

A Tabela 8 apresenta o potencial da microbacia do Igarapé Açu (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2) em estocar carbono. Os dados de estoques foram extrapolados para uma área delimitada de 2679 ha. A Figura 20 representa a porcentagem das classes de solos existentes na microbacia estudada, sendo observada uma porcentagem de 41,5% (Latossolo), 35,8% (Argissolo) e 22,6% (Espodossolo).

Os valores totais de estoques (Gg C) obtidos foram de 278 Gg C (0-40 cm); ou 409 Gg C (0-100 cm), ou 494 Gg C (0-200 cm). John et al. (2005) mostram que estoques de carbono em profundidade, como encontrado nos solos estudados, podem ser característicos de carbono mais antigo, já que o tempo de retorno do carbono em horizontes superficiais (Ap) é menor do que os horizontes subsuperficiais (Bw). Trumbore (1993) constatou também o aumento da idade do carbono com a profundidade.

Os estoques totais de carbono obtidos na microbacia representam a contribuição da ciclagem do carbono pela floresta, através da ação das raízes profundas, dinâmica da matéria orgânica e nutrientes, atividade dos organismos decompositores do solo e pedoturbação. Os solos argilosos e muito argilosos retêm o COS em profundidade aliado a microporosidade do solo.

Tabela 8. Valores médios estimados para os estoques de carbono (Gg C) em cada camada de solo para as classes de solos avaliadas em Floresta Primária (ZF2/Cueiras) considerando os anos amostrados (N=3)

Profundidade (cm)	Latossolo (Platô)	Argissolo (Encosta)	Espodossolo (Baixo)	TOTAIS
0 – 40	100	80,5	97 *	278
0 – 100	152	111,5	146 **	409
0 – 200	195	153	Não coletado***	494
TOTAIS	447	345	243	

* representa precisamente a camada de 0-25 cm; ** corresponde a camada de 0-120 cm; *** devido a presença do horizonte espódico.

A Tabela 9 representa a contribuição total das camadas da microbacia do Igarapé Asu (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2) para o estoque de carbono de até 2 m de profundidade. Os valores totais obtidos foram de 278 Gg C (0-40 cm); 132 Gg C (40-100 cm) e 84 Gg C (100-200 cm). Como demonstrado na Tabela 6, é possível ainda observar, na Tabela 9, a capacidade da Microbacia em estocar carbono em profundidade (40-100cm), sendo de 216 Gg C. Uma explicação para os estoques em profundidade nessa área está relacionado a contribuição da biomassa de raízes, armazenando o COS em profundidade, contribuindo para o seqüestro (Ussiri et al., 2006). Essa quantidade de carbono estocado nos horizontes subsuperficiais pode ser obtido devido ao baixo retorno da MOS (Lorenz & Lal, 2005).

Tabela 9. Valores médios dos estoques de carbono (Gg C) em intervalos de camadas para as classes de solos avaliadas em Floresta Primária (ZF2/Cueiras) considerando os anos amostrados (N=3)

Profundidade (cm)	Latossolo (Platô)	Argissolo (Encosta)	Espodossolo (Baixo)	TOTAIS
0 – 40	100	80,5	97	278
40 – 100	52	31	49	132
100 – 200	43	41	Não coletado	84
TOTAIS	195	152,5	146	494

A primeira letra compara as camadas entre as classes de solos, a segunda compara as camadas entre si dentro do solo ($p < 0,05$; Tuckey HSD). * representa precisamente a camada de 0-25 cm; ** corresponde a camada de 0-120 cm; *** devido a presença do horizonte espódico.

O carbono estocado na Bacia do Cueiras (ZF2) 494 Gg C (Tabela 9) reforça a precaução atual em reduzir as explorações de áreas de floresta tropicais. A exposição desse carbono em função da exploração dessas áreas aliado ao efeito das mudanças no clima, pode conduzir a perdas substanciais desse carbono estocado no solo. A estabilização e permanência do carbono no ecossistema dependerá da relação entre clima e os processos envolvidos no ciclo do carbono e, principalmente, da resposta do carbono estocado no solo frente às mudanças globais (Friedlingstein et al., 2003; Jones et al., 2003a).

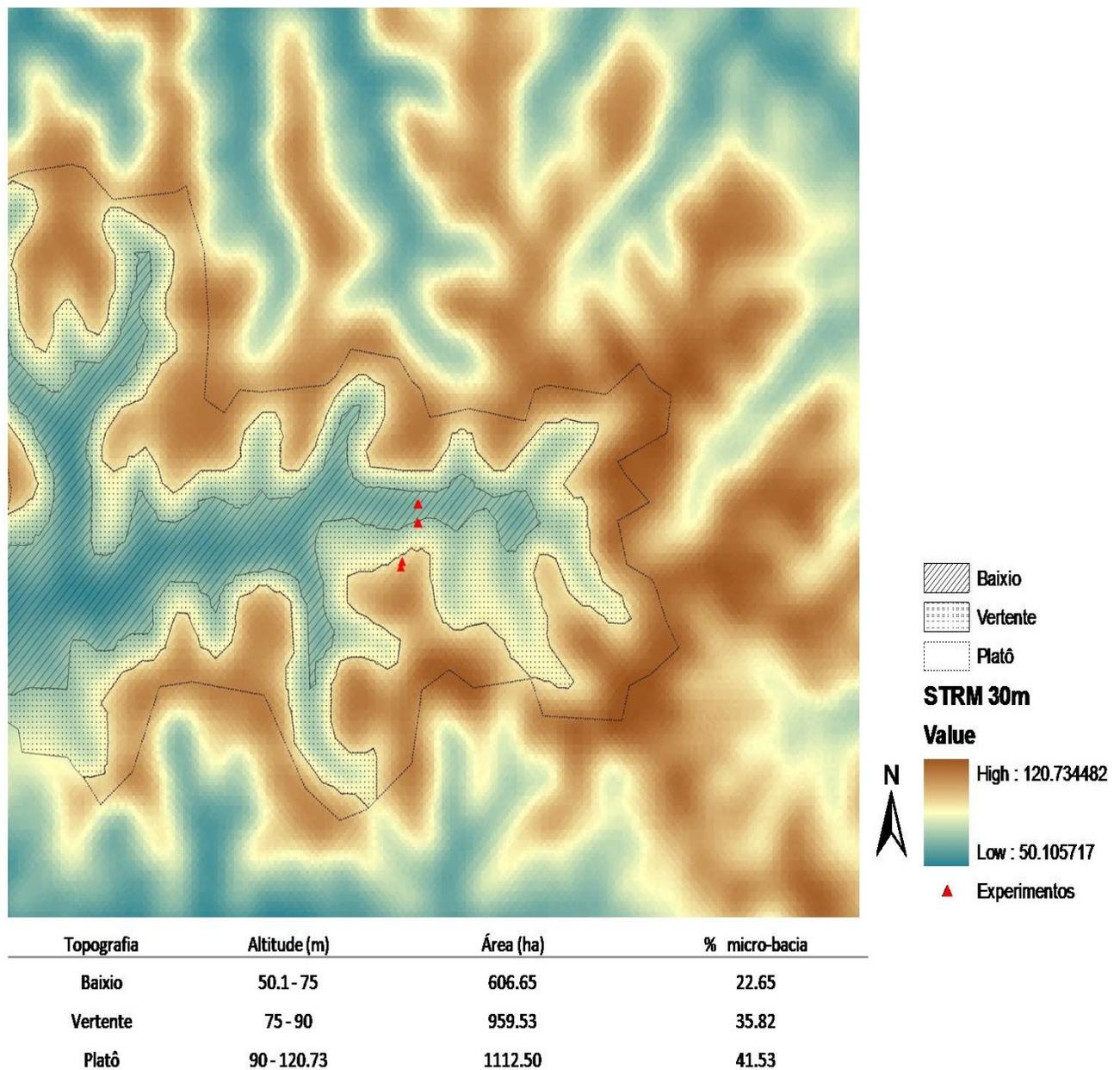


Figura 20. Imagem STRM da delimitação da Microbacia hidrográfica com a porcentagem das áreas de platô, encosta e baixo.

Apesar da informação que o potencial para sequestrar carbono rápido pelos trópicos está principalmente na vegetação e, em menor extensão, nas camadas superficiais do solo, observa-se o potencial dos solos da Reserva Biológica do Cueiras (Floresta Tropical Úmida), em estocar carbono em profundidade (Tabelas 8 e 9). Embora não se tenham muitas informações sobre o potencial de mudanças no solo em grandes profundidades (Mutuo et al., 2005), as classes de solos estudadas apresentam uma boa estruturação, contendo alta porosidade (Figura 2B), contribuindo para que o carbono possa ser estocado. A possibilidade de redução do carbono global do solo em função das prováveis mudanças climáticas tem sido ressaltada por inúmeros estudos (Kicklighter, 1995; Kirschbaum, 1999; Jones et al., 2005). Jones et al. (2005) relatam que o aumento na temperatura global resulta em mudanças nas taxas de respiração e, conseqüentemente, decréscimo nos conteúdos de carbono do solo.

CONCLUSÕES

Os solos argilosos da Floresta Amazônica funcionam como um sumidoro de carbono em potencial;

Os estoques médios de COS foram de: 0 - 40 cm: $90 \pm 8 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (Latosolo); $84 \pm 5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (Argissolo); $16 \pm 11 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (Espodossolo); de 0 - 100 cm: $136,5 \pm 8,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (Latosolo); $116 \pm 7 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (Argissolo); $241 \pm 24 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (Espodossolo, 0-120 cm); de 0-200 cm: $175,5 \pm 7 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (Latosolo), $159 \pm 10,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (Argissolo);

O COS sob Floresta Primária segue uma “classificação orgânica”, estabelecendo-se o seguinte comportamento: solos argilosos a muito argilosos (Latosolo), o COS se apresenta distribuído em 3 camadas: (0-10 cm), intermediária de (10-38) e subsuperficial de (38-200cm). Nos solos de textura média a argilosa temos 3 camadas: superficial (0-14cm), intermediária de (14-38) e subsuperficial de (38-200cm). Nos solos arenosos, o COS encontra-se em duas camadas: superficial (0-25cm) e subsuperficial (25-120cm);

Os valores totais de estoques (Gg C) na Microbacia foram de 278 Gg C (0-40 cm); ou 409 Gg C (0-100 cm), ou 494 Gg C (0-200 cm); reforçando a precaução atual em reduzir as explorações de áreas de floresta tropicais. A exposição desse carbono em função da exploração dessas áreas aliado ao efeito das mudanças no clima pode conduzir a perdas desse carbono estocado no solo;

Os atributos do solo com textura, densidade do solo, estabilidade de agregado e macroporosidade inteferem no fluxo do carbono no solo melhorando a quantidade e qualidade caso não sejam alterados. Alterações nesses atributos conduzem a perdas de COS ao longo do tempo;

Aumentos na textura e macroporosidade aumentam as concentrações de COS, enquanto que aumentos microporosidade e caulinita reduzem o carbono existente no solo.

Os solos do platô apresentaram maiores teores de COS seguido do solo da encosta e baixio. Entretanto, os solos do baixio, na superfície, apresentaram maiores teores de COS, apresentando maior potencial de emissão de CO em curto espaço de tempo.

REFERÊNCIAS

Amelung, W. & Zech, W. 1999. Minimisation of organic matter disruption during particle-size fractionation of grassland epipedons. *Geoderma*, 92: 73-85.

Anjos, L. H. C., M. G. Pereira & D. P. Ramos. 1999. Matéria orgânica e pedogênese. p. 91-118. In: Santos, G. A. & F. A. O. Camargo. (Ed.) *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Genesis, Porto Alegre. 652 p.

Batjes, N.H. 1999. Management options for reducing CO₂ concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Technical Paper 30, International Soil Reference and Information Centre, Wageningen.

Bernoux, M. et al. 2002. Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of América Journal*, 66:888-896.

Bernoux, M.M.Y. 1998. Conteúdo de carbono do solos da Amazônia Ocidental e mudanças decorrentes da conversão da floresta em pastagens. Piracicaba, 98p. Tese (doutorado) – Centro de Energia Nuclear da Agricultura, Universidade de São Paulo.

Bohn, H.L. 1976. Estimate of organic carbon in world soils. *Soil Science Society of America Journal*, 40(3): 468-470.

Brady, N.C. & Weil, R.R. 1999. *The nature and properties of soil*. New Jersey: Prentice-Hall. 881 p.

Brady, N.C. & Weil, R.R. 1999. *The nature properties of soils*. 12.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 881p.

Buso, W.H.D.C. & Kliemann, H.J. 2003. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 33:97-105.

Campos, D.V. 2003. Uso da Técnica de ^{13}C e Fracionamento Físico da Matéria Orgânica em Solos sob Cobertura de Pastagens e Cana-de-Açúcar na Região da Mata Atlântica. Seropédica, 223 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Cerri, C.E.P.; Cerri, C.C.; Paustian, K.; Bernoux, M.; Mellilo, J.M. 2004. Combining soil C and N spatial variability and modeling approaches for measuring and monitoring soil carbon sequestration. *Environmental Management*, 33(1): 274-288.

Clark D.B.; Clark, D.A. 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management*, 137: 185–198.

Clark DB, Clark DA, Brown S et al. 2002. Stocks and flows of coarse woody debris across a tropical rain forest nutrient and topography gradient. *Forest Ecology and Management*, 164: 237-248.

Cox, P.M.; Betts, R.A.; Jones, C.D. 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature*, 408: 184-187.

Curtis, H. 1977. *Biologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara. 964p.

Dalal, R. C. & Mayer, R.J. 1986. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, 24(1): 281-92.

Decaens, T.; Mariani, L.; Betancourt, N.; Jimenez, J.J. 2003. Seed dispersion by surface casting activities of earthworms in Colombian grasslands. *Acta Oecologica*, 24:175-185.

Desjardins, T.; Barros, E.; Sarrazin, M.; Girardin, C.; Mariotti, A. 2004. Effects of Forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazônia. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, 103: 365-373.

Dixon, R.K.; Brown, S.; Houghton, R.A.; Solomon, A.M.; Trexler, M.C.; Wisniewski, J. 1994. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. *Science*, 263:185-190

Ekschmitt, K. ; Liu, M. ; Vetter, S. ; Fox, O. ; Wolters, V. 2005. Strategies used by soil biota to overcome soil organic matter stability – why is dead organic matter left over in the soil. *Geoderma*, 128 : 167-176.

Embrapa. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. revisada e atualizada. Rio de Janeiro. 212p.

Fearnside, P.M. 2008. Estoque e estabilidade do carbono nos solos na Amazônia brasileira. In: W.G. TEIXEIRA, B.E. MADARI, V.M. BENITES, D.C. KERN & N.P.S. FALCÃO (eds.) *As Terras Pretas de Índio: Caracterização e Manejo para Formação de Novas Áreas*. Belém, Pará: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (a ser publicado).

Feller, C. & Beare, M.H. 1997. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, 79: 69-116.

Ferreira, M.M.; Fernandes, B.; Curi, N. 1999. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 515-524.

Foster, R.C. 1994. Microorganismos and soil aggregates. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. Soil biota: management in sustainable farming systems. East Melbourne, CSIRO, p. 144-155.

Franzluebbers, A.J. 2005. Soil organic carbon sequestration and agricultural greenhouse gas emissions in the southeastern USA. *Soil & Tillage Research*, 83:120-147.

Freitas, H.C. 2001. Efluxo de CO₂ do solo em uma pastagem na Amazônia (Rondônia): observações com câmara portátil e simulação do ciclo de carbono com o modelo SiB2. 2001. 59f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Friedlingstein, P.; Dufresne, J.L.; Cox, P.M. 2003. How positive is the feedback between climate change and the carbon cycle? *Tellus*, 55: 692-700.

Glenday, J. 2006. Carbon storage and emissions offset potential in na East African tropical rainforest. *Forest Ecology and Management*, 235: 72-83.

Guo, L.B. & Gifford, R.M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, 8: 345-360.

Hairiah, K.; SitompuL, S.M.; van Noorddwijik, M.; Palm, C.A. 2001. Carbon stocks of tropical land use systems as part of the global carbon balance: effects of forest conversion and options for clean development activities. Alternatives to slash-and-burn. ICRAF, Note 4. Indonésia.

Hector, A., Beale, A.J., Minns, A., Otway, S.J., Lawton, J.H. 2000. Consequences of the reduction of plant diversity for litter decomposition: effects through litter quality and microenvironment. *Oikos*, 90:357-371.

Houghton, R.A. 2003. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology*, 55: 378-390.

Houghton, R.A. 2000. A new estimate of global sources and sinks of carbon from land-use change. *EOS*, n.81, p. 281.

Houghton, R.A. & Woodwell, G.M. 1989. Global Climatic Change. *Scientific American*, 260: 36-44.

Huntingford, C.; Harris, P.O.; Gedney, N.; Cox, P.M.; Betts, R.A.; Marengo, J.A.; Gash, J.H.C. 2004. Using a GCM analogue model to investigate the potential for Amazonian forest dieback. *Theoretical and Applied Climatology* 78: 177-185.

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO/UNEP, 18 p.

Jenny, H. 1941. *Factors of soil formation*. McGraw-Hill. New York. New York. USA.

Jobbagy, E.G. & Jackson, R.B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10: 423-436.

John, B.; Yamashita, T.; Ludwig, B.; Fless, J. 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, 128: 63-79.

Jones, C.; Cox, P.; Huntingford, C. 2003a. Uncertainty in climate-carbon cycle projections associated with the sensitivity of soil respiration to temperature. *Tellus*, 55: 642-648.

Jones, C.; Cox, P.M.; Essery, R.L.H. 2003b. Strong carbon cycle feedbacks in a climate model with interactive CO₂ and sulphate aerosols. *Geophysical Research Letters*, 30: 1-32.

Jones, C.C.; McConnell, K.; Coleman, P.; Cox, P.; Faloon, P.; Jenkinson, D.; Powlson, D. 2005. Global climate change and soil carbon stocks; predictions from two contrasting models for the turnover of carbon in soils. *Global Change Biology* 11: 114-166.

Kaiser, K. & Zech, W. 1997. Competitive sorption of dissolved organic matter fractions to soils and related mineral phases. *Soil Science Society of America Journal*, 61: 64-69.

Kicklighter, D.W.; Bruno, M.; Donges, S. 1995. A first-order analysis of the potential role of CO₂ fertilisation to affect the global carbon budget: a comparison of four terrestrial biosphere models. *Tellus*, 51: 343-366.

Kirschbaum, M.U.F. 1999. The temperature dependence of soil organic matter decomposition and the effect of global warming on soil organic carbon storage. *Soil Biology Biochemistry*, 27: 753-760.

Krull, E.S. & Skjemstad, J.O. 2003. ¹³C and ¹⁵N profiles in ¹⁴C-dated Oxisol and Vertisols as a function of soil chemistry and mineralogy. *Geoderma*, 112: 1-29.

Krusche, A.V. et al. 2005. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água na bacia do Rio Ji-Paraná, Rondônia. *Acta Amazônica*, 35: 197-205.

Lavelle, P.; Bignell, D.; Lepage, M.; Wolters, V.; Roger, P.; Ineson, P.; Heal, O.W.; Dhillon, S. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, 33: 159-193.

Lemos, R.C. & Santos, R.D. dos. 1996. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3. ed. Campinas, SP:SBCS/CNPS. 83p.

Luchese, E. B; Favero, L.O.B; Lenzi, E. 2001. Fundamentos da química do solo. Rio de Janeiro, RJ. Freitas Bastos Editora, 182p.

Luizão, F.J. 1989. Litter production and mineral element input to the Forest floor in a Central Amazonian Forest. *Geojournal*, 19:407-417.

Luizão, R.C.C.; Luizão, F.J.; Paiva, R.Q.; Monteiro, T.F.; Souza, L.S.; Kruijt, B. 2004. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. *Global Change Biology*, 22: 592-600.

Malhi, Y.; Wood, D.; Baker, T.R.; Wright, J.; Phillips, O.L.; Cochrane, T.; Meir, P.; Chave, J.; Almeida, S.; Arroyo, L.; Higuchi, N.; Killeen, T.; Laurance, S.G.; Laurance, W.F.; Lewis, S.L.; Monteagudo, A.; Neill, D.A.; Vargas, P.N.; Pitman, N.C.A.; Quesada, C.A.; Salomão, R.; Silva, J.N.M.; Lezama, A.T.; Terborgh, J.; Martínez, R.V.; VincetI, B. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology*, 12: 1107-1138.

Melo, A.W.F. de. 2003. Avaliação do estoque e isotópica do carbono do solo do Acre. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 74p.

Mielniczuk, J. 1999. Matéria Orgânica e a Sustentabilidade de Sistemas Agrícolas. *In*: Santos, G.A., Camargo, F.A.O. (eds.) *Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, p.1-8.

Moraes, J.F.L.D. 1995. Propriedades do solo e dinâmica da matéria orgânica associadas as mudanças do uso da terra em Rondônia. Piracicaba. 69p. Tese (doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

Murty, D.; Kirschbaum, M.U.F.; Mcmurtie, R.S.; MCGilvrey, H. 2002. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology*, 8:105-123.

Mutuo, P.K.; Cadisch, G.; Albrecht, A.; Palm, C.A.; Verchot, L. 2005. Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions from soils in the tropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 71: 43-54.

Nelson, P.N.; Baldock, J.A.; Oades, J.M. 1993. Concentration and composition of dissolved organic carbon in streams in relation to catchment soil properties. *Biogeochemistry*, 19: 27-50.

Neill, C. et al., 1997. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications*, 7(4): 1216-1225.

Nepstad, D.C.; Carvalho, C.R.; Davidson, E.A.; Jipp, P.H.; Lefebvre, G.H.; Negreiros, E.D.; Silva, T.A.; Stone, S.E.; Trumbore, S.E.; Vieira, S. 1994. The role of deep roots in the hydrological cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature*, 372:666-669.

Oades, J. M. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5:33-70.

Ometto, J.P.H.B.; Nobre, A.D.; Rocha, H.R.; Artaxo, P.; Martinelli, L.A. 2005. Amazonia and the modern carbon cycle: lessons learned, *Oecologia*, New York, 143(4): 483-500.

Parton, W.J.; Scurlock, J.M.O.; Ojima, D.S.; Gilmanov, T.G.; Scholes, R.J.; Schimel, D.S.; Kirchner, T.; Menaut, J.C.; Seastedt, T.; Moya, E.G.; Kamnalrut, A.; Kinyamario, J.I. 1993. Observations and modeling of biomass and soil organic-matter dynamics for the grassland biome worldwide. *Global Biogeochemical Cycles*, 7(4): 785-809.

Pinheiro, E.F.M.; Pereira, M.G.; Anjos, L.H.C. 2004. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage system for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. *Soil & Tillage Research*, 77: 79-84.

Platner, G.K.; Joos, F.; Stocker, T.F. 2002. Revision of the global carbon budget due to changing air-sea oxygen fluxes. *Global Biogeochemical Cycles*, 16(4): 1096-2001.

Post, W.M.; Emanuel, W.R.; Zinke, P.J.; Stangenberger, A.G. 1982. Soil carbon pools and world life zones. *Nature*, 298: 156-159.

Post, W.M. & Kwon, K.C. 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6:317-327.

Potter, C.S.; Davidson, E.A.; Klooster, S.A.; Nepstad, D.C.; Negreiros, G.H. de.; Brooks, V. 1998. Regional application of an ecosystem production model for studies of biogeochemistry in Brazilian Amazonia. *Global Change Biology*, 4: 315-333.

Powers, J.S. & Veldkamp, E. 2005. Regional variation in soil carbon and C¹³ in forests and pastures of northeastern Costa Rica. *Biogeochemistry*, 72: 315-336.

Prado, H. 1998. Solos Tropicais - Potencialidades, Limitações, Manejo e Capacidade de Uso. FUNEP / UNESP. 2.ed. 231p.

Prentice, I.C.; Farquhar, G.D.; Fasham, M.J.R. 2001. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. In: Houghton, J.T. (ed). *Climate change 2001: the Scientific basis*. Cambridge University Press, Cambridge, p.183-237.

Roscoe, R. & Machado, P. L. O. de A. 2002. Fracionamento Físico do solo em Estudos da Matéria Orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 86p.

Salimon, C.I.; Wadi, P.G.S.; Melo, A.W.F. 2007. Dinâmica do carbono na conversão de floresta para pastagens em argissolos da formação geológica solimões, no sudoeste da Amazônia. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 7(1): 29-38.

Schaphoff, S.; Lucht, W.; Geten, D.; Sitch, S.; Cramer, W.; Prentice, I.C. 2006. Terrestrial biosphere carbon storage under alternative climate projection. *Climatic Change*, Netherlands, 74(1/3): 97-122.

Schlesinger, W. H. 1997a. Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8:51-81.

Schlesinger, W. H. 1997b. *Biogeochemistry, an analysis of global change*. Academic Press, San Diego, California, USA.

Schultz, E.D. & Freibauer, A. 2005. Unlocking carbon from soils. *Nature* 237: 205-206.

Serrão, E.A.S. 1989. Pecuária na Amazônia: a evolução da sustentabilidade das pastagens substituindo florestas. *Pará Desenvolvimento*, 25:117-127.

Shimel, D.S. 2005. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology*, 1: 77-91.

Silver, W.L.; Neff, J.; McGroddy, M.; Veldkamp, E.; Keller, M.; COSME, R. Effects of soil texture on belowground carbon and nutrient storage in a lowland Amazonian forest ecosystem. *Ecosystems*, v.3, n.2, p.193-209, 2000.

Sioli, H. *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Boston: Kluwer Academic, 1984. 763 p.

Siqueira, J.O.; Moreira, F.M.; Grisi, B.M.; Hungria, M.; Araújo, R.S. *Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental*. Brasília, DF: Embrapa, 1994. 142p. (Documento, 45).

Six, J.; Elliott, E.T.; Paustian, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63:1350-1358, 1999.

Sohi, S.; Mahieu, N.; Arah, J. R. M.; Powlson, D. S. P.; Madari, B.; Gaunt, J. L. 2001. Procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Science Society of America Journal*, 65:1121-1128.

Sollins, P.; Homann, P.; Caldwell, B.A. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, 74: 65-105.

Sommer, R.; Denich, M.; Vlek, P.L.G. 2000. Carbon storage and root penetration in deep soils under small-farmer land-use systems in the Eastern Amazon region, Brazil. *Plant and Soil*, 219: 231-241.

Swift, M.J., Anderson, J.M. (1993) Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems. *In*: Schulze, E.D., Mooney, H.A. (eds.) *Biodiversity and ecosystem function*. Berlin, p. 15-41.

Telles, E.D.C.; Camargo, P.B.; Martinelli, L.A.; Trumbore, S.E.; Costa, E. S.; Santos, J.; Higuchi, N.; Oliveira, R. C. 2003. Influence of soil texture on carbon dynamics and storage potential in tropical forest soils of Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles*, 17 (2): 1125-1132.

Thuille, A. & Schulze, E.D. 2006. Carbon dynamics in successional and afforested spruce stands in Thuringia and the Alps. *Global Change Biology*, 12: 325-342.

Tian, H.; Hall, C.A.S. et al. 1998. Modeling primary productivity of the terrestrial biosphere in changing environments: Toward a dynamic biosphere model. *Critical Reviews in Plant Sciences*, New York, 17(5): 541-557.

Tisdal, J.M. & Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33:141-163.

Trumbore, S.E.; Davidson, E.A.; Camargo, P.B. de.; Nepstad, D.C.; Martinelli, L.A. 1995. Belowground cycling of carbon in forests and pastures of Eastern Amazônia. *Global Biogeochemical Cycles*, 9: 515-528.

Veldkamp, E, Becker A, Schwendenmann, L et al. 2003. Substantial labile carbon stocks and microbial activity in deeply weathered tropical wet forest soils. *Global Change Biology*, (9): 1171–1184.

Veldkamp, E.; Becker, A.; Schwendenmann, L.; Clark, D.A.; Bisping, H.S. 2003. Substantial labile carbon stocks and microbial activity in deeply weathered soils below a tropical wet forest. *Global Change Biology*, 9:1171-1184.

Watson, R.T.; Rodhe, H.; Deschger, H.; Siegenthaler, U. 1990. Greenhouse Gases and Aerosols. In: J. T. Houghton, G. J. Jenkins, J. J. Ephraums (eds) *Climate Change. The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge: Cambridge University Press, 1-40p.

Yahn, F. & Gallo, A . 2005. O Conceito de bacia de drenagem internacional no contexto do tratado de cooperação amazônica e a questão hídrica na região. *Ambiente & Sociedade*, v.8, n.1, jan./jun.

Yamashita, T.; Flessa, H.; John, B.; Helfrich, M.; Ludwig, B. 2006. Organic matter in density fractions of water-stable aggregates in silty soils: effect of land use. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 3222-3234.

Vasconcelos, H.L; Luizão, F.J. 2004. Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape. *Ecological Applications*, 14(3):884-892.

Vejre, H.; Callesen, I.; Vesterdal, L.; Raulund-Rasmussen, K. 2003. Carbon and nitrogen in Danish forest soils: contents and distribution determined by soil order. *Soil Science Society of America Journal*, 67: 335-343.

Von Lutzow, M.; Kogel-Knabner, I.; Ekschmitt, K.; Matzner, E.; Guggenberger, G.; Marschners, B. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions. *European Journal of Soil Science*, 57: 426-445.

Wattel-Koekkoek, E.J.W. & Buurman, P. 2004. Mean residence time of kaolinite and smectite-bound organic matter in Mozambiquan soils. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 154-161.

Zech, W., Senesi, N., Guggenberger, G., Kaiser, K., Lehmann, J., Miano, T.M., Miltner, A., Schroth, G. 1997. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma*, 79:117-161.

Zinn, Y.L.; Lal, R.; Bigham, J.M.; Resck, D.V.S. 2007. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: texture and Mineralogy. *Soil Science Society of America Journal*, 71(4): 1204-1214.

CAPÍTULO II

VARIAÇÕES DO CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO EM FUNÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA NA AMAZÔNIA CENTRAL

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo verificar a relação entre carbono orgânico dissolvido (COD) com atributos físico-hídricos do solo em diferentes sistemas de uso da terra (SUT) na Amazônia Central. Para tanto, quantificaram-se as concentrações de COD sob Floresta Primária a 10, 20, 30, 40, 100 e 200 cm de profundidade e em Pastagem, Capoeira e SAFs nas profundidades de 10, 40, 100 e 200 cm, a partir da instalação de extratores de tensão em cada profundidade para coletas de solução do solo para análise da fase orgânica. Parâmetros hídricos do ambiente como precipitação e do solo: infiltração e permeabilidade foram monitoradas durante um ciclo hidrológico. Após a coleta, filtragem e preservação, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para a determinação das concentrações de COD, por combustão, com detecção do CO₂ gerado nesta por infravermelho não-dispersivo (Equipamento Shimadzu, modelo TOC 5000A). Os solos sob os ambientes de Floresta (platô), Pastagem, SAF e Capoeira foram classificados como Latossolos Amarelos distróficos textura argilosa a muito argilosa, muito ácidos, intemperizados e com baixa disponibilidade de nutrientes. Os solos situados na encosta e no baixo da floresta foram classificados como: Argissolo Vermelho Amarelo textura argilosa e Espodossolo Cárbico Hidromorfo típico, respectivamente. Os resultados demonstram maiores concentrações de COD na seguinte seqüência: Sistema Agroflorestal (SAF) > Capoeira > Floresta > Pastagem, demonstrando a capacidade do SAF e Capoeira em recuperar e/ou disponibilizar o carbono na solução do solo. O carbono orgânico dissolvido (COD) apresentou uma variação espacial e temporal entre as profundidades amostradas, decrescendo em profundidade. As concentrações de COD obtidas ao longo do ciclo hidrológico estudado demonstraram uma interferência direta e positiva da agregação, porosidade total, macroporosidade e negativa com a densidade e microporosidade do solo. A ação da estruturação do solo exerce grande influência nas concentrações de COD nas

camadas do solo, aliada a matéria orgânica do solo (MOS) mais lábil determinam a manutenção do carbono na solução do solo. Os eventos de precipitação, taxas de infiltração e permeabilidade podem induzir a um movimento rápido da água ao longo dos macroporos superando o contato de solutos orgânicos e inorgânicos com a matriz do solo, reduzindo a retenção sorciva.

1. INTRODUÇÃO

A matéria orgânica dissolvida (MOD) representa um importante elemento em muitos processos biogeoquímicos do solo e da água (Ussiri & Johnson, 2004), e em processos químicos e biológicos (McDowell, 2003). Tem a sua origem a partir da lixiviação da liteira (resultante da matéria orgânica particulada) e da atividade da biomassa microbiana do solo (Haynes, 2005; Matlou & Haynes, 2006). Sabe-se que o ecossistema de florestas tropicais úmidas contribuem significativamente para os estoques de carbono global (Jobbagy & Jackson, 2000).

Inúmeros fatores bióticos e abióticos controlam a dinâmica temporal e espacial da matéria orgânica dissolvida (MOD) (Murphy et al., 2000). Alguns parâmetros são determinantes sob o carbono orgânico dissolvido (COD) como o substrato (liteira e MOS), composição da comunidade microbiana (Moller et al., 1999), temperatura e fluxos de água (Brooks et al., 1999) e espécies de árvores (Smolander & Kitunen, 2002) que compõem as variações químicas da liteira. Por outro lado, as práticas de manejo do solo afetam a MOD (Chantigny, 2003) alterando o estado de equilíbrio do COD.

A MOD influencia na lixiviação de nutrientes, sendo fundamental no ciclo do C, N, P e S no solo, exportando N e P do sistema solo para os rios e lençóis d'água (Qualls & Haines, 1991). Da mesma forma, o carbono orgânico dissolvido (COD) desempenha um importante papel no estabelecimento de nutrientes do solo assim como nos processos de formação do solo, sendo a sua degradação altamente variável e dependente de muitos fatores como a comunidade microbiana, estrutura, clima e aeração (Vestin et al., 2008). Além disso, a MOD que fornece o carbono orgânico dissolvido, é uma fonte primária de N,

de S e de P mineralizado e pode ser um contribuinte importante à disponibilidade e à ciclagem nutrientes (Haynes, 2005).

Nos últimos anos, as pesquisas sobre a dinâmica e estoque de carbono na solução do solo (Eimers et al., 2008; Hongve, 1999; Kruger et al., 2003; Strahm et al., 2005; Matlou & Haynes, 2006; McClain et al., 1997; Neu, 2005) têm recebido uma atenção especial. Um número significativo de pesquisas tem sido realizado como forma de caracterizar a variabilidade espacial e temporal do COD, de sua concentração bem como dos seus fluxos (Aitkenhead-Peterson et al., 2003) quantificando as características químicas e pedogenéticas do solo (Jansen et al., 2003) além de quantificar a disponibilidade do COD para a microflora do solo (Kalbitz et al., 2003). A grande preocupação está relacionada a contribuição do COD frente ao aumento das concentrações de CO₂ devido a elevação dos fluxos do igarapés, mudanças do uso da terra e conversão de floresta para pastagem (Ross et al., 1999).

De fato, o manejo inadequado do solo perturba a população microbológica, a qual, agindo como fonte de nutriente, controla a mineralização da matéria orgânica e a estabilização do solo (Boyle e Paul, 1989; Brookes, 1995). A conservação da cobertura natural do solo aliada ao manejo adequado sobre os sistemas de uso da terra na Amazônia são essenciais para a manutenção do COD nos seus reservatórios (solo, igarapé e rios). Estudos enfatizam que a cobertura e manejo das espécies afetam o sequestro de carbono pelo solo na superfície e subsuperfície (Wright et al., 2007).

Atualmente, a preocupação sobre os efeitos de longo prazo no ecossistema do solo vem aumentando (Nannipieri *et al.*, 1997). Leita *et al.* (1999) discutem o problema do decréscimo do conteúdo de matéria orgânica nos solos, o qual pode perturbar a fertilidade dos mesmos e levar a um aumento da erosão, não só a curto como também em longo prazo. Sabe-se que grande parte da MOD dos rios é derivada dos solos e tem sua origem no sistema vascular das plantas (Hedges et al., 2000).

Estudos atuais buscam uma análise minuciosa do carbono, nitrogênio e outros nutrientes, obtidos na interface solo-liteira (Gama-Rodrigues et al., 2003), variações no ciclo do C e N ao longo de gradiente topográfico (Luizão, et al., 2004), balanço do C e dinâmica da vegetação (Rice, et al., 2004), produção e qualidade da liteira (Luizão et al., 1989), mudanças no ciclo do C e nutrientes em pastagens degradadas (Anser et al., 2004) bem como a relação entre a biomassa e diversificação da vegetação e os macroinvertebrados do solo (Tapia-Coral, 1999; Tapia-Coral, 2004). A capacidade da vegetação em recompor o carbono e nutrientes em solos degradados foi relatado considerando a composição química (Tian et al., 2001).

Fatores ambientais como clima, níveis topográficos, hidrologia do solo e textura influenciam a MOD em escala local e global (Chantigny, 2003). Pesquisas demonstram a forte relação entre textura do solo e carbono orgânico do solo (Desjardins, 2004) e da solução do solo (Neu, 2005), bem como outros atributos do solo e hídricos como estrutura, infiltração, permeabilidade e retenção de água podem contribuir para a dinâmica do carbono no ecossistema. Da mesma forma, processos físicos, químicos e biológicos, como infiltração, condutividade hidráulica, drenagem, retenção de água, difusão de nutrientes, crescimento de microorganismos, raízes e pêlos absorventes (Moreira & Siqueira, 2002), influenciando na dinâmica do carbono e nutrientes na solução do solo.

Poucos estudos têm relatado a disponibilidade de COD na solução do solo quando comparado com as inúmeras pesquisas desenvolvidas em rios, igarapés e sistemas marinhos (Yano et al., 2000). Os estudos que existem envolvendo COD, MOD e dinâmica do carbono ainda informam flutuações nos teores de COD devido a influencia de práticas de manejo e profundidade do solo, entretanto, os processos que comandam essas variações ainda é desconhecido. Efeitos a longo e a curto prazo das práticas de manejo são pouco entendidos sob condições de campo, já que muitos fatores ambientais e do solo interagem ao mesmo tempo (Chantigny, 2003). Pesquisas que permitam quantificar as variações do COD da solução do solo por meio de observações de campo são importantes, pois

permitirão conhecer as características dos sistemas de uso da terra da Amazônia bem como os possíveis impactos sobre esse ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAIS

- Estudar as relações entre carbono orgânico dissolvido (COD) com atributos do solo e hídricos em diferentes sistemas de uso da terra (SUT) na Amazônia Central.

2.2. ESPECÍFICOS

- Quantificar as concentrações de carbono orgânico dissolvido sob Floresta Primária a 10, 20, 30, 40, 100 e 200 cm de profundidade, bem como em Pastagem, Capoeira e SAFs nas profundidades de 10, 40, 100 e 200 cm;
- Avaliar a influência da precipitação, infiltração e condutividade hidráulica do solo sob a dinâmica do COD na solução do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS, SOLO E CLIMA PREDOMINANTE

O estudo foi realizado em áreas de floresta primária, em diferentes posições topográficas (platô, encosta e baixio), localizadas na Reserva Experimental do Cuieiras, no km 34, da estrada vicinal ZF-2/km 50, com as seguintes coordenadas geográficas: 02°36'32,1" S e 60°12'32,4" W; em área de pastagem manejada, localizada na Reserva Experimental do PDBFF, no km 23, da estrada vicinal ZF-3/km 63, com as coordenadas geográficas: 02°25'5,7"S e 59°52'51"W ; em áreas de SAF (Sistema Agroflorestal) e Capoeira, ambas localizadas na Estação Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa, da Embrapa Amazônia Ocidental, ao Norte de Manaus, no km 54, com coordenadas 2°32' S e 60°02' W, sendo todas as áreas localizadas ao longo da Rodovia BR-

174 (Manaus – Boa Vista), Amazonas – Brasil. Os solos das áreas foram classificados como: Latossolo Amarelo textura argilosa a muito argilosa (floresta e pastagem), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura muito argilosa (capoeira e SAF), Argissolo Vermelho Amarelo distrofico textura argilosa (floresta-encosta) e Espodossolo Cárbico Hidromorfo típico (floresta-baixio).

COLETA DE DADOS

DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados de precipitação foram obtidos a partir de estações meteorológicas automáticas instaladas nas áreas estudadas. As coletas foram realizadas diariamente, sendo coletadas a cada 15 minutos.

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA (KS)

Para a obtenção dos dados de permeabilidade do solo, utilizou-se o permeâmetro de furo e de carga constante, constituído por um mariotte para controle da carga constante e um tubo de acrílico com régua graduada para preenchimento com água, com a finalidade de medir a condutividade hidráulica saturada acima do lençol freático (Mahler & Aguiar, 2002; Ziegler et al., 2006). Os testes foram realizados a 10 cm de profundidade, no mesmo furo. Nas paredes do furo com a condição de saturação alcançada, ou seja, fluxo constante, esse valor foi utilizado para o cálculo da permeabilidade. Para os cálculos do coeficiente de permeabilidade, duas cargas de pressão foram aplicadas, 5 e 10 cm de carga hidráulica, obtendo-se as vazões Q_1 e Q_2 , calculando-se o valor de K_s .

INFILTRAÇÃO

As medidas de infiltração foram realizadas através de um infiltrômetro de anel simples, a 10 cm de profundidade. Para a realização dos testes de infiltração uma carga

hidráulica de 5 cm sobre o solo foi mantida constante, sendo possível acompanhar a capacidade da água infiltrar no solo (BERNARDO et al., 2006).

COLETA DE SOLUÇÃO DO SOLO

A coleta de solução do solo foi realizada ao longo de um ciclo hidrológico, em blocos inteiramente ao acaso, a cada 15 dias, compreendido no período de 03/03/07 a 03/04/08, em áreas de Floresta Primária, Pastagem, SAFs e Capoeira. As baterias de extratores (Figura 1) foram instalados distanciados entre si 20 cm (Figura 2) e as coletas de amostras foram iniciadas em março de 2007, descartando-se a primeira coleta realizada no mês de fevereiro como forma de limpeza do sistema de coleta. Os extratores de solução do solo foram fabricados com cápsulas porosas com diâmetro de 23 mm e 60 mm de altura, colados a tubos PVC que variaram conforme a profundidade.

Na área de Floresta Primária, instalaram-se os extratores ao longo do gradiente topográfico, seguindo as variações no gradiente topográfico, nas profundidades de 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 100 cm e 200 cm (platô e encosta), num total de 24 extratores, sendo 12 em cada posição. No caso do baixio, devido à influência do lençol freático, os extratores foram instalados até 60 cm de profundidade e ficaram dispostas nas seguintes profundidades: 10cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm e 60 cm, perfazendo a um total de 10 extratores nessa posição topográfica, correspondendo um total de 34 extratores ao longo do gradiente topográfico.

Nas áreas de Pastagem, SAFs e Capoeira foram instalados as capsulas extratoras nas profundidades: 10 cm, 40 cm, 100 cm e 200 cm.

As coletas foram realizadas seguindo várias etapas, com auxílio de uma bomba de vácuo para promover uma diferença de pressão, aplicando-se uma pressão de 0,6 bar no sistema cápsula-solo-cápsula, sendo possível a coleta da solução do solo. Após a instalação, o sistema foi deixado equilibrar por um período de três meses, desprezando-se a primeira

coleta. No campo, as amostras foram armazenadas em recipientes apropriados previamente descontaminados e conservadas bem fechadas e sob refrigeração até sua chegada na sede do experimento.



Figura 1. Bateria representativa das cápsulas extratoras de solução do solo instalados no experimento.

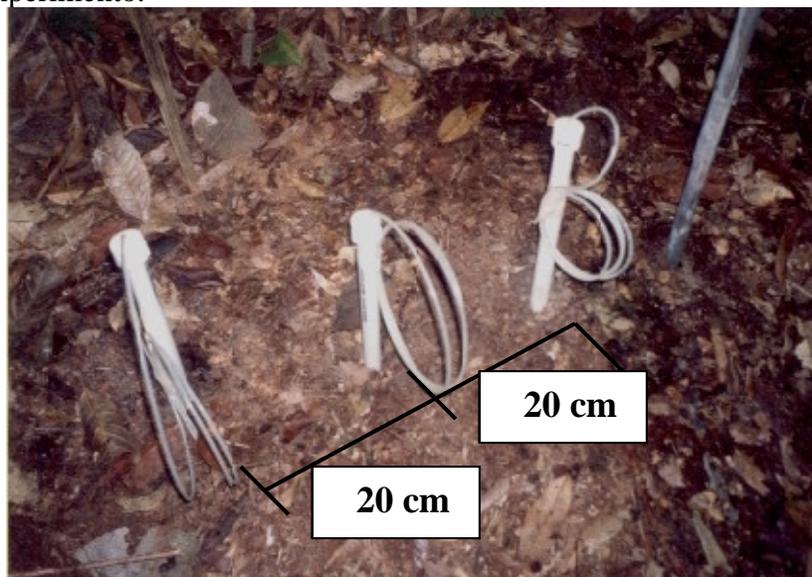


Figura 2. Extratores distanciados no campo

O sistema coletor era constituído de cápsula porosa, tubo PVC, capilar PU, sendo esse sistema interligado a frasco erlemeyer de 250 ml, devidamente fechado com uma rolha de silicone, sendo interligado através de um pequeno furo para a inserção do capilar PU através desse orifício, sendo possível o armazenamento da solução do solo dentro do erlemeyer (Figura 3a). A coleta da solução do solo foi realizada com auxílio de seringa de 1000 ml devidamente limpa, sendo lavada a cada troca de profundidade. No ato da coleta da solução cada amostra era devidamente filtrada, utilizando-se filtros com membrana de fibra de vidro com porosidade de $0,7 \mu\text{m}$ (Figura 3b)

A solução coletada destinada a análise de COD era armazenada em frascos de vidro da marca Nalgene de 60 ml pré-calcinados. Com a solução armazenada dentro do frasco, procedia-se a sua preservação utilizando o preservante HgCl_2 (cloreto de mercúrio) com contração de $300 \mu\text{M}$ de Hg) (Figura 3c). Logo após a chegada do campo as amostras eram armazenadas na geladeira até o momento da análise propriamente dita. Depois de cada análise os frascos eram lavados com água destilada, colocados em estufa para evaporação previa da água e conduzidos a mufla para serem calcinados à temperatura de 500°C durante 5 horas.



A). Frascos de erlemeyer



B) Filtragem das amostras



C) Preservação das amostras

Figura 3. Procedimentos no processo de coleta de solução do solo nas diferentes profundidades.