Ácidos húmicos de solos escuros da Amazônia (Terra preta de índio)**. Seropédica, 2005. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.
- CUNHA, T.J.F. et al. **Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta)**. Acta Amazônica [S.I.], v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos.1997. 212p_(EMBRAPA – CNPS. Documentos; 1). EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos de Análises de Solos. Rio de Janeiro. 1997, 212p.
- FISHER, M.J.; THOMAS, R.J.; RAO, L.M. **Management of tropical pastures in acidsoil savannas of South America for carbon sequestration in the soil**. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. Management of carbon sequestration in soil. Boca Raton: CRC, p.405-421, 1998.
- GLASER, B.; WOODS, W. I. (Eds.) **Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time**. Berlim: Springer, p.216ed. 2004.



- IZARRAUDE, R.C.; ROSENBERG, N.J. & LAL, R. 2001. **Mitigation of climate change by soil carbon sequestration**. *Advances in Agronomy* 70: 1 - 75.
- KERN, D. C.; KÄMPF, N. **O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na Região de Oriximiná-PA**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* [S.I.], v. 13, p. 219-25, 1989.
- KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación**. Barcelona, Oikos-Tou. 1982. 365p.
- LIMA, H. N. et al. **Pedogenesis and pre-colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of western Amazonia**. *Geoderma* [S.I.], v. 110, p. 1, 2002.
- LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. (2001). 176 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- MADARI, B. E. et al. **Research on anthropogenic Dark Earth Soils. Could it be a solution for sustainable agricultural development in the Amazon?** In: GLASER, B.; WOODS, W. I. (Ed.). *Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time*. Berlin: Springer, 2004. Cap.181. p. 169.
- MADARI, B. E. et al. **The effect of management on the fertility of Amazonian dark earths**. In: LEHMANN, J. et al (Ed.). *Amazonian dark earths. Origin, properties, management*. Dordrecht: Kluwer, 2003. p. 407-432.
- MADARI, B. E. **Matéria orgânica de Terra Preta do Índio da Amazônia: características e o papel da fertilidade do solo**. In: TEIXEIRA, W. G. et al (Ed.). *Terra Preta, este volume*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007.
- MCCANN, J. M. et al. **Organic matter and Anthrosols in Amazonia: Interpreting the Amerindian Legacy**. In: REES, R. M. et al (Ed.). *Sustainable management of soil organic matter*. Wallingford: CAB International, 2001. Cap.189. p. 180.
- MOREIRA, A.; ROCHA, E.S.; ALENCAR, E.S.; RODRIGUES, M.R.L. **Levantamento da fertilidade do solo no Estado do Amazonas**. In: *Fertibio2000*, Santa Maria. 2000, **Resumos expandidos**, Santa Maria: UFSM, SBCS, 2000. P.149.
- RODRIGUES, T. E. **Solos da Amazônia**. In: ALVAREZ, V. H. et al (Ed.). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. Cap.60. p. 19.
- SOUZA, L.F., MADARI, B., BENITES, V.M., CUNHA, T.J., NEVES, E.G. **Relação entre a fertilidade e as substâncias húmicas numa terra preta da Amazônia**. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto-SP, 2003. Anais...CD-Rom.
- TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. **Estabilidade de agregados como indicador da qualidade física do solo em Terra Preta de índio**. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2003, Ribeirão Preto. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 1-5.
- WOODS, W. I.; MCCANN, J. M. **The anthropogenic origin and persistence of Amazonian dark earths**. In: *The Yearbook of the Conference of Latin American Geographers*, Austin. University of Texas, 1999. p.7-14.
- ZECH, W. et al. **Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use**. In: MCCARTHY, P. et al (Ed.). *Humic substances in soil and crop sciences: Selected Readings*. Madison: ASA/SSSA, 1990. p. 187-201.