



MACROFAUNA E ESTRUTURA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NA REGIÃO AMAZÔNICA

Palavras-Chave: SAÚDE DO SOLO; SISTEMA AGROFLORESTAL; BIOINDICADORES

Autores(as):

GABRIELA SOUZA RODRIGUES, FEAGRI-UNICAMP

MSc. JÉSSICA HÉLLEN GOMES (coorientadora), FEAGRI-UNICAMP

Prof. Dr. ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA (orientador), FEAGRI-UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A intensificação do uso do solo na região sul do Amazonas, com a conversão de áreas de floresta nativa em pastagens, tem provocado a degradação de atributos físicos e biológicos do solo. Essa mudança de uso compromete o equilíbrio estrutural e funcional dos ecossistemas, afetando processos como infiltração de água, porosidade do solo, estabilidade de agregados e disponibilidade de matéria orgânica (MOLINE; COUTINHO, 2015; MELO et al., 2017). Estima-se que mais de um terço dos solos do mundo estejam em algum nível de degradação, sendo a compactação e a perda de biodiversidade edáfica fatores centrais nesse processo (LAURANCE et al., 2004; FAO; ITPS, 2015).

Nesse contexto, os sistemas agroflorestais (SAFs) têm sido recomendados como alternativas sustentáveis, por promoverem maior cobertura do solo, retorno de resíduos vegetais e diversidade de raízes, favorecendo a formação de agregados e a melhoria da estrutura física do solo (SPINELLI et al., 2019; MARSDEN et al., 2020). Além disso, a macrofauna edáfica exerce papel fundamental na dinâmica do solo, influenciando sua agregação, aeração e ciclagem de nutrientes, sendo considerada bioindicadora sensível da qualidade ambiental (LAVELLE et al., 1994; BOTTINELLI et al., 2015).

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes sistemas de uso da terra, floresta natural, pastagem convencional e sistema agrossilvicultural com guaraná, sobre atributos físicos do solo e a composição da macrofauna edáfica em Argissolos localizados na região sul do estado do Amazonas.

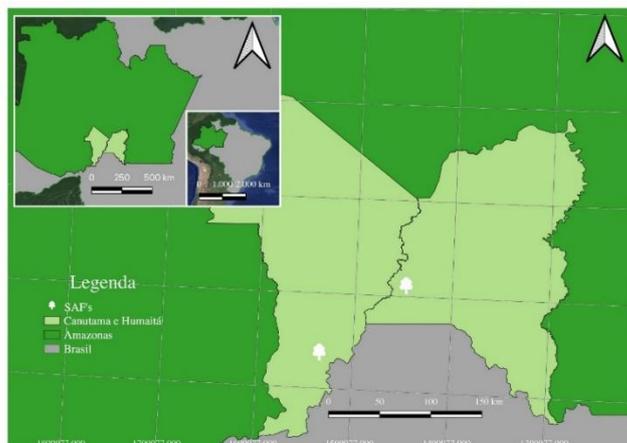
METODOLOGIA:

Este projeto de Iniciação Científica integra uma dissertação de mestrado e utilizou amostras coletadas em 2023 pela equipe do Laboratório de Solos da Universidade Federal do Amazonas. As coletas foram realizadas em três áreas no sul do estado do Amazonas: um sistema agrossilvicultural com guaraná (SAF1), uma pastagem convencional (PA) e uma floresta natural (FN), localizadas nos municípios de Canutama e Humaitá (Figura 1).

A amostragem foi conduzida nas estações seca e chuvosa, em três profundidades (0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), totalizando 45 pontos georreferenciados ao longo de transectos. Para a análise

da macrofauna, foram coletados monólitos de solo segundo o protocolo do programa TSBF (ANDERSON; INGRAM, 1993), considerando também a serapilheira presente na superfície.

Figura 1. Mapa de localização das áreas experimentais nos municípios de Canutama e Humaitá, Amazonas, Brasil.



As análises físicas do solo incluíram a determinação da porosidade total, macro e microporosidade, utilizando mesa de tensão conforme metodologia da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017). A estabilidade de agregados foi avaliada por peneiramento úmido, segundo Kemper e Chepil (1965), com uso de peneiras de diferentes diâmetros.

Para a macrofauna edáfica, foram avaliados atributos como composição, riqueza, abundância e equitabilidade. A diversidade foi analisada pelos índices de Shannon-Wiener e de uniformidade de Pielou (CATANOZI, 2011). As análises estatísticas foram realizadas no software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O sistema agrossilvicultural com guaraná (SAF1) apresentou os melhores indicadores físicos do solo entre os tratamentos avaliados (Tabela 1). O SAF1 registrou densidade do solo entre 1,20 e 1,24 Mg m⁻³ e porosidade total superior a 0,40 m³ m⁻³ nas camadas mais profundas. Esses valores indicam menor compactação e maior capacidade de infiltração, favorecendo o desenvolvimento da fauna edáfica e das raízes (MOLINE; COUTINHO, 2015; MELO et al., 2017). A floresta natural (FN) apresentou densidade mais baixa na camada superficial (1,13 Mg m⁻³), mas maior compactação em profundidade. A pastagem convencional (PA), por sua vez, exibiu os maiores valores de densidade (até 1,44 Mg m⁻³) e as menores porosidades, indicando degradação estrutural.

Verifica-se na Tabela 2, que o SAF1 apresentou os maiores valores de estabilidade de agregados (IEA entre 90,38% e 97,51%) e diâmetro médio ponderado (DMP de até 3,25 mm), sobretudo na camada superficial. Esses resultados estão associados à presença de raízes, maior aporte de matéria orgânica e ausência de revolvimento mecânico (SPINELLI et al., 2019; MARSDEN et al., 2020). A FN apresentou boa estabilidade apenas na camada mais superficial (IEA de 96,31%), enquanto a PA obteve os menores valores de DMP (2,29 mm), com maior proporção de agregados menores, o que pode prejudicar a retenção de água e a aeração do solo (TEIXEIRA et al., 2017).

Quanto à macrofauna edáfica (Tabela 3), a floresta natural apresentou maior abundância (280 indivíduos) e maior riqueza taxonômica (11 ordens), embora com baixa equitabilidade (Pielou = 0,58), indicando o domínio de poucos grupos, como Isoptera e Hymenoptera. A PA teve menor número de indivíduos (78), mas maior índice de diversidade ($H' = 1,69$) e equitabilidade (0,88), o que sugere uma comunidade mais equilibrada. Já o SAF1 apresentou a menor abundância (27 indivíduos), diversidade ($H' = 1,18$) e equitabilidade (0,66), o que pode estar relacionado à pouca disponibilidade de matéria

orgânica e à simplificação estrutural comum em sistemas recém-implantados (LAVELLE et al., 1994; BOTTINELLI et al., 2015).

Tabela 1. Médias de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo em Canutama e Humaitá, Amazonas, Brasil.

Local de amostragem	Camadas (m)	Ds	PT	MaP	MiP
		(Mg m ⁻³)	-----	(m ³ m ⁻³)-----	-----
SAF1	0,00-0,05	1,23 (0,12)	0,41 (0,05)	0,08 (0,02)	0,34 (0,03)
	0,05-0,10	1,22 (0,08)	0,42 (0,04)	0,10 (0,03)	0,32 (0,02)
	0,10-0,20	1,20 (0,07)	0,42 (0,04)	0,11 (0,02)	0,31 (0,02)
	0,20-0,40	1,24 (0,07)	0,40 (0,04)	0,11 (0,02)	0,29 (0,02)
PA	0,00-0,05	1,27 (0,11)	0,35 (0,05)	0,05 (0,02)	0,30 (0,03)
	0,05-0,10	1,41 (0,05)	0,34 (0,02)	0,04 (0,01)	0,30 (0,03)
	0,10-0,20	1,34 (0,11)	0,35 (0,05)	0,05 (0,02)	0,30 (0,04)
	0,20-0,40	1,35 (0,06)	0,36 (0,05)	0,06 (0,03)	0,30 (0,04)
FN	0,00-0,05	1,13 (0,12)	0,47 (0,07)	0,12 (0,04)	0,35 (0,04)
	0,05-0,10	1,26 (0,09)	0,39 (0,05)	0,07 (0,02)	0,31 (0,03)
	0,10-0,20	1,37 (0,07)	0,33 (0,04)	0,06 (0,02)	0,27 (0,03)
	0,20-0,40	1,37 (0,06)	0,33 (0,04)	0,06 (0,01)	0,27 (0,03)

Ds = densidade do solo; PT = porosidade total; MaP = macroporosidade; MiP = microporosidade; SAF1 = sistema agrossilvicultural com guaraná; PA = pastagem convencional; FN = floresta natural. Valores entre parênteses indicam o desvio padrão.

Apesar das limitações observadas na fauna, o SAF1 promove ganhos estruturais relevantes ao solo e apresenta tendência de recuperação ecológica ao longo do tempo (Tabela 3). Sistemas com maior cobertura vegetal e diversidade funcional tendem a favorecer o reestabelecimento da macrofauna, à medida que há maior oferta de alimento e abrigo (LAVELLE et al., 1994; MARSDEN et al., 2020). Assim, os dados reforçam o potencial dos sistemas agroflorestais como alternativa sustentável para o manejo e reestruturação de áreas degradadas na região amazônica.

Tabela 2. Estabilidade de agregados de um Argissolo Vermelho-Amarelo em Canutama e Humaitá, Amazonas, Brasil.

LA	Camada m	EA > 250 µm	EA < 250 µm	IEA %	DMP mm
SAF1	0,00-0,05	97,37 (1,5)	2,42 (1,5)	97,51 (1,6)	3,25 (0,1)
	0,05-0,10	92,52 (4,6)	4,93 (2,8)	94,66 (3,3)	2,99 (0,3)
	0,10-0,20	86,93 (7,7)	5,6 (1,9)	93,6 (2,6)	2,63 (0,4)
	0,20-0,40	80,18 (12,7)	7,36 (3,8)	90,38 (6,8)	2,26 (0,7)
PA	0,00-0,05	93,82 (2,2)	4,76 (1,4)	88,31 (1,6)	2,88 (0,1)
	0,05-0,10	91,63 (3,7)	4,78 (2,5)	93,75 (3,0)	2,95 (0,2)
	0,10-0,20	88,70 (7,6)	6,44 (3,6)	92,77 (4,5)	2,76 (0,4)
	0,20-0,40	78,17 (7,4)	11,11 (5,0)	86,29 (7,2)	2,2 (0,4)
FN	0,00-0,05	90,36 (9,0)	7,63 (4,4)	91,37 (6,1)	2,91 (0,4)
	0,05-0,10	83,99 (10,5)	9,49 (7,1)	88,10 (10,6)	2,55 (0,5)
	0,10-0,20	73,78 (9,9)	11,51 (3,4)	84,79 (6,3)	1,98 (0,5)
	0,20-0,40	64,32 (8,8)	15,96 (5,3)	76,85 (10,2)	1,47 (0,5)

LA = local de amostragem; EA < 250 µm = estabilidade de agregados de tamanho inferior a 250 µm; EA > 250 µm = estabilidade de agregados de tamanho superior a 250 µm; IEA = índice de estabilidade de agregados; DMP = diâmetro médio ponderado; SAF1 = sistema agrossilvicultural com guaraná; PA = pastagem convencional; FN = floresta natural. Valores entre parênteses indicam o desvio padrão.

Em seguida, foi observada a maior abundância absoluta na área com PA, com 78 indivíduos, representando uma abundância relativa de 17% (Tabela 3). Esses números demonstram uma diferença significativa em relação à FN, onde ocorreu uma redução da macrofauna. Isso difere do resultado

observado no estudo de densidade e diversidade da macrofauna do solo em consequência de restauração de floresta tropical no sudeste do Brasil, onde a área de pastagem apresentou a menor densidade da macrofauna (AMAZONAS et al., 2017). Durante a conversão de floresta em pastagem, ocorrem dois mecanismos que compactam o solo, o primeiro é a presença de maquinário pesado, enquanto o segundo é o pisoteio do gado. Ambos resultam das técnicas utilizadas no processo de desmatamento e manejo das pastagens (BALOTA et al., 2015; LIMA et al., 2021). Enquanto a floresta permanece intacta, a macrofauna do solo mantém um equilíbrio entre efeitos da compactação e descompactação, garantindo um volume adequado de poros no solo. No entanto, o desmatamento e o estabelecimento de gramíneas exóticas têm um impacto significativo na biodiversidade, levando ao desaparecimento de cerca de 68% dos táxons da macrofauna do solo presente na floresta original (BLANCHART et al., 1997).

Tabela 3. Composição taxonômica da macrofauna edáfica em Canutama e Humaitá, Amazonas, Brasil.

Classe	Ordem	Tratamentos			Abundância	
		SAF1	PC	FN	Abs	Rel (%)
Arachnida	Araneae	1	0	3	4	1,04%
Chilopoda	Scolopendromorpha	0	0	4	4	1,04%
Diplopoda	Juliformia	0	11	3	14	3,64%
Gastropoda	Stylommatophora	0	2	0	2	0,52%
Insecta	Isoptera	7	17	123	147	38,18%
	Coleoptera	3	9	9	21	5,45%
	Dermaptera	0	0	1	1	0,26%
	Hemiptera	0	1	2	3	0,78%
	Hymenoptera	2	22	124	148	38,44%
Malacostraca	Blattaria	0	0	1	1	0,26%
	Isopoda	0	0	1	1	0,26%
Clitellata (Oligochaeta)	Haplotaxida	14	16	9	39	10,13%
Abundância absoluta		27	78	280	385	-
Abundância relativa (%)		7%	20%	73%	100%	-
Densidade (ind m ⁻²)		0,3	4,32	41,28	-	-
Riqueza observada (S)		5	6	11	-	-
Índice de Shannon		1,25	1,69	1,20	-	-
Índice de Pielou		0,78	0,94	0,50	-	-

SAF1 = sistemas agrossilvicultural com guaraná; PA = pastagem convencional; FN = floresta natural. Valores da abundância absoluta das duas épocas de avaliação.

CONCLUSÕES:

O sistema agrossilvicultural com guaraná (SAF1) apresentou qualidade estrutural do solo semelhante à da floresta natural, destacando-se pelos menores valores de densidade e maiores de macroporosidade. Esses resultados evidenciam o potencial dos SAFs para a conservação e recuperação da estrutura do solo na região sul do Amazonas, favorecendo condições físicas adequadas à produção agrícola.

Em relação à macrofauna edáfica, a floresta natural apresentou a maior abundância de indivíduos e a maior riqueza taxonômica. Apesar de o SAF1 ter mostrado baixa diversidade e equitabilidade, esse resultado pode estar associado ao seu estágio inicial de implantação e à menor acumulação de matéria orgânica. Assim, os SAFs demonstram benefícios expressivos sobre os atributos físicos do solo e possuem potencial de evolução também na recuperação da biodiversidade edáfica com o tempo.

BIBLIOGRAFIA:

- AMAZONAS, N. T.; VIANI, R. A. G.; REGO, M. G. A.; CAMARGO, F. F.; FUJIHARA, R. T.; VALSECHI, O. A. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.78, n.3, p.449-456, 2017.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. (Eds.). **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221 p.
- BALOTA, E. L.; YADA, I. F. U.; AMARAL, H. F.; NAKATANI, A. S.; HUNGRIA, M.; DICK, R. P.; COYNE, M. S. qualidade do solo em relação à conversão florestal para cultivo perene ou anual no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.4, p.1003-1014, 2015.
- BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; BRAUDEAU, E.; LE BISSONNAIS, Y.; VALENTIN, C. Regulation of soil structure by geophagous earthworm activities in humid savannas of Côte d'Ivoire. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.3-4, p.431-439, 1997.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v.146, p.118-124, 2015.
- CATANOZI, G. Importância dos aspectos ecológicos na análise qualiquantitativa da macrofauna edáfica. **Revista da Universidade Ibirapuera**, n.1, p.42-52, 2011.
- FAO; ITPS. **Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy, 2015.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society Agronomy, p.499-510, 1965.
- LAURANCE, W. L.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSTIDE, P. M.; VASCONCELOS, H; FERREIRA, L. V. Deforestation in Amazonia. **Science**, v.304, p.1109-1111, 2004.
- LAVELLE, P.; GILOT, C.; FRAGOSO, C.; PASHANASI, B. **Soil fauna and sustainable land use in the humid tropics**. GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. (Eds.). Soil resilience and sustainable land use, CAB International, Wallingford, U.K. 1994, p.291-308.
- LIMA, A. F. L.; CAMPOS, M. C. C.; MARTINS, T. S.; BRITO FILHO, E. G.; CUNHA, J. M.; SOUZA, F. G.; SANTOS, E. A. N. Soil attributes and root distribution in areas under forest conversion to cultivated environments in south Amazonas, Brazil. **Bragantia**, v.80, e4121, 2021.
- MARSDEN, C.; MARTIN-CHAVE, A.; CORTET, J.; HEDDE, M.; CAPOWIEZ, Y. How agroforestry systems influence soil fauna and their functions - A review. **Plant and Soil**, v.453, p.29-44, 2020.
- MELO, V. F.; ORRUTÉA, A. G.; MOTTA, A. C. V.; TESTONI, S. A. Land use and changes in soil morphology and physical-chemical properties in Southern Amazon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, e0170034, 2017.
- MOLINE E. F. V.; COUTINHO, E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Revista de Ciências Agrárias**, v.58, n.1, p.14-20, 2015.
- SPINELLI, R.; MAGAGNOTTI, N.; CAVALLO, E.; CAPELLO, G.; BIDDOCCU, M. Reducing soil compaction after thinning work in agroforestry plantations. **Agroforestry Systems**, v.93, p.1765-1779, 2019.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3ª edição Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 573p., 2017.