DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES HÚMICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM LATOSSOLOS QUE RECEBERAM DOSES CRESCENTES DE CARVÃO VEGETAL

José Adalberto de Souza Júnior[1], Gyovanni Augusto Aguiar Ribeiro[2] e Fernanda Tunes Villani[3]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
(e-mail: joseadalberto.junior@gmail.com)
[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
(email: gyovanni.ribeiro@ifam.edu.br)
[3]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
(e-mail: fernanda.villani@ifam.edu.br)

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 e os nutrientes contidos nesses solos possuem grande influência nos atributos de fertilidade; logo, é necessária a realização de análises para quantificá-las e para conhecer seus efeitos sobre o solo.

Palavras-chave: aquecimento global, biocarvão, propriedades químicas do solo, solos da Amazônia

ABSTRACT

Agriculture needs and has to be developed rationally so that natural resources are safe and preserved for future generations. The need to guarantee the sustainability of Amazon soils encourages efforts towards understanding and developing techniques which minimize the effects of human activities on the ecosystems. The humic

[1] Aluno do Curso Técnico de Nível Médio Integrado em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Amazonas – Campus Manaus Centro.
[2] Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Amazonas – Campus Presidente Figueiredo.
[3] Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Amazonas – Campus Manaus Centro.

substances and macronutrients contained in these soils have large influence on soil fertility attributes. Hence, it is necessary to perform studies to quantify these and recognize such effects on soils of the Amazon region.

Keywords: global warming, eco charcoal, chemical properties of the soil, soils of the Amazon region

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 (Figura 1) 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).

Figura 1: Detalhe de Terra Preta de Índio contendo pedaços de cerâmica. Fonte: Embrapa Amazônia Ocidental (2012)

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).

O procedimento clássico de extração do solo resulta em três frações principais: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e huminas (BENITES et al., 2003). 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).

Os ácidos húmicos e fúlvicos representam a porção solúvel em meio alcalino, de maior reatividade e consequentemente de maior polaridade. Os ácidos fúlvicos são os compostos húmicos de maior solubilidade por apresentarem maior polaridade e menor tamanho molecular. Estes compostos são os principais responsáveis por mecanismos de transporte de cátions dentro do solo, por meio de complexos organo-metálicos, o que caracteriza o processo de queluviação (DUCHAUFOUR, 1982). Os ácidos húmicos são os compostos húmicos mais estudados e apresentam pouca solubilidade nas condições de acidez normalmente encontradas em solos.

Estes compostos são responsáveis pela maior parte da capacidade de troca catiônica de origem orgânica em camadas superficiais de solos. A humina consiste em um aglomerado de materiais húmicos e não-húmicos (RICE & MACCARTHY, 1990) e como tal poderia ser melhor descrita como um material que contém SH do que uma substância húmica propriamente dita. Apesar de apresentar baixa reatividade, são responsáveis por mecanismos de agregação de partículas e na maioria dos solos tropicais representa a maior parte do carbono humificado do solo (BENITES et al., 2003).

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 estabilizado e estocado 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,

ISSN: 1982-5498 ISSN-E: 2238-4286 Vol. 7 - Nº 1 – Junho 2013

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 humina) da matéria orgânica, todos na camada de 0 a 5 cm do solo.

MÉTODO OU FORMALISMO

Descrição da Área de Estudo

Para a realização das atividades do projeto de pesquisa escolheu-se a área da Estação Experimental de Fruticultura (Figura 2) 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 Ureia, Superfosfatotriplo e Cloreto de Potássio.

Figura 2: Estação experimental de fruticultura tropical do INPA. Fonte: Villani (2012)

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.

ISSN: 1982-5498 ISSN-E: 2238-4286 Vol. 7 - Nº 1 – Junho 2013

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.

Figura 3: Detalhe de precipitado (Humina) com sobrenadante (Ácidos Húmicos e Fúlvicos).
Fonte: Souza Júnior (2012)

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.

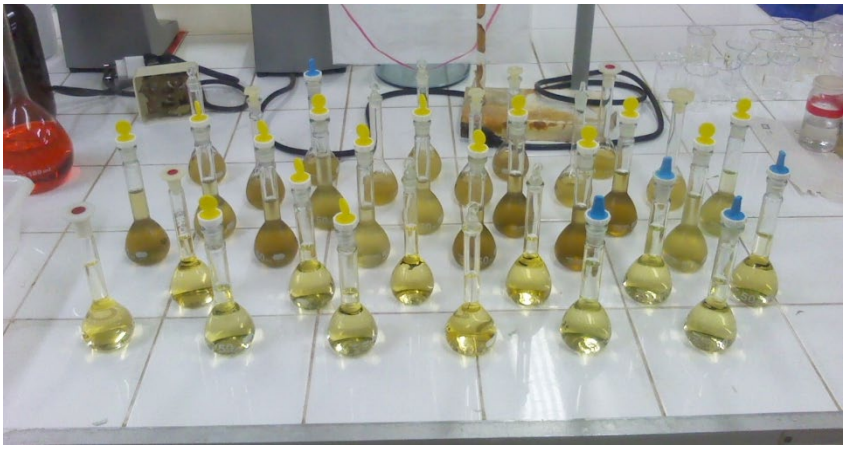

Figura 4: Frações Ácidos Húmicos e Fúlvicos. Fonte: Souza Júnior (2012)

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.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1 - Características dos solos estudados

TRATAMENTOS	pH	Al^{+3}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	P
	H_2O	.....	$cmol_c.kg^{-1}$	.....		$mg.kg^{-1}$
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 toxidade.

Dentre os tratamentos, o T2 (800 kg de carvão vegetal) foi o que apresentou maiores níveis de cálcio com 1,40 cmolc.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 cmolc.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 cmolc.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 consequente 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.

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 6 não houve diferença significativa entre as frações humina nos tratamentos ($p = 0,722$).

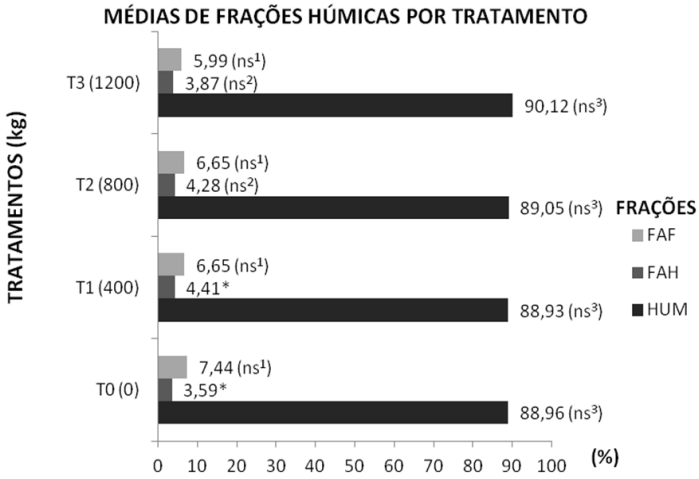

Figura 5: (ns1): não significativo no nível p = 0,673; (ns2): não significativo no nível p = 0,056; (ns3): não significativo no nível p = 0,722; * : significativo no nível p = 0,056.

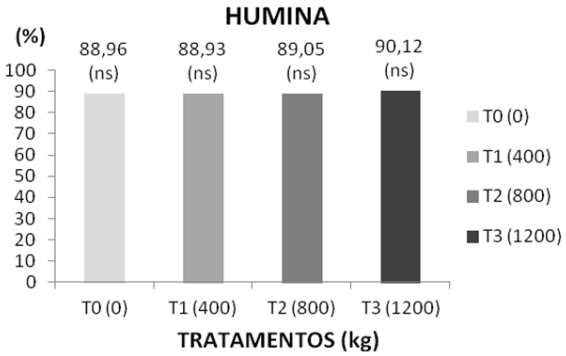

Figura 6: ns: não significativo no nível p = 0,722

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 7, 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 as adições 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.

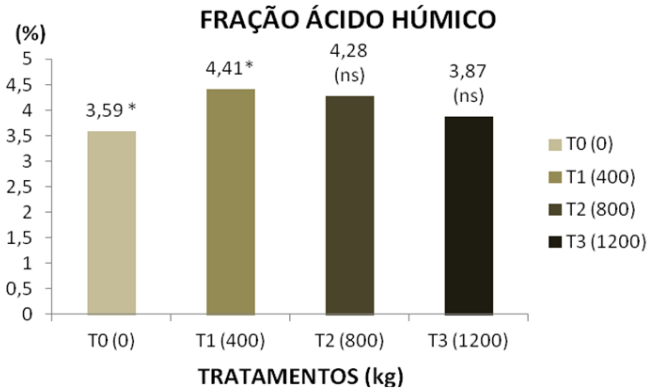

Figura 7: * Significativo no nível p = 0,056; ns: não significativo no nível p = 0,056

Nas frações de ácidos fúlvicos (Figura 8), 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).

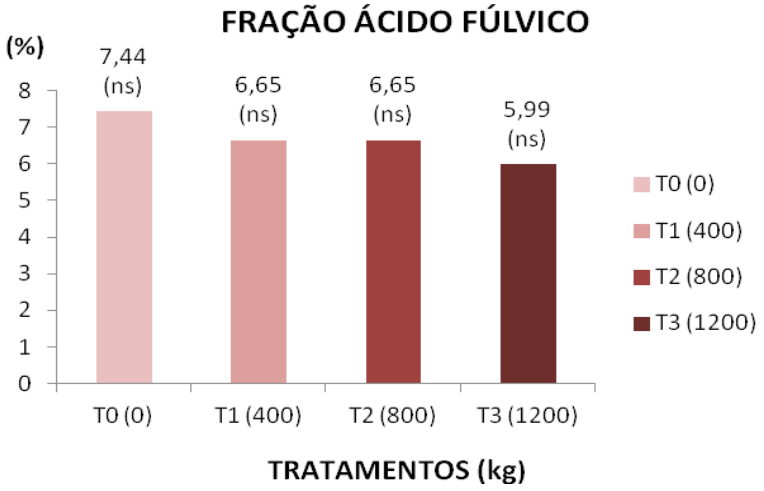

Figura 8: ns: não significativo no nível p = 0,673

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

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.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq por ter financiado a pesquisa, ao INPA por ter permitido utilizar as suas instalações e equipamentos e ao IFAM por ter apoiado o projeto.

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-Áçucar na Região da Mata Atlântica**. 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.

_____. **Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta)**. Acta Amazônica [S.l.], v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007.

DUCHAUFOUR, P. **Pedology: pedogenesis na classification**. London: George Allen & Unwin, 1982. 187 p.

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.

IZARRAULDE, 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.l.], v. 13, p. 219-25, 1989.

KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo: su naturaleza, propriedades 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.l.], 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**. Berlim: Springer, 2004. Cap.181. p. 169.

_____. 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.

RICE, J. A.; MacCARTHY, P. **A model of humin**. Environmental Science and Biotechnology, New Orleans, v. 24, p. 1875-1877, 1990.

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.